

A 12443

# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

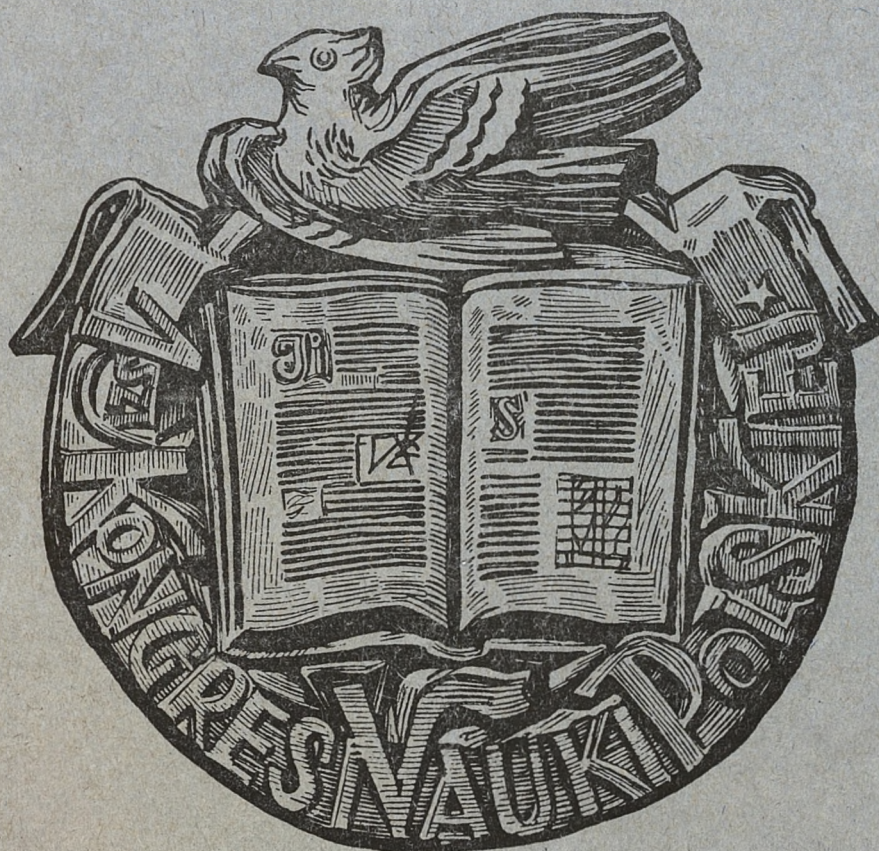
ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH  
CENTRALNEGO ZARZĄDU ENERGETYKI, CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU MASZYN ELEKTRYCZNYCH  
CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU KABLOWEGO

ROK XXVII

ZESZYT 1/2/3

21. III. 1951

Wydrukowano  
20. VI. 51



W A R S Z A W A  
29. VI — 2. VII. 1951





# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rok XXVII, zesz. 1/2/3  
21 marca 1951 r.

XXVII-й год, вып. 1/2/3  
21 марта 1951 г.

Vol. XXVII, No 1/2/3  
March 21, 1951

Année XXVII, fasc. 1/2/3  
le 21 mars 1951

SPIS RZECZY. T. Czaplicki: Kronika (LXIII). — T. Zarnecki: Stowarzyszenie Elektryków Polskich powinno stać się pionierem nowej socjalistycznej techniki. — I. Malecki: Zastosowanie dialektyki w naukach technicznych. — Z. Jasicki i J. Kożuchowski: Dorebek i drogi rozwoju nauki energetycznej w Polsce. — J. L. Jakubowski: Zadania nauk elektrotechnicznych w planie 6-letnim. — Z. Koczyński: Krajowe transformatory trójfazowe na 40 000 kVA, 60 kV. — J. Schmidt: Prąd magnesujący transformatorów trójfazowych. — S. Andrzejewski: Nowoczesne turbiny parowe. — J. Ricard: Stan i tendencje rozwojowe elektroenergetyki francuskiej. — J. Bader: Płytki zmienne-oporowe odgromników. — C. Niewiadomski: Kable z płaszczami aluminiowymi. — S. Jankowski: Zastosowanie materiałów termoplastycznych w przemyśle kablowym. — M. Markuszewicz: Materiały magnetycznie miękkie ze szczególnym uwzględnieniem blach transformatorowych. — H. Marciniak: Oświetlenie ulic. — A. Myślicki i Z. Skoczylski: Analizator prądu zmiennego Głównego Instytutu Elektrotechniki. — J. Piasecki: Postępy techniki elektroenergetycznych instalacji przemysłowych. — Z. Grunwald: Hamowanie i regulacja prędkości w elektrycznych napędach dźwigowych. — T. Missala i R. Siciński: Projekt przepisów na gołe przewody grzejne. — Przegląd czasopism. — Statystyka wypadków podczas pracy przy urządzeniach elektrycznych na podstawie danych z 1947 i 1948 r. — Ochrona pracy. — Mobilizacja inżynierów i techników do realizacji wytycznych VI Plenum KC PZPR. — Zgłaszanie wynalazków i usprawnień. — Zmiany w nomenklaturze zawodów i specjalności technicznych. — Słownictwo elektryczne. — Wydawnictwa nadesłane — Komunikaty SEP. — Biuletyn Głównego Instytutu Elektrotechniki. — Bibliografia czasopism elektrotechnicznych.

ОГЛАВЛЕНИЕ. Т. Чаплицкий: Хроника (LXIII). — Т. Жарнецкий: Общество Польских Электриков должно быть пионером новой социалистической техники. — И. Малецкий: Применение диалектики в технических науках. — З. Ясинский и Я. Коужховский: Достижения и пути развития энергетической науки в Польше. — Я. Л. Якубовский: Задачи электротехнических наук по 6-летнему плану. — З. Копчицкий: Трехобмоточные трансформаторы мощностью 40 000 кВ·А для 60 кВ отечественного производства. — Е. Шмидт: Магнитизирующий ток трехфазных трансформаторов. — С. Анджеевский: Современные паровые турбины. — Ж. Рикар: Положение и пути развития французской электроэнергетики. — Е. Бадер: Диски вентиляльных разрядников. — Ц. Невядомский: Кабель с алюминиевой оболочкой. — С. Янковский: Применение термoplastических материалов в кабельной промышленности. — М. Маркушевич: Мягкие магнитные материалы, в особенности трансформаторное листовое железо. — Х. Марциняк: Уличное освещение. — А. Мыслицкий и З. Скочинский: Анализатор переменного тока Г. Э. И. — Я. Пясецкий: Успехи в области заводских электротехнических установок. — З. Грунвальд: Тормажение и регулирование скорости электрических приводов в подъемных устройствах. — Т. Миссала и Р. Ситинский: Проект стандартизации токов нагревательных проводов. — Обзор журналов. — Статистика несчастных случаев при электрических установках за 1947 и 1948 гг. — Охрана труда. — Электрическая терминология. — Поступившие публикации. — Сообщения О. П. Э. — Бюллетень Главного Электротехнического Института. — Библиография электротехнических журналов.

CONTENTS. T. Czaplicki: Chronicles (LXIII). — T. Zarnecki: The Association of Polish Electrical Engineers should become the pioneer of new socialist technique. — I. Malecki: The application of dialectics in technical science. — Z. Jasicki and J. Kożuchowski: Achievements and trends of power engineering science in Poland. — J. L. Jakubowski: The tasks of electrotechnical science in the Six-Year Plan. — Z. Koczyński: Three-wire transformers for 40 000 kVA, 60 kV of Polish manufacture. — J. Schmidt: Magnetising current in three-phase transformers. — S. Andrzejewski: Modern steam turbines. — J. Ricard: State and trends of development of French electric power practice. — J. Bader: Variable resistance discs of valve arresters. — C. Niewiadomski: Aluminium-sheathed cables. — S. Jankowski: Use of thermoplastic materials in cable manufacture. — M. Markuszewicz: Magnetic materials, with particular reference to transformer sheet. — H. Marciniak: Street lighting. — A. Myślicki and Z. Skoczylski: Alternating current analyser of the Chief Electrotechnical Institute. — J. Piasecki: Progress in the technique of industrial electric power installations. — Z. Grunwald: Braking and speed control in electric hoist drives. — T. Missala and R. Siciński: Draft of regulations for bare heating conductors. — Review of periodicals. — Statistics of accidents in work connected with electrical installations (1947-48). — Work safety. — Electrical terminology. — Publications received. — Notes of the A. P. E. E. — Bulletin of the Chief Electrotechnical Institute. — Bibliography of Electrotechnical Periodicals.

## BIBLIOTEKI NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

I. BIBLIOTEKA GŁÓWNA, Warszawa, Czackiego 3/5, posiada:

- a) czytelnię czasopism, obejmującą 800 czasopism technicznych;
- b) bibliotekę podręczną z działami: encyklopedii (450 tomów), słowników (150 tomów), podręczników podstawowych (500 tomów);
- c) księgozbiór (8000 tomów), obejmujący wydawnictwa techniczne, techniczno-gospodarcze i literaturę marksistowską.

Biblioteka uzupełnia stale swój księgozbiór wszelkimi nowymi publikacjami technicznymi polskimi i zagranicznymi, jak również wydawnictwami antykwarycznymi.

Biblioteka i czytelnia czynne są codziennie w dni powszednie w godzinach 9—19.

II. BIBLIOTEKI ODDZIAŁOWE w następujących miastach:

Białystok	Lublin
Bydgoszcz	Łódź
Gdańsk	Olsztyn
Gliwice	Płock
Katowice	Poznań
Kielce	Szczecin
Kraków	Wrocław

są zaopatrzone w najnowszą literaturę techniczną — polską i zagraniczną;

posiadają księgozbiory, obejmujące wydawnictwa techniczne i gospodarcze, ogólnotechniczne i specjalne oraz literaturę marksistowską;

są dobrze zaopatrzone w techniczne czasopisma polskie i zagraniczne, w szczególności radzieckie.

## KSIĘGARNIE TECHNICZNE

W porozumieniu z „Domem Książki“ ustalona została sieć księgarń w kraju, specjalizująca się w sprzedaży książek i prasy technicznej. Stanowi to wielkie ułatwienie dla czytelników, bibliotek i zakładów pracy, które dotąd niejednokrotnie nie mogły dotrzeć do źródła zakupu literatury i piśmiennictwa technicznego.

Wszystkich zainteresowanych prosimy o korzystanie z usług wymienionych poniżej księgarń, które staną się ceną komórką upowszechnienia książek i czasopism technicznych.

1. Białystok, Rynek Kościuszki 12/14
2. Białystok, ul. Kilińskiego 10
3. Bielsko, ul. Jagiellońska 10
4. Bydgoszcz, ul. Czerwonej Armii 2
5. Bydgoszcz, ul. Dworcowa 14
6. Bytom, ul. Stalina 10
7. Chorzów, ul. Wolności 22
8. Cieszyn, Pl. Stalina 6
9. Częstochowa, Al. N. M. P. 14
10. Elbląg, ul. 1 Maja 9
11. Gdańsk-Wrzeszcz, ul. Grunwaldzka 76/78
12. Gdańsk-Wrzeszcz, ul. Grunwaldzka 8
13. Gdynia, ul. 10 lutego 9
14. Gliwice, ul. Zwycięstwa 31
15. Jelenia Góra, ul. 1 Maja 10
16. Katowice, ul. Młyńska 2
17. Kielce, ul. Kilińskiego 10
18. Kraków, ul. Piłarska 17
19. Kraków, ul. Podwale 5
20. Kutno, ul. 19 Stycznia 1
21. Leszno, ul. Rynek 28
22. Lublin, ul. Krakowskie Przedmieście 36
23. Lublin, ul. Krakowskie Przedmieście 29
24. Łomża, ul. Giełczyńska 8
25. Łódź, ul. Piotrkowska 45
26. Łódź, ul. Narutowicza 34
27. Olsztyn, ul. Pieniężnego 12
28. Olsztyn, ul. Mickiewicza 9
29. Opole, ul. Ozimska 8
30. Ostrów-Wielkopolski, ul. Rynek 9
31. Poznań, ul. Paderewskiego 6
32. Poznań, ul. 27 Grudnia 23
33. Przemyśl, ul. Franciszkańska 19
34. Radom, ul. Zeromskiego 24
35. Rybnik, ul. Zamkowa 8
36. Rzeszów, ul. 3 Maja 2
37. Sandomierz, ul. Opatowska 4
38. Sosnowiec, ul. 3 Maja 26
39. Stargard, ul. Świerczewskiego 25
40. Suwałki, ul. Pl. Wolności 10
41. Szczecin, ul. Al. Wojska Polskiego 14
42. Szczecin, ul. Sikorskiego 7
43. Tczew, ul. Dworcowa 29
44. Tomaszów Mazowiecki, ul. Św. Antoniego 16
45. Toruń, ul. Stalingradzka 10/12
46. Wałbrzych, ul. Gońska 9
47. Warszawa, ul. Czackiego 3/5
48. Warszawa, ul. Marszałkowska 62
49. Warszawa, ul. Targowa 15
50. Warszawa, ul. Poznańska 12
51. Warszawa, ul. Krak. Przedmieście 7
52. Warszawa, ul. Rynek 14
53. Wrocław, ul. Kuźnicza 29
54. Zabrze, ul. Wolności 288
55. Zamość, ul. Zeromskiego 3



4027/15

# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN  
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH  
CENTRALNEGO ZARZĄDU ENERGETYKI, CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU MASZYN ELEKTRYCZNYCH,  
CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU KABLOWEGO

ROK XXVII

1951

Redaktor naczelny inż. Tadeusz Czaplicki  
Redaktorzy działowi inżynierowie: Stanisław Andrzejewski  
Janusz Gniewiewski, Leszek Zienkowski, Tadeusz Żarnecki



WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ  
WARSZAWA

Załącznik  
do Przeglądu Elektrotechnicznego  
1951 r., zes. 11/12



## WYKAZ TYTUŁÓW GRUPOWYCH DO SPISU RZECZY

Akumulatory	Kronika	Przepisy
Aluminiurny	Kursy inżynierskie	Przesył energii
Analizatory	Lampy fluoryzujące	Przewody
Aparaty elektryczne	Linie elektryczne	Rentgenotechnika
Bezpieczeństwo pracy	Maszynek elektryczne	Rozdzielnie
Biografia	Materiały elektrotechniczne	Samoczynne ponowne włączenie
Biuletyn Głównego Instytutu Elektrotechniki	Miernictwo elektryczne	Sieci elektryczne
Centralna Komisja Szkolnictwa Elektrotechnicznego	Naczelna Organizacja Techniczna	Silniki elektryczne
Ciepłownictwo	Nagrody państwowe	Słownictwo elektryczne
Czasopisma techniczne	Napęd elektryczny	Statystyka
Czechosłowacja	Nomogramy	Stowarzyszenie Elektryków Polskich
Dźwięki	Obliczanie elektryczne linii przesyłowych	Szkolnictwo
Elektrownie	Obróbka metodami elektrycznymi	Telekomunikacja
Energetyka	Ochrona pracy	Tor
Fotometrię	Ochrona urządzeń elektrycznych	Trakcja elektryczna
Francja	Odgromniki	Transformatory
Główny Instytut Elektrotechniki	Oświetlenie	Turbiny parowe
Grzejnictwo elektryczne	Paliwa	Urządzenia elektryczne przemysłowe
Hartowanie	Piece elektryczne	Współzawodnictwo pracy
Instalacje elektryczne	Porun	Wydawnictwa nadesłane
Jednostki elektryczne	Par sześćoletni	Wynalazki
Kable	Podstacje	Zabezpieczenie
Kongres Nauki Polskiej	Postęp techniczny	Zabezpieczenie
Kotły parowe	Prostowniki	ZSRP
	Przekładniki	Zwarania
	Przemysł	Zarówki
	Przemysł elektrotechniczny	



# SPIS RZECZY

## A

### Akumulatory

Postęp techniczny w przemyśle kablowym i akumulatorowo-ogniwowym. B. Kolesiński. 270.

### Aluminium

Kable z płaszczami aluminiowymi. C. Niewiadomski. 60. (Treść ob. Kable)

### Analizatory

Analizator prądu zmiennego Głównego Instytutu Elektrotechniki. A. Myślicki i Z. Skoczyński. 80.

Ogólna charakterystyka i zastosowanie. 80. — Analizator prądu stałego. 80. — Analizator prądu zmiennego. 80. — Analizator różniczkowy. 81. — Analizator z maszynami wirującymi. 81. — Części składowe analizatora prądu zmiennego. 81. — Urządzenia pomocnicze. 83. — Zastosowania analizatora prądu zmiennego. 84. — Analizator prądu zmiennego Głównego Instytutu Elektrotechniki. 85. — Organizacja prac. 85. — Założenia projektowe. 85. — Opis techniczny analizatora sieciowego GIElu. 87. — Zaopatrzenie materiałowe. 88. — Okres realizacji analizatora. 89.

Odwzorowywanie oporności linii dwutorowych na analizatorze prądu stałego. S. Bernasi i A. Przyłuski. 137.

### Aparaty elektryczne

Postęp techniczny w przemyśle maszyn i aparatów elektrycznych. J. Statkiewicz. 264. (Treść ob. Postęp techniczny)

Badania wyłączników prądu stałego. J. N. 329.

## B

### Bezpieczeństwo pracy

Statystyka wypadków podczas pracy przy urządzeniach elektrycznych na podstawie danych z 1947 i 1948 r. (Komunikat Komitetu Bezpieczeństwa Pracy SEP). 117. (Treść ob. Statystyka)

Ochrona pracy (Konferencja w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy 4. I. 51). J. G. 127.

Oświetlenie przeciwybuchowe. M. Rzęcki. 431. (Treść ob. Oświetlenie)

### Bibliografia

Bibliografia czasopism elektrotechnicznych. B 1. B 13. B 29. B 37. B 45.

### Biuletyn Głównego Instytutu Elektrotechniki

Stalowo-aluminiowy przewód jezdnny. 136. — Odwzorowywanie oporności linii dwutorowych na analizatorze prądu stałego. 137. — Badania wyłączników prądu stałego. 329. — Badanie napędów wirówek cukrowniczych. 331. — Synchronowanie silnika indukcyjnego. 331. — Kabel rentgenowski. 332. — Metoda pomiaru spadku napięcia w prostownikach rtęciowych. 330. — Badanie prądów łożyskowych w zespołach prądnicowo-turbinowych 331. — Prototyp odgromnika wybuchowego na 6 kV. 485. — Wytrzymałość udarowa transformatorów. 486. — Fotometr do lamp fluoryzujących. 487.

## C

Centralna Komisja Szkolnictwa Elektrotechnicznego (ob. Szkolnictwo).

Ciepłownictwo (ob. Turbiny parowe)

Ciepłownictwo. (Kr. LXV). T. Czaplicki. 213.

Zespólna gospodarka ciepłno-elektryczna. W. Szuman. 215.

Rozważania ogólne. 215. — Przemysł i gospodarstwa domowe jako spożywczy energii cieplnej i elektrycznej. 215. — Centralizacja produkcji energii cieplnej i elektrycznej. 216. — Zespólna gospodarka ciepłno-elektryczna. 217. — Ciepłownia miejska. 219. — Układy ciepłownicze. 220. — Sieć ciepłowniana. 221. — Konstrukcyjne rozwiązania sieci. 224. — Pompa ciepła. 224. — Literatura. 228.

Zagadnienia ciepłownictwa. W. Ney. 228.

Korzyści i rola ciepłownictwa. 228. — Obciążenie cieplne i temperatury obliczeniowe. 229. — Elektrownie-ciepłownie. 231. — Sieci cieplne. 236. — Zakonczenie. 242. — Literatura. 243.

Osiągnięcia ciepłownictwa radzieckiego. 243.

I. Wstęp. 243. — II. Rozwój historyczny ciepłownictwa radzieckiego. 244. — Rozwój ciepłownictwa w okresie pięćdziesięciu lat stalinowskich. 244. — Rozwój techniki ciepłowniczej. 244. — Stan ciepłownictwa na XXX rocznicę

Rewolucji Październikowej i widoki jego dalszego rozwoju. 245. — III. Układy i warunki ciepłownictwa radzieckiego. 247. — Podstawy ogólne. 247. — Schematy sieci wodnej otwartej. 248. — Schematy sieci wodnej zamkniętej. 249. — Schematy sieci parowych. 250.

Ciepłownictwo czechosłowackie. W. Szuman. 252.

Ciepłownia w Brnie. 252. — Ciepłownia w Pradze. 256. — Ciepłownie w innych miastach. 259. — Literatura. 260.

Wybór czynnika ciepłonośnego przy zaopatrywaniu w ciepło z centralnych kotłowni przemysłowych i miejskich. B. L. Szyfrinson, L. A. Mielentiew, M. L. Zaks. (Cz.). 292.

Sieci przemysłowe. 292. — Sieci miejskie. 293.

Ciepłownia z turbinami przeciwprężnymi. P. Moser. (Cz.). 294.

Zapotrzebowanie ciepła i założenia instalacji ogrzewniczej. 294. — Związek między temperaturą zewnętrzną i wydajnością energii elektrycznej. 295. — Słowne przeciwprężne i kondensacyjne. 297. — Ciepłownia, klimat i energia zimowa. 298. — Ciepłownia centralna i kotłownia indywidualne. 298. — Podstawy rozliczeń za energię w ciepłowni. 298

Przesyłanie energii na dalsze odległości za pomocą pary średniego ciśnienia (sieć ogrzewnicza miejska w Paryżu). (Cz.). P. Houbin. 299.

Ciepłownie dzielnicowe. (Cz.). M. C. Hoenkamp. 300.

Ciepłownictwo w Danii. A. K. Bak i N. Chr. Geertsen (Cz.). 303.

Ciepłownia doświadczalna politechniki zuryskiej. B. Bauer, H. Quiby. (Cz.). 311.

Czasopisma techniczne (ob. Bibliografia)

Czechosłowacja

Ciepłownictwo czechosłowackie. W. Szuman. 252. (Treść ob. Ciepłownictwo)

## D

### Dźwigi

Hamowanie i regulacja prędkości w elektrycznych napędach dźwigowych. Z. Grunwald. 99. (Treść ob. Napęd elektryczny)

## E

Elektrownie (ob. Energetyka; Kotły parowe).

Postęp techniczny w energetyce polskiej. S. Andrzejewski, Z. Jasicki, W. Ney. 260. (Treść ob. Postęp techniczny)

Nowoczesne turbiny parowe. S. Andrzejewski. 37.

Zespólna gospodarka ciepłno-elektryczna. W. Szuman. 215. (Treść ob. Ciepłownictwo)

Zagadnienia ciepłownictwa. W. Ney. 228. (Treść ob. Ciepłownictwo)

Osiągnięcia ciepłownictwa radzieckiego. 243. (Treść ob. Ciepłownictwo)

Ciepłownictwo czechosłowackie. W. Szuman. 252. (Treść ob. Ciepłownictwo)

Ciepłownia z turbinami przeciwprężnymi. P. Moser. (Cz.). 294. (Treść ob. Ciepłownictwo)

Epokowe budowle ZSRR w dziedzinie hydrotechniki i elektroenergetyki — II. 394.

Prace nad budową elektrowni nadwołżańskich. 394. — Kanał Wołga — Don. 397.

Elektroenergetyka jako podstawa gospodarki Związku Radzieckiego. W. Pawłowski. 398. (Treść ob. Energetyka)

Energetyka w świetle prac IV Światowej Konferencji Energetycznej (1950). S. Andrzejewski. 470.

Elektrownia Philip Sporn. (Cz.). 307.

Energetyka (ob. Kotły parowe; Podstacje; Sieci elektryczne).

Dorobek i drogi rozwojowe nauki energetycznej w Polsce. Podsekcia Energetyki. Zb. Jasicki i J. Kożuchowski. 10.

Rola energetyki w gospodarce planowej. 10. — Przełom w działalności naukowo-badawczej. 10. — Tradycje polskiej energetyki. 12. — Walka z obciążeniami przeszłości. 14. — Planowanie badań energetycznych. 15. — Naukowcy na froncie walki o przebudowę ustroju. 17.



Postęp techniczny w energetyce polskiej. S. Andrzejewski, Z. Jasicki, W. Ney. 260.

Znaczenie postępu technicznego w energetyce dla gospodarki narodowej. 269. — Postęp techniczny w eksploatacji zakładów energetycznych. 260. — Postęp techniczny w budownictwie elektrowni. 261. — Postęp techniczny w dziedzinie przesyłania i rozdziału energii. 262. — Gospodarka sieci energetycznych. 263.

Radzieckie wzory pracy w energoelektryce. (Kr. LXVIII). T. Czaplicki. 393.

Epokowe budowle ZSRR w dziedzinie hydrotechniki i elektroenergetyki — II. 394.

Prace nad budową elektrowni nadwołżańskich. 394. — Kanał Wołga — Don. 397.

Elektroenergetyka jako podstawa gospodarki Związku Radzieckiego. W. Pawłowski. 398.

Wstęp. 398. — Rola elektryfikacji w dotychczasowych i przyszłych osiągnięciach Związku Radzieckiego. 399. — Przegląd historyczny rozwoju i osiągnięć elektroenergetyki radzieckiej. Jej drogi rozwojowe. 399. — Techniczne osiągnięcia w dziedzinie energetycznych urządzeń wytwórczych. 400. — Społeczne znaczenie zastosowań energii elektrycznej i ich dalszy rozwój. 400.

Energetyka w świetle prac IV Światowej Konferencji Energetycznej (1950). S. Andrzejewski. 470.

Stan i tendencje rozwojowe elektroenergetyki francuskiej. J. Ricard. 43.

Wstęp. 43. — Historyczny rzut oka na rozwój elektroenergetyki francuskiej. 44. — Plan modernizacji i program rozbudowy. 46. — Wpływ istniejących sieci na rozbudowę elektrowni ciepłych. 48. — Koordynacja współpracy pomiędzy ośrodkami produkcji energii. 51.

Elektrownia Philip Sporn. (Cz.). 307

Nowoczesne turbiny parowe. S. Andrzejewski. 37.

Zespolona gospodarka ciepłno-elektryczna. W. Szuman. 215. (Treść ob. Ciepłownictwo)

Zagadnienia ciepłownictwa. W. Ney. 228. (Treść ob. Ciepłownictwo)

Osiągnięcia ciepłownictwa radzieckiego. 243. (Treść ob. Ciepłownictwo)

Ciepłownictwo czeskosłowackie. W. Szuman. 252. (Treść ob. Ciepłownictwo)

Ciepłownia z turbinami przeciwnieprężnymi. P. Moser. (Cz.). 294. (Treść ob. Ciepłownictwo)

Przesyłanie energii na dalsze odległości za pomocą pary średniego ciśnienia (sieć ogrzewnicza miejska w Paryżu). (Cz.). P. Houbin. 299.

Ciepłownie dzielnicowe. (Cz.). M. C. Hoenkamp. 300.

Ciepłownictwo w Danii. A. K. Bak i N. Chr. Geertsen. (Cz.). 303.

Zabezpieczenia przekaźnikowe sieci najwyższych napięć. T. Ejsmond. 349. (Treść ob. Zabezpieczenie sieci)

o) niecelowości stosowania sieci zamkniętych. F. D. Mokricki. (Cz.). 381.

## F

### Fotometria

Fotometr do lamp fluoryzujących. T. D. 487.

### Francja

Stan i tendencje rozwojowe elektroenergetyki francuskiej. J. Ricard. 43. (Treść ob. Energetyka)

Przesyłanie energii na dalsze odległości za pomocą pary średniego ciśnienia (sieć ogrzewnicza miejska w Paryżu). (Cz.). P. Houbin. 299.

## G

Główny Instytut Elektrotechniki (ob. Bibliografia; Biuletyn Głównego Instytutu Elektrotechniki)

Analizator prądu zmiennego Głównego Instytutu Elektrotechniki. A. Myślicki i Z. Skoczyński. 80. (Treść ob. Analizatory)

### Grzejnictwo elektryczne

Projekt i analiza przepisów na gołe przewody grzejne z metalowych stopów oporowych. T. Missala i R. Siciński. 107.

Potrzeba i cel przepisów. 107. — Projekt i analiza przepisów. 108. — Zakończenie. 115. — Literatura. 115.

Elektryczne urządzenia do obróbki cieplnej (hartowniczej). E. Żmihorski. 450. (Treść ob. Obróbka metodami elektrycznymi)

Obróbka elektroiskrowa metali. I. Bresler. 463. (Treść ob. Obróbka metodami elektrycznymi)

## H

### Hartowanie

Elektryczne urządzenia do obróbki cieplnej (hartowniczej). E. Żmihorski. 450. (Treść ob. Obróbka metodami elektrycznymi)

## I

Instalacje elektryczne (ob. Urządzenia elektryczne przemysłowe; Oświetlenie)

## J

### Jednostki elektryczne

Z historii jednostek elektrycznych. A. Metał. 365.

## K

### Kable

Kable z płaszczami aluminiowymi. C. Niewiadomski. 60.

Wady ołowiu i jego stopów jako materiałów na płaszcze kablowe. 60. — Możliwość zastąpienia ołowiu i jego stopów w płaszczach kablowych. 61. — Zalety aluminium jako materiału na płaszcze kablowe. 61. — Zasady produkcji kabli z płaszczami aluminiowymi według patentów niemieckich. 63. — Zasady produkcji kabli w płaszczach aluminiowych wg patentów angielskich. 63. — Uwagi końcowe. 64. — Literatura. 64.

Zastosowanie materiałów termoplastycznych w przemyśle kablowym. S. Jankowski. 64.

Wstęp. 64. — Rodzaje mas syntetycznych. 65. — Polichlorek winylu. 65. — Zastosowanie polichloroku w nylu w przewodach i kablach. 65. — Żądane własności polichloroku w nylu wg VDE 0275. 68. — Wnioski końcowe. 69. — Literatura. 69.

Postęp techniczny w przemyśle kablowym i akumulatorowo-ogniwowym. B. Kolesiński. 270.

Kabel rentgenowski. R. S. 332.

### Kongres Nauki Polskiej

Zastosowanie dialektyki w naukach technicznych. I. Malecki. 5.

Wstęp. 5. — Zagadnienia ideologiczne w naukach technicznych. 5. — Metoda dialektyczna w badaniach naukowych. 6. — Stosunek kapitalizmu do metody dialektycznej. 6. — Tendencje rozwojowe w naukach technicznych. 7. — Przełom w technice społecznej. 8. — Synteza sprzeczności w ustroju socjalistycznym. 9. — Zakończenie. 9.

Pierwszy Kongres Nauki Polskiej. (Kr. LXIII). T. Czaplicki. 1.

Dorobek i drogi rozwojowe nauki energetycznej w Polsce. Podsekcja Energetyki. Zb. Jasicki i J. Kożuchowski. 10.

Rola energetyki w gospodarce planowej. 10. — Przełom w działalności naukowo-badawczej. 10. — Tradycje polskiej energetyki. 12. — Walka z obciążeniami przeszłości. 14. — Planowanie badań energetycznych. 15. — Naukowcy na froncie walki o przebudowę ustroju. 17.

Zadania nauk elektrotechnicznych w planie 6-letnim. Podsekcja Elektrotechniki. J. L. Jakubowski. 17.

Wstęp. 17. — Miernictwo elektryczne. 18. — Materiałoznawstwo elektryczne. 18. — Maszyny elektryczne i napędy. 19. — Wysokie napięcia. 20. — Technika rentgenowska. 21. — Wielkie moce i wielkie prądy. 21. — Elektrotermia. 22. — Oświetlenie elektryczne. 23. — Trakcja elektryczna. 23. — Elektrotechnika rolnicza. 24. — Elektrotechnika morska. 24. — Elektroautomatyka. 25. — Wnioski. 25.

### Kotły parowe

Nowoczesne wyzyskanie torfu w energetyce radzieckiej. Rozwój palenisk torfowych w ZSRR. S. Andrzejewski. 425.

Wstęp. 425. — Palenisko WTI z młynami Kraemera. 426. — Palenisko Szerszniowa. 426. — Zakończenie. 429. — Literatura. 429.

Energetyka w świetle prac IV Światowej Konferencji Energetycznej (1950). S. Andrzejewski. 470.

### Kronika

Kronika. T. Czaplicki.

LXVII. Pierwszy Kongres Nauki Polskiej. 1. — LXIV. Pilne zadania techniki w wykonaniu Planu 6-letniego. 141. — LXV. Ciepłownictwo. 213. — LXVI. Oszczędna gospodarka paliwowa w przemyśle (konferencje techniczno-naukowe PRE i NOT). 214. — LXVII. Zagadnienia postępu technicznego. 333. — LXVIII. Radzieckie wzory pracy w energoelektryce. 393.





**Kursy inżynierskie**

Kursy przygotowawcze do egzaminu na stopień inżyniera. (Od Wydziału studiów inżynierskich NOT). 383.

**L****Lampy fluoryzujące**

Fotometr do lamp fluoryzujących. T. D. 487.

**Linie elektryczne (ob. Sieci elektryczne)**

Napowietrzne linie przesyłowe (MKWSE, 1950). A. Myślicki. 184.

Obliczanie elektryczne linii wysokiego napięcia przy pomocy nomogramów drabinkowych. J. Żydanowicz. 354.

Wstęp. 354. — Opis nomogramów. 355. — Przykłady korzystania z nomogramów. 360. — Budowa nomogramów. 362. — Literatura. 365.

**M****Maszyny elektryczne (ob. Silniki elektryczne)**

Postęp techniczny w przemyśle maszyn i aparatów elektrycznych. J. Stankiewicz. 264. (Treść ob. Postęp techniczny)

Zagadnienie redukcji typów i wielkości maszyn elektrycznych. L. Ziencowski. 160.

Uwagi ogólne. 160. — Stopniowanie mocy. 160. — Napięcie znamionowe. 161. — Silniki zwarte i pierścieniowe. 162. — Budowa. 162.

Postępy przemysłu maszyn elektrycznych w ZSRR. K. Morsztyn. 401.

Wstęp. 401. — Podstawy rozwoju radzieckiego przemysłu maszyn elektrycznych. 402. — Prądnice turbnowe. 402. — Prądnice do turbin wodnych. 404. — Transformatory. 404. — Duże maszyny prądu stałego. 405. — Trakcja elektryczna. 406. — Silniki asynchroniczne. 407. — Prace badawcze w dziedzinie maszyn elektrycznych. 408. — Socjalistyczne oblężenie fabryk radzieckich. 410. — Pomoc radziecka dla Polski. 410. — Literatura. 411.

Energetyka w świetle prac IV Światowej Konferencji Energetycznej (1950). S. Andrzejewski. 470.

Obliczanie strat asynchronicznego silnika wyciągowego. L. Szklarski. 282.

Podstawy ogólne. 282. — Podział strat w silniku. 283. — Straty przy ruchu i hamowaniu. 285. — Straty bieżącego ustalonego. 287. — Straty przy hamowaniu generatorowym. 288. — Wyznaczenie mocy silnika. 289. — Przykład. 289.

Synchronizowanie silnika indukcyjnego. W. L. 331.

Badanie prądów łożyskowych w zespołach prądnicowo-turbinowych. T. Śl. 391.

Metoda obliczania obwodów magnetycznych maszyn trójfazowych z kwadratowymi blachami stojana. H. Kozłowski. 342.

Wstęp. 342. — Przestrzenny rozkład strumienia magnetycznego. Obliczanie prądu magnesującego. 343. — Obliczanie miejscowych indukcji w szczelnicy. 347. — Sprawdzenie doświadczalne. 347. — Analiza wyników. 348. — Literatura. 349.

**Materiały elektrotechniczne**

Materiały elektrotechniczne w planie 6-letnim. J. I. Skowronski. 142.

Uwagi ogólne. 142. — Metale przewodowe i konstrukcyjne. 143. — Materiały oporowe (metalowe i niemetalowe). 144. — Materiały magnetyczne. 144. — Materiały izolacyjne. 145. — Wnioski ogólne. 148.

Materiały magnetyczne miękkie ze szczególnym uwzględnieniem blach transformatorowych. M. Markuszewicz. 69.

Wstęp. 69. — Żelazo. 69. — Stopy Fe-Si. 70. — Stale o dużej zawartości składników stopowych. 72. — Wnioski. 72. — Uwagi końcowe. 73. — Literatura. 73.

Płytki zmienne-oporowe odgromników. J. Bader. 52. (Treść ob. Ochrona urządzeń elektrycznych)

Kable z płaszczami aluminiowymi. C. Niewiadomski. 60. (Treść ob. Kable)

Zastosowanie materiałów termoplastycznych w przemyśle kablowym. S. Jankowski. 64. (Treść ob. Kable)

Postęp techniczny przemysłu telekomunikacyjnego w planie 6-letnim. 271. (Treść ob. Postęp techniczny)

**Miernictwo elektryczne**

Z historii jednostek elektrycznych. A. Metal. 365.

Metoda pomiaru spadku napięcia w prostownikach rtęciowych. J. G. 390.

**N****Naczelna Organizacja Techniczna**

Mobilizacja inżynierów i techników do realizacji wytycznych VI Plenum KC PZPR. 127.

Zmiany w nomenklaturze zawodów i specjalności technicznych. 127.

Kursy przygotowawcze do egzaminu na stopień inżyniera. (Od Wydziału studiów inżynierskich NOT). 383.

Komisja Główna NOT do spraw stopnia inżyniera (Od Wydziału studiów inżynierskich NOT). 384.

**Nagrody państwowe**

Nagrody państwowe za osiągnięcia w dziedzinie elektrotechniki z roku 1951 przyznane uchwałą Prezydium Rządu z dnia 18 lipca 1951 r. 334.

Dział nauki. 334. — Dział postępu technicznego. 334.

**Napęd elektryczny**

Hamowanie i regulacja prędkości w elektrycznych napędach dźwigowych. Z. Grunwald. 99.

Wstęp. 99. — Układy hamowania elektrycznego. 99. — Urządzenia elektromechaniczne do hamowania i regulacji prędkości. 102. — Literatura. 107.

Słownictwo elektryczne. Opracowane i przyjęte przez Centralną Komisję Słownictwa Elektrycznego. Napęd elektryczny. 208. (Treść ob. Słownictwo elektryczne)

Obliczanie strat asynchronicznego silnika wyciągowego. L. Szklarski. 282. (Treść ob. Maszyny elektryczne)

Badanie napędów wirówek cukrowniczych. A. G. 331.

**Nomogramy**

Obliczanie elektryczne linii wysokiego napięcia przy pomocy nomogramów drabinkowych. J. Żydanowicz. 354. (Treść ob. Linie elektryczne)

**O**

Obliczanie elektryczne linii przesyłowych (ob. Linie elektryczne)

**Obróbka metodami elektrycznymi**

Elektryczne urządzenia do obróbki cieplnej (hartowniczej). E. Zmihorski. 450.

Wstęp. 450. — Wytyczne potrzeb produkcyjnych przy obróbce cieplnej. 450. — Piece solne dla temperatur 950–1350°C. 451. — Piece o elementach grzejnych ceramicznych. 453. — Hartowanie przy pomocy prądów wielkiej częstotliwości. 454. — Piece solne elektryczne dla temperatur do 950°C. 456. — Piece elektryczne komorowe dla temperatur do 1000°C. 457. — Piece elektryczne komorowe dla temperatur do 600°C. 458. — Czas nagrzewania w różnych piecach. 468. — Urządzenia pomiarowo-sterujące pieców. 461.

Obróbka elektrośkrowa metali. I. Bresler. 463.

Wstęp. 463. — Założenia teoretyczne. 463. — Charakterystyka technologiczna elektrośkrowego sposobu obróbki metali. 464. — Zastosowanie obróbki elektrośkrowej. 464. — Uwagi końcowe. 469. — Literatura. 469.

**Ochrona pracy (ob. Bezpieczeństwo pracy)**

Ochrona pracy. Konferencja w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy 4. I. 51. J. G. 127.

**Ochrona urządzeń elektrycznych**

Płytki zmienne-oporowe odgromników. J. Bader. 52.

Wstęp. 52. — Nielinowość charakterystyki napięciowo-prądowej. 53. — Przegląd płytek zmienne-oporowych. 55. — Niektóre parametry płytek zmienne-oporowych. 59. — Literatura. 60.

**Odgromniki**

Płytki zmienne-oporowe odgromników. J. Bader. 52. (Treść ob. Ochrona urządzeń elektrycznych)

Prototyp odgromnika wydmuchowego na 6 kV. M. J. 485.

**Oświetlenie**

Oświetlenie ulic. H. Marciniak. 73.

Wstęp. 73. — Widzenie przy sztucznym oświetleniu ulicy. 73. — Kontrast. 74. — Jaskrawość przedmiotów widzianych na jezdni. 75. — Jaskrawość jezdni. 75. — Rozmieszczenie źródeł światła. 76. — Ośnienie. 77. — Systemy oświetlenia. 77. — Ocena jakości oświetlenia. 78. — Literatura.

Nowy problem w technice oświetleniowej. T. Lubera. 170.

Wybór punktu roboczego przy normalizacji żarówek. L. Berson. 173. (Treść ob. Żarówki)



Instalacje oświetleniowe na samolotach. K. Zuchowicz. 178.

Reflektory do oświetlenia terenu lądowania. 178. — Lampy nawigacyjne. 179. — Oświetlenie wnętrza samolotu. 181. — Literatura. 184.

Oświetlenie przeciwybuchowe. M. Rzęcki. 431.

Pomieszczenia niebezpieczne pod względem wybuchowym. 431. — Wymagania od oświetlenia przeciwybuchowego. 432. — Rodzaje opraw przeciwybuchowych. 433. — Literatura. 435.

Fotometr do lamp fluoryzujących. T. D. 487.

Postęp techniczny przemysłu telekomunikacyjnego w planie 6-letnim. 271. (Treść ob. Postęp techniczny)

Uwagi o projektowaniu wewnętrznych urządzeń oświetleniowych. T. Oleszyński. 334.

Wstęp. 334. — Podstawy do projektowania instalacji oświetleniowej. 335. — Projektowanie urządzenia oświetleniowego. 335. — Literatura. 332.

Słownictwo elektryczne. Opracowane i przyjęte przez Centralną Komisję Słownictwa Elektrycznego. Technika świetlna. 385. (Treść ob. Słownictwo elektryczne)

## P

### Paliwa

Nowoczesne wyzyskanie torfu w energetyce radzieckiej. Rozwój palenisk torfowych w ZSRR. S. Andrzejewski. 425. (Treść ob. Kotły parowe).

Energetyka w świetle prac IV Światowej Konferencji Energetycznej (1950). S. Andrzejewski. 470.

Piece elektryczne (ob. Grzejnictwo elektryczne)

Elektryczne urządzenia do obróbki cieplnej (hartowniczej). E. Żmihorski. 450. (Treść ob. Obróbka metodami elektrycznymi).

### Piorun

Historia jednego pioruna. S. Szpor. 162.

Nowe przyrządy do badań fotograficznych nad piorunem. S. Szpor, H. Dzierżek. 164.

Cel badań i zasady przyrządu. 164. — Przyrząd sześciocieczowy. 165. — Przyrząd jednoieczowy. 165. — Literatura. 165.

Urządzenia do badań nad piorunem w Szklarskiej Porębie. S. Szpor, S. Grudziecki i W. Kuźniar. 166.

Cel badań. 166. — Miejsce badań. 166. — Konstrukcje do chwytania piorunów i wyposażenie. 166. — Oborniki do badań nad wybiorczością pioruna. 167. — Kaptury, przewody i wskaźniki tonkowe. 167. — Relestatory liczydłowe. 167. — Precki magnetyczne. 168. — Obecna organizacja badań i przewidywany rozwój. 169. — Literatura. 169.

### Plan Sześcioletni

Dorobek i drogi rozwojowe nauki energetycznej w Polsce. Podsekcja Energetyki. Zb. Jasicki i J. Kożuchowski. 10. (Treść ob. Kongres Nauki Polskiej)

Zadania nauk elektrotechnicznych w planie 6-letnim. Podsekcja Elektrotechniki. J. L. Jakubowski. 17.

Wstęp. 17. — Miernictwo elektryczne. 18. — Materiałoznawstwo elektryczne. 18. — Maszyny elektryczne i napędy. 19. — Wysokie napięcia. 20. — Technika rentgenowska. 21. — Wielkie moce i wielkie prądy. 21. — Elektrotermia. 22. — Oświetlenie elektryczne. 23. — Trakcja elektryczna. 23. — Elektrotechnika rolnicza. 24. — Elektrotechnika morska. 24. — Elektroautomatyka. 25. — Wnioski. 25.

Mobilizacja inżynierów i techników do realizacji wytycznych VI Plenum KC PZPR. 127.

Pilne zadania techniki w wykonaniu Planu 6-letniego. (Kr. LXIV). T. Czaplicki. 141.

### Podstacje

Podstawowe zasady budowy przemysłowych podstacji transformatorowych w ZSRR. A. A. Jermiłow. (Cz.). 115.

### Postęp techniczny

Stowarzyszenie Elektryków Polskich powinno stać się pionierem nowej socjalistycznej techniki. (Wytyczne dla pracy Stowarzyszenia, wpływające z uchwał VI Plenum KC PZPR). T. Żarnicki. 2.

Zgłaszanie wynalazków i usprawnień. Pismo ogólne PKPG nr 7 z dnia 17 lutego 1951 r. (znak: TE5A-00125). 127.

Realizacja postępu technicznego. Komunikat Komisji postępu technicznego przy Stowarzyszeniu Elektryków Polskich. S. Chmielnicki. 205.

Współzawodnictwo i wynalazczość pracownicza (do wiadomości wszystkich członków SEP). 206.

Oszczędna gospodarka paliwowa w przemyśle (konferencja techniczno-naukowe PRE i NOT). (Kr. LXVI). T. Czaplicki. 214.

Postęp techniczny w energetyce polskiej. S. Andrzejewski, Z. Jasicki, W. Ney. 260.

Znaczenie postępu technicznego w energetyce dla gospodarki narodowej. 260. — Postęp techniczny w eksploatacji zakładów energetycznych. 260. — Postęp techniczny w budownictwie elektrowni. 261. — Postęp techniczny w dziedzinie przesyłania i rozdziału energii. 262. — Gospodarka sieci energetycznych. 263.

Postęp techniczny w przemyśle maszyn i aparatów elektrycznych. J. Statkiewicz. 264.

Dotychczasowe osiągnięcia. 264. — Dzisiejsze braki. 265. — Główne zadania na rok 1951. 266.

Postęp techniczny w przemyśle kablówym i akumulatorowo-ogniowym. B. Kolesiński. 270.

Postęp techniczny przemysłu telekomunikacyjnego w planie 6-letnim. 271.

Postęp konstrukcyjny w technice łączenia. K. Borkowski. 271. — Postęp konstrukcyjny w technice przenoszenia. J. Grabowski. 272. — Postęp konstrukcyjny w radjotechnice. S. Manczarski. 272. — Postęp konstrukcyjny w lampach elektronowych. W. Barwicz. 272. — Postęp w technice oświetleniowej. L. Berson. 273. — Postęp konstrukcyjny w sygnalizacji ruchu. W. Strachalski. 275. — Postęp konstrukcyjny w aparatach rentgenowskich. J. Dobrski. 276. — Postęp konstrukcyjny w technice sygnalizacji alarmowej. A. Popowicz. 276. — Postęp w technologii produkcji. W. Kosiński. 277. — Postęp w materiałach telekomunikacyjnych. P. Mosiewicz. 277. — Postęp w organizacji zakładu produkcyjnego. T. Bezbrody. 279. — Postęp w kontroli produkcji. K. Kassenberg. 279. — Właściwa współpraca przemysłu z eksploatacją i inne drogi ogólnego charakteru do osiągnięcia postępu technicznego przy masowej produkcji. Cz. Rajski. 280.

Zagadnienia postępu technicznego. (Kr. LXVII). T. Czaplicki. 333.

Nagrody państwowe za osiągnięcia w dziedzinie elektrotechniki z roku 1951 przyznane uchwałą Prezydium Rządu z dnia 18 lipca 1951 r. 334.

Dział nauki. 334. — Dział postępu technicznego. 334.

### Prostowniki

Metoda pomiaru spadku napięcia w prostownikach rtęciowych. J. G. 390.

### Przekazniki

Zabezpieczenia przekazyk sieci najwyższych napięć. T. Ejsmond. 349. (Treść ob. Zabezpieczenie sieci)

Przemysł elektrotechniczny (ob. Maszyny elektryczne; Transformatory)

Zadania nauk elektrotechnicznych w planie 6-letnim. Podsekcja Elektrotechniki. J. L. Jakubowski. 17. (Treść ob. Kongres Nauki Polskiej)

Krajowe transformatory trójzwojowe na 40 000 kVA, 60 kV. Z. Kopczyński. 26.

Znormalizowane rozdzielnie o małych wymiarach. J. Holc. 429.

Materiały magnetyczne miękkie ze szczególnym uwzględnieniem blach transformatorowych. M. Markuszewicz. 69. (Treść ob. Materiały elektrotechniczne)

Zagadnienie redukcji typów i wielkości maszyn elektrycznych. L. Zienkowski. 160. (Treść ob. Maszyny elektryczne)

Postęp techniczny w przemyśle maszyn i aparatów elektrycznych. J. Statkiewicz. 264.

Dotychczasowe osiągnięcia. 264. — Dzisiejsze braki. 265. — Główne zadania na rok 1951. 265.

Postęp techniczny w przemyśle kablówym i akumulatorowo-ogniowym. B. Kolesiński. 270.

Postęp techniczny przemysłu telekomunikacyjnego w planie 6-letnim. 271. (Treść ob. Postęp techniczny)

### Przepisy

Projekt i analiza przepisów na gołe przewody grzejne z metalowych stopów oporowych. T. Missala i R. Siciński. 107. (Treść ob. Przewody)

### Przesył energii

Napowietrzne linie przesyłowe (MKWSE, 1950). A. Myslicki. 184.



**Przewody (ob. Kable)**

Projekt i analiza przepisów na gołe przewody grzejne z metalowych stopów oporowych. T. Missala i R. Siciński. 107.

Potrzeba i cel przepisów. 107. — Projekt i analiza przepisów. 108. — Zakończenie. 115. — Literatura. 115.

Stalowo-aluminiowy przewód jezdny. J. O. 136.

**R****Rentgenotechnika (ob. Postęp techniczny)**

Kabel rentgenowski. R. S. 332.

**Rozdzielnie**

Znormalizowane rozdzielnie o małych wymiarach J. Holc. 429.

**S****Samoczynne ponowne włączanie**

Rzut oka na zagadnienie samoczynnego ponownego włączania (spw.) w świetle doświadczenia radzieckiego. Z. Burzyński. 411.

Uwagi ogólne. Dane statystyczne. 411. — Przegląd rozwiązań. 412. — Samoczynne ponowne włączanie jednofazowe. Uwagi ogólne. 416. — Někóre zagadnienia uboczne. 416. — Zakończenie. 416. — Literatura. 417.

**Sieci elektryczne (ob. Kable)**

Sieci rozdzielcze w układach elektroenergetycznych. M. Szremowicz. 149.

Uwagi ogólne. 149. — Oddiory. 150. — Napęce sieci rozdzielczej i rozsyłowej. 150. — Właśc'wa sieć rozdzielcza. 151. — Punkty redukcyjne. 152. — Literatura. 159.

Elektroenergetyka jako podstawa gospodarki Związku Radzieckiego. W. Pawłowski. 398. (Treść ob. Energetyka)

Rzut oka na zagadnienie samoczynnego ponownego włączania (spw.) w świetle doświadczenia radzieckiego. Z. Burzyński. 411.

Uwagi ogólne. Dane statystyczne. 411. — Przegląd rozwiązań. 412. — Samoczynne ponowne włączanie jednofazowe. Uwagi ogólne. 416. — Někóre zagadnienia uboczne. 416. — Zakończenie. 416. — Literatura. 417.

Radzieckie wyniki badań obciążenia sieci wielkomijskich. E. Sielski. 421.

Wstęp. 421. — Badania i dyskusje. 421. — Normy 1950 roku. 424. — Wn'oski. 424.

Historia jednego pioruna. S. Szpor. 162.

Nowe przyrządy do badań fotograficznych nad piorunem. S. Szpor, H. Dzierżek. 164. (Treść ob. Piorun)

Urządzenia do badań nad piorunem w Szklarskiej Porębie. S. Szpor, S. Grudziecki i W. Kuźniar. (Treść ob. Piorun)

Napowietrzne linie przesyłowe (MKWSE, 1950). A. Myśliński. 184.

Prototyp odgromnika wydmuchowego na 6 kV. M. J. 485.

Zabezpieczenia przekładnikowe sieci najwyższych napięć. T. Ejsmond. 349. (Treść ob. Zabezpieczenie sieci)

Obliczanie elektryczne linii wysokiego napięcia przy pomocy nomogramów drabinkowych. J. Żydanowicz. 354. (Treść ob. Linie elektryczne)

O niezawodności stosowania sieci zamkniętych. F. D. Mokricki. (Cz.). 381.

**Silniki elektryczne**

Obliczanie strat asynchronicznego silnika wyciągowego. L. Szklarski. 282. (Treść ob. Maszyny elektryczne)

Zabezpieczenie silników asynchronicznych wysokiego napięcia (powyżej 1 kV). R. Kurdziel. 441.

Wstęp. 441. — Uwagi ogólne. 441. — Zabezpieczenie od zwarć wewnętrznych. 441. — Anormalne stany pracy silników. 442. — Zabezpieczenie silników od przeciążeń. 444. — Wn'oski końcowe. 448. — Zapotrzebowanie sprzętu przekładnikowego. 448.

**Słownictwo elektryczne**

Słownictwo elektryczne. Opracowane i przyjęte przez Centralną Komisję Słownictwa Elektrycznego. 128. 207. 208. 358.

IV. Technika wysokich napięć. 207. — Wytrzymałość dielektryczna. 207. — Przepięcia. 207. — Pomiar wysokości napięć. 208. — VII. Napęd elektryczny. 208. — Pojęcia ogólne. 208. — Zastosowania. 209. — VIII. Trakcja

elektryczna. 128. — Pojęcia ogólne. 128. — Tory kolejowe i urządzenia torowe. 128. — Wytwarzanie i rozsył energii elektrycznej. 129. — Elektryczne urządzenia do bezpieczeństwa. 130. — Pojazdy elektryczne i ich wyposażenie. 130. — Utrzymanie urządzeń trakcyjnych. 132. — X. Technika światła. 385. — Pojęcia podstawowe. 385. — Wytwarzanie światła. 385. — Technika oświetleniowa. 386.

**Statystyka**

Statystyka wypadków podczas pracy przy urządzeniach elektrycznych na podstawie danych z 1947 i 1948 r. (Komunikat Komitetu Bezpieczeństwa Pracy SEP). 117.

Wstęp. 117. — Materiały statystyczne. 117. — Wskaźniki wypadkowości. 118. — Wypadki według gałęzi gospodarki. 119. — Urządzenia elektryczne. 120. — Przyczyny wypadków. 121. — Czynności wykonywane podczas wypadku. 122. — Zawód i kwalifikacje. 123. — Wiek i płeć poszkodowanych (tabl. VII). 123. — Miejsce wypadków (tabl. VIII). 123. — Kolejne godziny pracy (tabl. IX). 124. Śmiertelność wśród poszkodowanych. 124. — Wypadki charakterystyczne. 125. — Wn'oski. 125.

**Stowarzyszenie Elektryków Polskich**

Stowarzyszenie Elektryków Polskich powinno stać się pionierem nowej socjalistycznej techniki. (Wytyczne dla pracy Stowarzyszenia, wypływające z uchwały VI Plenum KC PZPR). T. Żarnecki. 2.

**Komunikaty SEP.**

Organizacja Sekcji Kinotechnicznej SEP. 133. — Legitymacje członkowskie. 133. — Kandydatury na członków SEP. 133. 211. 326. 337. — Skład osobowy władz Stowarzyszenia na rok 1951/52. 326.

Słownictwo elektryczne. Opracowane i przyjęte przez Centralną Komisję Słownictwa Elektrycznego. 128. 207. 208. 385. (Treść ob. Słownictwo elektryczne)

Problemy szkoleniowe w elektrotechnice. Od Centralnej Komisji Szkolnictwa Elektrotechnicznego przy Stowarzyszeniu Elektryków Polskich. W. Fischer, K. Kolbiński i J. Srebrzyński. 203. (Treść ob. Szkolnictwo)

Problemy szkoleniowe w elektrotechnice. Od Centralnej Komisji Szkolnictwa Elektrotechnicznego przy Stowarzyszeniu Elektryków Polskich. W. Fischer. 435. (Treść ob. Szkolnictwo)

Realizacja postępu technicznego. Komunikat Komisji postępu technicznego przy Stowarzyszeniu Elektryków Polskich. S. Chmielnicki. 205.

Współzawodnictwo i wynalazczość pracownicza (do wiadomości wszystkich członków SEP). 206.

**IV Zjazd Delegatów SEP w Warszawie 7 maja 1951 r. 312.**

J. Otwarcie Zjazdu. Zażalenie obrad przez Prezesa SEP-u kol. T. Żarneckiego. 312. — Przemówienie powitalne Włocim. Miśturwicza. 312. — Wybory asesorów i komisji wnioskowej. 313. — II. Referaty na temat „Zagadnienia postępu technicznego” i dyskusja. 313. — III. Sprawozdanie z działalności Zarządu Głównego SEP w roku 1950/51. 318. — IV. Plan prac SEP na rok 1951/52 (referent kol. K. Kolbińskiego). 320. — V. Sprawozdanie Komisji Rewizyjnej i Komisji Kwalifikacyjnej. 321. — VI. Dyskusja nad sprawozdaniem i planem prac; uchwalenie absolutorium dla ustępującego Zarządu Głównego; sprawy budżetowe. 321. — VII. Wybory. 323. — VIII. Wn'oski i dezyderaty uchwalone przez Zjazd. Wn'oski. 323. — Dezyderaty pod adresem Zarządu Głównego SEP. 324. — Dezyderaty pod adresem NOT. 324. — Wn'oski do rozpatrzenia przez Zarząd Główny w myśl § 9-d Regulaminu Komisji Wnioskowej. 324. — Zamknięcie Zjazdu przez prezesa kol. Żarneckiego. 324.

**Sprawozdania Oddziałów SEP za 1950 rok. 479.**

Oddziały: Białostocki, Bydgoski, Dzierżonowski, Gdański, Jeleniogórski, Krakowski, Lubelski, Łódzki, Mazowiecki, Mazurski, Opolski, Poznański, Radomsko-Kielecki, Szczeciński, Warszawski, Wrocławski, Zagłębia Węglowego.

**Szkolnictwo (ob. Kursy inżynierskie)**

Problemy szkoleniowe w elektrotechnice. Od Centralnej Komisji Szkolnictwa Elektrotechnicznego przy Stowarzyszeniu Elektryków Polskich. W. Fischer, K. Kolbiński i J. Srebrzyński. 203.

Wstęp. 203. — Kurs przygotowawczy do egzaminu na stopień inżyniera. 203. — Encyklopedia elektrotechniki. 203. — Sprawność elektrowni. 204. — Kursy w zakładach przemysłowych na temat oszczędności materiałów i polepszenia wskaźników produkcji. 204.

Problemy szkoleniowe w elektrotechnice. Od Centralnej Komisji Szkolnictwa Elektrotechnicznego przy Stowarzyszeniu Elektryków Polskich. W. Fischer. 435.

Wstęp. 435. — Reakcja Oddziałów SEP w związku z propozycją zorganizowania w zakładach przemysłowych kursów na temat oszczędności materiałów i polepszenia wskaźników produkcji.



## VIII

436. — Wyjaśnienie instrukcji NOT o krótkoterminowych kursach specjalizujących. 436. — Plan krótkoterminowych kursów specjalizujących, opracowany przez C. K. Szk. El. 436. — Zestawienie skryptów opracowanych dla kursu przygotowawczego do egzaminu na stopień inżyniera. 437.

### T

#### Telekomunikacja

Postęp techniczny przemysłu telekomunikacyjnego w planie 6-letnim. 271. (Treść ob. Postęp techniczny)

#### Torf

Nowoczesne wyzyskanie torfu w energetyce radzieckiej. Rozwój palenisk torfowych w ZSRR. S. Andrzejewski. 425. (Treść ob. Kotły parowe)

#### Trakcja elektryczna

Słownictwo elektryczne. Opracowane i przyjęte przez Centralną Komisję Słownictwa Elektrycznego. Trakcja elektryczna. 128. (Treść ob. Słownictwo elektryczne)

Stalowo-aluminiowy przewód jezdny. J. O. 136.

Postępy przemysłu maszyn elektrycznych w ZSRR. K. Morsztyn. 401. (Treść ob. Maszyny elektryczne)

#### Transformatory

Krajowe transformatory trójzwojeniowe na 40 000 kVA, 60 kV. Z. Kopczyński. 26.

Postępy przemysłu maszyn elektrycznych w ZSRR. K. Morsztyn. 401. (Treść ob. Maszyny elektryczne)

Wytrzymałość udarowa transformatorów. Z. H. 486.

Wstęp. 486. — Próby udarowe. 486.

Prąd magnesujący transformatorów trójfazowych. J. Schmidt. 31.

Wstęp. 31. — Prąd magnesujący żelaza rdzenia. 32. — Indukcja w szczelinie rdzenia. 32. — Spółczynnik szczytu prądu magnesującego szczeliny. 34. — Obliczenie prądu magnesującego szczeliny. 34. — Uproszczone obliczenie prądu magnesującego. 35. — Literatura. 35.

Materiały magnetyczne miękkie ze szczególnym uwzględnieniem blach transformatorowych. M. Markuszewicz. 69. (Treść ob. Materiały elektrotechniczne)

#### Turbiny parowe

Nowoczesne turbiny parowe. S. Andrzejewski. 37.

Energetyka w świetle prac IV Światowej Konferencji Energetycznej (1950). S. Andrzejewski. 470.

Ciepłownia z turbinami przeciwprężnymi. P. Moser. (Cz.). 294. (Treść ob. Ciepłownictwo)

Danie prądów łożyskowych w zespołach prądnicowo-turbinowych. T. Śl. 391.

### U

#### Urządzenia elektryczne przemysłowe

Postępy techniki elektroenergetycznych instalacji przemysłowych. J. Piasecki. 89.

Wstęp. 89. — Kryteria postępu. 91. — Cechy szczególne instalacji nowoczesnych. 92. — Zewnętrzne wyrazy postępu. 95. — Wnioski. 98.

Podstawowe zasady budowy przemysłowych podstacji transformatorowych w ZSRR. A. A. Jermiłow. (Cz.). 115.

Radzieckie metody walki z zakłóceniami pracy w przemysłowych urządzeniach elektroenergetycznych. J. Piasecki. 417.

Wstęp. 417. — Rozpoznanie zakłóceń. 417. — Analiza zakłóceń i dochodzenie przyczyn. 418. — Drogi zwalczania zakłóceń. 418. — Asortyment i jakość sprzętu. 419. — Projektowanie instalacji przemysłowych. 419. — Zapobiegawcza konserwacja urządzeń. 419. — Remonty bieżące. 420. — Prace na odcinku kadr. 420. — Przepisy i instrukcje. 420. — Wnioski. 421. — Literatura. 421.

### W

#### Współzawodnictwo pracy

Współzawodnictwo i wynalazczość pracownicza (do wiadomości członków SEP). 206.

#### Wydawnictwa nadesłane

Baran I. Światło i praca. II wyd. 210.

Berson L. Rury fluoryzujące. 438.

Bezpieczeństwo pracy przy urządzeniach elektrycznych. Praca zbiorowa Stowarzyszenia Elektryków Polskich. 210.

Borkowski K. Systemy telefonicznych central automatycznych miejskich. Tom I: Systemy elektromagnesowe. 438.

Borkowski K. Systemy telefonicznych central automatycznych miejskich. Atlas rysunków tomu I: Systemy elektromagnesowe. 438.

Centrala Handlowa Przemysłu Elektrotechnicznego. Biuro Sprzedaży Maszyn Elektrycznych. Maszyny synchroniczne. Katalog M-7 (dział 103). 386.

Centralne Biuro Łożysk Toczących „Cebiloż”. Katalog łożysk toczących. 439.

Centralny Zarząd Energetyki. Instrukcja eksploatacji silników elektrycznych. (E-001/1949). 386.

Centralny Zarząd Energetyki. Laboratorium olejowe. Wytyczne organizacyjne. (EL-101/1949). 386.

Centralny Zarząd Energetyki. Słupy elektroenergetyczne drewniane. Instrukcja nasycania słupów metodami osmotyczno-dyfuzyjnymi. 386.

Centralny Zarząd Energetyki. Słupy elektroenergetyczne drewniane. Instrukcja odbioru. 386.

Dobrowolski G. Systemy telefonii dalekosiędnej. 438.

Domanus J. Technika rentgenowska. 386.

Felhorski W. Oświetlenie w przemyśle włókienniczym. 438.

Grzejniki do użytku domowego. Katalog V-5 (działy 251—256). 386.

Homola L. Maszyny elektryczne prądu zmiennego. Tom I. Maszyny synchroniczne. 387.

Izolatory stacyjne. Katalog A-1 (dział 334). 132.

Kable elektroenergetyczne. Katalog K-2 (dział 441—449). 133.

Kable teletechniczne. Katalog K-3 (działy 447—456). 133.

Klasyfikacja dziesiętna. Część 669. Metalurgia. 1951.

Konorski B. Podstawy elektrotechniki. Tom. I. Prąd stały. Pole elektryczne i magnetyczne. 209.

Lampy żarowe (żarówki). Katalog L-1 (działy 600—603). 132.

Malecki I. Akustyka radiowa i filmowa. 325.

Morzycka A., Morzycki W. Elektromonter wiejski. 438.

Moszyński W. Wykład elementów maszyn. Część I: Połączenia. 439.

Niektóre zagadnienia z trakcji elektrycznej. Praca zbiorowa. 325.

Nowacki P. J., Kordecki A., Stankiewicz L. Atlas konstrukcji maszyn elektrycznych. Tom II. Silniki asynchroniczne. 387.

Odgromniki zmiennie-oporowe i bezpieczniki wysokiego napięcia. Katalog A-4 (działy 212 i 214). 325.

Osprzęt sieciowy. Katalog J-2 (działy 332—324). 133.

Podrecznik kinooperatora. pod redakcją W. Ostrowskiego. 325.

Pożaryski M. Monter elektryk. 438.

Prószowniki selenowe. Katalog T-7 (dział 761). 325.

Przewody gołe i izolowane. Katalog K-1 (działy 400—434). 326.

Przyrządy specjalne dla gospodarki ruchu oraz do prób napięciowych i prądowych. Katalog V-1 (dział 203). 132.

Silniki przeciwwybuchowe. Katalog M-16 (dział 1046). 386.

Silniki 3-faz. asynchroniczne do 1100 kW. Katalog M-3 (dział 108). 132.

Smiriagin A. i Szpagin A. Stopy cynowe i ich stopy zamienne. 439.



Smoleński T. Wagi, konstrukcja, obsługa i konserwacja. 439.

Świeczniki i lampy. Katalog J-3 (działy 280, 282, 015). 132.

Święcicki T. Cynk i jego zastosowanie. 387.

Tablice zwisów i naprężeń przewodów elektroenergetycznych linii napowietrznych. Część II — Linki aluminiowe. Opr. Stowarzyszenie Elektryków Polskich. 387.

Transformatory dużej mocy. Katalog M-12. Dział 175. 438.

Trzebiatowski W. Zarys rentgenograficznej analizy strukturalnej. 210.

Ulich H. Zarys chemii fizycznej. 439.

Winogradow I. Podstawowe wiadomości dla ustawiaczy tłoczników. 387.

Zagajewski T. Radiotechniczne urządzenia nadawcze. 439.

### Wynalazki

Zgłaszanie wynalazków i usprawnień. Pismo okólne PKPG nr 7 z dnia 17 lutego 1951 r. (znak: TE5A—00125). 127.

### Z

#### Zabezpieczenie sieci

Zabezpieczenia przekaźnikowe sieci najwyższych napięć. T. Ejsmond. 349.

Rozwój sieci najwyższych napięć. 349. — Szybkość działania. 349. — Wybiórczość. 350. — Czulość. 350. — Pewność działania. 350. — Zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe. 350. — Zabezpieczenie kierunkowe składowej zerowej mocy. 350. — Zabezpieczenia odległościowe. 350. — Zabezpieczenia porównawcze. 351. — Zabezpieczenie porównawczo-kierunkowe mocowe. 351. — Zabezpieczenie porównawczo-fazowe prądowe. 352. — Zabezpieczenie linii krótkich. 353. — Zabezpieczenie szyn zbiorczych. 353. — Zabezpieczenie transformatorowe. 354. — Projektowanie zabezpieczeń przekaźnikowych. 354.

Prototyp odgromnika wydmuchowego na 6 kV. M. J. 485.

#### Zabezpieczenia silników

Zabezpieczenie silników asynchronicznych wysokiego napięcia (powyżej 1 kV). R. Kurdziel. 441.

Wstęp. 441. — Uwagi ogólne. 441. — Zabezpieczenie od zwarć wewnętrznych. 442. — Anormalne stany pracy silników. 445.

— Zabezpieczenie silników od przeciążeń. 447. — Wnioski końcowe. 449. — Zapotrzebowanie sprzętu przekąźnikowego. 449.

### ZSRR

Podstawowe zasady budowy przemysłowych podstacji transformatorowych w ZSRR. A. A. Jermiłow. (Cz.). 115.

Osiągnięcia ciepłownictwa radzieckiego. 243. (Treść ob. Ciepłownictwo)

Radzieckie wzory pracy w energoelektryce. (Kr. LXVIII). T. Czaplicki. 393.

Epokowe budowle ZSRR w dziedzinie hydrotechniki i elektroenergetyki (II). 394.

Prace nad budową elektrowni nadwołżańskich. 394. — Kanał Wołga — Don. 397.

Elektroenergetyka jako podstawa gospodarki Związku Radzieckiego. W. Pawłowski. 398. (Treść ob. Energetyka)

Postępy przemysłu maszyn elektrycznych w ZSRR. K. Morsztyn. 401. (Treść ob. Maszyny elektryczne)

Rzut oka na zagadnienie samoczynnego ponownego włączania (spw.) w świetle doświadczenia radzieckiego. Z. Burzyński. 411. (Treść ob. Sieci elektryczne)

Radzieckie metody walki z zakłóceniami pracy w przemysłowych urządzeniach elektroenergetycznych. J. Piasecki. 417. (Treść ob. Urządzenia przemysłowe)

Radzieckie wyniki badań obciążenia sieci wielkomiejських. E. Sielski. 421. (Treść ob. Sieci elektryczne)

Nowoczesne wyzyskanie torfu w energetyce radzieckiej. Rozwój palenisk torfowych w ZSRR. S. Andrzejewski. 425. (Treść ob. Kotły parowe)

### Zwarcia

Zabezpieczenie silników asynchronicznych wysokiego napięcia (powyżej 1 kV). R. Kurdziel. 441. (Treść ob. Silniki elektryczne)

### Z

#### Zarówki (ob. Oświetlenie)

Wybór punktu roboczego przy normalizacji żarówek. L. Berson. 173.

Sformułowanie zagadnienia. 173. — Obliczenie najkorzystniejszej trwałości żarówek o stałej dobroci. 173. — Obliczenie kosztu światła (1 lumenogodziny) dla żarówek głównego szeregu przy stałej „dobroci“ w zależności od trwałości. 174. — Ogólne

## SKOROWIDZ AUTORÓW

Andrzejewski S. Nowoczesne turbiny parowe. 37.

— Nowoczesne wyzyskanie torfu w energetyce radzieckiej. 425.

— Energetyka w świetle prac IV-ej Światowej Konferencji Energetycznej (1950). 470.

Andrzejewski S., Jasicki Z., Ney W. Postęp techniczny w energetyce polskiej. 260.

Bader J. Płytki zmienne-oporowe odgromników. 52.

Bak A. K., Geertsen N. Chr. Ciepłownictwo w Danii. 303.

Barwicz W. Postęp konstrukcyjny w lampach elektronowych. 273.

Bauer B., Quiby H. Ciepłownia doświadczalna politechniki zuryskiej. 311.

Berson L. Wybór punktu roboczego przy normalizacji żarówek. 173.

— Postęp w technice oświetleniowej. 273.

Bezbrody T. Postęp w organizacji zakładu produkcyjnego. 279.

Borkowski K. Postęp konstrukcyjny w technice łączenia. 271.

Bresler I. Obróbka elektroiskrowa metali. 463.

Burzyński Z. Rzut oka na zagadnienie samoczynnego ponownego włączania (spw.) w świetle doświadczenia radzieckiego. 411.

Chmielnicki S. Realizacja postępu technicznego. 205.

Czaplicki T. Kroniká (LXIII—LXVIII). 1, 141, 213, 214, 333, 393.

Dobroski J. Postęp konstrukcyjny w aparatach rentgenowskich. 276.

Dzierżek H. (ob. Szpor S., Dzierżek H.).

Ejsmond T. Zabezpieczenia przekaźnikowe sieci najwyższych napięć. 349.

Fischer W. Problemy szkoleniowe w elektrotechnice. 435.

Fischer W., Kolbiński K., Srebrzyński J. Problemy szkoleniowe w elektrotechnice. 203.

Geertsen N. Chr. (ob. Bak A. K., Geertsen N. Chr.).

Grabowski J. Postęp konstrukcyjny w technice przenoszenia. 272.

Grudziecki S. (ob. Szpor S., Grudziecki S., Kuźniar W.).

Grunwald Z. Hamowanie i regulacja prędkości w elektrycznych napędach dźwigowych. 99.

Hoenkamp Ir. M. C. Ciepłownie dzielnicowe. 300.

Hole J. Znormalizowane rozdzielnie o małych wymiarach. 429.

Houbin P. Przesyłanie energii na dalsze odległości za pomocą pary średniego ciśnienia (sieć ogrzewnicza miejska w Paryżu). 299.

Jakubowski J. L. Zadania nauk elektrotechnicznych w planie 6-letnim. 17.

Jankowski S. Zastosowanie materiałów termoplastycznych w przemyśle kablowym. 64.

Jasicki Z. (ob. Andrzejewski S., Jasicki Z., Ney W.).

Jasicki Z., Kożuchowski J. Dorobek i drogi rozwojowe nauki energetycznej w Polsce. 10.

Jermiłow A. A. Podstawowe zasady budowy przemysłowych podstacji transformatorowych w ZSRR. 115.

Kassenberg K. Postęp w kontroli produkcji. 279.

Kolbiński K. (ob. Fischer W., Kolbiński K., Srebrzyński J.).



- Kolesiński B. Postęp techniczny w przemyśle kablowym i akumulatorowo-ogniwowym. 270.
- Kopczyński Z. Krajowe transformatory trójfazowe-niowe na 40 000 kVA, 60 kV. 26.
- Kord ecki A. Zagadnienie łożysk ślizgowych w budowie wielkich maszyn elektrycznych. 377.
- Kosiński W. Postęp w technologii produkcji. 277.
- Kozłowski H. S. Metoda obliczania obwodów magnetycznych maszyn trójfazowych z kwadratowymi blachami stojana. 342.
- Kożuchowski J. (ob. Jasicki Z., Kożuchowski J.).
- Kurdziel R. Zabezpieczenie silników asynchronicznych wysokiego napięcia (powyżej 1 kV). 441.
- Kuźniar W. (ob. Szpor S., Grudziecki S., Kuźniar W.).
- Kühn H. Zagadnienia wspólne dla telekomunikacji i energetyki (MKWSE, 1950). 367.
- Luberadzka T. Nowy problem w technice oświetleniowej. 170.
- Malecki I. Zastosowanie dialektyki w naukach technicznych. 5.
- Manczarski S. Postęp konstrukcyjny w radiotechnice. 272.
- Marciniak H. Oświetlenie ulic. 73.
- Markuszewicz W. Materiały magnetyczne miękkie ze szczególnym uwzględnieniem blach transformatorowych. 69.
- Met al A. Z historii jednostek elektrycznych. 365.
- Mielentiew L. A. (ob. Szyfrinson B. L., Mielentiew L. A., Zaks M. L.).
- Missala T., Siciński R. Projekt i analiza przepisów na gołe przewody grzejne z metalowych stopów oporowych. 107.
- Mokricki F. D. O niecelowości stosowania sieci zamkniętych. 381.
- Morsztyn K. Postępy przemysłu maszyn elektrycznych w ZSRR. 401.
- Moser P. Ciepłownia z turbinami przeciwprężnymi. 294.
- Mosiewicz P. Postęp w materiałach telekomunikacyjnych. 277.
- Myślicki A. Napowietrzne linie przesyłowe (MKWSE, 1950). 184.
- Myślicki A., Skoczyński Z. Analizator prądu zmiennego Głównego Instytutu Elektrotechniki. 80.
- Napowietrzne linie przesyłowe (MKWSE, 1950). 184.
- Ney W. Zagadnienia ciepłownictwa. 228.
- (ob. Anarzejewski S., Jasicki Z., Ney W.).
- Niewiadomski C. Kable z płaszczami aluminiowymi. 60.
- Oleszyński T. Uwagi o projektowaniu wewnętrznych urządzeń oświetleniowych. 334.
- Rowiowski W. Elektroenergetyka jako podstawa gospodarki Związku Radzieckiego. 398.
- Piasecki J. Postępy techniki elektroenergetycznych instalacji przemysłowych. 89.
- Radzieckie metody walki z zakłóceniami pracy w przemysłowych urządzeniach elektroenergetycznych. 417.
- Popowicz A. Postęp konstrukcyjny w technice sygnalizacji alarmowej. 276.
- Quiiby H. (ob. Bauer B., Quiiby H.).
- Rajski C. Właściwa współpraca przemysłu z eksploatacją i inne drogi ogólnego charakteru do osiągnięcia postępu technicznego przy masowej produkcji. 280.
- Ricard J. Stan i tendencje rozwojowe elektroenergetyki francuskiej. 43.
- Rzęcki M. Oświetlenie przeciwwybuchowe. 431.
- Schmidt J. Prąd magnesujący transformatorów trójfazowych. 31.
- Siciński R. (ob. Missala T., Siciński R.).
- Sielski E. Radzieckie wyniki badań obciążenia sieci wielkomiejskich. 421.
- Skoczyński Z. (ob. Myślicki A., Skoczyński Z.).
- Skowroński J. I. Materiały elektrotechniczne w planie 6-letnim. 142.
- Srebrzyński J. (ob. Fischer W., Kolbiński K., Srebrzyński J.).
- Statkiewicz J. Postęp techniczny w przemyśle maszyn i aparatów elektrycznych. 264.
- Strachalski W. Postęp konstrukcyjny w sygnalizacji ruchu. 275.
- Szklarski L. Obliczanie strat anynchronicznego silnika wyciągowego. 282.
- Szpor S. Historia jednego pioruna. 162.
- Szpor S., Dzierżek H. Nowe przyrządy do badań fotograficznych nad piorunem. 164.
- Szpor S., Grudziecki S., Kuźniar W. Urządzenia do badań nad piorunem w Szklarskiej Porębie. 166.
- Szremowicz M. Sieci rozdzielcze w układach elektroenergetycznych. 149.
- Szuman W. Zespolona gospodarka ciepłno-elektryczna. 215.
- Ciepłownictwo czeskosłowackie. 252.
- Szyfrinson B. L., Mielentiew L. A., Zaks M. L. Wybór czynnika ciepłonośnego przy zaopatrywaniu w ciepło w centralnych kotłowni przemysłowych miejscach. 292.
- Zaks M. L. (ob. Szyfrinson B. L., Mielentiew L. A., Zaks M. L.).
- Zienkowski L. Zagadnienie redukcji typów i wielkości maszyn elektrycznych. 160.
- Zuchowicz K. Instalacje oświetleniowe na samolotach. 178.
- Żarnecki T. Stowarzyszenie Elektryków Polskich powinno stać się pionierem nowej socjalistycznej techniki. 2.
- Żmihorski E. Elektryczne urządzenia do obróbki cieplnej (hartowniczej). 450.
- Żydanowicz J. Obliczanie elektryczne linii wysokiego napięcia przy pomocy nomogramów drabinkowych. 354.





# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH  
CENTRALNEGO ZARZĄDU ENERGETYKI, CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU MASZYN ELEKTRYCZNYCH,  
CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU KABLOWEGO

Redaktor naczelny inż. Tadeusz Czaplicki. — Redaktorzy działowi inżynierowie: Sławomir Andrzejewski, Janusz Gniewiewski, Leszek Ziencowski, Tadeusz Żarnecki

Rok XXVII

A 12915

Warszawa, 21 marca 1951 r.

Zeszyt 1/2/3

## KRONIKA

### LXIII. Pierwszy Kongres Nauki Polskiej.

Będzie to pierwszy w dziejach Polski kongres powszechny, bo obejmujący wszystkie dziedziny nauki społecznej. Prace Kongresu podzielono na 11 sekcji: I) nauk społecznych i humanistycznych, II) nauk ekonomicznych, III) matematyki i fizyki IV) energetyki i elektrotechniki, V) budowy maszyn i technologii mechanicznej, VI) nauk inżyniersko-budowlanych, VII) chemii i technologii chemicznej, VIII) nauk o ziemi, IX) biologii i nauk rolniczych, X) nauk medycznych, XI) organizacji nauki i szkolnictwa wyższego. Sekcje, wśród których cztery, jak widać z tego wykazu, obejmują bezpośrednio nauki techniczne, dzielą się z kolei na podsekcje w gólniej liczbie 61. Sekcja IV jest podzielona na trzy podsekcje: 1) energetyki, 2) elektrotechniki, 3) telekomunikacji. Prace dwu pierwszych z tych podsekcji są przedmiotem bezpośrednich zainteresowań czytelników Przeglądu Elektrotechnicznego i są im udośćpionione\*).

Zadania Kongresu są rękogłowe.

Najpierw Kongres ma dać wierny obraz dzisiejszego stanu nauki polskiej w każdej dziedzinie osobna, ma ocenić krytycznie jej dotychczasowy dorobek i porównać go z osiągnięciami w innych krajach; ma ustalić zakres i przyczyny naszego opóźnienia w stosunku do obcych krajów i do naszych potrzeb; ma wskazać drogi i sposoby do odrobienia naszych zaległości i nauce.

Drugim zadaniem Kongresu będzie wytknięcie nowych metod pracy naukowej w naszym kraju wobec tych możliwości rozwojowych, które stworzyły się dla nauki w Polsce Ludowej, wobec konieczności wprowadzenia planowania również w zakresie badań naukowych oraz wobec potrzeby oparcia się w nauce na zasadach materializmu dialektycznego.

Wreszcie trzecim zadaniem Kongresu będzie ustalenie konkretnego programu prac naukowych w każdej dziedzinie na najbliższe lata, a przede wszystkim programu prac związanych bezpośrednio czy pośrednio z wykonaniem naszego planu 6-letniego.

Stan obecny nauk elektroenergetycznych w Polsce nie jest zadawalający z tego powodu, że w okresie międzywojennym nie sprzyjały im rozwojowi ówczesne warunki gospodarcze w kraju, zarówno bowiem elektrotechniczny przemysł fabryczny, jak i przemysł elektrowniany były w znacznym stopniu uzależnione od kapitału zagranicznego, później zaś wojna spowodowała silne spustoszenia w naszych materialnych środkach pracy naukowej, w szeregach naszych pracowników naukowych, w naszym szkolnictwie.

Po wojnie wypadło organizować naukę elektrotechniczną niemal od początku. Powołując już w 1945 r. do życia Główny Instytut Elektrotechniki i rozszerzając studia elektrotechniczne w kilku naszych politechnikach, państwo ludowe dało dowód troski o dźwignięcie nauki elektrotechnicznej w Polsce i umożliwienie im rozwoju. W ciągu ubiegłego lata osiągnięto wyniki niemałe. Prace kongresowe

powinny wytknąć drogi do dalszego i przyspieszonego postępu w naszych osiągnięciach.

W naszych dzisiejszych warunkach ustrojowych wszelka nauka, a więc i elektrotechniczna, może i powinna rozwijać się innymi drogami i według metod bardziej doskonałych niż dawniej, niż dotychczas. Izolowana praca poszczególnych osób, rozproszenie ich wysiłków, przypadkowość ich zainteresowań i poczynań, zatrzymywanie się na tematach oderwanych, niekiedy dalekich od dzisiejszych potrzeb naszego życia — wszystko to powinno ustąpić miejsca pracy naukowej zbiorowej, uporządkowanej, skoordynowanej, objętej wspólną ideą rozwiązywania zagadnień ważnych i pilnych dla społeczeństwa, a więc powiązanych z naszym życiem bieżącym, z jego potrzebami.

Cała nasza gospodarka narodowa już piąty rok rozwija się według z góry ustalonych planów państwowych. Żeby będący obecnie w toku realizacji 6-letni plan gospodarczy polski był w pełni i w terminie wykonany, nieodzowna jest między innymi poważna i szybka pomoc ze strony nauki. Wynika stąd, że jest rzeczą konieczną i pilną objęcie planowaniem państwowym również prac i badań naukowych.

Musi być powiększona skala prac naukowych. Tematyka prac naukowych, zakres badań naukowych, a nawet — w granicach możliwości — terminy ich wykonania muszą być ujęte w osobny plan, wypływający z zadań ogólnego planu 6-letniego. Żeby w szczególności plan naukowy z dziedziny techniki, opracowany w porozumieniu z zainteresowanymi działami gospodarki narodowej, był dobrze i w porę wykonany, niezbędne jest wprowadzenie w naszej nauce technicznej metod pracy zespołowej, niezbędne jest przyciągnięcie do udziału w pracach naukowych możliwie największej liczby naszych fachowców, a więc poza pracownikami technicznymi instytutów badawczych, również pracownikami szkół wyższych, wybitnych pracowników z przemysłu i inn.; konieczne będzie również korzystanie do wykonania „planu naukowego“ z pomocy pracowników naukowych politechnicznych i innych [Kr. LIV]. Do prac doktorskich, a nawet magisterskich w politechnikach powinno się czerpać tematy z bieżących zagadnień naszego życia gospodarczego.

Referaty kongresowe wskazują nam braki w dzisiejszej nauce elektrotechnicznej i roztaczają przed nami programy zagadnień naukowych, które powinniśmy rozwiązać dla realizacji planu 6-letniego. Trzeba, żeby z programami tymi zapoznali się blisko wszyscy elektrycy polscy — od profesorów i najstarszych doświadczonych inżynierów do studentów i utalentowanych praktyków. Indywidualne pomysły ludzi obdarzonych praktycznym zmysłem racjonalizatorskim mogą dobrze przyczynić się do realizacji planów.

W pracach swych powinniśmy pilnie śledzić rozwój nauki światowej i studiując jej zdobycze, mamy robić z nich dla siebie taki użytek, jaki dyktują nam życiowe interesy naszej gospodarki w ogóle, a w szczególności przemysłu naszego w jego dzisiejszej fazie rozwojowej. Korzystanie z bogatego dorobku nauki radzieckiej wysuwa się tu na plan pierwszy.



29. VI — 2. VII. 1951  
W A R S Z A W A

\* Ob. artykuł prof. J. L. Jakubowskiego „Przebieg historyczny i perspektywy rozwojowe nauk elektrotechnicznych w Polsce” (PE, 1950, t. 9/10/11, str. 401) oraz dalsze materiały w niniejszym zeszycie (str. 5—26).



INŻ. TADEUSZ ZARNECKI  
prezes SEP



# Stowarzyszenie Elektryków Polskich powinno stać się pionierem nowej socjalistycznej techniki<sup>\*)</sup>

Wytyczne dla pracy Stowarzyszenia, wpływające z uchwał VI Plenum KC PZPR

Obecną międzynarodową sytuację polityczną charakteryzują zaostrzające się zakusy imperialistów amerykańskich na wywołanie nowej wojny. Okres obecny zmienny jest tym, że obok przygotowań do rozpętania trzeciej ogólnoświatowej rzezi, trwa już od 9 miesięcy potworna agresja na Korei, której los jest ostrzeżeniem dla wszystkich pokojowo usposobionych narodów i przypomnieniem, że o pokój trzeba walczyć, że pokój trzeba bronić.

Równoległe do ludobójczych zamiarów bloku kapitalistycznego rozwija się i wzmacnia powszechna walka postępowej ludzkości, a zwłaszcza krajów Demokracji Ludowej i Związku Radzieckiego o utrzymanie pokoju. Walka o utrzymanie pokoju osiągnie swój cel, obóz pokoju i życia odniesie zwycięstwo nad obozem wojny i śmierci, gdy zgodnie ze słowami Stalina narody same wezmą sprawę pokoju w swoje ręce i będą bronić pokoju do ostatka.

Kraj nasz wszedł z dodatnim bilansem pracy za rok 1950 w okres 1951 roku, drugiego roku planu 6-letniego. Plan przemysłowy 1950 r. został wykonany w 107,4%, dając wzrost wartości w porównaniu z rokiem poprzednim o 30,8%. Następuje szybki wzrost uprzemysłowienia kraju, którego produkcja przemysłowa obliczona na 1 mieszkańca wynosi 315% w porównaniu z wartością produkcji w roku 1936. Dochód narodowy w przeliczeniu na 1 mieszkańca wynosi 210% w stosunku do przedwojennego. Zestawiając wyniki roku 1950, pierwszego roku planu 6-letniego, z wynikami roku 1949 tzn. ostatniego roku planu 3-letniego, można stwierdzić, że przyrost produkcji przemysłowej wyniósł w roku 1950 30,8% tzn. 5,4 miliarda złotych, a w roku 1949 25,5% tzn. 3,5 miliarda złotych według cen z 1937 roku. Oznacza to, że mimo gwałtownego tempa naszej rozbudowy gospodarczej wzrost procentowy nie słabnie, lecz ma w dalszym ciągu tendencję rosnącą. Przekroczenie wykonania planu w roku 1950 sprawia, że w rok 1951 wkroczyliśmy z wyższego poziomu niż przewidywano w okresie opracowania planu 6-letniego. Rok 1950 dowiódł możliwości szybszego rozwoju niż ten, który zakładaliśmy. Wyciągając z tego wnioski, podwyższyliśmy plan pracy w 1951 roku tak, by roczny wzrost produkcji przemysłowej wyniósł nie 20,7%, lecz 23,4%, tzn. by osiągnął wartość produkcji nie 25, lecz 28 miliardów złotych czyli o 12% więcej w cenach niezmiennych. W ten sposób zadania lat 1950 i 51 łącznie będą wykonane o dwa miesiące wcześniej.

Zagadnienia polityki międzynarodowej i wpływające z niej dla nas zadanie czynnej walki o pokój rozpatrujemy łącznie z zagadnieniem planu 6-letniego i wynikającego z niego zadania wykonania planu roku 1951. Rozpatrujemy te zagadnienia łącznie, gdyż mimo pozornej różnicy istnieje między nimi ścisłe powiązanie. Realizacja planu 6-letniego da z jednej strony takie wzmocnienie gospodarcze kraju, że wzrośnie ryzyko dla ewentualnego agresora, z drugiej zaś strony realizacja tego planu uchroni nas gospodarczo od nacisków ekonomiczno-politycznych ze strony państw kapitalistycznych, wykreślając z ich rachunku kraj nasz, jako obiekt wyzysku gospodarczego i presji politycznej. Realizacja planu 6-letniego ma łącznie bezpośrednią z walką o pokój, bo plan przez podwyższenie stopy życiowej obywatela wiąże go z ustrojem gospodarczym dającym mu dobrobyt, którego warto i trzeba bronić przed wszelkimi zakusami napastników, niosących narodowi nędzę i wytepienie. Istnieje łącznie pomiędzy walką o pokój a walką o plan 6-letni, bo plan ten łącznie z budową bazy materialnej zapewnia potężny rozwój nadbudowy kulturalnej, a przez to stwarza dalsze przesłanki do wzmocnienia uczuć patriotycznych w stosunku do ojczyzny ludowej przeobrażającej się w ojczyznę socjalistyczną.

Dla nas techników podane wyżej cyfry wyjściowe planu 1951 roku wymagają dalszych liczbowych uzupełnień

<sup>\*)</sup> Artykuł jest rozwinięciem przemówienia, wygłoszonego na dorocznym Zjeździe Sekcji Telekomunikacyjnej SEP w dniu 11 marca rb.

i wskazania technicznych rozwiązań, które umożliwią uzyskanie takich liczb. Z planu wynika, że obok poważnego wzrostu produkcji przemysłu węglowego, którego tempo rozwoju nie nadążało w ubiegłym roku za tempem rozwoju reszty przemysłu, obok stworzenia szerokiej podstawy surowcowej dla hutnictwa wzrośnie w znacznym stopniu produkcja przemysłu maszynowego i elektrotechnicznego. Przemysł maszynowy wypuści w tym roku o 61% więcej obrabiarek, o 62% więcej maszyn budowlanych, przemysł zaś elektrotechniczny przejdzie w całym szeregu wyrobów z produkcji próbnej i małoseryjnej na wielkoseryjną. Nakłady państwowe na zaplanowane inwestycje są w tym roku o 30% wyższe niż w roku uległym.

Wielkie zadania roku 1951, uktwające się za powyższymi cyframi, zmuszają nas do skoncentrowania uwagi na dwu problemach, bez których rozwiązania nie ma możliwości wykonania planu 1951 r. Są to: 1) zagadnienia postępu technicznego i 2) zagadnienia obniżki kosztów własnych.

Rozpatrując dotychczas w dużym skrócie myśli zawarte w referatach prezydenta Bierut i wicepremiera Minca na VI Plenum KC PZPR doszliśmy do zagadnienia, którego rozwiązanie spada w dużej mierze na nasze barki. Dotychczasowe wyniki w odbudowie i rozbudowie gospodarki były osiągnięte w głównej mierze dzięki wyteżonej ofiarnej pracy klasy robotniczej, dzięki wysiłkom przodowników pracy i racjonalizatorów. Dotychczasowemu ilościowemu rozwojowi produkcji nie towarzyszył równie szybki rozwój metod wytwarzania, wzrostowi wartości produkcji nie towarzyszył przewrót w technologii.

Znajdujemy się obecnie na tym etapie rozwoju swego przemysłu, na którym wprowadzenie nowej techniki jest realne i możliwe. „Nowa technika wchodzi do naszego przemysłu w postaci oddawanych do użytku nowoczesnych obiektów inwestycyjnych, w postaci nowych wielkich ilości urządzeń i maszyn; możemy w pełni korzystać z bogatych doświadczeń radzieckich i z szechstronnej technicznej literatury radzieckiej; mamy szereg cennych choć nierozpowszechnionych dostatecznie inicjatyw naszych własnych, utalentowanych nowatorów i racjonalizatorów — mamy więc dane do uzyskania przełomu w zakresie nowej techniki w r. 1951. Ci kierownicy partii i gospodarzy, którzy sądzą, że można realizować coraz trudniejsze zadania planu 6-letniego bez studiowania zagnień nowej techniki i bez uporczywego wprowadzania jej w życie, ci kierownicy partijni i gospodarzy, którzy sądzą w szczególności, że można to zrobić w r. 1951, mylą się zupełnie i skazani są na beznadziejne pozostawanie w tle”. (H. Minc, referat na VI Plenum).

Analizując zagadnienia produkcyjne i konstrukcyjne z naszego najbliższego otoczenia znajdziemy niewątpliwie szereg przykładów, w których stara technika utrudnia powiększenie i poprawienie jakości produkcji, stwarza wąskie gardła, powiększa koszty włącznie wytwarzania i eksploatacji. Zaliczyć by tu można:

stare normy i przepisy na zewody izolowane, zmuszające do stosowania deficytów cyny;

stare sposoby obliczenia przekroju przewodów instalacji elektrycznych, dające nadmierne zużycie deficytowych metali kolorowych;

stare sposoby projektowania przemysłowych instalacji elektrycznych, utrudniające łatwą kontrolę i normowanie zużycia energii elektrycznej przez poszczególne oddziały produkcyjne;

stare, małe szybkości skrawania, wymagające nadmiernej pracy przy produkcji silników elektrycznych;

prasowanie z zimnego prądu bakielitowego, co przedłuża czas prasowania i zmniejsza wydajność pras;

jednostkowy montaż artykułów produkowanych wielkoseryjnie (np. przekładniki, oprawy do lamp), co powstrzymuje podnoszenie wydajności pracy itd., itd.



Analizując dalej metody technologiczne, czy też styl pracy eksploatacyjnej w naszym najbliższym otoczeniu i porównując ten stan z metodami pracy w produkcyjnych zakładach w kraju czy za granicą lub też z metodami znanymi z literatury fachowej, zauważymy szereg miejsc pracy, w których z powodzeniem, a przede wszystkim z pozytywnym gospodarczym skutkiem można by wprowadzić elementy nowej, postępowej techniki. Przykładowo można by tu wymienić:

gniazda obróbcze lub potoki produkcyjne przy obróbce kadłubów, tarcz łożyskowych i wałów silników elektrycznych;

regenerację wykrojników i sprawdzianów przez napanie ich specjalnymi stopami, jak ledurit, stalinit itp.;

elektrokontaktową metodę ostrzenia narzędzi;

powlekanie elektrolityczne metali z zastosowaniem podgrzewania kąpieli galwanicznej;

metalizację natryskową itp.

Analizując sprzęt techniczny, którym posługujemy się w naszej pracy zawodowej, i porównując go ze znanym z opisów — zwłaszcza w fachowej literaturze radiotechnicznej, analizując dalej możliwości produkcyjne naszych biur konstrukcyjnych i warsztatów modelowych przy fabrykach, uczelniach czy instytutach, niewątpliwie stwierdzimy, że jest szerokie pole do inżynierskiej pracy twórczej, dającej w wyniku sprzęt ułatwiający wykonanie planu technicznego. Przykładowo możemy wymienić:

urządzenie stroboskopowe do regulacji liczników na taśmie montażowej;

urządzenie do szybkiego kasowania taśm magnetofonowych;

suszarkę próżniową dla uzwojeń transformatorów i cewek;

urządzenie do wydmuchiwania części produkowanych na tłoczniach itd., itd.

Zagadnienie udziału techników i inżynierów we wprowadzaniu nowoczesnej techniki w naszych fabrykach było przedmiotem rozważań Prezydium Rady Głównej N. O. T. i Zarządu Głównego S. E. P. Zarysowało się kilka dróg, z których każda w pewien sposób prowadzi do celu.

Podnieśmy poziom techniki produkcyjnej podnosząc poziom kwalifikacji zawodowych załogi, a zwłaszcza personelu inżyniersko-technicznego. Na polu szkolenia zawodowego Stowarzyszenie nasze ma piękne osiągnięcia, ale dla pomysłowego wykonania planu 6-letniego musimy zdwoić nasze wysiłki również i w dziedzinie szkolenia kadr. Oprócz stałej, długofalowej pracy np. w Wieczorowych Szkołach Inżynierskich konieczne jest organizowanie kursów doskonalenia zawodowego dla techników i inżynierów praktyków. Krótkie takie kursy powinny być poświęcone oddzielnym zagadnieniom postępu technicznego i powinny wspomóc do rozpowszechnienia doświadczenia zdobytego w przodujących zakładach naszego przemysłu lub też doświadczenia osiągniętego w przemyśle Związku Radzieckiego lub krajów Demokracji Ludowej. Członkowie SEP lub koła fabryczne Stowarzyszenia powinny wziąć czynny udział w organizowaniu stachanowskich kursów doskonalenia zawodowego w fabrykach. Kursy takie dadzą teoretyczną i praktyczną podbudowę dla nowego etapu współzawodnictwa — współzawodnictwa w najlepszym wyznaczeniu urządzeń technicznych.

Podnieśmy poziom techniczny naszej produkcji, biorąc kolejno na warsztat poszczególne zagadnienia, w których mamy największe trudności, w których opóźnienia nasze są najpoważniejsze. Niewątpliwym osiągnięciem w tej dziedzinie są naukowo-techniczne konferencje, jak np. konferencja szybkościowego skrawania zorganizowana przez mechaników, konferencja techniki wiertniczej organizowana przez nafciarzy, konferencja materiałoznawstwa elektrotechnicznego i oświetleniowa organizowane przez S. E. P. wspólnie z Głównym Instytutem Elektrotechnicznym. Konferencje takie dadzą jeszcze lepsze niż dotychczas rezultaty, jeżeli organizatorzy utrzymując je na poziomie naukowo-technicznym zapobiegają zeszlignięciu się na płaszczynę dydaktyczno-popularyzatorską i jeżeli w większym jeszcze niż dotychczas stopniu zwiążą tematykę referatów i dyskusji z życiem i potrzebami konkretnymi naszych zakładów pracy.

Podnieśmy poziom techniczny naszego życia gospodarczego, jeżeli w poszczególnych biurach studiów, konstrukcyjnych i projektów poddamy wnikliwej analizie metody konstruowania, czy projektowania oraz założenia tech-

niczno-gospodarcze, na których praca konstruktorska jest oparta. Pewne osiągnięcia mają tu już za sobą koledzy z Sekcji Telekomunikacyjnej. Koledzy ci drogą krytyki dotychczasowych metod planowania i dawnych metod myślenia technicznego doprowadzili do lepszego wyzyskania elementów urządzeń łączeniowych, do skrócenia czasu oczekiwania i do poprawienia innych wskaźników techniczno-ekonomicznych służby łączności. Teletechnicy w krytyce swojej oparli się na rozumowaniu, że inne zadania miała do spełnienia centrala telefoniczna służąca jako źródło dochodu koncesjonariusza i jako narzędzie techniczne walki konkurencyjnej poszczególnych grup kapitalistów, a inne ma dziś, gdy jest środkiem technicznym łączności aparatu kierowniczego socjalistycznej gospodarki narodowej. Analogiczne rozumowanie mogłoby przeprowadzić w swoich dziedzinach pracy konstruktorzy sprzętu grzejnikowego, opraw oświetleniowych, aparatury rozdzielczej, projektanci instalacji przemysłowych i inni. Dyskusje na te tematy na zebraniach Kół i Oddziałów Stowarzyszenia, dyskusje w prasie technicznej powinny przyczynić się do dalszego wprowadzenia elementów i metod techniki socjalistycznej do naszego życia gospodarczego.

Zdaniem prezydium Rady Głównej N. O. T., zdaniem Zarządu Głównego S. E. P. drogi wskazane wyżej, aczkolwiek słuszne, nie są wystarczające w chwili dzisiejszej. Dla szybkiego dokonania przewrotu w technologii produkcji konieczny jest czynny, bezpośredni udział inżynierów i techników w przedstawianiu naszych zakładów na nowoczesną technikę. Ilościowy skok w produkcji został dokonany w latach ubiegłych dzięki entuzjastycznemu wysiłkowi klasy robotniczej, która podjęła hasło współzawodnictwa pracy i wielokrotnie podniosła wydajność w przemyśle, budownictwie, komunikacji i innych dziedzinach gospodarki narodowej. Współzawodnictwo pracy wchodzi obecnie na etap współzawodnictwa o lepsze, właściwsze, oszczędniejsze wyzyskanie środków i narzędzi produkcji, o lepsze, oszczędniejsze wyzyskanie surowca. Na tym etapie współzawodnictwa powinien stanąć w jednym szeregu z przodownikiem-robotnikiem przodownik-inżynier i technik, którzy swoją wiedzą zawodową dadzą podstawy naukowe dla nowych osiągnięć. Inżynierowie i technicy mogą ponadto wyjść poza zakres objęty pomocą dla racjonalizatorów i przodowników. Inżynierowie i technicy podejmują obecnie inicjatywę odegrania również osobistej roli we wprowadzaniu nowoczesnej techniki do produkcji i eksploatacji.

Oceniając w ten sposób nastroje w SEPie i ustosunkowanie się członków Stowarzyszenia do powyższego zagadnienia, Zarząd Główny SEP powołał w dniu 1 marca b. r. Komisję do spraw realizacji postępu technicznego. Pod adresem tej Komisji, pracującej pod przewodnictwem kol. inż. Chmielnickiego i współpracującej z zarządami głównymi zainteresowanych związków zawodowych (metalowców, pracowników energetyki, poczt i telegrafów, kultury i sztuki), zaczęły już napływać pierwsze — indywidualne i zespolone — zobowiązania. Co jest treścią tych zobowiązań? Członkowie Stowarzyszenia pojedynczo lub grupowo zobowiązują się wprowadzić w swoich zakładach pracy w określonym terminie, wcześniejszym niż przewidywał to plan techniczny zakładu, konkretne elementy nowoczesnej techniki.

Przykładowo można podać następujące tematy zobowiązań:

wprowadzenie metody samoczynnego nabijania styków na sprężyny przekaźników;

uruchomienie produkcji potokowej kondensatorów do lamp fluoryzujących (światłówek);

uruchomienie na skalę przemysłową podgrzewania proszku bakelitowego prądami wielkiej częstotliwości;

wprowadzenie elektroiskrowej metody ostrzenia narzędzi;

opracowanie modelu terenowego wozu transmisyjnego (radiowego).

Cechą charakterystyczną tych i innych zobowiązań jest fakt, że koledzy ci, biorąc na siebie obowiązek pokonania w określonym terminie trudności początkowych związanych z nową metodą, zobowiązują się jednocześnie do przekazania wyników swego doświadczenia innym zakładom pracy.

Zobowiązania do konkretnych osiągnięć i realizacja tych zobowiązań to nowy styl pracy inżynierskiej, to nowe metody pracy stowarzyszeniowej.



Obserwując rozwój pracy stowarzyszeń technicznych w Polsce, a w szczególności SEP-u w latach powojennych, zauważymy, że praca stowarzyszeń zbliżyła się do zagadnień, którymi żyją zakłady pracy. Wyniki pracy stowarzyszenia stają się coraz bardziej realnym wkładem w wykonanie planu państwowego.

Wraz ze zmianą systemu pracy stowarzyszeń zachodziły przemiany wśród inteligencji technicznej; jedne przemiany wpływały na drugie i wzajemnie się przyspieszały. W roku 1946 często jeszcze można było spotkać w gronie inżynierów i techników jednostki, czy nawet całe grupy, dla których socjalistyczne metody pracy, socjalistyczna technika, budowa podstaw ustroju socjalistycznego były zagadnieniami obcymi, jeżeli nie wyrażnie wrogimi. Dziś stan ten uległ radykalnej zmianie. Dziś zjednoczenie inżynierów i techników z całą klasą robotniczą posunęło się tak dalece, że stworzony został grunt podatny do czynnego osobistego udziału w realizacji poszczególnych odcinków planu. Zobowiązania, które już nadeszły, i te, które członkowie stowarzyszeń będą podejmować i realizować, są najlepszym dowodem wzrostu uświadomienia politycznego.

Przy omawianiu zobowiązań, jako najbardziej bezpośrednio metody wprowadzania nowoczesnej techniki do zakładów pracy, warto zwrócić uwagę na konieczność właściwego gospodarzenia tym dodatkowym wysiłkiem, dodatkowym potencjałem twórczym, który jest wyzwany w toku tej akcji. W wyniku podjętych zobowiązań po wprowadzeniu w życie elementów nowej techniki uzyskamy zmniejszenie nakładu pracy, przyspieszenie obiegu środków materialnych, zmniejszenie zużycia deficytowych materiałów, potaniecie wyrobów, poprawienie ich jakości.

Aby skutek włożonego wysiłku był największy, należy wysiłki kierować tam, gdzie jest największe źródło marnotrawienia pracy czy materiału. Wprowadzenie szybkościowego skrawania da, rzecz prosta, największy efekt tam, gdzie obróbka skrawaniem jest czynnikiem decydującym w technologii produkcji np. przy produkcji silników. W tych zakładach pracy, gdzie przeważa technika bezwzględna, gdzie obrabiarki skrawające pracują jedynie w działach pomocniczych, jak narzędziownia i warsztat remontowy, skierowanie głównego wysiłku przy wprowadzaniu nowoczesnej techniki na szybkościowe skrawanie — z pominięciem innych działań — byłoby krokiem chybnym. Podobnie niesłuszne byłoby skierowanie głównego wysiłku na podniesienie wydajności działu galwanizacyjnego, jeżeli koszty produkcyjne tego działu stanowią drobną część kosztów własnych wyrobu.

Kończąc omówienie zobowiązań do wprowadzania elementów nowej techniki, pragniemy zwrócić uwagę na rolę, która w tej sprawie przypada czasopiśmiom technicznemu. Ci, którzy podejmują zobowiązanie, podejmują trud torowania nowej drogi i chętnie dopomogą w ułatwieniu pracy

swoim naśladowcom w innych zakładach pracy. Trzeba im to ułatwić. W czasopiśmie technicznym powinny ukazywać się sprawozdania z wykonania zobowiązań, napisane, o ile możliwości, przez te osoby, które je podjęły. W sprawozdaniu należałoby omówić krytycznie trudności, na które natrafiono, i dydaktycznie omówić sposoby, którymi te trudności pokonano. Wynikiem bezpośrednim zobowiązań, jak i innych omówionych wyżej dróg, będzie podniesienie na wyższy poziom techniki wytwórczej i eksploatacyjnej. Skutkiem bezpośrednim zobowiązań będzie również stworzenie podstawy technicznej, umożliwiającej realizację planu 6-letniego, a w szczególności planu 1951 roku.

Poza tym techniczno-gospodarczym bezpośrednim skutkiem osiągniemy inne nie mniej ważne rezultaty. Inżynierowie i technicy, którzy bez względu na swe przekonania polityczne i niezależnie od przynależności partyjnej czynnie osobistym wysiłkiem budują postęp techniczny, realizują wraz z całą klasą robotniczą na swym odcinku plan 6-letni, robią to z całą świadomością swego udziału w walce o pokój. W trudzie tego wysiłku, przy pokonywaniu trudności, w uczeniu się nowej techniki od przodujących techników w kraju, w wzorowaniu się przy pokonywaniu przeciwności na chlubnych przykładach radzieckich rośnie zespolenie się człowieka z pracą, inżyniera z zadaniem, obywatela z ustrojem. Przy pracy tej nad realizacją planu i jednocześnie nad obroną pokoju wzmagają się w nas uczucie patriotyczne, a stowarzyszenia techniczne, organizując tę pracę, dają rzetelny wkład w plan 6-letni, we wzmocnienie frontu pokoju. Organizacyjna praca Stowarzyszenia to bezpośredni udział w tworzeniu frontu narodowego.

Wstępując w nowy etap pracy Stowarzyszenia, stawiając Stowarzyszeniu pionierskie zadania w dziedzinie nowej socjalistycznej techniki, wiemy, że realizacja tych zadań nie będzie łatwa. Trudności napotkamy w niedostatecznym jeszcze uświadomieniu niektórych inżynierów i techników, zwłaszcza tych, którzy wyszli ze starej szkoły, wychowującej w obojętności dla zagadnień postępu społecznego. Trudności napotkamy w postaci braku materiałów czy maszyn, w postaci braku dostatecznej ilości wykwalifikowanych ludzi, póki sami nowych kadr nie stworzymy. Będziemy musieli przełamywać i przełamamy trudności stwarzane przez wrogi obóz imperialistyczny i jego agentów wewnątrz kraju. Wiemy o tych trudnościach i jesteśmy na nie przygotowani, bez trudności bowiem nie można budować socjalizmu i przezwyciężyć swego ogromnego zacofania technicznego. Nie ulega wątpliwości, że mimo tych wszystkich przeciwności praca nasza będzie łatwiejsza od tej, którą ma już za sobą Związek Radziecki. Był on osamotniony, nie miał doświadczenia i torował nowe drogi. My w swej pracy oprzemy się na przyjaźni, przykładzie i pomocy Związku Radzieckiego i zadania swe wykonamy.

*Realizacja zadań wielkiego Planu 6-letniego, pomnażając wielokrotnie nasze siły wytwórcze, podnosi zarazem wagę i znaczenie naszego wkładu narodowego w ogólnoludzkie dzieło utrwalenia pokoju, w ogólnoswiatową walkę mas pracujących o usunięcie groźby wojny. W ten sposób nasze aktualne i palące zadania wewnętrzno-polityczne i gospodarcze łączą się bezpośrednio i nierozdzielnie z najbardziej aktualnymi i żywotnymi dla całego świata zadaniami ogólnoludzkimi.*

*Dla narodu polskiego zadania walki w obronie pokoju wiążą się jak najściślej z zadaniami Planu 6-letniego, który jest planem wyrwania Polski z wiekowego zacofania, planem usunięcia jej słabości gospodarczej jako spuścizny dawnego ustroju obszarniczego-kapitalistycznego. Walka o pokój i realizację Planu 6-letniego — to główne dziś i najważniejsze sprawy, które decydują o utrwaleniu i zabezpieczeniu niepodległości naszego narodu, które decydują o sile, o bogactwie, o znaczeniu historycznym, o roli i przyszłości naszej Ojczyzny.*

*Rozwój budownictwa socjalistycznego zmienia nasz kraj z zacofanego przed wojną, uboższego, słabego, zależnego od innych i spychanego w nędzę — w kraj rosnącego przemysłu, w kraj rozwijający wysoką technikę, w kraj nowych maszyn i traktorów, w kraj silny, tętniący pracą twórczą, zwiększający szybko swój majątek ogólnonarodowy, podnoszący swoją kulturę, swoje siły wytwórcze, a tym samym swoją niezawisłość i znaczenie wśród innych narodów.*

B. Bierut



# PIERWSZY KONGRES NAUKI POLSKIEJ

I

PROF. DR INŻ. I. MALECKI

## Zastosowanie dialektyki w naukach technicznych<sup>\*)</sup>

**Treść.** Artykuł omawia różnice w metodologii badań naukowo-technicznych, prowadzonych w ustroju kapitalistycznym i socjalistycznym. Przegląd zastosowania czterech zasad dialektyki w naukach technicznych, ze szczególnym uwzględnieniem elektro-techniki, wykazuje, że dają one możliwość znalezienia najszybszego rozwiązania technicznego, mającego służyć potrzebom społeczeństwa. Metoda dialektyczna jest narzędziem, pozwalającym naukowcowi uzyskać należyte powiązanie z praktyką i wyeliminować z pracy momenty kosmopolityczne. Pełne i świadome stosowanie tej metody jest możliwe jedynie wówczas, gdy nauka służy społeczeństwu, a nie wielkiemu kapitałowi.

**Применение диалектики в технических науках.** Автор обсуждает разницу в методологии научно-технических исследований в условиях капиталистического и социалистического строя. Обзор применения четырех принципов диалектики к техническим и в частности электротехническим наукам показывает, что эти принципы дают возможность найти наиболее правильное техническое разрешение вопроса, отвечающее интересам общества. Диалектический метод является средством, позволяющим научному работнику установить надлежащую связь с практикой и исключить космополитический элемент. Полное и сознательное применение диалектического метода возможно только тогда, когда наука служит обществу, а не крупному капиталу.

**The application of dialectics in technical science.** The article deals with divergencies in the methodology of scientific and technical research as conducted under capitalist and socialist structures. The review of the application of the four principles of dialectics in technical science proves that they enable the finding of the most suitable technical solution intended to serve the requirements of the community. The dialectic method is an instrument enabling the scientist to establish the best possible link with practice, eliminating from his work all cosmopolitan moments. Absolute and conscious application of this method is only then possible if science is to serve the community and not potential capitalism.

### 1. Wstęp.

Naczelnym zadaniem Pierwszego Kongresu Nauki jest zmobilizowanie polskiej myśli naukowej, wskazanie jej nowych perspektyw ideologicznych i organizacyjnych, otwierających się w państwie ludowym dla wszystkich dziedzin nauki.

Ogromna większość naukowców zrozumiała wagę prac kongresowych i przystąpiła do nich z całym zapałem. W sekcjach nauk humanistycznych czy ekonomicznych odbywają się gorące dyskusje, mające na celu wykrystalizowanie oblicza ideowego tych nauk. Ze ścierania się sprzecznych, często nawet błędnych poglądów wyłania się zdrowa myśl polityczna i filozoficzna, która długo stanowiąc będzie mogła drogowskaz dla młodych kadr naukowych.

Jak przedstawia się sprawa w większości sekcji technicznych? Dyskusje są tu nie mniej żywe i owocne w skutki, dotyczą one jednak głównie zagadnień natury organizacyjnej, tematów prac itp. Sprawa ideologii nauk technicznych, ich oblicza społecznego i politycznego jest częstokroć pomijana. Wynika to nie ze złej woli czy chęci odsunięcia się od aktualnych zagadnień życia; przeciwnie reprezentanci techniki i nauk technicznych są często aktywnymi działaczami społecznymi i politycznymi.

Odseparowanie się nauk technicznych od zagadnień ideologicznych i przemian zachodzących w płaszczyźnie filozofii i ekonomiki wynika przeważnie z rutyny przedwójennego trybu pracy technika-naukowca i ze zbyt dużego obciążenia zagadnieniami chwili bieżącej, nie pozwalającego na zdobycie szerszej perspektywy.

W naukach społecznych i ekonomicznych, jak i w filozofii, zabarwienie ideologiczne ma niemal każda wypowiedź w książce czy artykule. Walka ideologiczna odbywa się tu na wszystkich szczeblach, poczynając od badań wąskiego odcinka rzeczywistości, a kończąc na najszerszych uogólnieniach. Nauki te w znacznej mierze łączą się z nadbudową, a kierunkowość ich rozwoju ma charakter klasowy i służebny w stosunku do bazy.

Nieco inaczej sprawa wygląda w fizyce, która nas szczególnie interesuje jako pomost do nauk technicznych. Tutaj warstwa o zabarwieniu ideologicznym leży głębiej. Różnica polega na stopniu uogólnień, które nabierają sensu ideologicznego. W naukach przyrodniczych sens ten posiadają wnioski wyciągane z faktów, leżących na pograniczu naszego obecnego poznania. Są to problemy kosmogoniczne, zagadnienia struktury materii, interpretacja zasady nieoznaczoności, problemy genetyczne itp.

Gdy fizycy-materialiści traktują każde nowe odkrycie jako kolejne przybliżenie do coraz lepszego poznania rze-

czywistego, obiektywnie istniejącego świata, filozofowie-idealisci budują na faktach fizycznych spekulacje metafizyczne, aby wreszcie dojść jak Eddington do wniosku, że „coś nieznanego robi coś, o czym nie nie wiemy — to jest szczyt naszej wiedzy teoretycznej“ i za Russellem uznać, że za pewną granicą kończą się prawa nauki, a zaczyna się metafizyka.

Stanowisko takie prowadzi ich w dalszej konsekwencji do wyrażania najbardziej wstecznych poglądów społecznych, wyrosłych na gruncie mistycyzmu, i do zaprzeczenia twórczej roli nauki przeobrażającej świat.

### 2. Zagadnienia ideologiczne w naukach technicznych.

Przechodząc z kolei do nauk technicznych, spotkamy się niejednokrotnie ze zdaniem, że nauki te, jako dalekie od światopoglądowych badań czy uogólnień, nie mają w ogóle wyrazu ideologicznego, że ustrój ekonomiczny i poglądy naukowca nie wpływają na tok pracy badawczej, a odbijają się jedynie w sposobie wykorzystywania zdobyczy wiedzy przez państwo i społeczeństwo.

Z drugiej strony, gdybyśmy powiedzieli robotnikowi, przodownikowi pracy z huty czy placu budowy, że jego praca nie ma nic wspólnego z polityką, że stawiany przez niego budynek lub uruchamiana maszyna nie mają wyrazu ideologicznego i społecznego, wysmiałby nas i miałby rację.

Gdzie więc tkwi nieporozumienie, rozbieżność między naukowcem-technikiem, broniącym w najlepszej wierze stanowiska „czystej nauki“, a robotnikiem oceniającym sytuację z perspektywy interesu klasowego?

Nadzwyczaj cennym materiałem, rzucającym nowe światło na to zagadnienie, są ostatnie artykuły Stalina o językoznawstwie. Wnioski, odnoszące się do tej dalekiej od techniki dziedziny, są dla nas równie ważne, wskazując właściwą perspektywę na sprawę walki ideologicznej w nauce.

Przypomnijmy, że centralnym zagadnieniem w językoznawstwie radzieckim było przypisywanie przez N. J. Marra językowi charakteru ściśle klasowego, zaliczanie go do nadbudowy. Na tym tle „uczniowie“ Marra doszli do wniosków stojących w jaskrawej sprzeczności z wymową faktów. Trzeba było dopiero syntezy Stalina, by wyjaśnić sytuację i wskazać, że język jest narodowy, a nie klasowy, jego zmiany zaś następują w innym tempie niż zmiany baz i przynależnych im nadbudów.

Otóż podobne błędy popełniono i w technice. Pisze o nich Stalin: «w swoim czasie byli u nas „marksisci“, którzy twierdzili, że koleje, które pozostały w naszym kraju po przewrocie październikowym, są burżuazyjne i że nam, marksistom, nie przystoi z nich korzystać, że należy je

<sup>\*)</sup> Referat wygłoszony 23. I. 51 na zebraniu Podsekcji Elektro-techniki Pierwszego Kongresu Nauki Polskiej.



zrównać z ziemią i zbudować nowe, „proletariackie“ koleje. Zyskali sobie za to przydomek „jaskiniowców“». Ludzie tacy, zaliczając wbrew logice całe nauki techniczne do nadbudowy, wyciągali wnioski, że trzeba na każdym odcinku wiedzy technicznej tworzyć nowe, „socjalistyczne“ teorie, odmienne od „burżuazyjnych“.

Tymczasem sprawa wygląda podobnie jak w językoznawstwie; istnieje cały zasób wiadomości technicznych, teorii technicznych, rozwiązań konstrukcyjnych, które mają żywot niezależny od bazy, w której pracowali tworzący je uczeni. Cały ten dorobek przechodzi z jednego ustroju do innego, jest przez nie w równej mierze wykorzystywany i podlega przeobrażeniom tylko pośrednio współzależnym od zmiany baz. Jeżeli jednak rozpatrywać będziemy nauki techniczne jako jeden z przejawów twórczej działalności społeczeństwa, to stwierdzimy, że ich sens ideologiczny jest nie mniej głęboki niż w innych naukach, sens mający praktyczną, codzienną wymowę.

Na czym polega to znaczenie ideologiczne nauk technicznych? Prezes radzieckiej Akademii Nauk Wawilow określił to lapidarnie: „ostrymi różnicami badań radzieckich od badań burżuazyjnych są stanowczo wyrażona materialistyczna (i dialektyczna) postawa i praktyczny kierunek służenia narodowi“.

To połączenie ideologii i praktyki z nauką stanowi fundament nauk technicznych. Nie możemy tu szczegółowo omawiać tych powiązań nauki, gdyż mamy się zająć głównie zagadnieniami metodologicznymi. Trzeba jednak podkreślić najważniejsze momenty. Mianowicie w ustroju kapitalistycznym, opierając się na filozofii idealistycznej, imputuje się nauce, że jest „czysta“ i może być oderwana od potrzeb życia. Jest to założenie teoretyczne, wyglądające w praktyce w ten sposób, że uczonego pozbawiony jest wszelkiego „wskaźnika kierunkowego“, nie ma żadnych moralnych i społecznych kryteriów do oceny istotnej wartości swojej pracy.

Nauka zostaje w ustroju burżuazyjnym siłą oderwana od swych powiązań społecznych. Zamiast do pracy dla społeczeństwa uczeni zostają całkowicie wprzęgnięci w tryby kapitalistycznej maszyny przemysłowej, mającej na widoku wyłącznie zysk. Nie można więc twierdzić, że w państwach kapitalistycznych nauka jest oderwana od życia; na tym polega właśnie zakłamanie: w istocie nauka służy tam świadomie lub nieświadomie najbardziej reakcyjnym celom wielkiego kapitału.

Związek ten wynika z osobistych interesów naukowców lub też interesów poszczególnych zakładów naukowych. Związek ów ma charakter przypadkowy, jako wynik gry sprzecznych interesów, nurtujących społeczeństwo antagonyzujące. Natomiast w społeczeństwie bezklasowym lub o klasach nieantagonistycznych praca uczonego znajduje obiektywne, jednoznaczne kryterium swej użyteczności, którym staje się pożytek z pracy dla społeczeństwa. Ten probierz nadaje właśnie każdej nauce technicznej sens ideologiczny. Służba zagadnieniom praktyki przestaje tu być osobistą sprawą uczonego.

Na obecnym etapie rozwoju naszego społeczeństwa, sytuacja naukowca jest szczególnie trudna i odpowiedzialna.

W naszych warunkach dążymy właśnie do tego celu, dążymy do funkcjonalnego powiązania uczonego ze społeczeństwem. Odpowiedzialność naukowca jest tu szczególnie poważna, proces przebiega bowiem w atmosferze ostrej walki klasowej z wstecznictwem i reakcją.

„Filozofowie różnie interpretowali świat, chodzi jednak o to, aby go zmienić“. Wiemy, jakie rezultaty społeczne daje to hasło Engelsa w rękach uczonych radzieckich.

Takie stanowisko ideologiczne nie oznacza w żadnym wypadku zawężania się do ciasnego praktycyzmu. Wawilow mówi: „Radzieckiemu krajowi potrzebne są więcej niż dotychczas prace teoretyczne. Ale radziecki uczone, zajmujący się szerokimi problemami teoretycznymi, musi zawsze oglądać się na swój naród, musi wyciągać konsekwencje przydatne gospodarstwu narodowemu. „Dlatego uważa on za niesłuszne społecznie przejście uczonego na pracę czysto warsztatową, bez możliwości szukania uogólnień. Jest to dopuszczalne jedynie w razie mobilizacji dla nagłych potrzeb gospodarki państwowej lub też jako etap praktycznego sprawdzenia koncepcji naukowych. Ważny jest natomiast proces odwrotny, gdy robotnicy warsztatowi do-

chodzą do ważnych uogólnień, sprawdzanych następnie przez uczonych.

### 3. Metoda dialektyczna w badaniach naukowych.

Określenie sensu ideologicznego nauk technicznych, nawet najbardziej jasne i dogłębione, nie będzie dla nas praktycznie wystarczające, trzeba je przetłumaczyć na język codziennej praktyki, znaleźć właściwą metodę postępowania.

Nie wystarczy stwierdzić, że jest się socjalistycznym uczniem pracującym dla potrzeb społeczeństwa, trzeba znaleźć wyraz tej postawy w pracy, a nie tylko w deklaracjach. Narzędziem, które pozwala tego dokonać, jest metoda dialektyczna. Dopiero w świetle tej metody jasne stają się różnice w rozwoju nauki w krajach socjalistycznych i kapitalistycznych.

Błędem byłoby traktowanie metody dialektycznej jako oderwanej teorii, analogicznej np. do logiki formalnej. Metoda dialektyczna nabiera właściwego znaczenia dopiero w powiązaniu z realnymi faktami i warunkami społecznymi. Stanowi ona pewne usystematyzowanie i uzupełnienie stosowanych dawniej metod badawczych. Dlatego przykłady fragmentarycznego nieświadomego stosowania metody dialektycznej można spotkać zarówno w dalekiej przeszłości, jak i w najbardziej reakcyjnych ośrodkach naukowych.

Ponieważ celem metody dialektycznej jest znalezienie w sposób naukowy rozwiązań najbliższych prawdzie, przeto można zaryzykować twierdzenie, że każde najlepsze rozwiązanie techniczne będzie świadomie lub nieświadomie opierać się na metodzie dialektycznej. Dobry uczonego stosuje zasady dialektyki tak, jak zasady logiki.

Dopiero jednak metodyczne stosowanie dialektyki pozwala na znalezienie najlepszej drogi postępowania, przy czym jest to możliwe jedynie w warunkach społecznych, które po pierwsze — dają niewypaczony obraz stosunków gospodarczych i technicznych, stanowiących punkt wyjścia danej pracy badawczej, po drugie — zapewniają realizację zamierzeń technicznych, nieskrepowaną i niezdeformowaną dążeniami do osiągnięcia zysków przez klasę posiadającą. Dochodzimy do wniosku, że metoda dialektyczna może mieć pełne zastosowanie jedynie na gruncie ustroju nieantagonistycznego.

Aby udowodnić tę tezę i zbadać wynikające z niej konsekwencje, postaramy się rozpatrzeć kolejno zastosowanie czterech zasad dialektyki w pracy technika naukowca.

Pierwsze prawo dialektyki mówi, że wszystkie przedmioty i wszelkie zjawiska otaczającej nas rzeczywistości pozostają we wszechzwiązku i wzajemnym uzależnieniu.

Wynikają stąd dwa wnioski metodologiczne: 1) nie można zrozumieć żadnego zjawiska w przyrodzie, jeśli rozpatruje się je w postaci izolowanej, i 2) prawdziwość danego faktu ma zawsze charakter konkretny, nie zaś abstrakcyjny.

W zastosowaniu do techniki zasada powyższa oznacza uwzględnianie wszystkich czynników pobocznych, dopasowanie rozwiązania konstrukcyjnego do konkretnych warunków, w jakich ma być stosowane.

### 4. Stosunek kapitalizmu do metody dialektycznej.

Zdawałoby się, że korzyści płynące z użycia pierwszej zasady są tak oczywiste, że jest ona powszechnie stosowana niezależnie od stosunków społecznych i poglądów naukowca. Tak jednak nie jest. Na gruncie społeczeństwa kapitalistycznego wprowadzenie w życie tej zasady staje się często wręcz niemożliwe, a filozofia burżuazyjna szuka teoretycznego umotywowania dla podważenia tej zasady w płaszczyźnie badań metodologicznych, czego przykładem jest atomizm logiczny Russella i pragmatyzm Dewey'a.

Ta wrogość w stosunku do pierwszej zasady dialektyki nie jest wcale przypadkowa; u jej podłoża leżą interesy kapitału, któremu zwężenie pola badania naukowego przynosi wielorakie korzyści.

Kapitalista wymaga, by naukowiec ograniczył się do wykonania powierzonego mu zadania, nie zastanawiając się nad następstwami społecznymi swej pracy. W przeciwnym wypadku prowadzi to do tak niedogodnych dla ustroju kapitalistycznego następstw, jak droga, którą obrał Joliot-Curie. Uczonego energetyk, zajmujący się teorią kotłów opalanych ziarnem, nie potrzebuje wiedzieć, że w czasie osta-



tniej wojny Compagna Argentina de Elektricidad spaliła pod kotłami elektrowni 2,9 miliona ton zboża, a w 1942 roku spalone zboże stanowiło 46,90% całkowitych zbiorów w Argentynie. W Polsce przedwojennej zastosowanie cukru jako domieszki wiążącej cement było może ciekawe technicznie, ale posiadało jednocześnie ostrą wymowę społeczną, nad którą naukowiec przechodził do porządku dziennego. Inżynier planujący sieć energetyczną zakładów zbrojeniowych Steel Co czy General Motors nie potrzebuje pamiętać, że jest jednym z kółek przygotowujących agresję.

Nauka burżuazyjna jest zawsze służąca pewnej grupy kapitałowej; w naukach technicznych jest to szczególnie wyraźne; większość naukowców jest tam związana pośrednio czy bezpośrednio z wielkimi koncernami przemysłowymi. Naukowcy ci muszą więc brać pod uwagę jedynie interesy tego koncernu; wszystko, co leży poza polem tych interesów, może i musi być pominięte. Na przykład, wpływ zmian hydrologicznych, wywołanych budową zapory dla elektrowni wodnej, na sąsiednie tereny uprawne będzie interesować koncern elektryczny jedynie z racji konieczności płacenia odszkodowań.

Szkodliwe dla zdrowia mieszkańców zadymianie miasta wywołane niewłaściwym usytuowaniem elektrowni mało będzie wżruszać właścicieli zakładu przemysłowego.

Szczególnie jaskrawo występuje owo celowe zawężanie pola badań wówczas, gdy dany kraj jest kolonią wielkiego kapitału. Wtedy przy badaniach naukowych, wykonywanych w tym kraju często za pieniądze społeczne, w brutalny sposób pomija się czynniki niewygodne dla kapitalisty.

Na przykład w Polsce przedwrześniowej właściciele kopalń przekadzali w wydaniu zbioru analiz węgla górnośląskiego pochodzącego z różnych kopalń. Chodziło o to, by przy podziale zamówień między kopalnie, kierować się wyłącznie interesami kartelu, odrzucając czynniki pozwalające na obiektywną ocenę przydatności węgla.

Niektóre dziedziny prac naukowych były całkowicie zamknięte dla krajów kolonialnych, w Polsce np. przemysł lamp katodowych ograniczany był do montażu, a pewne działy, jak fabrykacja katod, opierały się całkowicie na pracach techników zagranicznych. Polaków nie dopuszczano do zaznajomienia się z subtelnościami procesów technologicznych. Wystarczyły gotowe recepty.

Dopiero uczonej pracującej w ustroju socjalistycznym ma prawo i obowiązek uwzględnienia całego zasięgu związków danego zjawiska, dalekosiężnego oddziaływania opracowanej przez siebie metody naukowej na życie społeczeństwa. Następstwa pracy naukowej mogą być do końca przemysłane.

Pełnemu stosowaniu pierwszej zasady dialektyki nauka radziecka zawdzięcza wspaniałe osiągnięcia. Mamy tego liczne przykłady. Rozbudowa państwowej sieci elektrycznej wykonana była na podstawie wszechstronnego zbadania zasobów energetycznych kraju, zawartych w węglu, spadku rzek i prądach powietrznych. Współdziałanie wszystkich tych źródeł energii zostało w pełni uwzględnione; zagadnienie energetyczne nie było traktowane samo w sobie; inicjowano studia nad wpływem inwestycji wodnych na urodzaje, rozwój osiedli, nawet na mikroklimat. Obecnie badania te są jeszcze bardziej rozszerzone w związku z budową elektrowni Kujbyszewskiej i Stalingradzkiej.

W krajach kapitalistycznych byłoby to niemożliwe nie tylko ze względu na trudności koordynacji tak różnorodnych badań, lecz głównie z uwagi na oddziaływanie sprzecznych interesów grup kapitalistycznych. Budownictwo hydroelektryczne stało się tam nierozwiązalnym splotem przeciwieństw: interesów energetyki, transportu lądowego i wodnego, rolnictwa, przemysłów kopalnianych, właścicieli elektrowni ciepłych, wreszcie posiadaczy gruntów mających ulec zalaniu. W rezultacie przyjęte rozwiązanie będzie dalekie od najkorzystniejszego.

Przytoczmy chociażby fakt, że olbrzymie zasoby energetyczne rzeki św. Wawrzyńca są tylko częściowo wyzyskane; zaprojektowana jeszcze przed 40 laty elektrownia Boharnoi 3 nie została dotychczas zbudowana na skutek walki konkurencyjnej między amerykańskimi i kanadyjskimi monopolami energetycznymi oraz przedsiębiorstwami zbożowymi, obawiającymi się zmiany kosztów transportu.

W Polsce sanacyjnej zagraniczne przedsiębiorstwa elektryfikacyjne celowo starały się zbagatelizować wielkość zasobów energetycznych dolnej Wisły, by nie dopuścić do opracowania przez państwo lub samorząd projektów budowy konkurencyjnych elektrowni wodnych.

## 5. Tendencje rozwojowe w naukach technicznych.

Druga zasada dialektyki jest ściśle powiązana z pierwszą i stanowi jej czasowy dynamiczny odpowiednik. Mówi ona, że świat jest w nieustannym ruchu i rozwoju. Postęp ma swe źródło w ruchu i obumieraniu starych form. Naszym zadaniem jest uwzględnianie tych zmian i ruchu w badaniach naukowych, dostrzeganie tego co nowe i postępowe, otaczanie nowych form opieką.

Konsekwencją tej zasady, odnoszącą się zresztą przede wszystkim do nauk społecznych i ekonomicznych, jest wykrycie istotnych warunków rozwoju danej dyscypliny naukowej. W technice zależność od ustroju społecznego jest bardzo wyraźna. Zmiana bazy powoduje zmianę kierunku rozwoju nauk, często wpływa na kształtowanie teorii naukowych. Wpływy te przebijają się poprzez całą historię techniki. Konieczność gospodarza przewidywania wylewów Nilu zrodziła początki astronomii, która potem rozwinęła się jako narzędzie dla potrzeb żeglarstwa. Szereg działów matematyki powstało jako pomoc dla różnych gałęzi techniki czy życia gospodarczego. Rachunek liczb zespolonych jest typowym narzędziem elektrotechniki; potrzeby budownictwa spowodowały rozwój statyki wykreślnej; liczne działy chemii organicznej są odpowiednikami rozwoju gałęzi technologii produkcyjnej.

Trzeba jednak pamiętać, że potrzeby gospodarce rodzące naukę były potrzebami określonej klasy społecznej: żegluga to domena bogatych kupców, technologia chemiczna to wyłączna dziedzina wielkich trustów itd. W ustroju niewolniczym technika służy do utrzymania w postrachu mas niewolniczych. Po okresie zupełnego zastoju w epoce feudalizmu technika zaczyna się rozwijać jako instrument rodzącej się burżuazji. W miarę rozwoju kapitalizmu nauki techniczne zostają coraz bardziej podporządkowane interesom ciągle zacieśniającej się grupy wielkokapitałowej.

W tych warunkach nauki techniczne są dalekie od służby społeczeństwu. Nauka zostaje wyrwana od powiązań czasowych i przestrzennych z interesami i historią kraju.

Następstwem jest kosmopolityczna negacja obu zasad dialektyki. Objawia się to między innymi w bezkrytycznym przeszczepianiu wzorów techniki zachodniej bez uwzględnienia lokalnych warunków. Rezultatem są fałszywe techniczne rozwiązania, których przykłady można znaleźć również na terenie Polski. Na przykład, użycie przed wojną do elektryfikacji węzła warszawskiego sprzętu angielskiego nie przystosowanego do naszych warunków atmosferycznych, czego następstwem były poważne trudności eksploatacyjne. Stosowanie przy budowie przyrządów telekomunikacyjnych nie produkowanych w kraju zagranicznych części zmniejszało możliwości zastosowania rozwiązań modelowych w produkcji.

Bezkrytyczne zajmowanie się modnymi w nauce zachodniej problemami wynika najczęściej właśnie z braku oceny podłoża społecznego i gospodarczego, na którym zrodziły się te problemy. Naukowiec obowiązany jest zbadać, czy dane zagadnienie ma widoki zastosowania na naszym gruncie, czy nie ma problemów o większym znaczeniu dla gospodarki narodowej, którymi należałoby zająć się przede wszystkim, choć w krajach kapitalistycznych leżą one odłogiem.

Opierając się na drugiej zasadzie dialektyki, trzeba dostrzegać rozwój poszczególnych problemów na tle stosunków kapitalistycznych. Niektóre gałęzie nauki są tam stale podcinane i skazywane na uschnięcie, gdy inne nadmiernie się rozwijają. Rażącym przykładem jest jednokierunkowość badań nad energią atomową; wszelkie jej zastosowania do celów pokojowych traktuje się z całym cynizmem jako „produkty uboczne“ studiów nad bombą atomową.

Antagonistyczne interesy koncernów przemysłowych każą częstokroć zajmować się naukowcom pracami, mającymi na celu jedynie obejście obcych patentów. Tego rodzaju charakter nosi szereg „wynałazków“ z dziedziny filmu kolorowego i telewizji.

Przeciwstawienie się kosmopolityzmowi nie oznacza wyzuczenia się zdobywczy nauki krajów kapitalistycznych; takie poglądy są szkodliwym „lewaactwem“. Należy tylko podchodzić do tych zdobywczy w sposób dialektyczny, to jest pamiętać o siłach napędowych społeczeństwa kapitalistycznego i w tej perspektywie krytycznie oceniać wyniki badań.



Druga zasada dialektyki nie tylko pomaga przy ocenie osiągnięć nauki burżuazyjnej, jest ona także narzędziem dla wytknięcia linii rozwojowej nauki w państwie socjalistycznym. Odnosi się to zarówno do badania określonego zjawiska, jak i do planowania dalszych badań. Np. linie wysokiego napięcia projektuje się w perspektywie rozwoju leżących na drodze miast i osiedli oraz mających powstać zakładów przemysłowych.

Planujący w ustroju burżuazyjnym nie będą mogli zaprojektować i zrealizować obiektywnie najlepszego rozwiązania. Nie mogą oni bowiem przewidywać tak szeroko, długofalowo i dokładnie, jak to dzieje się w gospodarce planowej. Badania ich są zupełnie fragmentaryczne. Wśród wielu naukowców krajów kapitalistycznych istnieje tendencja do statystycznego, niezgodnego z drugą zasadą dialektyki, ujmowania zagadnień. Wynika to głównie stąd, że każda inwestycja traktowana jest tam jako obiekt mający dawać odsetki od włożonego kapitału. Rozbudowa może mieć tylko uzasadnienie finansowe, nie wynika więc nigdy bezpośrednio z potrzeb społeczeństwa.

W wyniku takiego podejścia projekty maszyn czy budynków inaczej będą wyglądać w różnych ustrojach społecznych. Wielkość zakładu przemysłowego czy urządzenia energetycznego nie jest tu kompromisem możliwości finansowych kapitalisty i przypadkowo określonej chłonności rynku; wielkość ta jest funkcją zadań, które zakład pełnić będzie w całokształcie życia gospodarczego państwa. Projektowana przepustowość międzymiastowych linii telefonicznych opiera się na długofalowym przewidywaniu stosunków gospodarczych i kulturalnych.

Naukowiec ma zatem wszystkie dane, by przewidzieć, jakie będą drogi zastosowania jego wynalazku czy projektu. Stawia to przed nim ważny obowiązek podania swej pracy w formie nadającej się do realizacji. Specjalnie w naukach technicznych, gdzie społeczeństwo wkłada ogromne środki w uruchomienie placówek badawczych, obowiązkiem uczonego jest dawanie wyników zdalnych do natychmiastowej realizacji.

W państwach kapitalistycznych nie jest to bynajmniej regułą; wiele cennych wynalazków szło do lamusa, jeżeli były nie na rękę wielkiemu przemysłowi.

Nie można przemilczeć faktu, że opóźnienie realizacji zdarza się i u nas mimo braku obiektywnych przeszkód; wynikać to może np. z pewnej bezwładności przemysłu, ale naukowcy nie są też bez winy. Najczęściej chodzi tu o niewykończenie pracy, o zamknięcie jej publikacją w czasopiśmie bez troszczenia się o dalszą realizację.

Zastosowanie drugiej zasady dialektyki nie ogranicza się do wykrywania rozwoju wewnętrznego problemów naukowych. Bardzo ważny jest proces odwrotny, mianowicie poszukiwanie przez naukowców nowych problemów na tle planu państwowego lub planów resortowych. Naukowiec powinien umieć czytać te plany ze swego punktu widzenia. Na przykład dla radiotechniki pozycja zwiększenia produkcji wysokogatunkowych stopów oznaczać będzie powstanie problemu obróbki termicznej prądami wielkiej częstotliwości. Zajęcie się tego rodzaju zagadnieniem, nawet nieco wybiegającym poza bieżące potrzeby gospodarcze, będzie jego pozytywnym wkładem. Plan państwowy jest zatem wskaźnikiem kierunkowym dla prac naukowych, wskaźnikiem pozwalającym — bez niebezpieczeństwa oderwania się od potrzeb praktyki — tworzyć śmiało perspektywy naukowe i atakować nietknięte problemy.

## 6. Przełom w technice uspołecznionej.

Rozwój społeczeństw i nauki nie odbywa się w sposób ciągły i równomierny. W myśl trzeciej zasady dialektyki „należy rozpatrywać proces rozwoju jako jedność zmian ilościowych i jakościowych”, przy czym zmiany ilościowe prowadzą do zmian jakościowych, a te znowu do zmian ilościowych.

Historia techniki zna wiele okresów nagłego rozwoju, skoków jakościowych, wypierania starych form przez nowe. Proces ten wiązał się ściśle z przemianami społecznymi i z kolei na nie wpływał. Konieczność przyjęcia nowych systemów wynikała z logiki wewnętrznego rozwoju nauki lub z wymagań stawianych przez życie gospodarcze.

Na przykład w początku XIX wieku rozwój techniki żeglarskiej osiągnął swój szczyt. Parowiec był wtedy niegroźnym konkurentem, ale w kilkadziesiąt lat wyparł już

całkowicie żagle z komunikacji dalekomorskiej. Nie pomogły wysiłki zmierzające do połączenia obu rodzajów napędu. Statki żaglowo-parowe były sztucznym tworem, połączeniem zamierającej i rozwijającej się formy technicznej i musiały szybko zniknąć. Konstruktorzy owej epoki, którzy od razu zerwali ze starym typem napędu, mieli rację, byli wyrazicielami postępu w technice. Zadaniem technika-naukowca jest podążanie za tymi skokami jakościowymi. Sprawa jest tym ważniejsza, że jesteśmy świadkami ogromnych przemian jakościowych w technice, postępujących równoległe z przemianami społecznymi. Wystarczy wymienić zupełną zmianę metod pracy w budownictwie. W porównaniu z przemianami technicznymi zachodzącymi w państwach kapitalistycznych różnica polega nie tylko na poszczególnych konkretnych osiągnięciach, np. w dziedzinie budownictwa szybkościowego, radiofonizacji przewodowej itp. Różnica ta jest głębsza i dotyczy mechanizmu samego skoku jakościowego.

W ustroju kapitalistycznym przewrót techniczny powstaje w środowisku antagonizujących interesów, jest korzystny dla jednej grupy czy klasy społecznej, mogącej przynieść szkody innemu ugrupowaniu. Dlatego skok jakościowy powstaje prawie zawsze w atmosferze ostrej walki klasowej; interes klasy robotniczej jest często przeciwstawny temu postępowi. Z drugiej strony następuje wielokrotnie celowe zahamowanie udoskonalień przez sam kapitał. Dzieje się to wówczas, gdy przejście na nowe metody produkcji spowoduje utratę zysków dawanych przez kapitały, zainwestowane w narzędzia produkcyjne pracujące według starych metod, lub fundusze zamrożone w składach towarów, mogących stracić rynki zbytu. W tych warunkach przemiana jakościowa nosi przeważnie charakter wybuchowy, towarzyszą jej zaburzenia równowagi gospodarczej, krachy giełdowe, wzrost bezrobocia itp.

Można podać liczne przykłady opóźniania przez kapitał skoków jakościowych. Na przykład w pewnym okresie przedsiębiorstwa kolejowe w Ameryce hamowały rozwój elektryfikacji kolei. W Polsce polityka kapitału szła po linii stosowania przestarzałych urządzeń technicznych, co zapewniało hegemonię obcej techniki.

Tymczasem w państwie socjalistycznym przemiana jakościowa dzieje się w sposób dyktowany potrzebami społeczeństwa; tempo i czas tej przemiany mogą być z góry określone. Klasykarnym przykładem było w dobie kolektywizacji rolnictwa w Związku Radzieckim stopniowe przejście z żywej siły pociągowej na traktory. Podobne przemiany odbywały się w górnictwie i hutnictwie radzieckim.

W gospodarce socjalistycznej istnieją możliwości mobilizacyjne nadzwyczaj szybkiego przeprowadzenia przemiany, jeśli jest to istotnie potrzebne dla gospodarki państwowej.

Zmiany jakościowe tylko wyjątkowo powstają w technice jako oderwane wynalazki, zwykle są one poprzedzone często niedostrzegalnymi zmianami ilościowymi. Zadaniem nauki jest właśnie współdziałanie w tych zmianach i przygotowanie w myśl trzeciej zasady dialektyki skoku jakościowego.

Spełnione być muszą tutaj dwa warunki: po pierwsze musi być zachowana właściwa kierunkowość badań, zgodna z postępowaniem technicznym, po drugie musi nastąpić harmonizacja szeregu wycinkowych prac badawczych.

Pierwszy warunek oznacza skierowanie wszystkich badań naukowych do wspólnego celu. Tym celem jest w ustroju socjalistycznym pożytek społeczny, kierunkowość badań może więc zostać wyraźnie wyznaczona i zbiega się z obiektywnym postępowaniem technicznym, gdyż każde nowe udoskonalenie oznacza bądź ułatwienie w pracy, bądź też zwiększenie zasobu dóbr materialnych.

Inaczej jest w państwie burżuazyjnym. Tam kierunek badań wyznaczony jest wypadkową sprzecznych interesów. Laboratoria badawcze często pracują nad produkowaniem patentów ochronnych, hamujących działalność firm konkurencyjnych, lub też wysilają się nad drobnymi udoskonaleniami stanowiącymi materiał reklamowy. Postęp techniczny następuje zatem w sposób nieskoordynowany.

Również harmonizacja badań z różnych dziedzin techniki napotyka w tym ustroju poważne trudności w przeciwieństwie do gospodarki planowej, w której praca „szerokim frontem” jest zazwyczaj stosowana. Coraz większa specjalizacja badań technicznych stawia sprawę harmo-



nizacji tych badań jako podstawowe zagadnienie, wyższość gospodarki planowej jest więc tutaj bardzo jaskrawa.

Rola uczonego nie ogranicza się do przygotowania skoku jakościowego; równie ważne jest, by uwzględnił on w swej pracy już zaszłe zmiany jakościowe, których widownią są hale fabryczne i place budowy.

Do naukowca należy wówczas ocena nowych metod i pomysłów racjonalizatorskich. Jeśli są one istotnie wartościowe, obowiązkiem uczonego jest zrewidować sposób swej dotychczasowej pracy i przestawić się na nowe metody, opóźnienie bowiem skoku jakościowego w nauce w stosunku do przemian zachodzących w zakładzie przemysłowym oznaczać będzie zacofanie i zejście nauki z przodującej pozycji.

W wyniku powyższych wywodów trzeba stwierdzić, że przemiany ilościowe, prowadzące w świadomy sposób do określonej przemiany jakościowej, i dalsze kierunkowe przemiany jakościowe są w szerokim zakresie możliwe jedynie na gruncie gospodarki planowej.

### 7. Synteza sprzeczności w ustroju socjalistycznym.

Ostatnia zasada dialektyki opiera się na stwierdzeniu tkwiących w zjawiskach i przedmiotach wewnętrznych przeciwieństw, których jedność i walka są siłą napędową rozwoju. Wykrycie tych przeciwieństw i ich źródeł stanowi ważny czynnik metody dialektycznej.

Każde niemal rozwiązanie techniczne jest wypadkową sprzecznych tendencji zarówno natury ściśle technicznej, jak gospodarczej i społecznej. Najkorzystniejsza temperatura druczka wolframowego żarówki jest wypadkową między tendencją uzyskania największej sprawności, wymagającej wysokiej temperatury, a dążeniem do uzyskania największej trwałości żarówki, co jest uwarunkowane niską temperaturą drutu. (Podobnie wygląda sytuacja przy ustalaniu przekroju przewodów, gdzie wzrost strat energii elektrycznej zrównoważony zostaje zmniejszonym zużyciem miedzi).

Przeciwstawienie tych dwóch tendencji znajdowało od dawna odzwierciedlenie w konstrukcji żarówek i stanowi przykład fragmentarycznego zastosowania IV zasady dialektyki. Pozornie zagadnienie ma charakter ściśle techniczny. Jeśli jednak rozpatrzmy je na tle warunków ekonomicznych państwa kapitalistycznego, zobaczymy w nim odbicie walki interesów. Oszczędna w użyciu energii, lecz nietrwała żarówka — to doskonały interes dla karteli lampowych, gdy tymczasem długowieczna, ale nieekonomiczna żarówka to korzystne dla elektrowni powiększenie zbytu energii. Widzimy, że w zależności od przyjętego klucza podziału zysków wyciśniętych z konsumenta zmieniać się będzie konstrukcja żarówki. Nic dziwnego, że decyzję w sprawach konstrukcyjnych nie zapadają w pracowniach, lecz w gabinetach dyrekcji kartelów. W gospodarce kapitalistycznej rozwiązanie techniczne jest kompromisem walki sprzecznych interesów grup klasowych. W powyższym przykładzie była to walka dwóch koncernów. Często jest to walka między koncernem a grupą drobniejszych kapitalistów. W Polsce typowym tego przykładem było nadmierne zbrojenie konstrukcji budowlanych przy małych naprężeniach dopuszczalnych, co wbrew interesom inwestorów podnosiło zyski kartelów żelaza i cementu.

Szczególnie ostro antagonistyczne przeciwieństwa zarysowują się wtedy, gdy kapitał walczy z pozycjami zdobytymi przez klasę robotniczą. Dotyczy to na przykład uwzględnienia przepisów ochrony pracy przy konstrukcji maszyn. Równowaga jest tu zawsze chwiejna i zależy od gry interesów politycznych.

Widzimy, że przyjęte w wyniku walki przeciwieństw rozwiązanie techniczne będzie w gospodarce kapitalistycznej zawsze przypadkowe i z reguły różne od rozwiązania, które można by uznać za najkorzystniejsze z punktu widzenia interesu społeczeństwa. To przesunięcie od rozwiązania najkorzystniejszego jest szczególnie silne w wypadku, gdy pojedyncze grupy kapitalistów osiągnęły pełne porozumienie, a trusty przerodziły się w monopole. Przykładem może służyć wypuszczenie na rynek amerykański wyłącznie samochodów o dużym zużyciu benzyny.

Wynika stąd, że w ustroju burżuazyjnym naukowiec może stosować IV zasadę dialektyki tylko w formie kalkowicie zniekształconej.

W państwach o przemyśle uspołecznionym przeciwieństwa antagonistyczne zostają zastąpione nieantagonistycznymi.

Oznacza to, że przeciwieństwa natury technicznej, oczywiście, nadal istnieją (druć żarówki nie zmienił swej własności), ale społeczne i gospodarcze przeciwieństwa zostają sprowadzone do wspólnego mianownika; ostatecznym kryterium jest interes społeczeństwa i oszczędność majątku społecznego. Nie jest wcale przypadkiem, że oszczędnościowe konstrukcje w budownictwie mogły znaleźć szerokie zastosowanie i podbudowę teoretyczną dopiero w państwach dążących do socjalizmu.

Dopiero w tym układzie wypadkowa przeciwieństw daje obiektywnie najlepsze rozwiązanie. Rozwiązanie to można często ściśle wyznaczyć, gdyż zamiast dowolnych wskaźników, jakimi są narzucone przez kartele ceny, za podstawę bierze się istotny efekt gospodarczy. Trzeba podkreślić, że zastosowanie metody dialektycznej jest tu trudniejsze: nie można np. ograniczyć rozważań do prostego wzoru, uzależniającego temperaturę włókna żarówki od ceny jednostkowej kilowatogodziny i lampy. Trzeba, opierając się na pierwszej zasadzie dialektyki, uwzględnić całość wyników wpływających na konstrukcję żarówki, np. możliwości sprawnej wymiany żarówek na wsi, procent materiałów importowanych użytych do produkcji, możliwości regeneracji starych żarówek, wpływ wzrostu zużycia energii na pracę elektrowni itd. Jedynie na podstawie tak szerokiej badań będzie można powziąć właściwą decyzję.

W państwie, dążącym do socjalizmu, napotyka się dodatkowe trudności, wynikające z pokutujących jeszcze kapitalistycznych nawyków. Np. dyrektorzy poszczególnych instytucji widzą interesy swojej placówki, nie całej gospodarki narodowej i w imię podwórkowych patriotyzmów odchylają się od najkorzystniejszego rozwiązania.

### 8. Zakończenie.

Walka przeciwieństw nie ogranicza się do zagadnień naukowych i technicznych; wyraża się ona również w przeciwstawieniu naukowca społeczeństwu. Przeciwnieństwo to w ustroju kapitalistycznym jest zdecydowanie antagonistyczne i wynika z podporządkowania uczonych interesom kapitału.

Lenin mówi: „Burżuazja żąda od swych uczonych reakcyjności“.

Następstwem tego jest oczywiście elitaryzm nauki. Elitaryzm wygodny zarówno dla naukowców, broniących swoich kastowych interesów, jak i dla koncernów przemysłowych, chroniących dorobek naukowy przed okiem konkurencji. Rezultatem walki interesów jest więc ograniczenie zasięgu nauki i rozpowszechniania prac naukowych.

W społeczeństwie socjalistycznym znika przeciwstawienie interesów naukowca i klasy robotniczej; na to miejsce pojawiają się twórcze dla rozwoju nauki przeciwieństwa nieantagonistyczne, odsunięte na plan dalszy w ustroju kapitalistycznym. Należy do nich między innymi omówiona wyżej sprawa ustosunkowania się naukowca do „czystej“ teorii i „wąskiej“ praktyki.

Usunięcie sprzeczności interesów otwiera drogę do rozpowszechniania, popularyzacji nauki. Nie trzeba dowodzić korzyści, które przynosi popularyzacja nauki społeczeństwu, natomiast warto podkreślić korzyści, które czerpie stąd sama nauka. Wiedza przelana przez naukowca w szerokie rzesze praktyków, zwłaszcza przodowników i racjonalizatorów, wraca do niego w postaci krytycznych uwag i pomysłów, dopasowania teoretycznych koncepcji do potrzeb praktyki. Popularyzacja zaczyna przynosić obustronne korzyści. „Teoria staje się siłą materialną, gdy opanuje masę“ — to zdanie Marksa dotyczy nie tylko teorii społecznych, lecz i nauki technicznej. Ścisła współpraca robotnika z naukowcem, stanowiąca twórczy spłot przeciwnych sposobów ujmowania zagadnienia, nie jest propagandowym frazesem. Jakże mogą być rezultaty tej współpracy, dowodzi chociażby fakt, że jedna z nagród stalinowskich z metalurgii w 1949 r. została przyznana łącznie profesorowi politechniki i tokarzowi.

Na zakończenie tego pobieżnego przeglądu zastosowania metody dialektycznej w naukach technicznych warto przypomnieć wypowiedziane 3 lata temu słowa Zdanowa: „W odróżnieniu od poprzednich metod filozoficznych filozofia marksistowska nie jest nauką nad innymi naukami, lecz stanowi narzędzie naukowego badania, metodę przenikającą wszystkie nauki o przyrodzie i społeczeństwie, bogaczącą się danymi tych nauk w procesie ich rozwoju“.



## II

PROF. MGR INŻ. ZB. JASICKI  
i  
PROF. DR INŻ. JAN KOZUCHOWSKI

## Dorobek i drogi rozwojowe nauki energetycznej w Polsce

### Podsekcja Energetyki

Treść. Rola energetyki w gospodarce planowej i powojenny przełom w działalności naukowo-badawczej w dziedzinie energetyki. Rozwój polskiej nauki energetycznej od jej początków i potrzeba walki z obciążeniami przeszłości. Zapoczątkowanie planowania badań energetycznych w Polsce.

Достижения и пути развития энергетической науки в Польше. Роль энергетики в плановом хозяйстве и послевоенный перелом в научно-исследовательской деятельности в области энергетики. Развитие польской энергетической науки от ее начала и необходимость борьбы с отягощениями прошлого. Введение в Польше планирования в области энергетических исследовательских работ.

Achievements and trends of power engineering science in Poland. The role of power engineering in planned economy and the post-war turning point in scientific and research activity in power problems. Development of Polish power science from its inception and the necessity for combating encumbrances of the past. The initiation of planned research in power problems in Poland.

#### 1. Rola energetyki w gospodarce planowej.

We wszystkich zjawiskach przyrodniczych i historycznych zawarte są pewne sprzeczności wewnętrzne, polegające na ich cechach przeżycia i elementach postępu. Lenin mówił, że postęp to właśnie walka tych przeciwieństw, walka między tym co umiera a tym co się rozwija. Naukowe badania sprzeczności w samej ich istocie oraz rozpatrywanie zjawisk przyrodniczych i historycznych przez szukanie tychże sprzeczności jest metodą materializmu dialektycznego. Metodę tę starać się będziemy zastosować do badania przeszłości, stanu obecnego i przyszłości nauki energetycznej w Polsce.

Zwycięstwo kapitalizmu nad feudalizmem nastąpiło między innymi dzięki temu, że kapitalizm stworzył wyższe normy wydajności pracy ludzkiej, że wysiłek rąk w wielu wypadkach zastąpiony został pracą maszyn. Wynalazek maszyny parowej został szybko przyswojony przez przemysł kapitalistyczny. Maszyna parowa jest pierwszym nowoczesnym urządzeniem energetycznym.

Podobnie przedstawia się sprawa z socjalistyczną gospodarką planową. Jej zwycięstwo nad kapitalistycznym sposobem wytwarzania uwarunkowane jest w znacznym stopniu nowymi zwiększonymi normami wydajności, co z kolei jest warunkiem dynamicznego wzrostu produkcji. Osiągnięcie tego celu jest możliwe jedynie przez powszechne zmechanizowanie robót pracochłonnych, a w dalszej perspektywie automatyzację procesów produkcyjnych i ich kontrolę. Jasne jest, że szeroko zastosowana mechanizacja oprócz się musi na nowej socjalistycznej podstawie energetycznej. Jeśli w gospodarce kapitalistycznej mechanizacja była uwarunkowana zyskiem koncernów, a w związku z tym stosowana jedynie tam, gdzie w sposób niewątpliwie zyski te powiększała, to podstawa energetyczna gospodarki kapitalistycznej jest niewątpliwie daleko słabsza od tej, której wymaga rozwój gospodarki socjalistycznej. Ale zagadnienie nie wyczerpuje się na porównaniu wskaźników ilościowych. Zgodnie z prawami dialektyki sięga ono do problemów jakościowych: prymitywne formy energii zastąpione zostają w coraz większym stopniu przez nośniki technologicznie doskonalsze, a w szczególności przez energię elektryczną. Ujawnia się tu prowadząca, czołowa rola energii elektrycznej, co przewidziane zostało przez Lenina, jeszcze w roku 1920, w znanym powszechnie zdaniu: „komunizm to władza radziecka plus elektryfikacja całego kraju“. J. Stalin uogólnił tę tezę mówiąc: „przez elektryfikację kraju Lenin rozumie nie izolowaną budowę poszczególnych elektrowni, lecz stopniowe przestawienie gospodarki kraju — w tej liczbie również rolnictwa — na nową bazę techniczną, związaną bezpośrednio lub pośrednio z elektryfikacją“.

Dowodem słuszności powyższych twierdzeń może być fakt, że spożycie energii elektrycznej stanowi w Związku Radzieckim około 24% całkowitego spożycia energii i wykazuje dalek silne tendencje wzrostu. Do bilansu wzięto tu wszystkie nośniki energii, a więc węgiel kamienny i brunatny, torf, gaz ziemny, koksowniczy i miejski, wreszcie energię elektryczną. Wszystkie one zostały przeliczone na ich średnią wartość opałową, a uzyskane stąd kalorie uznane zostały za kryterium porównawcze. Pomijając niedociągnięcia związane z takim ujęciem zagadnienia, należy stwierdzić, że analogiczny wskaźnik wynosi dla Stanów Zjednoczonych 21%, dla Francji 12%. Wskaźnik ten dla Polski wyraża się liczbowo w roku 1928 — 4,1%, 1937 — 7,9%, 1950 — 11,5%.

Liczby powyższe dowodzą przede wszystkim znacznej przewagi energetycznej gospodarki Związku Radzieckiego nad całym światem kapitalistycznym, a ponadto uwidaczniają, że Polska Ludowa w ostatnim 5-leciu zdecydowanie odrywa się od zacofania gospodarczego, w którym trwała — spletna więzami kapitalizmu. W roku 1955, pod koniec planu 6-letniego, udział energii elektrycznej w całkowitym spożyciu energii w Polsce wyniesie około 15,3%, co oznacza dalszy ogromny skok naprzód w stosunku do stanu przedwojennego. W świetle powyższego staje się jasnym, że ciężar energetycznej obsługi całej gospodarki narodowej spada w znacznym stopniu na barki elektroenergetyki.

Od momentu wyzwolenia energetyka wchodzi na drogę zerwania ze starymi tradycjami technicznymi. Codzienna praktyka udowodniła, że przyjmowane przed wojną wskaźniki techniczne (np. okresy zużycia poszczególnych maszyn) mogą być dzięki współzawodnictwu, racjonalizacji i pieczołowitej obsłudze wydatnie przekroczone. Przykłady przedłużenia służby kotłów o 95%, a maszyn wirujących o przeszło 100% są liczne, przy czym stan ich rokuje im jeszcze długi czas użytkowania.

To zerwanie ze starymi normami technicznymi jest cennym dorobkiem praktyki energetycznej. Trzeba jednak dać mu naukową perspektywę, uzgodnić go z szeroko zakrojonymi badaniami, wskazać drogi rozwojowe, jednym słowem powiązać twórcze siły produkcji z nauką energetyczną, by w ten sposób zapewnić wykonanie wielkich zadań planu 6-letniego.

#### 2. Przełom w działalności naukowo-badawczej.

Trzeba od razu stwierdzić, że przełom obserwowany w produkcji energetycznej nie ogarnął w dostatecznej mierze ośrodków naukowej myśli energetycznej. Przeobrażenia, które się w nich dokonały, są daleko słabsze i niepełne — obciążenia przeszłości nie zostały jeszcze w całej pełni w sferach naukowców przewyciężone. Nie mniej jednak należy tam zanotować cały szereg zasadniczych zmian.

Zgodnie z dokonanymi przeobrażeniami społeczno-politycznymi nauka energetyczna oparła się od razu na szerszym niż kiedykolwiek w historii polskiej fundamencie; wyszła poza kręgi naukowców i włączyła w swe szeregi szerokie rzesze racjonalizatorów; potoczyła się trzema nie skoordynowanymi do tej pory nurtami przez:

- a) instytuty naukowo-badawcze przemysłowe oraz zakłady na wyższych uczelniach,
- b) katedry energetyczne uczelni technicznych,
- c) ruch racjonalizatorski.

Oceniając ich dorobek, scharakteryzujemy pokrótce opracowaną przez poszczególne placówki tematykę badawczą oraz będące do dyspozycji środki materialne. Zacniemy od grupy pierwszej jako dysponującej największym potencjałem ludzkim i materialnym.

1) Instytut Górniczy wykonał w ostatnich 2 latach 39 prac badawczych i ekspertyz z dziedziny energetyki; najwięcej badań poświęconych było zagadnieniom paliwa, jego sortymentów oraz racjonalnego ich wyzyskania w energetyce; znaczna część wysiłków związana była z gospodarką energetyczną kopalń węgla, a niektóre z tematów zahaczały nawet o problemy konstrukcji palenisk kotłowych oraz nowoczesnych pieców domowych.

2) Zakład Wielkich Mocy oraz Zakład Wysokich Napięć Głównego Instytutu Elektrotechniki opracowały łącznie



9 tematów zleconych przez Energetykę; dotyczą one przede wszystkim badań nad rozplywem prądów zwarcia, zagadnienia zaś przesyłania energii w warunkach zakłóceń ruchu są w opracowaniu. Szczególnie cenny jest jednak dorobek Zakładu Materiałoznawstwa tegoż Instytutu, który ściśle związał się z produkcją przemysłową i stał się czynnikiem jej postępu technicznego.

3) Podkomisja żuźlowa przy Centralnym Zarządzie Energetyki rozwinęła ożywioną działalność na terenie Górnego Śląska i dokonała pionierskiej pracy wyzyskania żużli elektrownianych do celów ceramicznych. Podkomisja podjęła trud uruchomienia produkcji wyrobów budowlanych z żużli, co jest nowym zjawiskiem na terenie nauki energetycznej w Polsce: nauka nie zatrzymała się na teoretycznym opracowaniu zagadnienia, ale w zrozumieniu swej roli społecznej doprowadziła konsekwentnie do praktycznej realizacji swych osiągnięć.

4) Zakład Badań i Pomiarów Energetycznych Centralnego Zarządu Energetyki (dawnej Centralne Laboratorium przy Z. E. O. G.) oparł swą działalność na rozwiązaniu najżywniejszych problemów energetycznych i przeprowadził w ciągu krótkiego swego istnienia około 11 ekspertyz z dziedziny eksploatacji energetycznej. Na ich tle rozwinęła się w Zakładzie ożywiona działalność naukowa, która dała szereg oryginalnych metod pomiarowych, między innymi sposób oceny stanu izolacji generatorów na podstawie pomiaru kąta stratności. Równocześnie Zakład bardzo energicznie zaopatruje się w nowoczesne przyrządy pomiarowe, co zapowiada dalszy bujny rozwój ekspertyz i badań naukowych.

5) Zakład Elektroenergetyczny Politechniki Wrocławskiej intensywnie wyposaża się w nowoczesny sprzęt pomiarowy i badawczy własnej konstrukcji, stosując szereg oryginalnych rozwiązań technicznych. Zakład wykonał dla Energetyki dwie prace badawcze, dwie zaś dalsze są w opracowaniu. Zakład zorganizował pracownię prototypów, która opracowuje modele i serie doświadczalne trzech typów przekładników, a ponadto szereg innych aparatów.

6) Państwowa Rada Energetyczna opracowała 9 zasadniczych tematów, dotyczących organizacji gospodarki energetycznej kraju i wyzyskania paliw naturalnych. Równocześnie przygotowała ona wystąpienia naukowców polskich na Światowym Kongresie Energetycznym, gdzie np. w 1950 r. zgłoszono trzy referaty, które były bardzo przychylnie przyjęte przez opinię światową (zwłaszcza referat dr B. Rogi dotyczący koksownictwa). Taką samą rolę spełnia Polski Komitet Wielkich Sieni Elektrycznych, który jest placówką przygotowującą wystąpienia polskich naukowców na sesjach Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieni Elektrycznych.

Wyżej zestawione fakty dowodzą, że powstała pewna ilość placówek, spośród których znaczna część wyszła już z okresu organizacyjnego i rozpoczęła rzetelną pracę badawczą, polegającą na samodzielnym gromadzeniu faktów przyrodniczych. Ważnym zjawiskiem jest okoliczność ściślego powiązania pewnej liczby tych placówek z problematyką produkcyjną; ogólnie biorąc jest ono jednak w stosunku do potrzeb życia za słabe. Prawie żadna placówka (poza Komisją żuźlową) nie interesuje się wprowadzeniem w życie wyników swej pracy badawczej. Równocześnie stwierdzić należy, że zagadnienia opracowywane przez powyższe placówki są raczej odcinkowe i niezmiernie szczupłe w stosunku do potrzeb energetyki, a wreszcie, że między ich wysiłkami brak koordynacji. Błędy te zjawiać się mogą, oczywiście, tylko wtedy, gdy nie ma ogólnego planu badań naukowych, gdy marksistowskie planowanie zastępuje dorażną inicjatywę poszczególnych badaczy.

Drugim z kolei terenem skupiającym działalność naukową są katedry wyższych uczelni technicznych. Podsekcja przeprowadziła szczegółowe wywiady z 18 katedrami o charakterze energetycznym lub traktującymi tematy wysunięte przez energetykę. Analizę wyników rozpocząć należy od stwierdzenia, że ogółem w katedrach tych wykonano 224 studenckie prace dyplomowe (magisterskie), z czego tematykę zamówioną przez przemysł traktują 123 prace dyplomowe; 27 z nich wykazuje charakter pionierski (przyswajanie przemysłowi tematów do tej pory u nas nie wykorzystywanych), 77 zaś to prace abstrakcyjno-formalne, oderwane od potrzeb gospodarki narodowej.

Trzeba wyraźnie stwierdzić, że okoliczność oddania 55% prac dyplomowych o tematyce wysuniętej przez prze-

mysl nosi cechy przełomu. Nie można jednak ukryć okoliczności, że mimo to 35% prac dyplomowych to prace abstrakcyjno-formalne, które nigdy praktycznej korzyści nie przyniosą; sytuację łagodzi nieco okoliczność, że znaczna część ich wykonana była w latach 1945-48. Rok 1950 jest rokiem zwrotu w kierunku prac przemysłowych. Należy również podkreślić ogromną nierówność w wysiłkach przysporzenia gospodarce narodowej nowych inżynierów; z ogólnej liczby prac dyplomowych znaczna większość, bo 170, wydanych zostało przez 6 katedr; na 13 pozostałych katedr wypuszczających dyplomantów przypadły 54 prace dyplomowe.

Również liczba wykonanych prac doktorskich jest znamienna. Wykonano ich zaledwie 3, w przygotowaniu jest 11, z czego jedynie 3 powiązane są z praktyczną tematyką przemysłową. Liczby te dowodzą, że zwrot ku tematyce wymaganej przez przemysł, ujawniony w trakcie analizy prac magisterskich, jest jeszcze bardzo płytki, że istnieje świadoma lub podświadoma tendencja stworzenia z prac doktorskich pewnego rezerwatu dla kosmopolitycznych idei „nauki czystej“, „nieskażonej“ przyziemnymi potrzebami produkcji. Dalszym dowodem niedostatecznie głębokiego zwrotu ku powiązaniu nauki z praktyką jest fakt, że pozostała liczba 122 ekspertyz przemysłowych wykonana została przez 9 katedr, druga zaś połowa katedr żadnych badań bezpośrednich dla przemysłu nie wykonywała. Tymczasem stwierdzić należy wielce znamienny fakt, że na ogólną liczbę 14 wykonanych lub będących w przygotowaniu prac doktorskich przytłaczająca większość, bo aż 13 jest dorobkiem właśnie tych 9 katedr, które wykonały wszystkie ekspertyzy dla przemysłu. Niewątpliwa jest ścisła wzajemna zależność dwu wymienionych kierunków działalności katedr energetycznych; niewątpliwy jest mocny cios wymierzony przez ten fakt w zwolenników „nauki czystej i oderwanej od praktyki“.

Dorobek katedr na odcinku wydawniczym wyraża się opracowaniem 13 skryptów o ogólnej liczbie 2650 stron oraz 40 innych prac kompilacyjnych zawierających około 4070 stron. I tutaj prymat dzierżą katedry silnie związane z przemysłem (tematyką prac dyplomowych i ekspertyzami). Na czoło wysuwa się Katedra Teorii Maszyn Ciepłych w Gliwicach, która wraz z Katedrą Pomiarów Maszyn Ciepłych osiągnęła wybitny wynik: wydano 2 skrypty obejmujące 350 stron, 6 prac kompilacyjnych o 1500 stronach, przy równoczesnym opracowaniu 1 pracy doktorskiej i 27 magisterskich, przy czym te ostatnie były wyłącznie tematami zamówionymi przez przemysł. Podobnymi wynikami pracy może się poszczycić Katedra Urządzeń, Sieni i Gospodarki Elektrycznej Politechniki Gdańskiej, która na ogólną liczbę 32 prac magisterskich ma tylko 8 abstrakcyjnych (lata 1947-49), która wykonała 45 ekspertyz dla przemysłu, kieruje wykonaniem 2 prac doktorskich i wydała 6 skryptów i publikacji o 850 stronach.

Podsumowując dorobek katedr energetycznych należy stwierdzić ich wzrastające powiązanie z przemysłem oraz stosunkowo poważny dorobek wydawniczy. Zjawiska te jednak do tej pory nie ogarnęły wszystkich katedr, a ponadto są dosyć płytkie i nie zwalczyły jeszcze pozostałości kosmopolityzmu.

Trzecim nurtem nauki polskiej jest wspaniale rozwijający się ruch racjonalizatorski. Jego wkład w gospodarkę narodową jest ogromny; w roku 1948 energetyka zano-towała 66 wniosków, które przyniosły 1,4 mln. zł oszczędności, w r. 1949 było już 1214 wniosków z 6,6 mln. zł oszczędności, a wreszcie w r. 1950 było 2012 wniosków z 18,0 mln. zł oszczędności. Razem daje to 3292 wnioski racjonalizatorskie i 25,7 mln. zł (nowa waluta). Ogrom tego dorobku jest tak przekonywający, że okoliczność zaszeregowania czołowych racjonalizatorów do kręgu naukowców nie wymaga dalszego uzasadnienia. Sama istota działalności racjonalizatorskiej, polegająca na nowoczesnym, głęboko przemyślanym i twórczym stosunku do pracy zawodowej, łącząca w sobie praktyczną wiedzę z pomysłowością i nieustannym doksztalcaniem się, nosi cechy pracy naukowej. Nic też dziwnego, że J. Stalin w przemówieniu wygłoszonym na przyjęciu naukowców na Kremlu w dniu 17 maja 1938 r. powiedział:

„Siedzą tutaj przy stole towarzysze Stachanow i Papi-pin. Ludzie nieznanymi w świecie naukowym, nie posiadający stopni naukowych, praktycy w swej dziedzinie. Któż jednak nie wie, że Stachanow i stachanowcy w swej pracy



praktycznej w dziedzinie przemysłu obalili istniejące normy, ustalone przez ludzi nauki i techniki, obalili je jako przestarzałe i wprowadzili nowe normy odpowiadające rzeczywistym wymaganiom nauki i techniki?... Któż może zaprzeczyć, że Stachanow i Papapin są nowatorami w nauce, ludźmi naszej przodującej nauki?"

Przyjrzyjmy się bliżej czołowemu dziełom racjonalizatorów, a jasną stanie się głęboka prawda słów J. Stalina. Oto w okresie, gdy na dostawę łopatek z wysokogatunkowej stali z zagranicy trzeba było czekać wiele miesięcy, zastosowano łopatkę z krajowej stali węglistej. Szereg turbin w ten sposób wyremontowanych pracuje już około 3 lat w sposób nienaganny. Wyważanie wirników turbin usprawnił ob. Pęczalski skracając 5-krotnie czas pracy i sposób ten jest obecnie powszechnie stosowany. Zmechanizowanie urządzeń do budowy linii elektrycznych dla elektryfikacji wsi powierzono grupie ślusarskiej ob. Dydo Czesława i dzieło, którego nie dokonał do tej pory żaden inżynier polski, zostało przez nią zrealizowane. W jednej ze starych elektrowni żużel wykazywał duży procent części palnych; proste usprawnienie umożliwiło ich wyzyskanie, co dało oszczędność około 1,1 mln. złotych rocznie. Tak to ruch racjonalizatorski sięgnął po problemy, których nie dostrzegali naukowcy i rozwiązał je w sposób pełnowartościowy; tak racjonalizatorzy stali się godnymi miana „nauczców nowego typu“.

Całość dorobku naukowego energetyków mimo niewątpliwych osiągnięć wykazuje szereg zasadniczych braków. Przełom w kierunku tematyki wynikającej z potrzeb praktyki, który dokonał się w instytutach i katedrach, musi zatoczyć szersze kręgi i pogłębić się przez całkowite przedstawienie tematyki prac doktorskich i magisterskich na zagadnienia przemysłowe; konieczne jest pogłębienie więzów z przodującą nauką radziecką, rozpoczęcie ścisłej współpracy z racjonalizatorami, ścisła koordynacja i planowanie badań naukowych, wreszcie zastosowanie materializmu dialektycznego w działalności naukowej.

Należy bowiem z całym naciskiem podkreślić, że w trakcie pracy podsekcji energetyki natrafiono jedynie na ślady współpracy naukowców z racjonalizatorami, ograniczając się do udziału w 4 zjazdach racjonalizatorów. Dopiero okres dyskusji przedkongresowych doprowadził do 9 dalszych — tym razem już ściśle energetycznych spotkań naukowców z racjonalizatorami.

### 3. Tradycje polskiej energetyki.

Cała historia rozwoju nauki energetycznej wykazuje jej ścisłe związanie z życiem społeczeństw, a dokładniej z losem klasy panującej w danym okresie; stąd też treść nauki i jej postęp w znacznym stopniu wyrażają postęp tejże klasy. Rozwój nauki energetycznej rzucony na tło rozwoju gospodarki energetycznej w Polsce, wykazuje głęboką dialektyczną zależność od ekonomiki narodowej.

W okresie narodzin gospodarki pańszczyźnianej, gdy wzrosło gwałtownie zapotrzebowanie krajowych wyrobów rzemieślniczych, gdy mimo zmniejszenia się możliwości konsumpcyjnych włóścian decydowało tu wzrastające zapotrzebowanie folwarków pańszczyźnianych, musiały się wzmóc nasz przemysł i nasze kopalnictwo. Dzięki temu okres feudalizacji ustroju gospodarczego stał się okresem masowego zastosowania sił wodnych. Zastosowanie siły wiatru było sporadyczne. Zrodzona z doświadczeń florenckich studentów, a następnie ujęta w formę naukową przez Torricellego „zasada naczyń połączonych“ stała się podstawą wyzyskania sił wodnych. Obiektywność naukowa prawa Torricellego przejawia się właśnie w tym zrodzeniu się z praktyki i powrocie do praktyki.

Młyny napędzały mechanizmy wytwórcze; miały nieraz do 10 kół. W kopalniach wydobywanie urorku górniczego oraz odwadnianie odbywało się przeważnie przy pomocy kjeratów poruszanych końmi. W warzelniach soli spotykamy się z prymitywnymi urządzeniami pieców przemysłowych (Rozdziński Walenty: *Officina ferraria* abo huta y warsztat z kuźniami, rok 1612).

Świetnie rozwijający się przemysł polski został w XVII wieku w wyniku ogarniających cały kraj działań wojennych zniszczony, ogólne zaś zubożenie społeczeństwa obniżyło zapotrzebowanie artykułów przemysłowych. Odrodzenie nastąpiło dopiero w XVIII wieku w postaci „manufaktur“. Ich liczba osiągnęła około 300 w latach 1760-70. Trzeba jednak podkreślić, że technika produkcyjna była

w dalszym ciągu rzemieślnicza. Mimo to manufaktura była pierwszą formą kapitalistycznej produkcji i kapitalistycznego przywłaszczania wartości dodatkowej.

Należy jednak z całym naciskiem podkreślić, że stosowanie maszyn o mechanicznej sile napędowej w okresie feudalizmu nie doprowadziło do rewolucji w sposobie produkcji, nie stało się czynnikiem zastępującym masowo pracę ludzką. Nawet okres manufaktury nie umiał użytkować w tym duchu maszyn energetycznych. Wprawdzie większość manufaktur budowano nad „rwącymi strumieniami“, ale zastosowanie sił wodnych było raczej ograniczone. Znajduje to wyraz w pracy x. H. Osińskiego, który w książce pt. „Opisanie polskich żelaza fabryk“, wydanej w r. 1782, przedstawia sposoby wyzyskania młynów napędowych zalecając ich powszechne zastosowanie. Natomiast w zupełnie innym świetle stoją problemy energetyczne w gruntownej pracy W. Surowieckiego „O rzekach i spławach krajów Księstwa Warszawskiego“, wydanej w roku 1820. Jednak praca W. Surowieckiego nie jest przypadkowa. Wszak stoi za nią bogata tradycja wyzyskania dróg wodnych naszych rzek w latach stanisławowskich, budowy kanału Ogińskiego, realizowanej właśnie w tym czasie budowy kanału Augustowskiego, planowania kanału Żerań—Zegrze, wreszcie wyzyskania sił wodnych w manufakturach wojewody Rembelskiego (wojewoda mazowiecki z okresu Królestwa Kongresowego), a co najważniejsze wspaniałego energetycznego wyzyskania rzeki Kamiennej. Nauka i tym razem stała w ścisłym związku i na usługach praktycznej działalności gospodarczej.

Tymczasem w zachodniej Europie od pierwszych prób Pappina (r. 1690), poprzez maszynę Savery'ego i Newcomena przemysł otrzymał maszynę parową. Wiemy jednak, że pierwsze próby kotła parowego pochodzą z roku 1614; można by więc zapytać, dlaczego dopiero na przełomie XVIII wieku, a więc po upływie z górą 200 lat wynaleziono maszynę parową? Dlatego, że rozwijający się w tym czasie na zachodzie w całej pełni kapitalizm wykorzystał maszynę parową do napędu maszyny narzędziowej tzn. mechanizmu, spełniającego te same czynności, które przedtem wykonywał cały zespół robotników. K. Marks pisał o tym w „Kapitale“ (tom I, 1950, str. 403):

„Na miejsce robotnika, działającego jednym tylko narzędziem, maszyna, będąca punktem wyjścia rewolucji przemysłowej, stawia mechanizm, który działa na raz masą narzędzi takich samych lub podobnego rodzaju, a poruszany jest jedną tylko siłą napędową...“

Ogólne przejście do maszynowego sposobu produkcji wymagało, by maszyna napędowa zdobyła postać samodzielną, niezależną od ograniczonej lokalnie lub ilościowo siły człowieka, wiatru lub wody. Warunki te spełniła właśnie maszyna parowa.

Nie przypadkowo w tym właśnie czasie w Polsce rozwija swoją wybitną działalność naukową St. Staszic. W swym dziele: „O ziemiopłodzie gór dawnej Sarmacji“ wydawanym w postaci 12 rozpraw naukowych w latach 1805—1817 zestawia on na podstawie gruntownych badań geologicznych podstawowe bogactwa naturalne Polski; w tabeli „Y“ dołączonej do tego dzieła podaje on zestawienie kopalń siarki, węgla i bitumów. I w tym wypadku nauka ściśle związała się z potrzebami nowego rodzającego się przemysłu w Polsce, kładąc podwaliny pod jego bazę energetyczną, opartą na wyzyskaniu węgla. Rozpoczyna się zrazu powolny, a potem coraz szybszy zwięski pochod maszyn parowej w przemyśle polskim. W kopalni w Tarnowskich Górach w r. 1798 uruchomiono pierwszą w Polsce maszynę parową (3 lata później niż w Niemczech). W r. 1802 w kopalniach siarki w Swoszowicach pod Krakowem, w r. 1817 w Sierszy w kopalni węgla, w przemyśle warszawskim w r. 1821, w Łodzi i w Krakowie w r. 1826 itd. Mimo tego jeszcze w r. 1820 na 60 dużych fabryk w Królestwie tylko 3 miały maszyny parowe, 36 zaś korzystało z siły wodnej, a 21 nawet z kjeratów końskich. Zagadnienie przyswojenia nauce polskiej teorii maszyny parowej było przedmiotem zainteresowań ówczesnych naukowców. Dowodem tego jest praca doktorska St. Janickiego mówiąca o sposobach badania maszyn parowych (r. 1824).

W połowie XIX wieku kapitalizm polski zdecydowanie pokonuje pozostałości manufaktury i przeistacza się w wielki przemysł o maszynowym sposobie produkcji. Rośnie produkcja, rośnie wydajność pracy, pogłębia się nierozłączne prawo rozwoju kapitalizmu — koncentracja produkcji i kapitału. Wyraża się ono w zmniejszaniu się liczby przed-



siębiorstw, a zarazem w powstaniu i wzroście przedsiębiorstw dużych, których produkcja rośnie niewspółmiernie szybciej niż liczba zatrudnionych robotników. Wzrasta ogólna moc maszyn napędowych. Wynosiła ona w roku 1875 około 20 000 koni mech. na ziemiach polskich, w roku 1900 około 300 000 k. m. W dziewiątym dziesięcioleciu ubiegłego wieku powstają w Polsce pierwsze kartele, które szybko ogarniają wybitną większość produkcji danej gałęzi i nabierają cech monopolistycznych. Szczególnie szybko przebiegał ten proces w latach kryzysu 1900—1902 r.

Proces ten byłby niemożliwy bez odpowiedniego rozwoju bazy energetycznej. Spośród nowych nośników energii w pierwszej kolejności przemysł przejął jeszcze w szóstym dziesięcioleciu ubiegłego wieku produkcję, rozprawianie i użytkowanie gazu do celów oświetleniowych i grzejnych (Górny Śląsk i Łódź). Dopiero w kilka lat później powstają pierwsze zawodowe gazownie, trudniące się zaopatrywaniem miast i przemysłu w ten rodzaj energii: w Warszawie w 1856 r., w Krakowie w 1860 r., w Wilnie w 1863 r. itd. Na przełomie XIX i XX wieku było na ziemiach polskich ogółem około 20 czynnych dużych gazowni.

Podobnie, choć znacznie później, rozwijała się gospodarka elektryczna. Pierwsze elektrownie były przemysłowe i służyły wyłącznie celom oświetleniowym: w Warszawie w r. 1879, w fabryce Krusche i Ender w Pabianicach w 1881 r. oraz w celach napędowych w wielu kopalniach i hutach na Górnym Śląsku, a także w zagłębiu jaworznickim (w 1896 r. w Jaworznie). O kilka lat później zjawiają się elektrownie zawodowe, budowane przeważnie na podstawie koncesji udzielanych koncernom kapitalistycznym przez zarządy miejskie: w r. 1886 w Łodzi, w r. 1894 we Lwowie, w r. 1896 w Przemyślu, w r. 1897 w Jaśle itd. Ale zasadniczo rozwój elektrowni zawodowych rozpoczął się dopiero w pierwszych latach XX wieku. W roku 1910 było ogółem na ziemiach polskich około 68 elektrowni zawodowych.

Na tle opóźnionego rozwoju kapitalizmu w Polsce zrozumiałym się staje opóźniony rozwój energetyki i jej nauki. Charakterystycznym objawem tego może być fakt, że dopiero w roku 1898 w Pracach Matematyczno-Fizycznych pojawia się obszernie opracowanie na temat: „O prawie zachowania energii i wzrostu entropii“, że w r. 1906 toczy się na łamach „Przeгляdu Technicznego“ wszechstronna dyskusja nad nowoczesnymi pojęciami termodynamiki oraz że dopiero w tymże roku pojawia się podstawowa gruntowna praca prof. H. Czapowskiego: „Podstawy energetyki“. Prace badawcze na temat „Straty ciepła przewodów parowych“ prowadzi w tym czasie B. Biegeleisen (zagranicą w Berlinie), badania zaś nad użytkowaniem gazów wielkopięcowych zajmują umysły badaczy od roku 1900 do momentu wybuchu wojny. Zagadnienia gospodarki hydroenergetycznej zajmują wybitnych badaczy polskich jak K. Pomianowski (Zasady budowy zakładów o sile wodnej, rok 1912), Kozielec oraz M. Altenberg. Ten ostatni bada przede wszystkim ekonomiczną stronę zagadnienia. W dziedzinie elektrycznych zagadnień energetycznych podkreślić należy prace prof. Wysockiego nad problemem burz i ochrony przeciwprzebiegowej sieci elektrycznych w warunkach polskich (r. 1908) oraz prace E. Opechowskiego nad stratami energii elektrycznej w sieciach prądu zmiennego (r. 1912). W tymże samym roku rozpoczyna swą olbrzymią działalność pedagogiczną na polu szkolenia niższych kadr fachowców, a również na odcinku ochrony zdrowia i życia ludzkiego w związku z elektryfikacją kraju prof. M. Pożaryski.

Koncentracja produkcji i kapitału w Polsce, rozwijająca się w ostatnich latach ubiegłego stulecia i w początkach bieżącego, stwarzała grunt do przeradzania się kapitalizmu w imperializm. I chociaż Polska do roku 1918 nie miała bytu niepodległego, który jest niewątpliwie jednym z warunków trwałego rozwoju imperializmu, to jednak ekonomiczne przesłanki istniały i rozwijały się w Polsce tak samo, jak w innych krajach. Przejawiało się to we wzmożonym eksporcie towarowym, za którym nieodłącznie idzie eksport kapitału oraz w coraz to zacieśniających się więzach z kapitałem światowym. Na terenie energetyki zawodowej w okresie po pierwszej wojnie światowej występują zrazu 2 koncerny, jednak liczba ich szybko rośnie tak, że w latach 1938-39 mamy ich około 13. Jeśli dodać, że ponadto działało na terenie energetyki kilkanaście karteli zbywających ubocznie energię elektryczną, oraz że sumaryczna produkcja energii obu tych grup wynosiła około

65% produkcji energii elektrycznej w Polsce, a wreszcie, że na terenie gazownictwa sytuacja nie była lepsza, to jasnym się stanie, że polska gospodarka energetyczna znajdowała się w niewoli karteli kapitalistycznych i ich interesom była podporządkowana. Ujawniało się to dobitnie zwłaszcza od momentu utworzenia Związku Elektrowni Polskich, który rozwijał się w kierunku odegrania roli monopolistycznej organizacji kapitału, obejmującego swym zasięgiem całość elektroenergetyki.

Skoro kapitał dążył do monopolistycznej eksploatacji gospodarki energetycznej w Polsce, czy mogła być mowa o postępie technicznym, o rozwoju nauk energetycznych? Zresztą kapitał monopolistyczny jest czynnikiem pchającym świat nieuchronnie do wojny imperialistycznej. A w okresie imperializmu postęp techniczny możliwy jest jedynie tam, gdzie jest to potrzebne ze względu na przygotowania wojenne. Badania naukowe w Polsce służyć musiały temu samemu celowi. Co najwyżej uczony mógł odsunąć się w ogóle od życia, zamknąć się w swej pracowni i uprawiać naukę dla nauki.

Część naukowców oderwała się od praktycznych potrzeb życia technicznego i zajęła się zagadnieniami w danej chwili abstrakcyjnymi; przykładem może tu być pracownia prof. K. Drewnowskiego, która dała nauce polskiej szereg cennych — choć w danej chwili oderwanych — prac doktorskich. Stała się ona jednak kuźnią naukowców, którzy w okresie powojennym stanęli na czołowych pozycjach polskiej nauki energetycznej. Równoległe z pracowni tej wyszła również rozprawa dra Skowrońskiego (o przydatności polskiego szkła do produkcji izolatorów), której wyniki zostały bezpośrednio wykorzystane przez przemysł. Jest rzeczka znamieną i nie przypadkową, że po drugiej wojnie światowej placówka badawcza, kierowana przez dra Skowrońskiego, jest przykładem ścisłego powiązania działalności naukowej z przemysłem.

Tak samo ocenić można działalność wybitnych naukowców prof. dra Stefanowskiego, prof. dra Krukowskiego oraz prof. dra Witkiewicza, którzy, mając ograniczone możliwości rozwijania działalności naukowej związanej z przemysłem, skierowali swoje wysiłki na szkolenie kadr inżynierskich oraz naukowych, stanowiąc w ten sposób historyczne pozycje polskiej nauki energetycznej. Tę samą rolę przypisać można Towarzystwu Akc. Gródek oraz Zjednoczeniu Elektrowni Okręgu Radomsko-Kieleckiego, które — każde w swoim czasie — stały się szkołą inżynierów sieciowych o wysokim poziomie specjalizacji.

Są wreszcie w historii energetyki polskiej w okresie międzywojennym dzieła dowodzące, że w szeregu przypadków energetyka, włączona w orbitę przygotowań wojennych, korzystała z możliwości rozwijania postępu technicznego. Przykładem może być korzystająca z oryginalnych rozwiązań technicznych działalność Towarzystwa Akc. „Gródek“, które stanowiło mocne zaplecze energetyczne Gdyni, oraz pionierska działalność Zjednoczenia Elektrowni Okręgu Radomsko-Kieleckiego, którego zadaniem było zaopatrzenie w energię elektryczną zakładów wojennych w centralnym okręgu przemysłowym. Temu samemu celowi służyła rozbudowa sieci gazowniczej w całym okręgu, a także budowa elektrowni w Stalowej Woli, Mościcach i Roźnowie. Sam fakt podjęcia tego rodzaju prac w nienotowanych poprzednio rozmiarach nasunął kadrom naszych naukowców szereg zagadnień (zastosowanie napięcia 150 kV do przesyłania energii, uziemienie punktu zerowego linii najwyższych napięć, przewody stalowo-aluminiowe i ich wytrzymałość, badanie palników gazowych, oznaczanie ciężaru właściwego gazu ziemnego, przepływu gazu i pomiar jego w gazociągach itd.).

Tak samo w dzieło przygotowań wojennych wprzęgnięty został Polski Komitet Energetyczny, który w tematyce ostatnich 2 lat swego istnienia rozpatrywał w znacznym stopniu zagadnienia zastępczych surowców energetycznych pod kątem potrzeb gospodarki wojennej i to jeszcze opierając się na gruncie obcych doświadczeń.

Była jednak grupa naukowców, która śmiało prowadziła swe badania i skutkiem tego stanęła w wyraźnej kolizji z interesami karteli. Badania nad siłami wodnymi Polski prowadzone przez inż. Tillingera i prof. Pomianowskiego nie interesowały karteli ze względu na wielkość kapitałów inwestycyjnych i ich niski procent amortyzacji; żeby jednak energia elektryczna, pochodząca z elektrowni wodnych, nie stała się konkurencją dla istniejących przedsiębiorstw



trzeba było torpedować wszelkie poczynania naukowców na tym odcinku. Stąd niemoc Polski międzywojennej w dziedzinie wyzyskania sił wodnych, stąd odsuwanie naukowców, którzy odważyli się przeciw interesom karteli występować. Badania nad jakością węgla polskich prowadził prof. W. Świętosławski, dr K. Choraży, dr Roga oraz inż. Krużewski. Ten ostatni wydał w roku 1938 pracę pod nazwą „Zbiór analiz węgla kamiennego“. Ale konwencja węglowa nie była zainteresowana w ekonomicznym wykorzystaniu polskich zasobów węglowych i cały nakład dzieła został przez nią wykupiony i zniszczony. Prowadzone przez szereg lat w laboratorium kalorymetrycznym Politechniki Lwowskiej badania nad wyzyskaniem gazu ziemnego (prof. Ochędusko, inż. de Ines) zamarły przed wojną skutkiem braku zainteresowania ze strony sfer państwowych.

Zorganizowany w 1938 roku Zjazd Naczelnej Organizacji Inżynierskiej, którego zadaniem było zmobilizowanie kadr inżynierskich dla zdecydowanego przedstawienia produkcji przemysłu na cele wojenne, przerodził się na całym szeregu odcinków w protest sił technicznych przeciwko hamowaniu postępu i rozwoju sił wytwórczych.

Analizując rozwój energetycznych badań naukowych w Polsce, dochodzimy do wniosku, że w początku XIX wieku nauka polska kładła podwaliny pod naszą energetyczną, przygotowującą rozwój kapitalizmu w Polsce, na przełomie zaś XIX i XX w. służyła problemowi zaopatrzenia przemysłu kapitalistycznego w możliwie taniej energię oraz obniżenia jej strat. W okresie międzywojennym rozwój nauki energetycznej był hamowany w związku z przejściem kapitalizmu w fazę imperialistyczną. Niemniej jednak dorobek nauki energetycznej jest nawet w tym okresie na całym szeregu odcinków godny uwagi, a jej osiągnięcia techniczne noszą trwały charakter. Podkreślić należy fakt, że stały się one czynnikiem szkolenia kadr polskich naukowców energetycznych.

#### 4. Walka z obciążeniami przeszłości.

Aby bujnie rozwinąć energetyczną działalność naukową w Polsce Ludowej, trzeba dać naukowcom możliwości materialne, a ponadto zwalczyć wśród nich szereg pozostałości minionego okresu. Na pierwszy plan wysuwa się tu konieczność głębokiego przekonania badaczy o tym, że prawdziwa nauka rodzi się z praktyki oraz swe wyniki oddaje z powrotem praktyce produkcyjnej. Na naradzie podsekcji z aktywistami gospodarczymi i racjonalizatorami energetyki okręgu gliwickiego padły znamienne słowa:

„Jest wielka ilość problemów niby zbadanych, ale ciągle jeszcze niejasnych. Np. problem uziemiń ciągle nie został doprowadzony do praktycznych wskazań, jak te uziemienia należy wykonywać. Sądzę, że niejasność wynika z płytkiego potraktowania zagadnienia. Dopiero praktyczne ujęcie sprawy jest jej faktycznym opanowaniem“.

Oto wyraźnie i ściśle określony cel badań naukowych: trzeba je doprowadzić aż do praktycznych wskazań produkcyjnych. Wszak dopiero praktyka sprawdza wartość teoretycznego rozwiązania i jego prawdziwą obiektywną naukowość.

Na naradach podsekcji z ludźmi produkcji często padały zaproszenia pod adresem naukowców, by przyszlizli na zakłady pracy, pomogli racjonalizatorom w ich wysiłkach, wzięli udział w naradach produkcyjnych i z nich czerpali swą tematykę badawczą. Narady w Gliwicach, Poznaniu, Wrocławiu i Szczecinie wskazały od razu kilka palących a nierozwiązanych do tej pory zagadnień. Aby jednak podjąć te zagadnienia, sumiennie je opracować i dać w formie praktycznych wskazań zakładom produkcyjnym, konieczne jest głębokie przekonanie ze strony naukowców, że zagadnienia praktyczne są godne ich wysiłku, że w żadnym wypadku nie obniżają one poziomu nauki. Wystarczy przytoczyć fakt, że w okresie międzywojennym Towarzystwo Dozoru nad kotłami w Katowicach, prowadząc rozległe badania nad gospodarką energetyczną Górnego Śląska, przysporzyło młodym inżynierom tylu doświadczeń technicznych, że stały się one dla nich podstawą do opracowania 3 poważnych prac doktorskich. Analogiczne zjawisko stwierdziliśmy w rozdz. 2 niniejszej pracy; na 14 wykonanych lub wykonywanych obecnie prac doktorskich zdecydowana większość, bo 13, wykonywana jest przy trzy katedrach, które przodują w powiązaniu swych prac z przemysłem.

Są to wszystko fakty bezspornie dowodzące, że działalność praktyczna nie przeszkadza naukowcowi w uogólnia-

niu napotkanych zagadnień oraz pogłębianiu ich, lecz wprost przeciwnie podsuwa mu tematy i pomaga w ich rozwiązaniu, bo nakazuje nieustanne konfrontowanie częściowych nawet wysiłków badań z praktyką, daje gwarancję, że ostateczny rezultat pracy będzie pozytywny.

Na zebraniu dyskusyjnym w Szczecinie uskarżano się na brak atmosfery naukowej oraz stwierdzono konieczność zorganizowania pewnych ośrodków naukowych mających ją zapewnić. Także uskarżano się na brak poszanowania dla pracy naukowej było dosyć częste. A tymczasem zagadnienie przedstawia się inaczej. Naukowiec powiązany z praktyką, czynnie współpracujący z ruchem racjonalizatorskim, nie czuje się nigdy opuszczonym, ani nie szanowanym. Ośrodkiem jego pracy jest nie tylko placówka badawcza, ale i warsztat produkcyjny. Natomiast wzajemna wymiana doświadczeń między pracownikami naukowymi, zjazdy naukowców, możliwości korzystania z światowej literatury technicznej, to nieodzowne narzędzia jego działania, to sprawdzian jego własnego postępu na tle postępu nauki innych ośrodków.

W rozdz. 2 stwierdziliśmy, że ostatnie 5-lecie znamionuje między innymi zwrot ku podbudowywaniu badań naukowych faktami przyrodniczymi. Nie może być mowy o szerokim rozwoju nauki energetycznej, jeśli by miała opierać się tylko na wynikach badań przeprowadzonych w innych krajach lub też zgola innych dyscyplinach. Nauka rozwija się w nieustannym pokonywaniu sprzeczności, w uciążliwej walce z przyrodą o poznanie jej tajników. W okresie powojennym weszliśmy na tę drogę, zrywamy z bezkrytycznym przvimowaniem obcych doświadczeń. Znaczna liczba laboratoriów pomiarowych i opracowane w nich oryginalne metody pomiarowe są tego widomym dowodem. Ale zarysowują się tu kontury zbliżającego się niebezpieczeństwa. Nie wolno nam w sposób mechaniczny ujmować wyników pomiarowych. Musimy pamiętać, że są one uwarunkowane szeregiem okoliczności ubocznych, że sztywne przenoszenie wyników badań w inne warunki grozi zatraceniem ich naukowego charakteru.

Wartościowa analiza wyników pomiarowych jest rzeczą trudniejszą od wykonania samych pomiarów. I tej dziedziny działalności naukowej do tej pory nie opanowaliśmy w dostatecznym stopniu. Dowodzą tego dosyć liczne nieprzeanalizowane krytycznie pomiary prądów zwarciovych. Jest to niewątpliwie jedna z pozostałości okresu kapitalizmu imperialistycznego, gdy nauka nie służyła bezpośrednim celom produkcyjnym, a więc działalność naukowa mogła się zakończyć na stwierdzeniu faktów przyrodniczych. Dziś to nie wystarczy; jeśli nauka ma przynieść pożytek gospodarce narodowej, to analiza krytyczna wyników pomiarowych musi być jej zadaniem.

Również stwierdzone zostało słabe powiązanie nauki energetycznej z przodującą energetyką radziecką. W okresie międzywojennym całość stosunków polityczno-społecznych składała się na to, że dorobek nauki radzieckiej był wstydliwie ukrywany przed energetykami polskimi; z wyjątkiem przetłumaczenia jednej książki i kilku artykułów w „Przeglądzie Elektrotechnicznym“ oraz doraźnym korzystaniem z rzadko dopuszczanej do sprzedaży literatury technicznej innej współpracy z nauką radziecką nie było. Te nawyki są zbyt wolno wypierane ze świadomości naukowców; fakt, że w ostatnim 5-leciu oddano zaledwie 6 prac dyplomowych, wykazujących powiązanie z nauką radziecką, oraz ogólna ilość 8 prac kompilacyjnych i 2 tłumaczeń książkowych, a wreszcie nawet dosyć powszechne korzystanie z technicznej literatury radzieckiej nie wyczerpują zagadnienia. Chodzi o głębokie przeświadczenie, że technika kraju budującego komunizm jest z gruntu inna od techniki kapitalistycznej; zamiast służby na rzecz powiększenia zysków monopolu mamy tam najszerzej pojętą służbę społeczeństwu, zamiast tłumienia wynalazków godzących w interesy karteli mamy tam szeroki nurt popularyzacji i natychmiastowe wprowadzanie w życie wynalazków i usprawnień. Fakt wprowadzenia w ciągu roku 1950 około 400 wynalazków do produkcji w przemyśle radzieckim w zestawieniu z faktem, że według raportu amerykańskiej Komisji Gospodarki Narodowej firma General Motors wykorzystuje tylko 1% posiadanych przez siebie patentów, najlepiej ilustruje biegunowo przeciwny charakter techniki kapitalistycznej i radzieckiej. Dlatego też ta ostatnia jest dla nas wzorem, jej drogami powinni kroczyć polscy naukowcy. Różnica technicznych rozwiązań w pracach naukowych polega na współpracy z warsztatow-



camy w celu uzyskania najkorzystniejszych warunków obróbki, na poddawaniu projektów ocenie użytkowników danego urządzenia w celu osiągnięcia największej łatwości obsługi i kontroli, na dążeniu do wyzyskania surowców odpadkowych itd.

Wreszcie należy przewyższyć pokutujące jeszcze wśród naukowców energetyki pozostałości kosmopolityzmu. Jego oficjalne zdemaskowanie i usunięcie z życia nauki nie decyduje jeszcze o jego odgłębny wyrugowaniu ze świadomości naukowców. W czasie prac swych podsekcja stwierdziła i gruntownie wyjaśniła szereg przykładów kosmopolityzmu. Oto niektóre z nich.

1) Przez wzgląd na swoje egoistyczne interesy kartele energetyczne stworzyły przed wojną teorię o ubóstwie Polski w dziedzinie sił wodnych. Teoria ta panowała powszechnie do tej pory i dopiero druga połowa 1950 roku przyniosła tu zdecydowany przełom. Jest to jedno z naszych najpoważniejszych zwycięstw na odcinku uwalniania się od obciążeń kapitalistycznych teorii.

2) Te same siły, które stworzyły u nas teorię o ubóstwie sił wodnych, doprowadziły również do całkowitej negacji tzw. małej energetyki. Do dziś niczego nie robi się na odcinku rozbudowy małej energetyki, mimo, że oficjalnie nikt jej roli nie neguje. A tymczasem znaczne obszary naszego kraju o dużym załesieniu lub tereny górzyste i jeziora są na pewno idealnymi obszarami dla wprowadzenia małych wytwórni energetycznych, opartych na paliwie miejscowym lub drobnych siłach wodnych.

3) Dziedzina technicznego bezpieczeństwa pracy to specjalnie opuszczona gałąź naszej nauki. Panujące powszechnie przekonanie o słuszności przepisów PNE/10 jest ciężką pozostałością kapitalistycznej przeszłości. A tymczasem liczba wypadków śmiertelnych, która przejściowo w latach 1948—1949 spadła, doznała ostatnio znowu wzrostu. To w znacznym stopniu sprawa niejasnych przepisów, które zaciemniają sprawę odpowiedzialności. A przepisy radzieckie doprowadziły do całkowitego prawie zaniku wypadków śmiertelnych, co dowodzi, że bezpieczeństwo pracy może być w energetyce zagwarantowane. Ale by tego dokonać, trzeba złamać opory wśród personelu technicznego, trzeba tą sprawą zainteresować naukowców.

4) Należy stwierdzić nie tylko w przemyśle energetycznym, ale również wśród naukowców zupełny brak zainteresowania sprawą oszczędnego użytkowania energii. Jeśli nawet problem ten był analizowany, to stosowano tu powszechnie wskaźniki gospodarki kapitalistycznej, nie bacząc na fakt, że charakter stosowania energii elektrycznej jest w gospodarce socjalistycznej z gruntu inny, a z drugiej strony, że społeczny charakter akcji oszczędnościowej ujawnia liczne — utajone w ustroju kapitalistycznym — źródła oszczędności.

W pracy swej, a w szczególności w szerokich dyskusjach podsekcja wzięła na siebie zadanie bezpośredniej walki z obciążeniami teorii kapitalistycznych, z świadomym lub nieświadomym przeszczepianiem na nasz grunt obcych nam rozwiązań. W pierwszym okresie swej pracy podsekcja sama nie ustrzegła się pewnych błędów; twierdziłszy, że nauka energetyczna nie ma u nas głębokich tradycji, zamiast wydobyć świetlane postacie naszych naukowców i oświetlić ich dorobek; twierdziłszy, że w rozwiązaniach technicznych elektrowni stosować należy zasadę „monobloków“ (jeden kocioł zasila jeden turbozespół), co jest stosowane w nowych elektrowniach kapitalistycznych, gdzie spala się w kotłach stosunkowo dobre gatunki węgla, zamiast pójść drogą doświadczeń radzieckich, gdzie energetyce przypada rola wyzyskania najgorszych gatunków węgla, co pociąga za sobą konieczność powiększenia w pewnym stopniu liczby kotłów czyli stworzenia tzw. rezerwy parowej. Oceniając samokrytycznie swą pracę, podsekcja chce zwrócić uwagę naukowców energetyki na ten przełomny oręż prawdziwej postępowej nauki. Samokrytykę i krytykę stosuje powszechnie nauka radziecka, gdzie wynalazki i rozwiązania techniczne są przedmiotem szerokich narad i dyskusji. Samokrytykę winni zastosować naukowcy energetyki w swej pracy badawczej, a ułatwi im ona osiągnięcie pozytywnych wyników pracy.

Na podstawie powyższych wywodów należy stwierdzić, że przeszłość kapitalistyczna, która niepowrotnie minęła, pozostawiła wśród naszych naukowców szereg głązów narzutowych, które kataklizm wojny imperialistycznej oraz dokonana w jej następstwie rewolucja społeczna, a wresz-

cie rażący obraz gnicia ustroju kapitalistycznego na zachodzie kruszą i usuwają. Zmieniają się warunki bytu i rzeczywistość, a w wyniku tego zmieniają się również światopogląd i metody pracy naukowców.

### 5. Planowanie badań energetycznych.

Nauka energetyczna rozwinąć się może jedynie na gruncie ścisłego powiązania z praktycznymi zagadnieniami produkcyjnymi energetyki. Postęp techniczny jest przez przemysł ujęty planami, gdyż jest on ściśle związany ze wzrostem produkcji. Jeśli odbiorca badań naukowych oraz ich użytkownik planuje ich wpływ na wzrost produkcji, to nie ulega wątpliwości, że same badania naukowe również muszą być planowane. Do niedawna panowało jednak wśród badaczy przekonanie, że badań naukowych planować nie można. Odzwierciedlało się to wyraźnie w nadesłanych przez poszczególne katedry energetyczne ankietach opracowanych na zarządzenie przewodniczącego PKPG oraz Rady Głównej Szkół Wyższych w drugiej połowie 1949 r. Podsekcja przeanalizowała dokładnie materiały nadesłane przez 12 katedr i stwierdziła, że zawierają one przeważnie tematykę abstrakcyjną, formalną, podawaną w sposób ogólnikowy, bardzo rzadko zaopatrzoną w terminy zakończenia pracy.

Trzeba jednak z naciskiem podkreślić, że przełom w nastawieniu naukowców energetycznych rozpoczął się dopiero w roku 1950; podsekcja w trakcie swej pracy zebrała drogą ankiet dane o zamiarach badawczych oraz wynikach pracy dotychczasowej; równocześnie przeprowadzono rozmowy z 18 katedrami na temat powiązania ich prac badawczych w okresie 6-letnim (a zwłaszcza w roku 1951 i 1952) z planem technicznym energetyki. Trzeba stwierdzić, że wobec postawionych konkretnie zadań planu technicznego energetyki naukowcy zajęli pozytywne stanowisko i całość zagadnień została między katedry i instytuty badawcze rozdzielona. W trakcie dyskusji z naukowcami wyjaśniono, że planowanie badań nie oznacza planowania wyników, gdyż te ostatnie w swych konkretnych technicznych konsekwencjach przewidzieć się nie dadzą. Równocześnie stwierdzono, że na tle planów badawczych poszczególnych katedr i instytutów może się rozwinąć gruntowna specjalizacja poszczególnych badaczy i ich zespołów, zagadnienie zaś zaopatrzenia w odpowiednią literaturę oraz aparaturę jest bez szczegółowego planu badań prawie niemożliwe. Do tego należy dodać fakt, że planowy rozdział tematyki, literatury oraz aparatury pozwoli nauce polskiej osiągnąć maksymalne wyniki przy minimalnych nakładach materialnych oraz usunie marnotrawstwo wysiłków, wynikające do tej pory z dublowania prac w różnych ośrodkach przez różnych badaczy energetycznych.

W trakcie dyskusji z katedrami były jednak wypowiedziane przez niektórych naukowców pewne obawy co do perspektywy badań naukowych rzekomo zagrożonej przez nadmierne powiązanie wysiłków naukowców z praktyką produkcyjną. W rozdz. 2 i 4 omawialiśmy wyczerpująco to zagadnienie i wykazaliśmy, że właśnie te katedry, które przodują w powiązaniu z praktyką, przodują również w wykonywaniu prac doktorskich. Ale na tym sprawa się nie wyczerpuje. Na tle ogólnego planu badań powiązanych z praktyką wyłonią się ważne i wynikające z problematyki praktycznej zagadnienia teoretyczne, wytyczające drogi rozwojowe nauce. Okaże się wtedy konieczne zaplanowanie teoretycznego potencjału naukowego, który nie będzie miał w najbliższym czasie zastosowania w praktyce; zaplanujemy wtedy stworzenie tzw. rezerwy teoretycznej. Trzeba jednak zaznaczyć, że problematyka badawcza na stopniu rezerwy teoretycznej wyrosnąć musi z doświadczeń badawczych powiązanych z praktyką.

W Związku Radzieckim tworzenie rezerwy teoretycznej jest tak daleko posunięte, że w roku 1946 Rockefeller bił na alarm i wzywał instytuty amerykańskie, by nie pozwoliły się wyprzedzić w tej dziedzinie i nie sugerowały się wyłącznie potrzebami przemysłu wojennego. W Związku Radzieckim zagadnienie przesyłania energii na napięciu 400 kV prądem zmiennym i prądem stałym jest opracowane dokładniej niż to uczyniono gdzie indziej. Dzięki temu, że zagadnienie to weszło do planu badań w dziedzinie rezerwy teoretycznej jako emanacja planów badawczych powiązanych z praktyką, już po kilku latach, które upłynęły od opracowań zasadniczych w tej dziedzinie, problem ten wrócił do praktyki i znajdzie zastosowanie przy wyzyskaniu energii nadwołżańskich kolosów energetycznych.



W ostatnich miesiącach Główny Instytut Elektrotechniki opracował szeroko zakrojony plan badań naukowych. Trzeba z naciskiem podkreślić, że oznacza on ogromny postęp w dziedzinie metodyki planowania badań, gdyż sformułowany został na zasadzie wielu konferencji i z przedstawicielami produkcji. Analiza planu Zakładu Wielkich Mocy oraz Zakładu Wysokich Napięć wykazuje jednak kilka błędów, które należy omówić. Przede wszystkim jest on w stosunku do możliwości stanowczo za obszerny i nie wysuwa zagadnień pierwszoplanowych, na których skupione być muszą wysiłki Instytutu. Ponadto samo sformułowanie tematów jest bardzo ogólne i nie ma cech bezpośredniego przystosowania wyników badań do potrzeb praktyki. Wreszcie plan zawiera tylko jedną stronę bilansu — tematykę badawczą; natomiast strona możliwości wykonawczych, środków ludzkich i materialnych jest potraktowana bardzo powierzchownie.

Na tle wyjaśnienia istotnych cech i zadań planowania w nauce możemy przystąpić do dokładnego wymienienia uzgodnionych z poszczególnymi placówkami badawczymi tematów i kierunków specjalizacyjnych. Podkreślamy jeszcze raz ich całkowitą zbieżność z planem technicznym energetyki.

1) Zakład Wysokich Napięć GIEU: koordynacja izolacji w sieciach polskich, metody pomiaru stanu izolacji, aparatura do ochrony przeciwprzebiegowej. Zakład Wielkich Mocy GIEU: metody pomiaru prądów zwarciowych, próby zwarciowe aparaty wysokiego i niskiego napięcia. Zakład Materiałoznawstwa GIEU: normalizacja izolatorów wysokiego i niskiego napięcia, materiały magnetyczne, izolacyjne i przewodowe, ich badania i współpraca z producentami krajowymi.

2) Instytut Techniki Ciepłej: krajowe urządzenia do automatyzacji kotłów, odpylania spalin; najkorzystniejsze typy młynów dla poszczególnych gatunków węgla; ogólne warunki odgazowania skroplin; określenie najmniejszego jednostkowego zużycia pary dla różnych przemysłów; prototypy elewatorów w sieci ciepłowniczej oraz wybór materiałów izolacyjnych dla rurociągów ciepłowniczych; prace nad modernizacją starych kotłów.

3) Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla: odnaftalizowanie gazu koksowniczego, oczyszczanie gazu koksowniczego i miejskiego, odwartościowanie chemiczne gazu, wytwarzanie i wyzyskanie płynnego żużla.

4) Katedry Wydziału Inżynierii AGH w Krakowie: założenia do wyzyskania sił wodnych rzek polskich w szczytowych elektrowniach zbiornikowych oraz tematyka praktyczna związana z tymi zagadnieniami.

5) Katedry Wydziałów Inżynierii Politechniki Warszawskiej: założenia projektowe kanalizacji rzek i związane z tym siłownie przepływowe.

6) Katedry Wydziału Inżynierii Politechniki Gdańskiej: założenia projektowe do wyzyskania małych sił wodnych w Polsce (mała energetyka).

7) Katedra Kotłów Parowych Politechniki Gdańskiej: rekonstrukcja kotłów w celu podniesienia ich wydajności w istniejących elektrowniach i kotłowniach; analiza zakłóceń kotłowych w północnych okręgach Polski.

8) Katedra Kotłów Politechniki Śląskiej: mechanizacja nawęglania i odpielania oraz automatyzacja istniejących kotłowni.

9) Katedra Pomiarów i Badań Maszyn Politechniki Gdańskiej: zwalczanie korozji w urządzeniach energetycznych parowych oraz opracowanie lokalnych instrukcji zapobiegawczych; próby gwarancyjne wchodzących do ruchu urządzeń energetycznych w północnych okręgach Polski; opracowanie podstawowego dzieła z dziedziny korozji w urządzeniach parowych (r. 1952).

10) Katedra Pomiarów Maszyn Ciepłych Politechniki Śląskiej: sporządzanie bilansów i charakterystyk energetycznych w elektrowniach, próby gwarancyjne oraz analiza zakłóceń kotłowych w południowych okręgach Polski.

11) Katedra Turbin Parowych Politechniki Śląskiej: analiza zakłóceń turbinowych, opracowanie roli energetycznej turbin gazowych w pokrywaniu obciążeń szczytowych oraz konstrukcja tych turbin.

12) Katedra Turbin Parowych Politechniki Łódzkiej: analiza zakłóceń turbinowych w północnych okręgach Polski oraz opracowanie założeń projektowych do

automatyzacji rozdziału obciążeń między elektrowniami okręgu górnośląskiego (wspólnie z Katedrą Maszyn Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej).

13) Katedra Energetyki Politechniki Śląskiej: założenia do nadbudowy wysokociśnieniowej części w elektrowniach niskociśnieniowych; analiza wskaźników zużycia jednostkowego energii elektrycznej przez ciężki przemysł.

14) Katedra Urządzeń Elektrycznych Politechniki Śląskiej: rekonstrukcja rozdzielni i ich uporządkowanie w kilkunastu elektrowniach południowej Polski, badania nad umiejscowieniem nowych elektrowni ciepłych, badania z dziedziny technicznego bezpieczeństwa pracy w elektrowniach.

15) Katedra Urządzeń Elektrycznych Politechniki Gdańskiej: rekonstrukcja rozdzielni i ich uporządkowanie w elektrowniach północnej Polski; analiza właściwego napięcia dla potrzeb własnych; współpraca z Energoprojektem w dziedzinie normalizacji rozdzielni, zasady ekonomicznej współpracy elektrowni-ciepłowni miejskich.

16) Katedra Maszyn Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej: wyzyskanie zespołów maszynowych elektrowni wodnych jako kompensatorów w godzinach pozaszczytowych; systemy sterowania automatycznego turbozespołów ciepłych i wodnych oraz automatyzacja rozdziałów ich obciążeń (współpraca z Katedrami Turbin Politechniki Łódzkiej).

17) Katedra Elektroenergetyki Politechniki Wrocławskiej: wyznaczanie na analizatorze mocy zwarciowej w elektrowniach i sieciach, rozpyły mocy w sieciach oraz kompensacja prądów ziemnozwarciowych; przystosowanie typowych istniejących wyłączników do wprowadzenia samoczynnego ponownego włączania, badania nad wyłączaniem obciążeń przekaźnikami częstotliwościowymi; opracowanie w Zakładzie Prototypów serii doświadczalnych przekaźników częstotliwościowych, odległościowych i termicznych.

18) Katedra Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej: zachowanie się kompensatorów synchronicznych w polskiej sieci najwyższych napięć; analiza strat sieciowych; analiza odporności burzowej głównych linii w północnych okręgach Polski.

19) Katedra Sieci Elektrycznych Politechniki Gliwickiej: analiza strat sieciowych; analiza odporności burzowej głównych linii południowej Polski; koncepcje zasilania miast i okręgów; badania z dziedziny technicznego bezpieczeństwa pracy w sieciach elektrycznych.

20) Biuro Studiów Energoprojektu dokończy całkowitą normalizację nastawni, rozdzielni i linii wszystkich napięć oraz typowych urządzeń elektrownianych.

Aby wykonanie powyższego rozległego planu badań było możliwe, konieczne jest spełnienie całego szeregu warunków organizacyjnych. W toku swych prac podsekcja uzgodniła następujące postulaty:

1) Konieczne jest powstanie Polskiej Akademii Nauk, która by planowała i koordynowała badania naukowe wszystkich instytutów przemysłowych, uczelnianych i katedr, a ponadto czuwała nad prawidłowym przebiegiem badań i kontrolowała ich wyniki, wreszcie organizowała wzajemną wymianę doświadczeń i pomoc.

2) Konieczne jest zorganizowanie uczelnianych instytutów energetycznych przy politechnikach w Warszawie Łodzi, Gdańsku, Wrocławiu i Gliwicach celem rozszerzenia materialnych podstaw do rozwoju badań energetycznych. Po zorganizowaniu instytutów wyżej naszkicowany plan będzie musiał jeszcze raz być gruntownie przedyskutowany celem wykrystalizowania ścisłych kierunków specjalizacyjnych dla każdego instytutu.

3) Na dwu politechnikach krajowych należy zorganizować wydziały energetyczne, szkolące fachowców z dziedziny technologii spalania, eksploatacji mechanicznych i elektrycznych urządzeń energetycznych oraz układów sieciowych i ich zabezpieczeń. Liczba wyszkolonych fachowców energetycznych powinna wynieść:

Rok szkolny	1950/51	51/52	52/53	53/54	54/55
Liczba inżynierów:	150	180	230	250	250.

4) Do wyszkolenia kadr badaczy konieczne jest, aby każdy z instytutów uczelnianych otrzymał możliwość szko-



lenia 2—4 aspirantów, opracowujących samodzielne tematy badawcze, a równocześnie studiujących gruntownie zagadnienia materializmu dialektycznego.

5) Celem wyrównania najbardziej rażących braków energetycznej literatury krajowej muszą być przetłumaczone i wydane podstawowe dzieła energetyków radzieckich oraz muszą być zorganizowane (najlepiej przy instytutach) zespoły polskich fachowców, które w zbiorowej pracy wyrównają najboleśniejsze braki naszej literatury.

6) Treść nauczania w szkołach energetycznych wszelkich stopni winna być oczyszczona z kosmopolitycznych naleciałości, z oderwanego sposobu wykładania poszczególnych przedmiotów, natomiast powinna nieustannie nawiązywać do konkretnych warunków naszego kraju oraz wskazywać na przykłady przodującej techniki radzieckiej.

7) Wszystkie placówki naukowe winny jako zasadę przyjmując ścisłą współpracę z ruchem racjonalizatorskim. Racjonalizatorzy muszą mieć możliwość zasięgania rady naukowców, dyskusowania z nimi nad interesującymi ich tematami. Instytuty winny wespół z ośrodkami racjonalizatorskimi wydawać biuletyny usprawnieniowe, gdzie opisywano by najcenniejsze pomysły.

8) Naukowcy winni prowadzić akcję popularyzacyjną nauk energetycznych, by w ten sposób zapewnić masowy dopływ młodzieży do wyższych uczelni energetycznych, a ponadto podjąć wysiłki w kierunku systematycznego szkolenia racjonalizatorów i przodowników pracy celem przygotowania ich do studiów średnich i wyższych.

9) Aby usprawnić zaopatrywanie placówek badawczych w potrzebne im aparaty i materiały, konieczne jest zorganizowanie odpowiedniej centrali zaopatrzenia, która by ponadto podjęła się wymiany aparatury i materiałów między poszczególnymi placówkami, a nawet zaopatrywała je w potrzebną literaturę techniczną.

Naszycowany wyżej plan badań naukowych wraz z wyśilkami technicznego personelu służby produkcyjnej energetyki będzie kształtował zręby nowej techniki energetycznej. Rozgorzeje w ten sposób walka o wzrost wydajności, obniżkę kosztów własnych, jak największe wyzyskanie urządzeń, całkowite bezpieczeństwo pracy oraz całkowitą ciągłość ruchu urządzeń energetycznych. Naukowcy będą czołowym oddziałem w tej walce. Nie trzeba dowodzić, w jakim stopniu akcja ta wzbogaci doświadczenie i wiedzę techniczną naszego personelu naukowego, jak urozmaicona i wzbogacona będzie tematyka prac dyplomowych, jak podniesione będą kwalifikacje włączonych w tę akcję absolwentów naszych uczelni. Korzyści będą obustronne. W ogniu tej walki hartować się będą i rosnać kadry naszych naukowców energetycznych.

#### 6. Naukowcy na froncie walki o przebudowę ustroju.

Plan 6-letni ma zbudować fundamenty socjalizmu w Polsce. W służbę tego wielkiego celu wprzęga się również polska nauka energetyczna. Rozpoczyna się w ten sposób historyczny proces zmiany istotnej treści i roli społecznej nauki energetycznej. Ścisła współpraca naukowców z praktyką, ich udział w naradach produkcyjnych i racjonalizatorskich w przemyśle, ich żywe zainteresowanie się problemami całego społeczeństwa, a wreszcie zainteresowanie całego społeczeństwa problemami naukowymi będą dowodem nowej roli i nowego sposobu tworzenia się samej nauki, stanie się ona przejawem aktywności całego społeczeństwa. Zyska na tym sama nauka, gdyż otrzyma moc do tej pory nie spotykana oraz wyraźny cel służenia całemu społeczeństwu. Zyska na tym również naukowiec, który stanie się odpowiedzialnym za swoją pracę przed całym społeczeństwem. A wreszcie zyska na tym społeczeństwo, przyswajając sobie najwyższe zdobycze wiedzy i biorąc żywy udział w tworzeniu nowych form życia, w kształtowaniu się nowego człowieka.

### III

PROF. DR INŻ. J. L. JAKUBOWSKI

## Zadania nauk elektrotechnicznych w planie 6-letnim Podsekcja Elektrotechniki

Tr eść. Podany jest przegląd potrzeb i możliwości naukowych w Polsce w dziedzinach: miernictwa elektrycznego, materiałoznawstwa elektrycznego, maszyn i napędów elektrycznych, techniki napięć wysokich, techniki rentgenowskiej, zagadnień wielkich mocy i wielkich prądów, elektrotermii, oświetlenia elektrycznego, trakcji elektrycznej, elektrotechniki rolniczej, elektrotechniki morskiej i elektroautomatyki.

Задачи электротехнических наук по 6-летнему плану. Дается обзор научных нужд и возможностей в Польше в области электрических измерений, электротехнических материалов, электрических машин и приводов, техники высоких напряжений, рентгеновской техники, вопросов больших мощностей и больших токов, электротермии, электрического освещения, электрической тяги, сельскохозяйственной электротехники, морской электротехники и электроавтоматики.

The tasks of electrotechnical science in the Six-Year Plan. A review of the requirements and opportunities of science in Poland in the following sections: electric measuring; electrical materials; electric machinery and drives; high tension technique; X-ray technique; problems of high power and high tension; electrothermics; electric lighting; electric traction; agricultural electrotechnique; marine electrotechnique and electromatics.

#### 1. Wstęp.

W artykule „Przegląd historyczny i perspektywy rozwojowe nauk elektrotechnicznych w Polsce“\*) zaznaczono, że Główny Instytut Elektrotechniki, opierając się na wzorach radzieckich, zajął się zbilansowaniem potrzeb nauki elektrotechnicznej w planie 6-letnim i możliwości ich zaspokojenia. Niniejszy artykuł ma zdać sprawę z tej pracy.

Po raz pierwszy w Polsce powstał bilans potrzeb i możliwości naukowych elektrotechnicznych. Nie jest to jeszcze plan 6-letni, ale wystarczające tło, na którym będą rodziły się coroczne plany naukowe, a m. inn. powstał plan 1951 r.

W ramach krótkiego artykułu nie sposób przedstawić wielotomowych materiałów, zebranych przez GIEI. Zamiast tego autor starał się zobrazować potrzeby naukowe gospodarki narodowej, opierając się, często dosłownie, na następujących referatach pomocniczych, które opracowali specjaliści, biorący czołowy udział w planowaniu:

Miernictwo elektryczne — prof. B. Jabłoński,

Materiałoznawstwo elektryczne — prof. dr J. Skowroński i mgr J. Kuryłowicz,

Maszyny i napędy — mgr A. Straszewski,

Technika wysokich napięć:

izolacja i ochrona przepięciowa — mgr Z. Hasterman,

kable — mgr K. Kolbiński,

technika rentgenowska — mgr J. Domanus,

Technika wielkich mocy — mgr J. Kryński,

Elektrotermia — mgr T. Schwartz,

Oświetlenie elektryczne — mgr T. Oleszyński,

Trakcja elektryczna — mgr J. Grygołajtyś,

Elektrotechnika rolnicza — mgr J. Julin,

Elektrotechnika morska — mgr S. Kuropatwiński przy współudziale mgra Z. Czołowskiego i mgra W. Żychlińskiego,

Elektroautomatyka — prof. Z. Szparkowski.

Autorzy referatów pomocniczych są jednocześnie współautorami poszczególnych działów niniejszego artykułu.

Jak wykazały prace przy bilansie prac naukowych, wszyscy naukowcy polscy dobrze rozumieją, że tylko tematy pożyteczne w bliższej lub dalszej perspektywie dla dobra narodu są tematami prawdziwie naukowymi. Również pracownicy naukowcy wyższych uczelni potrafili zna-

\*) PE, 1950, z 9/10/11, str. 401.



leżę dla siebie w planie 6-letnim miejsce, pozwalające na jak największą korzyść z ich prac dla społeczeństwa.

Możemy być dumni z dokonanej pracy. Z drugiej strony nie możemy zapominać, że stawiamy dopiero pierwsze kroki na polu planowania nauki i że musimy jeszcze przebyć przestrzeń dzielącą plan od wykonania. Drogowskazem dla nas będzie i tutaj Związek Radziecki, w którym wyniki pracy naukowej są od razu wcielane w życie. Oto np. w r. 1950 400 wynalazków pracowników nauki znalazło zastosowanie w przemyśle.

Poniższy przegląd tematyki naukowej ma niewątpliwie pewne luki; byłoby bardzo pożądane, aby czytelnicy Przeglądu wskazali je Kongresowi Nauki.

## 2. Miernictwo elektryczne.

Zagadnienia stojące przed naukowcami to współdziałanie przy opracowaniu dokumentacji i prototypów następujących przyrządów pomiarowych:

a) przyrządy i układy pomiarowe, kontrolujące i regulacyjne, stosowane w procesach technologicznych w nowoczesnych zakładach wytwórczych;

b) urządzenia pomiarowe i sterujące w automatyzacji ruchu zespołów produkcyjnych lub energetycznych;

c) elektryczne przyrządy pomiarowe klasyczne i specjalne do pomiaru wielkości nieelektrycznych na drodze elektrycznej.

Dział ostatni jest niemal nieopracowany, a zapotrzebowanie przemysłu i energetyki w tej dziedzinie przyrządów, która obejmuje wielką różnorodność typów, jest znaczne.

Specjalną uwagę należy zwrócić na mierniki o klasie dokładności 0,2 oraz na produkcję przyrządów i sprzętu pomiarowego dla laboratoriów energetycznych.

Między innymi zaplanowano opracowanie przez GIEI, inne instytuty i politechniki następujących metod pomiarowych:

a) dokładny pomiar długości i średnic (szczególnie w trakcie obróbki),

b) pomiary wilgotności (w szczególności tkanin i papieru w trakcie produkcji),

c) pomiary hałasu (w szczególności prawidłowości montażu części obrotowych, np. skrzynki biegów),

d) pomiary kolorymetryczne.

Podział tematyki proponowanego planu 6-letniego jest następujący:

Zakład Miernictwa GIEIu	50%,
przemysł	10%,
inne instytuty	30%,
politechniki	5%,
Główny Urząd Miar i Polski Komitet Normalizacyjny	5%.

Niezależnie od powyższego planu należałoby utworzyć doświadczalną wytwórnę przyrządów elektrycznych pomiarowych. Wytwórnia taka zastąpiłaby import zagraniczny, zwłaszcza w dziedzinie przyrządów mierzących wielkości nieelektryczne (mierników pH, CO<sub>2</sub>, CO + H<sub>2</sub>O, wilgociomierzy, kolorymetrów, defektoskopów, stroboskopów, tensometrów, stabilizatorów itd.). Są to wszystko przyrządy, których produkcja nie opłaca się przemysłowi ze względu na małoseryjność. Wytwórnia taka mogłaby również pokryć zapotrzebowanie sprzętu laboratoryjnego, jak oporniki wzorcowe, dekadowe, mostki, potencjometry, tablice do sprawdzania liczników oraz inne.

## 3. Materiałoznawstwo elektryczne.

Tematykę w ogólnopolskim planie prac naukowo-badawczych w dziedzinie materiałów elektrycznych cechuje przede wszystkim, pomijając wagę poszczególnych zagadnień, znaczna ich ilość, co jest związane z wielką różnorodnością materiałów, mających zastosowanie w przemyśle elektrotechnicznym. Stąd też wynika konieczność podziału tematów na działy, najwygodniej według grup materiałów, których dotyczą. Nie mniej jednak istnieje też szereg zagadnień o charakterze ogólnym oraz takich, które dotyczą zespołu materiałów w pewnym wyrobie.

Jeśli chodzi o rodzaje tematów, dotyczących każdego materiału, to jest ich stosunkowo niewiele i dają się one sprowadzić do następujących:

1) opracowanie najkorzystniejszej technologii produkcji materiału — produkowanego w kraju, bądź też nowego,

2) opracowanie technologii użytkowania danego materiału,

3) opracowanie metod pomiarowych i aparatury do badania własności materiału lub kontroli jego produkcji,

4) opracowanie wszelkiego rodzaju norm, instrukcji itp., związanych z powyższymi tematami.

Zagadnienia materiałoznawstwa, interesujące przemysł elektrotechniczny i energetykę, wykraczają daleko poza ramy specjalizacji zakładów naukowo-badawczych elektrotechnicznych. Dlatego do współpracy są wciągnięte również instytuty i katedry specjalne z innych dziedzin, jak metalurgii, mechaniki, włókiennictwa, papiernictwa, szkła, ceramiki, chemii ogólnej i technologii chemicznej itp.

Plan prac naukowo-badawczych w dziedzinie materiałoznawstwa na okres 6-letnia obejmuje tematykę bądź zgłoszoną przez przemysł elektrotechniczny, bądź programową poszczególnych instytucji, jednakże dostosowaną do potrzeb przemysłu. Ciężar gatunkowy poszczególnych zagadnień waha się w dość szerokich granicach i jest uwarunkowany możliwościami danej instytucji ze względu na wyposażenie w aparaturę badawczą i wyspecjalizowany personel.

Podstawowe zagadnienia planu opracowuje Zakład Materiałoznawstwa Elektrycznego GIEIu, który współpracuje poza tym nad znaczną częścią tematyki innych zakładów. Stosunkowo nikły udział w planie biorą politechniki i należy stanowczo przedsięwziąć odpowiednie kroki, aby ten stan poprawić.

Rozpatrzmy tematykę planu według działów.

Zagadnienia zgromadzone w dziale ogólnym dotyczą co najmniej kilku grup materiałów, jak np. materiałów izolacyjnych lub metali; przeważnie chodzi tu o nowe metody badawcze przy zastosowaniu promieni Rentgena, ultradźwięków, mikroskopu elektronowego itp. Inne prace tego działu dotyczą technologii produkcji i badań własności proszków różnych metali, materiałów izolujących na wysokiej temperatury, metody suszenia dielektrycznego wyrobów ceramicznych itd.

Tematyka działu materiałów przewodzących obejmuje szereg zagadnień, dotyczących miedzi i jej materiałów zastępczych, jak aluminium i materiały dwumetalowe w formie blach i tasem aluminium lub drutów żelaznych miedziowanych. Rozpoczęte są prace nad ulepszeniem krajowej produkcji „termobimetalu”. Prowadzone są również prace badawcze nad materiałami stykowymi, w szczególności z materiałów proszkowych. Równoległe do powyższych badań planowane są prace normalizacyjne. Specjalny nacisk położono na walkę o zmniejszenie zużycia w elektrotechnice deficytowych metali kolorowych (uchwały VI Plenum).

W dziedzinie materiałów magnetycznych opracowuje się projekty norm i aparatury pomiarowo-kontrolnej dla materiałów magnetycznych miękkich i twardych; zagadnienie szybkiej segregacji blach transformatorowych ma duże znaczenie dla zakładów wytwarzających transformatory, a dokładna znajomość charakterystyk materiałów na magnesy, produkowanych w kraju, umożliwi racjonalne uzyskanie tych materiałów przez odpowiednią konstrukcję magnesów. Jednym z najważniejszych zadań planu prac badawczych jest zmniejszenie stratności blach transformatorowych, co w konsekwencji dałoby olbrzymie oszczędności energii elektrycznej, miedzi i żelaza. Poza powyższymi przewiduje się jeszcze prace nad wprowadzeniem do produkcji krajowej nowych materiałów magnetycznych, odpowiadających sprowadzanym dotychczas z zagranicy.

Również w dziale metali konstrukcyjnych przewiduje się wiele prac w znacznej mierze o charakterze normalizacyjnym.

Planowane jest też przekonstruowanie całego dotychczasowego sprzętu instalacyjnego pod kątem widzenia oszczędności materiałów deficytowych oraz dostosowanie sprzętu do obecnych wymagań technicznych. Opracowanie nowych konstrukcji da duże oszczędności materiału i pozwoli zwiększyć produkcję sprzętu, którego zapotrzebowanie stale wzrasta.

Dział materiałów oporowych obejmuje prace nad technologią produkcji, badaniem własności oraz normalizacją drutów i tasem oporowych dla potrzeb miernictwa elektrycznego. W dalszym ciągu zamierzone są próby zastąpienia importowanego manganinu materiałem krajowym



do produkcji oporników ścisłych i wzorcowych. Również w dziedzinie materiałów oporowych do celów grzejnictwa elektrycznego prowadzone są prace nad wprowadzeniem do produkcji nowych stopów oraz wykonywane są prace badawcze nad obecnie produkowanymi w celu ich ulepszenia.

Zamierzenia w dziale półprzewodników dotyczą opracowania nowych materiałów o własnościach elektrycznych, zależnych w silnym stopniu od temperatury i innych parametrów, oraz zastosowania tych materiałów do nowych rozwiązań konstrukcyjnych w różnego rodzaju urządzeniach elektrycznych, np. odgromnikach, przepustach kondensatorowych na wysokie napięcie itp.

W dziale węgla najważniejsze zagadnienie stanowi sprawa polepszenia produkcji szczotek do maszyn elektrycznych.

Jednym z ważniejszych tematów działu ceramiki jest opracowanie produkcji porcelany z surowców krajowych celem wyeliminowania z niej surowców pochodzenia zagranicznego. Podobne badania są wykonywane nad produkcją wyrobów steatytowych. W dziedzinie izolatorów prowadzi się prace nad usunięciem wad produkcyjnych, a tym samym uszkodzeń na linii, spowodowanych w znacznej mierze złymi spoiwami oraz błędami technologicznymi i konstrukcyjnymi. Opracowuje się nowe projekty norm na izolatory porcelanowe i szklane niskiego i wysokiego napięcia. Szczególną uwagę poświęca się badaniom mas szklanych do wyrobu izolatorów; szkło bowiem do tej pory miało zbyt małe zastosowanie w produkcji izolatorów w stosunku do swych zalet.

Tematyka działu papierów obejmuje opracowanie wytycznych dla najlepszej produkcji celulozy, papieru i preszpanu, wymaganej przez przemysł elektrotechniczny. Opracowania wymaga między innymi produkcja bibułki kondensatorowej, preszpanu miękkiego, preszpanu cienkiego w zwojach, papierów nawojowych o małej grubości i dużej wytrzymałości mechanicznej oraz papierów do kabli elektroenergetycznych powyżej 35 kV. Prace tego działu dotyczą również znormalizowanych metod badania papierów izolacyjnych, opracowania warunków starzenia, wpływu światła, temperatury, syciwa, badania stratności, oporności, prób napięciowych itp. Opracowuje się również kondensatory do poprawy  $\cos \varphi$ , co ma pierwszorzędne znaczenie dla gospodarki narodowej.

W dziale tłoczyw jednym z czołowych zagadnień jest wprowadzenie jednolitej, znormalizowanej, prostej, a jednak dokładnej metodyki i aparatury pomiarowej do badania własności materiałów izolacyjnych prasowanych. Rozrost przemysłu elektrotechnicznego powoduje konieczność posiadania materiałów izolacyjnych dobrej jakości. Obecna produkcja tych materiałów oparta jest na tradycyjnych danych przedwojennych, nie odpowiadających stawianym obecnie warunkom technicznym. Tradycyjność produkcji opiera się na stosowaniu dawnych sposobów technologicznych oraz bardzo wąskiego zakresu produkcji. Plan przewiduje przeto opracowanie wskazówek do ulepszenia obecnej produkcji oraz wprowadzenie nowych tłoczyw do specjalnych celów.

Odrobne zagadnienie stanowią mika i wyroby mikowe do celów elektrotechnicznych.

Głównymi tematami prac działu gumy są metody produkcji gumy oraz mas plastycznych, opartej na surowcach krajowych. W celu uniezależnienia się od importu innych materiałów jak cyna, ołów, konieczne się stało opracowanie sposobu produkcji gumy beziarkowej, która usunie potrzebę cynowania przewodów. W przedstawieniu przemysłu gumowego na nowe tory główna orientacja skierowana jest na syntetyczne masy plastyczne z uwagi na obiecujące ich własności. Głównie bierze się pod uwagę kauczuki syntetyczne i produkty polimeryzacji pochodnych etylenu. Opracowuje się również proces technologiczny przeróbki tiokolu w zastosowaniu do przewodów i kabli, sposób produkcji gumy do kabli bagrowych i kabli górniczych oraz mieszanki gumowej o małej nasiąkliwości wodą celem polepszenia jakości drutów nawojowych dla silników głębinowych.

W dziale syciw przewiduje się opracowanie produkcji syntetycznych olejów izolacyjnych, kondensatorowych i transformatorowych, odznaczających się dużą stałą dielektryczną i niepalnością, co decyduje o ich znaczeniu dla niektórych gałęzi przemysłu, np. górnictwa.

Racjonalna gospodarka olejami izolacyjnymi wymaga przedłużenia czasu ich użytkowania. Cel ten można osią-

gnąć przez zastosowanie olejów stabilizowanych oraz regenerację obiegową olejów w urządzeniach elektrycznych. Ważnym zagadnieniem jest zabezpieczenie urządzeń pracujących w olejach przed wypadkami, spowodowanymi starzeniem się olejów. Równie ważne są prace nad uruchomieniem produkcji olejów mineralnych i syntetycznych do nasycania kabli.

Najważniejsze w dziale lakierów są problemy normalizacji pewnych określonych gatunków lakierów, które zaspakajająby normalne potrzeby przemysłu, oraz wytworzenie materiałów specjalnie odpornych na działanie temperatury z uwzględnieniem surowców możliwie tanich i krajowego pochodzenia. Również ważnym zagadnieniem w tej dziedzinie jest ustalenie odpowiedniej technologii użytkownictwa, celem ułatwienia produkcji poszczególnym zakładom oraz celem polepszenia ogólnych własności izolacji. Nasycanie oraz suszenie uzwojeń, które są tak ważne w silnikach wysokonapięciowych i specjalnych, nie mają dotychczas jeszcze wypróbowanych i ustalonych metod, które trzeba ciągle dostosowywać do danych materiałowych. Są to zatem zadania konieczne do rozwiązania.

W dziedzinie włókien, tworzących osnowę materiału izolacyjnego, wybija się na pierwszy plan sztucznie ulepszona (acetylizowana) bawełna tzw. kotopa, posiadająca daleko mniejszą higroskopijność od zwykłych włókien naturalnych, oraz włókno szklane, które stosowane jest do izolacji silników specjalnie narażonych na działanie wysokich temperatur. Oba te materiały muszą być najpierw opracowane skrupulatnie metodami laboratoryjnymi, aby poprzez opracowanie półtechniczne wejść do normalnej produkcji i zasilić z kolei przemysł elektrotechniczny. Zagadnienie to należy do najpilniejszych.

Jak już na wstępie zaznaczono, zasadnicze zagadnienia powyższego planu, obejmującego ponad osiemset pozycji, opracowuje Zakład Materiałoznawstwa Elektrycznego GIElu przy współpracy innych instytutów badawczych, biur konstrukcyjnych lub laboratoriów przemysłowych (ogółem 28 instytucji). GIEl prowadzi badania w zakresie laboratoryjnym, stwarzając w ten sposób wytyczne do badań w skali półtechnicznej i technicznej.

#### 4. Maszyny elektryczne i napędy.

Każdy plan pracy, a plan prac naukowo-badawczych w szczególności musi uwzględniać dotychczasowe osiągnięcia w danej dziedzinie oraz konieczność gospodarstwa poprawienia istniejącego stanu rzeczy. Przemysł elektromaszynowy w Polsce przedwrześniowej, opany przez kapitał zagraniczny, opierał swoją produkcję głównie na licencjach zagranicznych. W związku z tym odziedziczona przez nas dokumentacja techniczna jest niekompletna, przestarzała, bo sięgająca nawet 1925 r., oparta w znacznym stopniu na surowcach importowanych z krajów kapitalistycznych, uwzględniająca przede wszystkim interesy wielkich kapitalistów. Dokumentacja ta wprowadziła na rynek krajowy dużą liczbę typów, utrudniającą wymienność poszczególnych maszyn czy zespołów maszynowych.

Nie wszystkie kategorie maszyn elektrycznych, szczególnie na duże moce, były produkowane przez przemysł krajowy. W szczególności nie wytwarzano turbogeneratorów, które importowano z zagranicy. Sprawa urządzeń napędowych przedstawiała się jeszcze gorzej. Spowodowane to było brakami przemysłu elektromaszynowego oraz często brakiem ludzi. Odpowiednio wyszkolony personel techniczny mógłby projektować urządzenia napędowe produkcji krajowej, a tymczasem urządzenia te sprowadzane były z zagranicy. Przyczyną tego stanu rzeczy było również niedocenianie spraw napędowych w technicznym szkolnictwie wyższym, jak świadczy brak katedr napędowych w wyższych uczelniach w Polsce.

Wyżej wymienione czynniki oraz wstąpienie na drogę socjalistycznej gospodarki planowej wpłynęły na konieczność zbilansowania potrzeb naszej gospodarki w dziedzinie maszyn i napędów elektrycznych oraz skoordynowania prac wykonawczych i ustalenia ważności ich z punktu widzenia gospodarczego, przy uwzględnieniu możliwości wykonawczych. Zadanie ustalenia kolejności potrzeb nie było łatwe i może być czasami mylne. Bogactwo tematyki jest duże. Przecież jasne jest, że musi nastąpić rewizja dotychczas produkowanych maszyn pod względem zarówno wykorzystania materiałów czynnych, jak i konstrukcji. Konstrukcja winna uwzględniać nowoczesne metody produkcyjne. Musi być zrewidowane stopniowanie mocy serii, co winno doprowadzić do ich wydłużenia, a tym



samym do zwiększenia wydajności zakładów wytwórczych. Musimy stworzyć nowoczesną serię silników małych mocy w wykonaniu otwartym, zamkniętym itp. do produkcji wielkoseryjnej. Musimy stworzyć serię silników dźwigowych, odpowiadających nowoczesnym wymaganiom, stawianym tym maszynom. Musimy stworzyć prototypy maszyn elektrycznych przeciwwybuchowych. Dziedzina silników dwubiegunowych synchronicznych i asynchronicznych na średnie i duże moce (powyżej 500 kW) w wykonaniu okapturzonym i zamkniętym winna również znaleźć swoje właściwe rozwiązanie w planie 6-letnim. Poważne i doniosłe zagadnienie stanowią silniki na dużą liczbę włączeń. Silniki te pracują w trudnych warunkach, najczęściej w stanach nieustalonych. Przy tym rodzaju pracy przyrosty temperatur uzwojenia silników są bardzo duże, a to z kolei zmusza konstruktora do stosowania izolacji klasy B lub wyżej. Zagadnienie to łączy się więc z zagadnieniem izolacji o dużej wytrzymałości termicznej, jaką jest izolacja szklana. Naturalnie, zagadnienie izolacji szklanej powiązane jest nie tylko z zagadnieniem silników na dużą liczbę włączeń. Zastosowanie izolacji szklanej będzie przypuszczalnie po rozwiązaniu tego problemu b. szerokie.

Nie sposób pominąć przy omawianiu ważniejszych zagadnień maszynowych sprawy uruchomienia produkcji turbogeneratorów konstrukcji własnej i licencyjnych, sprawę produkcji wzmacniaczy maszynowych, „selsynów“ itp. Specjalną uwagę należy poświęcić stworzeniu nowoczesnych prototypów maszyn z przełączalną liczbą biegunów, mających bardzo duże znaczenie przy produkcji wszelkiego rodzaju obrabiarek.

Rozwiązane muszą być zagadnienia, obejmujące unowocześnienie istniejących serii oraz stworzenie dotychczas nieprodukowanych maszyn prądu stałego dla potrzeb górnictwa, hutnictwa i przemysłu okrętowego.

Z problemów, dotyczących wszystkich maszyn i transformatorów bardzo ważne jest zagadnienie oszczędności metali kolorowych.

Nie mniej bogaty jest materiał dotyczący napędu elektrycznego. Z ważniejszych pozycji należy wymienić zagadnienia napędu maszyny wyciągowej w wykonaniu krajowym i zagadnienie napędu urządzeń wymagających powyżej 3000 obr./min. Szereg napędów górniczych, jak przenośniki, wrębówki, kołowroty, pompy wirowe, winien ulec typizacji. Podobnie sprawa przedstawia się w hutnictwie, gdzie jednym z najważniejszych zagadnień jest opracowanie napędu zgniatacza.

W wyniku coraz szerszego zastosowania urządzeń dźwigowych i transportowych — fabrycznych i portowych — sprawa rozwiązania szeregu układów napędowych tej dziedziny staje się również palącą.

Mechanizacja budownictwa wymaga elektryfikacji napędu szeregu istniejących maszyn budowlanych oraz rewizji pod względem gospodarczym już zelektryfikowanych.

Bogatą dziedzinę stanowią napędy obrabiarek. Właściwie rozwiązany napęd elektryczny nowoczesnej obrabiarki w znacznym stopniu wpływa na uproszczenie jej konstrukcji, zmniejszenie wagi i tym samym kosztu.

Przemysł cukrowniczy wymaga, z uwagi na konieczność szybkiej wymiany zużytych urządzeń napędowych, typizacji tych ostatnich. Na pierwsze miejsce w tej dziedzinie wysuwa się zagadnienie napędu wirówek cukrowniczych, stwarzających dla silnika elektrycznego wyjątkowo trudne warunki rozruchowe.

Niektóre zagadnienia napędowe, jak zagadnienie różnego rodzaju wzmacniaczy maszynowych, „selsynów“, sprzęgieł elektromagnetycznych, będą dotyczyć prawie wszystkich działów napędu elektrycznego. Liczba zagadnień napędowych jest bardzo duża, tak że nie sposób wymienić ich w kilku zdaniach. Takie przemysły, jak włókienniczy, papierniczy, chemiczny, naftowy i inn., wymagają opracowania szeregu zagadnień.

Jest nie do pomyślenia, aby te wszystkie zagadnienia mogły znaleźć swoje rozwiązanie bez zbudowania odpowiednio wyposażonych laboratoriów w GIEL-u, wyższych uczelniach i zakładach wytwórczych. Rozwiązanie to wymaga skoordynowania prac zarówno poszczególnych placó-

wek naukowo-badawczych, biur konstrukcyjnych i zakładów wytwórczych, jak i bezpośrednio zainteresowanych odbiorców. Większość zagadnień będzie wymagała ścisłej współpracy co najmniej dwóch placówek. Przy takiej współpracy należałoby dążyć, aby występowała możliwie daleko idąca specjalizacja poszczególnych placówek. Zagadnienia teoretyczne, analityczne i laboratoryjne winny być raczej opracowywane przez katedry wyższych uczelni, instytuty i GIEL; zagadnienia konstrukcyjne przez Centralne Biuro Konstrukcyjne Maszyn Elektrycznych i jego oddziały fabryczne. Naturalnie, podział taki nie może być sztywny, gdyż utrudniłoby to wykonanie planu. Plan ma być spełniony głównie przez GIEL i Centralne Biuro Konstr. Maszyn Elektr. Szereg tematów biorą na siebie politechniki, inne instytuty i biura konstrukcyjne.

## 5. Wysokie napięcia.

Dokładne ustalenie tematyki prac badawczych w zakresie techniki wysokich napięć natrafia na znacznie większe trudności niż w innych działach elektrotechniki. Zagadnienia związane z techniką wysokich napięć występują bowiem we wszystkich prawie dziedzinach przemysłu elektrotechnicznego i elektroenergetyki i nie dają się ściśle wyodrębnić. Niepodobna np. rozpatrywać zjawiska ulotu, przepięć atmosferycznych lub łuku ziemnozwarciowego w liniach elektroenergetycznych bez dokładnej analizy konstrukcji i eksploatacji całej linii: każdy szczegół ma tu znaczenie — od przewodu roboczego aż do własności gruntu, na którym linia jest zbudowana. Nie można zajmować się poważnie koordynacją izolacji bez wniknięcia bardzo głęboko w technikę budowy i eksploatacji rozdzielni. Nie można zajmować się izolatorami, nie posiadając gruntownych wiadomości z chemii i technologii chemicznej.

Przyrządem podstawowym w technice wysokich napięć jest oscylograf i to w chwili obecnej prawie wyłącznie oscylograf z żarzoną katodą. Postęp w tej dziedzinie jest szybki i układy elektronowe stają się tak subtelne i zawiłe, iż niepodobna nimi swobodnie operować bez gruntownych wiadomości z dziedziny radiotechniki stosowanej.

W technice wysokich napięć operuje się najczęściej stanami nieustalonymi. Każdy problem prowadzi do równań różniczkowych, a często różniczkowo-całkowych. Poważne studia teoretyczne bez biegłego opanowania rachunku operatorowego — przynajmniej w dziale przepięć — wydają się prawie niemożliwe.

Jeżeli dodamy ponadto, iż opanowanie techniki produkcji odgromników zaworowych wymaga dość obszernych wiadomości z krystalografii, opanowanie techniki uzemień — z geologii, a techniki zabezpieczeń odgromowych — z meteorologii, że każdy wysokonapięciowiec musi być niezłym materiałoznawcą, przynajmniej w dziedzinie materiałów izolacyjnych, że powinien posiadać gruntowne wiadomości z fizyki współczesnej, że nie powinien przy tym jednakże tracić twardego gruntu pod nogami, a orientować się doskonale w najpospolitszych nawet zagadnieniach produkcyjnych, łatwo spostrzec, iż wymaganiom tym może sprostać tylko zespół bardzo uzdolnionych, wytrwałych w pracy i doświadczonych specjalistów.

Urządzenia laboratoryjne w dziedzinie techniki wysokich napięć pod względem kosztu i rozmiarów przewyższają urządzenia we wszystkich innych działach elektrotechniki. Należy więc zachować umiar i cierpliwość w ocenie dzisiejszego stanu badań w dziedzinie techniki wysokich napięć i licząc się z brakiem kadr zachować staranny dobór w ustalaniu tematyki. Kładąc podwaliny pod przyszły świetny rozwój tej dziedziny techniki, rozbudowując laboratoria i szkoląc kadry specjalistów, należy położyć nacisk na zagadnienia podstawowe, być może mało atrakcyjne, być może wręcz pospolite, lecz stanowiące „wąskie gardła“ energetyki i przemysłu, hamujące i dezorganizujące ich pracę.

Największe znaczenie dla gospodarki narodowej mają zagadnienia izolatorowe, kablowe, odgromowe i transformatorowe. W dziedzinie izolatorów stan produkcji krajowej jest niezadawalający. Brak dobrego typu izolatora przepustowego na wyższe napięcia. Należy zaznaczyć, iż produkcja izolatorów przepustowych kondensatorowych na bardzo wysokie napięcia należy do najtrudniejszych procesów technologicznych i że tylko kilka wytwórni w Europie specjalizuje się w tej dziedzinie. Kompleks prac badawczych, zmierzających do opanowania tej trudnej dziedziny, posiada pierwszorzędne



znaczenie i przyniesie natychmiastowe efekty gospodarcze. Niezadawalający jest także stan produkcji izolatorów w liniowych. Brak normalizacji, niedostateczna jednolitość produkcji i dowolność w stosowaniu okuć charakteryzuje tę gałąź przemysłu. Prace normalizacyjne dotychczasowe nie są przekonujące, gdyż nie są oparte na rzeczywistym sprawdzaniu izolatorów. Konieczne jest, byśmy w okresie planu 6-letniego ukończyli normalizację najważniejszych typów izolatorów, okuć i części ochronnych, opierając się na solidnych podstawach naukowo-badawczych oraz ściśle zdefiniowanych procesach produkcyjnych i próbach sprawdzających, co z kolei wymaga dobrego wyposażenia laboratoriów fabrycznych.

W dziedzinie kabli wysokonapięciowych na pierwszym planie znajduje się opracowanie kabli na napięcia 35 i 60 kV, dających przy wystarczającej pewności ruchu i zwiększonej obciążalności oszczędność surowców (miedzi, ołowiu, żelaza). W następnym etapie muszą być opracowane kable na 110 kV.

Transformatory budowane były w Polsce od wielu lat, lecz produkcja ta posiada liczne braki; zwłaszcza ich wytrzymałość udarowa jest jeszcze niewystarczająca. Świadczą o tym zarówno wyniki eksploatacji, jak i próby laboratoryjne. W krajach technicznie przodujących postęp w dziedzinie budowy odpornych na burze transformatorów jest bardzo znaczny; gdzieśgdzie dojrzało już nawet wprowadzenie dość ostrej próby udarowej jako „próby wyboru”. Bogactwo nowych pomysłów i żywa dyskusja w ostatnich latach na temat wytrzymałości udarowej transformatorów świadczą o tym, iż w tej dziedzinie nauka i technika nie wypowiedziały jeszcze ostatniego słowa. Jest rzeczą konieczną, żeby przemysł nasz wykorzystał dotychczasowe zdobycze i żeby przystąpił do stosowania próby udarowej, przynajmniej jako próby typu. Wymaga to obszernego opracowania całokształtu tematów związanych z zastosowaniem nowoczesnych uzwojeń.

Produkcja odgromników zaworowych zależy całkowicie od wyniku prac naukowo-badawczych w tej dziedzinie. Rosnące wymagania, dotyczące obciążalności udarowej odgromników, prowadzą do bardzo dokładnego opanowania technologii płytek zmiennooporowych oraz rozbudowy skomplikowanych urządzeń probierczych. Równolegle muszą być prowadzone intensywne prace, zmierzające do uzyskania korzystnej charakterystyki udarowej i własności gaszących iskiernika. Również i te prace wymagają skomplikowanych i kosztownych układów probierczych, absorbują pracę wytrawnego zespołu badawczego. Jest to nieuniknione, gdyż konstrukcja odgromnika zaworowego o zadawalających własnościach nie może powstać w biurze konstrukcyjnym, lecz tylko w dobrze urządzonym laboratorium. Większość powyższych uwag dotyczy także ochronników w y d m u c h o w y c h, których polskie prototypy są sprawą niedalekiej przyszłości.

Następną grupę tematów stanowią zagadnienia przepięciowe. W dziedzinie elektryczności atmosferycznej będą zapoczątkowane studia i doświadczenia nad „wybiorczością pioruna” w skromnej na razie skali. Doświadczenia w tej dziedzinie będą wyzyskane przy pracach normalizacyjnych w dziedzinie ochrony odgromowej.

Skupienie uwagi na pilniejszych potrzebach opóźnia prace z dziedziny mechanizmu pioruna, przepięć łączeniowych i ziemnozwarciowych. Będą one dopiero zapoczątkowane w planie 6-letnim. Na szeroką skalę musi być natomiast przeprowadzona całość badań pomiarowych, zmierzająca do rzeczywistej koordynacji izolacji rozdzielni krajowych, a zwłaszcza sprzętu produkowanego w kraju.

Normalizacja typu iskiernika ochronnego i iskiernika poziomowego jest rzeczą niecierpiącą zwłoki. Konieczne jest ponadto ustalenie jasnych i uzasadnionych gospodarczo wytycznych stosowania poszczególnych rodzajów ochrony odgromowej.

Kompensacja ziemnozwarciowa stwarza nową bardzo aktualną i ważną grupę zagadnień. Konieczny jest przede wszystkim wybór właściwego systemu kompensacji dla różnych napięć znamionowych i różnych konfiguracji sieci (miejskie, wiejskie, przemysłowe, napowietrzne, kablowe, mieszane). Konieczne jest ponadto opracowanie krajowego prototypu urządzeń gaszących łuk ziemnozwarciowy (cewek i transformatorów ssących) i pomoc w uruchomieniu produkcji tych urządzeń.

Problem uziemień jest zazwyczaj niedoceniany. Problem ten wymaga znacznego nakładu prac badawczych; konieczne jest tę podstawową część każdej instalacji wysokonapięciowej obliczać i projektować na podstawie własnych doświadczeń, a zwłaszcza na podstawie rzeczywistych własności gleby krajowej.

Wreszcie konieczny jest rozwój dziedziny miernictwa wysokonapięciowego. Poza stworzeniem silnego ośrodka, dysponującego jakościowo i ilościowo wystarczającym wyposażeniem i zespołem specjalistów, niezbędna jest rozbudowa istniejących przy politechnikach laboratoriów, a także laboratoriów przemysłowych. Mostek Scheringa, oscylograf i generator udarowy muszą wyjść z instytutów naukowych i znaleźć szerokie zastosowanie w fabrykach. Do niedawna jedynym prawie układem wysokonapięciowym znanym w praktyce był transformator probierczy z iskiernikiem kulowym. Należy rozpowszechnić dokładniejsze metody pomiaru wysokiego napięcia, układy do określania punktu jonizacji oraz do badania wpływów i prądu adsorpcji. Powyższe metody należy opracować zwłaszcza na użytek energetyki dla wyzyskania ich do profilaktyki izolacyjnej.

Profilaktyka — dziedzina w Polsce niemal nieznaną — stanowi w Związku Radzieckim znaczną gałąź techniki wysokich napięć. Okresowe badanie — zwłaszcza generatorów, wielkich silników wysokonapięciowych, transformatorów, kabli, łańcuchów izolatorowych, izolatorów przepustowych, odgromników itd. — doprowadza do radykalnego (w stosunku 3 : 1) zmniejszenia się liczby uszkodzeń tych tak ważnych urządzeń elektroenergetycznych. Konieczne jest w pierwszych latach planu zbudowanie co najmniej jednego przewoźnego typowego laboratorium profilaktycznego o charakterze instrukcyjno-propagandowym, a w dalszych latach pokrycie całego kraju siecią takich laboratoriów.

Obok Głównego Instytutu Elektrotechniki ważną rolę w tym planie odegrają politechniki. Zarysowuje się następujący podział specjalizacji poszczególnych politechnik:

Politechnika Wroclawska — zagadnienia dotyczące wytrzymałości dielektryków, zagadnienia izolatorowe, zagadnienia kompensacji ziemnozwarciowej;

Politechnika Gdańska — zagadnienia badań nad piorunem, zagadnienia ochrony odgromowej i koordynacji izolacji, zagadnienia dotyczące przekładników;

Politechnika Gliwicka — zagadnienia izolatorowe, zagadnienia uziemień;

Politechnika Łódzka — zagadnienia transformatorowe;

Politechnika Warszawska — zagadnienia przepięciowe, miernictwo wysokonapięciowe.

## 6. Technika rentgenowska.

Opracowanie naukowe zagadnień radiologii wiąże się zarówno z produkcją samych aparatów rentgenowskich i ich części, jak i ich eksploatacją. Do części tych należą: lampy rentgenowskie i prostownicze, kable wysokiego napięcia i ich osprzęt, ekrany fluoryzujące i wzmacniające, guma i szkło ołowiane, kratki przeciwrozproszeniowe. Poza tym plan prac w dziedzinie radiologii uwzględnia również miernictwo rentgenowskie i związaną z nim aparaturę pomiarową (dawkomierze, liczniki Geigera-Muellerera).

Najwięcej prac naukowych wymagają aparaty przemysłowe, dotychczas u nas nie produkowane. Opracowanie produkcji lamp rentgenowskich i prostowniczych jest sprawą palącą i wymaga specjalnych studiów; na razie brak odpowiedniej placówki naukowej. Na opracowanie czeka także zagadnienie kabli rentgenowskich i ich osprzętu. Dużo problemów do rozwiązania przedstawiają materiały i sprzęt ciemniowy, przyrządy pomiarowe i urządzenia ochronne, a w dziedzinie eksploatacji mikrorentgenografia przemysłowa oraz badania metali lekkich i ciężkich.

Tematyka działu rentgenowskiego podzielona jest między GIEI i przemysł. Należy zanotować bardzo małe włączenie się wyższych uczelni do planu, choć istnieje specjalny ośrodek elektrotechniki medycznej na Politechnice Warszawskiej.

## 7. Wielkie moce i wielkie prądy.

Do niedawna jeszcze zakres wielkich mocy i prądów ograniczał się do badania zjawisk, wywołanych zakłóceniami układu izolacyjnego w liniowych obwodach prądo-



wych, tzn. zwarć. W konsekwencji narastających — w miarę rozwoju elektroenergetyki — mocy zwarcia wystąpiła konieczność badania konstrukcji urządzeń elektrycznych, zwłaszcza wyłączników. W związku z tym powstało nowe narzędzie pracy dla konstruktora wyłączników — laboratorium wielkiej mocy.

Brak tego laboratorium zwarciowego jest podstawową przeszkodą dla badań naukowych w Polsce. Wobec wielkości potrzebnych nakładów inwestycyjnych (rzędu 3 milionów zł) oraz długiego terminu dostawy przewidziane jest powstanie tego laboratorium dopiero w następnym sześcioleciu. Na razie będziemy korzystali z laboratorium Związku Radzieckiego. Tylko badania wyłączników niskiego napięcia będą prowadzone jako sieciowe. Rozważana jest ponadto możliwość zmontowania zwarciowni obrotowej niskiego napięcia (GIEI lub Politechnika Warszawska) jeszcze w planie sześcioletnim.

W miarę dalszego wzrostu mocy źródeł, zasilających układy elektroenergetyczne, nabierają znaczenia nie tylko zwarcia i zjawiska im towarzyszące oraz konieczność ich opanowania. Zjawia się ponadto przy projektowaniu nowe zadanie, związane z przesyłem dużych mocy. Jest to konieczność prowadzenia złożonych obliczeń całych układów elektroenergetycznych dla normalnej pracy. Właściwym narzędziem służącym do tego celu staje się laboratorium analizatorowe. Dwa takie laboratoria (GIEI i Politechnika Wroclawska) niewątpliwie sprostają postawionym zadaniom.

Odpowiedni dobór zabezpieczeń, kontrolujących pracę układów elektroenergetycznych przy zakłóceniach i lokalizujących skutki zakłóceń, stanowi nierozłączną część projektowania. Konieczność sprawdzania zabezpieczeń, jak również opracowania nowych konstrukcji i ich elementów stwarza potrzebę laboratorium zabezpieczeniowego.

Tematyka „wielkich mocy i wielkich prądów“ obejmuje:

- 1) badania, mające na celu ustalanie wielkości prądów i mocy w pracujących lub projektowanych układach elektroenergetycznych — przy zakłóceniach i w ruchu normalnym;
- 2) analizę zakłóceń celem stworzenia obiektywnych wytycznych dla stosowania zabezpieczeń i doboru przyrządów rozdzielczych, mających zadanie ograniczenia skutków zakłóceń wieloprądowych;
- 3) opracowanie odpowiednich układów zabezpieczających, ich badania oraz opracowanie konstrukcyjne przekładników;
- 4) opracowanie regulatorów napięcia prądnic i ich badania typowe;
- 5) opracowania konstrukcyjne i badania wielkimi prądami i wielką mocą przyrządów rozdzielczych i części urządzeń elektrycznych celem ustalenia ich wytrzymałości przy zakłóceniach eksploatacyjnych, wywołujących powstanie wielkich prądów i wielkich mocy;
- 6) opracowania konstrukcyjne sieci elektrycznych i urządzeń rozdzielczych oraz badania wytrzymałości mechanicznej elementów sieciowych;
- 7) opracowania kryteriów gospodarczych w zakresie wytwarzania, przesyłania i rozdziału mocy oraz właściwego projektowania układów elektrycznych;
- 8) prace naukowo-badawcze związane z eksploatacją urządzeń elektrycznych.

Tematyka w podanym zakresie sprowadza się do opracowań względnie badań:

- a) układów elektroenergetycznych,
- b) przyrządów rozdzielczych niskiego i wysokiego napięcia,
- c) zabezpieczeń i regulatorów napięcia,
- d) sieci i rozdzielni energetycznych,
- e) rozdzielni przemysłowych,
- f) elektrowni (część ogólnoeenergetyczna i elektryczna).

Część omówionych wyżej zagadnień, jak określanie rozpięty mocy, gospodarność lub konfiguracja sieci, należy do zakresu, opracowywanego na Kongresie Nauki przez Podsekcję Energetyki. Są one omówione szerzej w referacie tej Podsekcji.

W wykonaniu powyższej tematyki bierze udział 35 instytucji (GIEI, Politechnika Wroclawska, Energoprojekt, przemysł, Centralne Biura Studiów, inne politechniki i instytuty).

## 8. Elektrotermia.

Zagadnienia elektrotermiczne powiązane są ze wszystkimi procesami temperaturowymi, a te są nieodłączną częścią prawie każdej produkcji. Procesy elektrotermiczne oparte są na zasadniczych zjawiskach, jak wytwarzanie ciepła Joule'a (grzejnictwo oporowe), palenie łuku (grzejnictwo łukowe), przebiegi elektrochemiczne (grzejnictwo elektrodowe), indukcja prądów w układach transformatorów zwartych (piece rdzeniowe), rozległy zakres zjawisk związanych z wielką częstotliwością aż do częstotliwości radiotechnicznych włącznie (grzejnictwo indukcyjne skrośne i powierzchniowe, grzejnictwo pojemnościowe), czy wreszcie promieniowanie temperaturowe (grzejnictwo podczerwieni).

Poza tym elektrotermia jest bardzo ściśle związana z szeregiem działów przemysłu nieelektrycznego, głównie z przemysłem metalurgicznym i chemicznym, i niepodobna zajmować się procesami elektrotermicznymi bez wnikięcia w procesy nieelektryczne. Np. zagadnienia topienia metali, obróbki termicznej stali lub termoelektrolizy glinu nie dają się traktować w oderwaniu od zagadnień metalurgicznych i bez gruntownych wiadomości z chemii. Zagadnienia dotyczące elektrotermicznego suszenia lakierów, drewna, włókien, żywności, elektrotermicznego ulepszenia szkła, wulkanizacji gumy wymagają wnikięcia w materiałoznawstwo i technologię ogrzewanych ciał i wiązą elektrotermię z szeregiem przemysłów lekkich.

Stan elektrotermii w Polsce pozostaje daleko w tyle za osiągnięciami państw uprzemysłowionych, a zwłaszcza Związku Radzieckiego, nasze potrzeby są więc bardzo duże, przy jednocześnie podstawowych brakach w opracowaniu zagadnień.

Ponieważ, jak z powyższego wynika, zagadnienia elektrotermiczne wymagają wysokokwalifikowanych fachowców, a kosztowne układy badawcze nie są u nas jeszcze w wielu przypadkach dostępne, trzeba liczyć się z tym, że wyniki prac elektrotermicznych, zapoczątkowanych u nas za ledwie od 1947 r., mogą okazać pełnię efektu dopiero w przyszłości. Nastąpi to po zwalczeniu podstawowych trudności wykszolenia kadry fachowców, której szczupłość w dziedzinie elektrotermii jest wynikiem całkowitego zaniedbania tej dziedziny wiedzy w okresie przedwojennym, w którym elektrotermia w ogóle nie była nauczana w naszych szkołach technicznych.

Na zobrazowanym wyżej tle łatwo ocenić potrzebę bardzo starannego wyboru tematyki elektrotermicznej, obejmującej zasadnicze problemy z tej dziedziny, które winny być rozwiązane w okresie planu 6-letniego.

Przy takim wyborze tematyki trzeba się było liczyć z potrzebami zwłaszcza przemysłu ciężkiego i przemysłów o specjalnie ważnym znaczeniu, a jednocześnie dążyć do najlepszego wyzyskania wszystkich będących do dyspozycji środków przez wyeliminowanie „partyzantki“ naukowo-badawczej i dublowania prac; nie mogło to być dokonane bez wstępnych prac koordynacyjnych.

Nasze podstawowe zagadnienia w dziedzinie elektrotermii jeszcze nie stoją, jak wyżej wyjaśniono, na poziomie porównywalnym z poziomem zagadnień w państwach produujących technicznie, nie mniej tematyka ta jest w obecnej fazie elektrotermii w Polsce uzasadniona i niezbędna, jako podstawa, na której będzie można oprzeć jej dalszy rozwój.

Na pierwszy plan występują zagadnienia, dotyczące produkcji elektrycznych urządzeń grzejnych, metod projektowania tych urządzeń, opracowania schematów obliczeniowych i budowy prototypów, w następującym ugrupowaniu.

a) Piece indukcyjne. Opracowanie schematów obliczania pieców indukcyjnych rdzeniowych i bezrdzeniowych. Opracowanie to ma na celu zapewnienie możliwie szybkiego i oszczędnego projektowania i produkowania pieców indukcyjnych przez przemysł krajowy. Łączy się z tym typizacja pieców, mająca na celu zorientowanie przemysłu wytwórczego co do wielkości i rodzaju pieców przy nastawianiu produkcji, a przemysłu użytkującego — przy określaniu stosowności.

b) Piece łukowe. Stan w tej dziedzinie jest niezadowolający. W związku z przystępowaniem w planie 6-letnim do krajowej produkcji pieców łukowych, na razie małych mocy, występuje zagadnienie opracowania sposobu regulacji elektrod. Zagadnienie to ważne jest również dla zainstalowanych już i pracujących pieców; niektóre z nich pracują na przestarzałych sposobach regu-



lacji, nie pozwalających na prawidłową z punktu widzenia gospodarczego pracę pieców.

c) Nagrzewanie indukcyjne wielkiej częstotliwości. Głównym tematem w tej grupie jest opracowanie typów urządzeń do powierzchniowego hartowania stali. Celem tego tematu jest usunięcie trudności, wynikających stąd, że zasadnicze części urządzeń hartowniczych (generatory, wzbudniki, automatyka) wchodzi w zakres produkcji oddzielnych gałęzi przemysłu. Zestawienie ich w kompletne urządzenia hartownicze nie byłoby możliwe bez ujednoczenia ich produkcji. Pozostałe tematy tej grupy obejmują ustalenie metody projektowania wzbudników i opracowanie konkretnych prototypów.

d) Nagrzewanie pojemnościowe. Jakkolwiek grupa ta nie dotyczy przemysłu ciężkiego, Zakład Elektrotermii GIEL umieścił ją w planie prac ze względu na jej specjalne znaczenie (produkcja szkła optycznego).

e) Suszenie podczerwienią. Wobec prostoty urządzeń do suszenia podczerwienią i taniości promienników podczerwieni (których produkcja przez przemysł krajowy została niedawno uruchomiona) rozwiązanie tematów tej grupy stanowi pilną potrzebę, gdyż umożliwi wprowadzenie tej metody do wielu różnorodnych zastosowań przemysłowych, a zwłaszcza do suszenia lakierów. Głównym tematem tej grupy jest ustalenie, jakie rodzaje lakierów są przydatne do suszenia podczerwienią, oraz — we współpracy z przemysłem chemicznym — dobranie odpowiednich nowych recept lakierów, opartych na krajowych surowcach.

Poza tymi tematami, ważnymi zagadnieniami są pomiary i regulacja temperatury, jako temat odnoszący się do wszystkich metod elektrotermicznych. W tym zakresie szereg zagadnień wymaga opracowania zarówno w związku z kontrolą prawidłowości pracy istniejących urządzeń przemysłowych, jak i w związku z uruchamianiem przez przemysł krajowy przyrządów pomiarowych i regulacyjnych dotychczas importowanych z zagranicy.

Zakład Elektrotermii GIELu jest jedynym w Polsce ośrodkiem przeznaczonym wyłącznie do prac naukowo-badawczych w zakresie elektrotermii. Niemniej ze względu na szczupłość kadr tego Zakładu, na pilność i obfitość tematów, zgłaszanych w ramach potrzeb przemysłu, oraz ze względu na rozpoczęte już pewne prace elektrotermiczne w innych placówkach naukowo-badawczych — muszą one być wciągnięte do rozwiązywania tematyki elektrotermicznej.

Do instytucji, dla których tematy elektrotermiczne stanowią tylko część zakresu zainteresowań i działalności, należą instytuty technologiczne, korzystające z metod elektrotermicznych do celów technologicznych, politechniki, dysponujące zakładami zdolnymi do rozwiązywania tematyki elektrotermicznej, laboratoria przemysłowe, zainteresowane we wprowadzaniu metod elektrotermicznych do zastosowań przemysłowych, i zakłady wytwórcze, mogące powiązać ze swą produkcją i rozwiązać we własnym zakresie tematy naukowo-badawcze.

Podział tematyki możliwej do przejęcia przez politechniki przedstawia się jak następuje:

Politechnika Łódzka: zagadnienia dotyczące grzejnictwa oporowego, regulacji temperatury i nagrzewania powierzchniowego;

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie: zagadnienia dotyczące nagrzewania powierzchniowego wielkiej częstotliwości;

Politechnika Śląska: zagadnienia dotyczące własności materiałów elektrotermicznych, budowy generatorów w. cz., amplidyn i nagrzewania powierzchniowego.

## 9. Oświetlenie elektryczne.

Tematyka prac w tej dziedzinie będzie podzielona na trzy zasadnicze grupy: źródła światła, opraw oświetleniowych i techniki oświetlenia oraz fizjologii widzenia, warunków higieny i bezpieczeństwa pracy.

Tematyka dotycząca źródeł światła, a więc żarówek, lamp fluoryzujących i lamp wyładowczych, będzie opracowana przez Biuro Studiów Zakładów Wytwórczych Lamp Elektrycznych. Zaplanowane prace dotyczą zarówno

materiałoznawstwa produkcji lamp elektrycznych, jak i technologii produkcji.

Tematyka dotycząca opraw oświetleniowych oraz materiałoznawstwa tworzyw do ich produkcji wraz z kolorymetrią będzie opracowana przez Zakład Techniki Świetlnej Głównego Instytutu Elektrotechniki. Planem prac tego Zakładu są objęte również zagadnienia techniki oświetlenia, zwłaszcza w dziedzinie przemysłu i górnictwa. Osobną grupę zagadnień stanowi badanie warunków oświetlenia dziennego, które dotąd w Polsce nie było jeszcze przeprowadzane.

Fizjologiczna strona zagadnień oświetleniowych, związane z nią bezpieczeństwo i higiena pracy oraz wydajność i jakość pracy będą tematami opracowywanymi przez Centralny Instytut Ochrony Pracy.

Wyższe uczelnie w Polsce nie zajmują się, jak dotąd, zagadnieniami techniki świetlnej w szerszym zakresie. Nie mamy dotąd ani jednej katedry tego przedmiotu, co, oczywiście, nie sprzyja rozpoczęciu prac naukowych w tej dziedzinie.

## 10. Trakcja elektryczna.

Plan prac naukowo-badawczych opracowany został pod kątem widzenia potrzeb przedsiębiorstw komunikacyjnych i tych gałęzi przemysłu elektrotechnicznego, które pracują dla zaopatrzenia tych przedsiębiorstw.

Wzięto pod uwagę z jednej strony Polskie Koleje Państwowe, przedsiębiorstwa komunikacji miejskiej (MZK w Warszawie, MZK w Łodzi i inne, Szybka Kolej Miejska), przedsiębiorstwa komunikacji podmiejskiej (EKD), trakcję elektryczną kopalnianą (przemysł węglowy), zelektryfikowany transport (pojazdy akumulatorowe), a z drugiej strony przemysł maszyn elektrycznych, przemysł aparatów elektrycznych, przemysł prostowników i przedsiębiorstwa robót komunikacyjnych.

Zelektryfikowane środki komunikacji miejskiej zostały w czasie wojny zdewastowane zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym. W latach przedwojennych, jak i w latach okupacji, urządzenia techniczne sprowadzane były prawie wyłącznie z zagranicy. Odbudowa i rozbudowa zahamowanej w czasie wojny trakcji elektrycznej, mającej opierać się na własnej produkcji, wymaga olbrzymich nakładów i musi być poparta głębszymi studiami.

Wyodrębnienie zagadnień naukowo-badawczych spośród prac projektowych i konstrukcyjnych stanowiło poważną trudność przy opracowaniu planu z tego choćby względu, że w każdym poważniejszym projekcie opierającym się na naukowych podstawach, jak np. projekt miejskiej kolei szybkiej, zawarte są pierwiastki prac naukowych i badawczych.

W planie prac naukowo-badawczych nie znajdujemy np. problemu elektryfikacji linii kolejowej Katowice—Warszawa, choć z myślą o nim plan był sporządzony i placówki naukowe poświęcą temu część swej pracy. W planie natomiast umieszczono: opracowanie dokładniejszych uproszczonych metod obliczania mocy silników trakcyjnych, metod pomiarów prądu rozruchowego, stosowanie analizatora sieciowego, wagonu pomiarowego, dalej opory trakcji, współczynnik przyczepności i szereg innych, których rozwiązanie przyspieszy i ułatwi elektryfikację nie tylko kolei, lecz również będzie zastosowane przy budowie szybkiej kolei miejskiej, przy rozbudowie i unowocześnieniu przedsiębiorstw komunikacji miejskiej. Tematy prac naukowo-badawczych 6-letniego planu zawierają zagadnienia najistotniejsze, wymagające urządzeń laboratoryjnych, sprawiające największą trudność biurom konstrukcyjnym, przedsiębiorstwom i fabrykom.

W planie prac naukowo-badawczych szczególnie szeroko zostały potraktowane zagadnienia związane z uruchomieniem nowej produkcji przemysłowej. W tytułach zagadnień znajdujemy niejako powtórzenie najważniejszych pozycji ogólnokrajowego planu produkcji z zakresu urządzeń trakcyjnych: silniki trakcyjne do lokomotyw, tramwajów, jednostek podmiejskich, wózków akumulatorowych; wykwapowanie lokomotyw, jednostek motorowych, traktorów rolniczych; wyłączniki bardzo szybkie itp.

Głównym wykonawcą wyżej podanych tematów będą biura konstrukcyjne. GIEL uwzględniając te tematy w swoim planie przyjmuje współodpowiedzialność za jakość produkcji przemysłowej. W zakres prac Instytutu



wchodzi tutaj współpraca przy ustaleniu wytycznych nowych konstrukcji i skoordynowanie pod względem technicznym zamierzeń przemysłu i zamierzeń przedsiębiorstw komunikacyjnych, dla których ten przemysł pracuje.

W planie prac wyróżnione zostały w sposób szczególnie zagadnienia związane z prostownikami rtęciowymi. Jeżeli bowiem w przemyśle maszyn i aparatów elektrycznych przewiduje się produkować konstrukcje na ogół znane, o ustalonych już formach, to w przemyśle prostowników mieć będziemy do czynienia z nowszą, mniej znaną gałęzią elektrotechniki. Metody obliczania prostowników i procesy technologiczne dotychczas nie zostały u nas dostatecznie opracowane, szereg zjawisk, jak zapłon wsteczny, jest niewystarczająco zbadany, a kryteria oceny materiałów zupełnie inne, niż w przemyśle maszyn i aparatów elektrycznych.

Najpoważniejszą pozycję pod względem finansowym, jak i pod względem zużytego czasu stanowi zorganizowanie laboratoriów. Jest to pierwszy warunek realizacji 6-letniego planu prac naukowo-badawczych. Urządzenie laboratorium to nie tylko sprawa zainstalowania całego szeregu maszyn i urządzeń na różny prąd i różne napięcie, lecz również opracowanie nowoczesnych metod pomiaru. W 6-leciu przewidziano w GIElu budowę laboratoriów: wielkiej mocy prądu stałego, maszyn prądu stałego, maszyn prądu zmiennego, sieci trakcyjnej i aparatury pomocniczej prostownikowej. Najkosztowniejszą inwestycję w laboratoriach stanowić będą urządzenia do prób zwarcia wyłączników kolejowych na 33 000 V, które powinny być próbowane prądem o wartości kilkudziesięciu tysięcy amperów. W ten sposób w GIElu przewidziano budowę centralnego krajowego laboratorium prądu stałego dla potrzeb przemysłu i eksploatacji.

Nowoczesne laboratorium dla potrzeb trakcji elektrycznej wymaga opanowania działów pokrewnych, jak np. elektronika i technika wielkiej próżni. Dla zbadania właściwego np. lokomotywy elektrycznej wymagane jest obecnie opanowanie między innymi metod pomiarowych takich, jak metody pomiarowe szumu (sonometria), metody pomiarowe napiężeń (tensometria), metody pomiaru drgań, metody oscylograficzne pomiaru wielkości elektrycznych i nieelektrycznych itd. Do obsługi tych laboratoriów muszą być przygotowane specjalne kadry.

Zakres zainteresowań placówek naukowych nie może się ograniczyć wyłącznie do bieżących potrzeb gospodarki narodowej, które w najbliższych latach będą dotyczyć na ogół znanych już za granicą rozwiązań technicznych. Prace naukowe muszą wyprzedzać produkcję przemysłową. Postęp nauki wymaga szukania nowych dróg rozwoju. To też w planie uwzględniono badanie prądów błędzących (w Związku Radzieckim zagadnienie to zostało wysunięte na pierwszy plan prac badawczych), zastosowanie przekształtników do przesyłania energii elektrycznej, opracowanie metod obliczania zaworów rtęciowych (temat ten również opracowywany jest w Związku Radzieckim), zastosowanie prądu zmiennego w trakcji kopalnianej.

W planie prac badawczych przeprowadzona została linia podziału pomiędzy GIElem, biurami konstrukcyjnymi i przemysłem. Ośrodkiem tych prac stał się przy tym Instytut. Pomocniczą rolę odgrywa Politechnika Warszawska, której katedra trakcji elektrycznej przewiduje opracowanie w ramach prac magisterskich kilku zagadnień.

Biura konstrukcyjne przyjęły na siebie prace związane z konstrukcją prototypów. Biuro Elektryfikacji Kolei zostało obciążone zasadniczo zagadnieniami teoretycznymi, związanymi z potrzebami projektowania, a P. K. P. pracami, które wymagają badań w eksploatacji.

### 11. Elektrotechnika rolnicza.

Stosowanie energii elektrycznej w rolnictwie posiada dla postępu technicznego produkcji rolnej podstawowe znaczenie. W przedwojennej Polsce istniał głównie tylko problem oświetlenia elektrycznego wsi. Obecnie rozwój rolnictwa jest podstawowym elementem budowy socjalizmu, to też zjawiały się problemy nieznane dawniej w Polsce. Należy do nich przede wszystkim: elektryfikacja robót podwórzowych (np. obsługa produkcji zwierzęcej) i polowych oraz transport wewnętrzny. Są to problemy najpilniejsze, gdyż elektryfikacja tych robót,

zwłaszcza w gospodarstwach uspołecznionych, zwolni setki tysięcy ludzi przy pracach tych obecnie zatrudnionych. Należy przyznać, że na razie jeszcze stosowanie elektryczności na wsi (oprócz oświetlenia) spotyka się czasem z niezrozumieniem w terenie. Przyczyna leży prawdopodobnie w braku fachowej obsługi urządzeń elektrycznych, wskutek czego są notowane od czasu do czasu wypadki porażen, wynikające z nieuświadomienia.

Bardzo ważnym problemem w obecnej chwili jest ciągnik elektryczny; w związku z tym istnieje zagadnienie kabla giętkiego ciągnikowego, który pracuje w bardzo ciężkich warunkach. Niemniej ważnym problemem dla pracy ciągnika elektrycznego w warunkach rzadkiego rozmieszczenia sieci jest rozwiązanie wykonania przenośnych linii wysokiego napięcia (do 15 kV), przy pomocy których można również przeprowadzać młóckę w polu, co jest związane z oszczędnością. Istnieje wniosek racjonalizatorski w sprawie przenośnych linii napowietrznych, którym należałoby się zainteresować i wprowadzić go w życie.

Z pracami polowymi jest związany problem ruchomej podstacji transformatorowej i problem oświetlenia miejsca pracy przy nocnych młóckach i pracy „kombajnem.“

Instytut Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa ma w planie badania nad uzyskaniem oszczędności mocy podczas orki przez zastosowanie prądu stałego.

Zagadnieniem bardzo ważnym w rolnictwie jest problem silnika przenośnego do prac podwórzowych, do oczyszczalni ziarna, sieczkarni, płuczek, śrutowników itp.

Inne zagadnienia napędowe — to elektryfikacja dojenia bydła, pompowania i dostawy wody dla mieszkańców, do obór, do sztucznych deszczownic.

Z innych urządzeń termostaty mają poważne zastosowanie w gospodarstwach hodowli drobiu i innych. Jest w tym kierunku dużo jeszcze do zrobienia.

Jednym z problemów jest elektryczny pasteryzator mleka; dotychczasowe rozwiązania nie są zadowalające.

Problem elektrycznego transportu wewnętrznego posiada dla większych gospodarstw uspołecznionych bardzo duże znaczenie, gdyż przy pracy tej obecnie zatrudnia się dużo ludzi.

Osobny rozdział w badawczych pracach musi zająć technika naświetlania falami elektromagnetycznymi np. nasion zboża, sadzianek kartofli, psiat i piskląt. Technika ta ma na celu polepszenie zbiorów, zapobieganie chorobom, zabijanie pasożytów. Do suszenia ziarna można stosować promieniowanie podczerwone. Przed nauką stoi zagadnienie opracowania odpowiednich promienników.

Część omawianych zagadnień opracowuje Instytut Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, część jednak nie ma jeszcze wykonawców, na co zwraca uwagę Podsekcja Elektrotechniki Kongresu Nauki.

### 12. Elektrotechnika morska.

Zagadnienie tematyki naukowej z dziedziny elektrotechniki morskiej (okrętowej) stanęło przed przemysłem polskim dopiero po wojnie w związku z powstaniem przemysłu okrętowego. Trzeba stwierdzić, iż w dziedzinie tej — w Polsce prawie zupełnie nieznanej — istnieje jedynie skromna literatura, właściwie tylko techniczna, a o wynikach prac badawczych prowadzonych systematycznie w innych krajach brak wiadomości. Tymczasem ostatnie lata przyniosły znaczne powiększenie elektryfikacji statków, co z kolei rozszerza zakres zagadnień wymagających naukowego opracowania.

Ustalmy przede wszystkim czynniki wpływające na konieczność odrębnego traktowania elektrotechniki morskiej.

1) Działanie i wpływ wilgotnego powietrza morskiego, wysokiej i niskiej temperatury, pary wodnej, pary olejów, wody morskiej przy normalnym i zwiększonym ciśnieniu oraz pyłów przewożonych ładunków sypkich.

2) Drgania, wstrząsy i przechyły.

3) Możliwie małe wymiary i mały ciężar urządzeń elektrycznych przy najwyższych wymaganiach co do niezawodności działania i łatwości wymiany części uszkodzonych. Należy przy tym brać pod uwagę niefachową obsługę i trudności należytej konserwacji.



4) Całkowite uniezależnienie statku od technicznej pomocy zewnętrznej i rozpatrywanie go jako niezależnej jednostki technicznej i ekonomicznej dla różnych przeznaczeń i stref działania (np. chłodnicowce, drobnicowce, zbiornicowce, pasażerskie, rybackie, ratunkowe itp.). Pociąga to za sobą konieczność specjalnych rozwiązań napędów z odpowiednią regulacją obrotów, urządzeń ładunkowych i przetwórczych, sterowania zdalnego mechanizmów, zabezpieczenia i kontroli urządzeń, grzejnictwa, zastosować gospodarczych, hotelowych, sygnalizacyjnych, telekomunikacji wewnętrznej, elektrycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego itp.

5) Specjalne elektryczne urządzenia nawigacyjne: logi elektryczne, echo-sondy, goniometry, żyrokompasy, sterowanie samoczynne statku własne i zdalne, radar i inne urządzenia radiowe — nadawcze i odbiorcze.

6) Elektryczne urządzenia demagnetyzujące.

Analiza działania tych czynników, ich wielkości, wzajemnych powiązań czy potrzeby uzupełnienia wymaga bardzo głębokiego wnikięcia w zespół zagadnień związanych z morzem, żegluga i okrętownictwem. Na tym tle zarysowuje się kilka grup zagadnień, wymagających naukowego opracowania.

Grupa zagadnień energetyczno-ekonomicznych, jak np. wytwarzanie energii elektrycznej w zależności od różnych typów silników napędowych, energia elektryczna dla napędu głównego oraz dla urządzeń pomocniczych, analiza ekonomiczności różnych rozwiązań wytwarzania energii oraz zakresu elektryfikacji dla różnych typów statków; kwestia wysokości napięcia, rodzaju prądu, typu sieci oraz wielkości mocy źródeł energii w zależności od typu, wielkości jednostki, jak też rodzaju urządzeń elektrycznych; analiza ekonomiczności różnego typu urządzeń przeładunkowych, grzejnictwa, wentylacji, chłodnictwa, napędów mechanicznych itp.; analiza ekonomiczności regulacji obrotów dla różnych typów mechanizmów.

Grupa zagadnień materiałowych: badania nad materiałami izolacyjnymi w warunkach okrętowych (wilgotność, działanie chemiczne wody morskiej, olejów, temperatury, własności mechaniczne) dla aparatów, maszyn elektrycznych, kabli i przewodów; szerokie zagadnienie korozji w warunkach morskich, lekkie stopy, powlekanie metali (metalizacja, galwanizacja itp.), materiały przewodzące.

Grupa zagadnień konstrukcyjnych: stałe i metodyczne badania, obserwacje oraz zbieranie materiałów, dotyczących wpływu czynników wymienionych w pierwszej części dla różnych typów urządzeń elektrycznych w warunkach morskich, celem wypracowania odpowiednich podstaw naukowych oraz najważniejszych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn i urządzeń elektrycznych; badania porównawcze różnych typów sprzętu instalacyjnego w celu jego normalizacji.

Zagadnienia napędowe: badanie, obserwacja i analiza pracy całego statku (napęd główny) i poszczególnych mechnizmów dla zebrania materiałów do ich najważniejszej elektryfikacji.

Z innych zagadnień wymienić należy badania i studia dotyczące układu elektrycznej sieci okrętowej z punktu widzenia pewności i bezpieczeństwa ruchu, zagadnienie stateczności napięć i częstotliwości w warunkach okrętowych, badania nad sposobem najważniejszych zabezpieczenia urządzeń elektrycznych na okrętach, walka z zaburzeniami elektromagnetycznymi, wytwarzanymi przez urządzenia elektryczne, oraz badania nad neutralizacją pola magnetycznego statków.

Trzeba podkreślić wielką współzależność wymienionych wyżej zagadnień. Nie mogą być one rozpatrywane oddzielnie, lecz muszą być podejmowane wszystkie razem, jak tego wymagają specjalne warunki elektrotechniki okrętowej.

Podsekcja Elektrotechniki Kongresu Nauki zwraca uwagę, że dla dużej części powyższych zagadnień nie ma jeszcze środków badawczych, laboratoryjnych i kadrowych.

### 13. Elektroautomatyka.

Zagadnienia elektroautomatyki zostały wydzielone ze względu na wszechstronne zastosowanie we wszystkich dziedzinach przemysłu. Można je podzielić na trzy zasadnicze grupy:

1) aparatura pomiarowa i kontrolna,

2) aparatura sterująca i uruchamiająca,

3) napęd elektryczny.

Aparatura pomiarowa i kontrolna w przeważającej liczbie wypadków dotyczy pomiarów wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi. Zagadnienie aparatury jest zagadnieniem kluczowym, bez tej aparatury niemożliwa jest w ogóle realizacja automatyzacji procesów technologicznych. Jak dotychczas, w Polsce brak jest placówki, która sprawę aparatury pomiarowej stawia jako swoje główne zadanie do opracowania. Podobny stan rzeczy panuje w dziedzinie aparatury sterującej i uruchamiającej, która jest niezbędnym ogniwem pośrednim między aparaturą pomiarową a urządzeniami napędowymi.

Ogólnie biorąc problematyka elektroautomatyki obejmuje:

a) opracowanie metod do mierzenia wielkości nieelektrycznych przy pomocy metod elektrycznych,

b) opracowanie typowych rozwiązań schematowych aparatury sterującej,

c) opracowanie konstrukcyjne i materiałowe wyłączników i rozruszników samoczynnych, styczników oraz przekładników dużej mocy.

Wiele z tych zagadnień wymaga jeszcze ułokowania. Należy je traktować jako pilne ze względu na wielką wagę automatyzacji dla stworzenia nowej techniki.

### 14. Wnioski \*).

1) Elektrotechnika polska zaczęła się w XVIII w. pracami Józefa Osińskiego z dziedziny piorunochronów.

2) Aż do pierwszej wojny światowej prace naukowe Polaków były prowadzone przeważnie za granicą. Polska była traktowana przez okupantów jako kolonia, a twórcza myśl naukowa nie miała oparcia w życiu gospodarczym.

3) W okresie międzywojennym nie było warunków dla pracy naukowej w Polsce. Kapitalizm, wkraczający w okres imperializmu, celowo nie dopuszczał do prowadzenia tej pracy w naszym kraju. Nieliczne osiągnięcia, często na poziomie międzynarodowym, są wynikiem osobistych wysiłków jednostek, nie znajdujących oparcia ani w państwie, ani w gospodarce narodowej.

4) Dwie postacie polskich uczonych z okresu międzywojennego będą przykładem dla przyszłych pokoleń elektrotechników polskich: postać wielkiego uczonego i demokracji W. Krukowskiego i wielkiego popularyzatora M. Pożaryskiego.

5) Zaniedbanie naukowe okresu międzywojennego dotyczy prawie wszystkich dziedzin — maszyn i napędów elektrycznych, grzejnictwa, oświetlenia, przyrządów pomiarowych, kabli itd. Zagadnienia kluczowe dla gospodarki narodowej nie były w kraju opracowywane.

6) Najeźdźca hitlerowski starał się zniszczyć polską naukę elektrotechniczną zarówno pod względem materialnym, jak i kadrowym. W Polsce Ludowej nastąpił przewrót w naukach elektrotechnicznych. Na skutek zmian ustrojowych stało się możliwe realizowanie hasła „nauka w służbie narodu”. Zmiany organizacyjne, jak powstanie nowej placówki — Głównego Instytutu Elektrotechniki oraz rozbudowa politechnik, zapewniły osiągnięcie tego szczytnego celu.

7) Osiągnięcia naukowe pierwszego 5-lecia Polski Ludowej są już współmierne z osiągnięciami całego 20-lecia międzywojennego. Okres ten — to jednak przede wszystkim okres odbudowy i organizacji nowych placówek.

8) Piśmiennictwo naukowe 5-lecia powojennego obejmuje prawie wyłącznie prace doktorskie i podręczniki akademickie. W podręcznikach stopniowo znika będące przejawem kosmopolityzmu wzorowanie się głównie na literaturze anglosaskiej z pominięciem wielkich osiągnięć nauki radzieckiej. Należy zwiększyć ilość tłumaczeń z literatury radzieckiej.

9) Nauka elektrotechniczna Polski Ludowej pracowała dotychczas bez jednolitego planu. Mimo skromnych ilościowo kadr niektóre tematy były dublowane, a inne w ogóle nieknięte. Naukowcy polscy doszli do zgodnego wniosku, że tylko socjalistyczne planowanie nauki, zgodne z zasa-

\* Wnioski uwzględniają prócz niniejszego artykułu również materiał zawarty w artykule autora pt. „Przegląd historyczny i perspektywy rozwojowe nauk elektrotechnicznych w Polsce” (PE, 1950, zes. 9/10/11, str. 401).



dami materializmu dialektycznego, doprowadzi do wyników niezbędnych dla gospodarki narodowej.

10) Opierając się na wzorach i pomocy radzieckiej, Główny Instytut Elektrotechniki zebrał w skali ogólnopanstwowej materiały do planu 6-letniego badań naukowych. Materiały te dotyczą zarówno potrzeb, jak i możliwości wykonania. Wszystkie placówki naukowe wyższych uczelni i instytuty włączyły się do tego planu i podjęły wykonanie jego części.

11) Tylko w dziedzinie elektrotechniki teoretycznej częściowo nie doszło do porozumienia między naukowcami i do uzgodnienia działalności w ramach planu 6-letniego.

12) Przy przeglądzie możliwości zaspokojenia zapotrzebowań gospodarki narodowej przez naukę wyszedł na jaw brak zespołów, które mogłyby podjąć się opracowania

naukowego problemów związanych z następującymi działaniami:

- a) lampami rentgenowskimi i prostowniczymi,
- b) częścią urządzeń elektroautomatycznych,
- c) częścią zagadnień elektrotechniki rolniczej,
- d) częścią zagadnień elektrotechniki morskiej.

Do instytucji, która przejmie organizację nauki po Kongresie, będzie należało wypełnienie tej luki.

13) Stwierdzono duże braki kadrowe — zarówno na poziomie pracowników naukowych, jak i na poziomie magistrów — w dziedzinach: napędów elektrycznych, elektrotermii, oświetlenia elektrycznego. Dziedziny te wymagają utworzenia oddzielnych katedr.

14) Konieczne jest powołanie do życia czasopisma dla publikacji samodzielnych prac naukowych.

MGR INŻ. ZBIGNIEW KOPCZYŃSKI

## Krajowe transformatory trójzwojeniowe na 40 000 kVA, 60 kV

Treść. Artykuł zawiera opis wykonanych ostatnio dwóch transformatorów trójzwojeniowych na 40 MVA, 60 kV z chłodzeniem wodnym. Szczegółowiej przedyskutowana jest sprawa budowy wielkich rdzeni zaplatanych oraz składanych „na styk”, a także zamocowania uzwojeń i wytrzymałości udarowej izolacji międzyzwojowej.

Трехобмоточные трансформаторы мощностью 40 000 кВА для 60 кВ отечественного производства. Дано описание двух построенных в последнее время трехобмоточных трансформаторов (40 000 кВА, 60 кВ) с водяным охлаждением. Подробно обсуждается вопрос постройки больших сердечников „с переплетом” либо „в притык”, а также вопросы закрепления обмоток и сопротивления междуобмоточной изоляции.

Three-winding transformers for 40 000 kVA, 60 kV of Polish manufacture. The article describes two three-winding water-cooled transformers for 40 MVA, 60 kV recently built. A more detailed consideration is given in the article to the problem of manufacture of large interlocked cores and butt-jointed cores, as well as to the securing of windings and impulse resistance of the insulation between the windings.

Jednym z większych osiągnięć krajowego przemysłu elektrotechnicznego w pierwszym roku planu sześcioletniego było wykonanie dwóch transformatorów trójzwojeniowych o mocy typowej 55 000 kVA na napięcie górne 60 kV. Transformatory te, obliczone, zaprojektowane i wykonane w kraju bez żadnej pomocy z zagranicy, zasługują na bliższe omówienie.

Dane techniczne transformatorów są następujące:

moc	40/20/30 MVA,
przekładnia	$60 \pm 4\% / 20 \pm 5\% / 6,3$ kV,
układ	gwiazda-gwiazda-trójkąt, Yy 0 — Yd5,
napięcie zwarcia	~ 8,5%,
straty w żelazie (max.)	94 kW,
straty w miedzi	315 kW,
chłodzenie wodne z oddzielnymi chłodnicami i przymusowym krążeniem oleju	symbol Ok — W.

Dane powyższe, ustalone w zasadniczych punktach przez zleceniodawcę, wskazują, iż są to transformatory nie typowe, a więc anormalne.

Ciężar każdego z transformatorów bez oleju wynosi 54 000 kg, ciężar oleju 20 000 kg; ciężar całości bez urządzenia chłodniczego 74 000 kg. Ciężar materiałów czynnych: żelaza rdzenia 25 000 kg, miedzi 7 760 kg. Stosunek ciężarów materiałów czynnych  $\frac{25\,000}{7\,760} = 3,22$ , stosunek sumy ciężarów materiałów czynnych do mocy:

$$\frac{25\,000 + 7\,760}{40\,000} = 0,82 \text{ kg/kVA.}$$

Z podanych liczb widać, że wyzyskanie materiałów w powyższych jednostkach jest duże, jednakże nie przesadne. Zbyt daleko idąca oszczędność w podobnych wypadkach mogłaby znacznie obniżyć wartość eksploatacyjną transformatorów.

Rząd wielkości powyższych transformatorów zmuszał konstruktora od początku projektowania i obliczeń wstępnych do bezustannego kontrolowania otrzymywanych wymiarów i dopasowywania ich do obrysu kolejowego oraz wymiarów wagonu. W rezultacie całe obrysy wysokościowe zostało wyzyskane, szerokość zaś transformatora zajęła całe wolne miejsce wagonu kolejowego PPG (rys. 1). Oczywiście, do transportu wypadło zdjąć izolatory i wszystkie

wystające części na pokrywie, jak np. rura wybuchowa i in.

Wstępne obliczenia wykazały, że przez odpowiedni dobór średnicy i wysokości kolumny rdzeni transformatora w tym wypadku może być jeszcze wykonany jako trzykolumnowy. Rdzeń pięciokolumnowy, który ma niższą wysokość całkowitą z powodu zmniejszenia przekroju jarzm, jest jednak cięższy i bardziej skomplikowany w wykonaniu.

Rdzeń z rozplecionym jarzmem górnym pokazany jest na rys. 2, a przekrój kolumny i jarzma przedstawiony jest na rys. 3. Jak widać, jest to rdzeń zaplatany, z poprzecznymi i podłużnymi kanałami chłodzącymi, konstrukcji własnej, nie wzorowanej na żadnych innych. Kanały poprzeczne do blach dały o wiele skuteczniejsze chłodzenie od podłużnych, nie można jednak stosować ich zbyt wiele, ponieważ one komplikują wykonanie rdzenia. Wobec powyższego większość fabryk europejskich, wykonujących duże rdzenie zaplatane, stosuje wyłącznie kanały równoległe do blach, co upraszcza wykonawstwo, lecz powoduje pogorszenie współczynnika zapelnienia przekroju kołowego kolumny. W omawianym wypadku, przy zastosowaniu krajowej blachy transformatorowej o grubości 0,35 mm i stratności 1,3 W/kg przy 10 000 gs osiągnięto ogólny współczynnik wypełnienia przekroju kołowego kolumny 0,75.

Nie jest to liczba zbyt wysoka, jednakże bez poprawienia jakości krajowej blachy transformatorowej (powiększenie grubości przy zachowaniu tej samej stratności, ulepszenie powierzchni), osiągnięcie lepszych wyników jest bardzo utrudnione.

W ostatnich czasach większość światowych fabryk transformatorów przechodzi na rdzenie zaplatane, które są wykonywane nawet przy mocach powyżej 100 000 kVA. Spowodowane to jest wielu zaletami, jakie bezsprzecznie posiadają rdzenie zaplatane w porównaniu z rdzeniami składanymi „na styk”. J. L. La Cour i Faye Hansen [1] podają, że rdzenie przeplatane są znacznie bezpieczniejsze od rdzeni składanych na styk i to specjalnie wtedy, gdy te ostatnie są obrabiane. Niebezpieczeństwo „pożaru żelaza” w rdzeniach składanych na styk wzrasta wraz z wielkością transformatora. Poza tym rdzenie zaplatane dają się bardzo łatwo wykonać w taki sposób, aby nie wydawały prawie żadnego dźwięku, co jest bardzo trudne w rdzeniach składanych na styk.

W rdzeniach zaplatanych nie potrzeba dawać tak dużego nacisku jednostkowego, a co za tym idzie — tak dużych otworów na śruby prasujące. Z tego powodu rdzenie zapla-



tane mają mniejsze straty dodatkowe w żelazie. Zwiększone straty dodatkowe w rdzeniach składanych na styk spowodowane są jeszcze zwiększeniem nacisku jednostkowego na blachy; wg La Coura bowiem duży nacisk powoduje zwiększenie strat w żelazie.

A. W. Korycki [7] podaje, iż praktyka potwierdziła bezsporną wyższość systemu zaplatania nad systemem stykowym. Wady systemu zaplatania, jak dłuższy montaż, potrzeba dużej powierzchni roboczej, trudność demontażu, są dostatecznie wyraźnie okupione następującymi zaletami:

- 1) brak przerwy w żelaznym obwodzie magnetycznym;
- 2) jednolitość rdzenia, dająca dużą wytrzymałość mechaniczną,
- 3) prostota urządzeń pomocniczych do składania i montażu.

Biermanns [2] podaje, że ostatnio większość dużych wytwórni stosuje rdzenie zaplatane, nawet dla największych jednostek o mocach ponad 100 000 kVA. Zaletą rdzeni składanych na styk jest łatwość demontażu, jednakże duża pewność pracy nowych transformatorów powoduje coraz powszechniejsze stosowanie rdzeni zaplatanych. Zaletami tych ostatnich wg Biermannsa są: mały prąd stanu jałowego, mała wysokość, lepsze wypełnienie przekroju kołowego rdzenia i mniejszy ciężar żelaza nieczynnego (śruby ścigające).

W omawianym przypadku z obliczeń wynikało, iż prąd stanu jałowego przy rdzeniu na styk byłby większy od te-

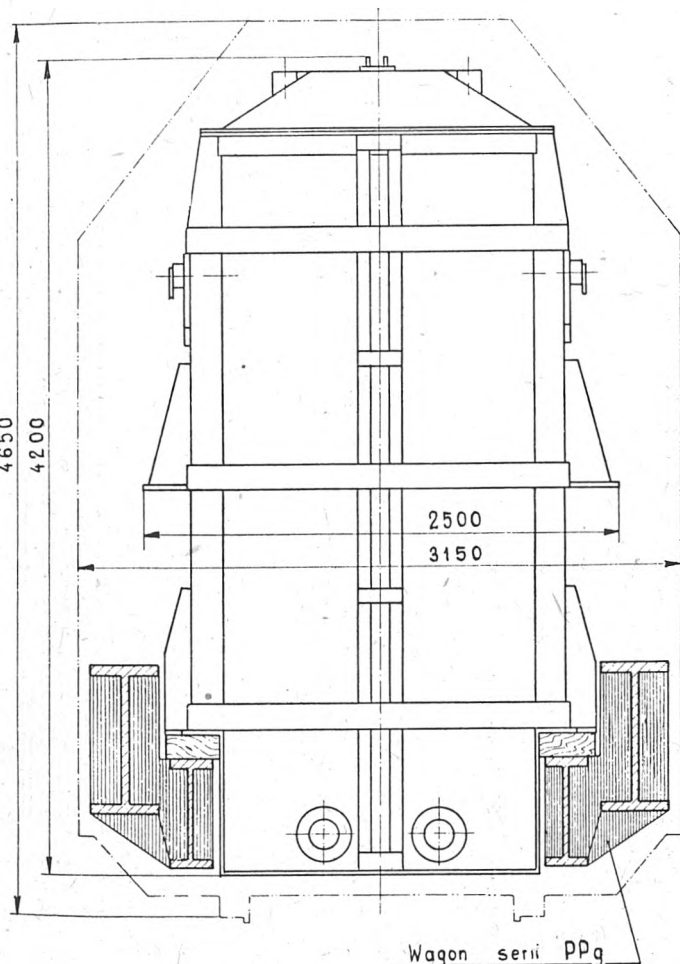
chy, której kilka partii, zawierających gorsze gatunki, wypadło skierować na inne mniej odpowiedzialne roboty.

W rdzenie i jarzma wbudowano ogniwa termoelektryczne, umożliwiające kontrolę nagrzewania blach w czasie pracy.

Przechodząc do omówienia uzwojeń, należy zaznaczyć, że rozmieszczenie ich, przy założeniu typu cylindrycznego, który jedynie w tym wypadku wchodził w rachubę, było z góry narzucone przez warunek zleceńodawcy, aby napięcia zwarcia mieściły się w granicach 8 do 8,5% (dla obu par uzwojeń).

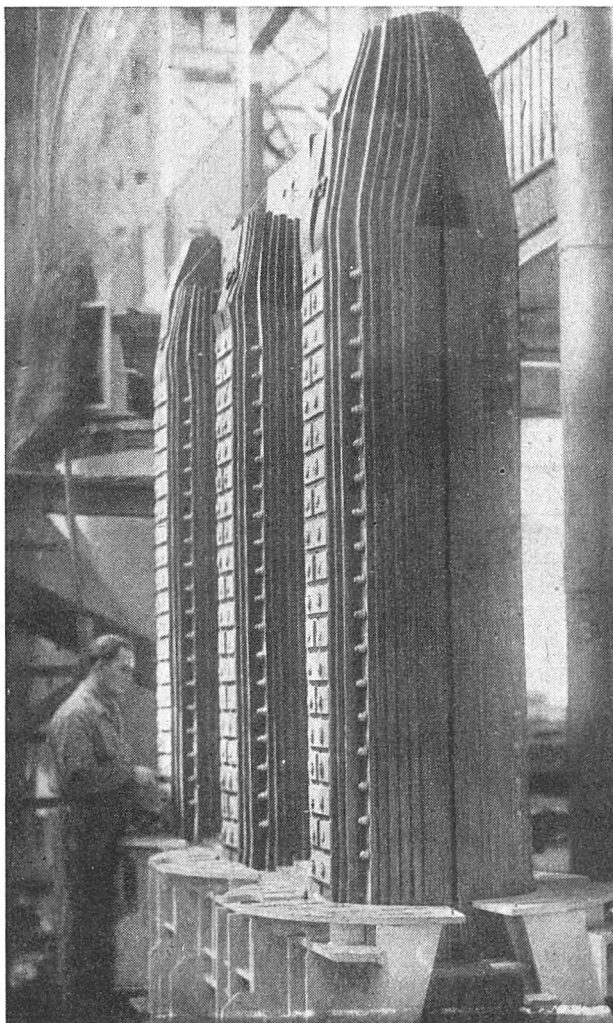
Ponieważ napięciem zasilania miało być 60 kV, a transformatory przeznaczone były do pracy równoległej, uzwojenie górnego napięcia musiało być umieszczone między pozostałymi. Pozorna dowolność rozmieszczenia uzwojeń na 20 kV i 6,3 kV wyeliminowana była przez żądanie zaczepek regulacyjnych na średnim napięciu. Tak więc uzwojenie na 6,3 kV musiało być zaprojektowane jako pierwsze przy rdzeniu, uzwojenie 60-kilowoltowe jako środkowe, uzwojenie zaś 20-kilowoltowe jako zewnętrzne.

Wykonanie zaczepek regulacyjnych na środkowym uzwojeniu 60-kilowoltowym było sprawą bardzo trudną do rozwiązania. W podobnym wypadku (lecz przy napięciu 110 kV) normy na transformatory trójuzwojeniowe Związku Radzieckiego w ogóle nie przewidują możliwości innego



Rys. 1. Umieszczenie transformatora na wagonie w ramach obrysu kolejowego

goż prądu przy rdzeniu zaplatanym o 55%. Prąd stanu jałowego zmierzony na gotowych transformatorach wyniósł średnio 2,54% prądu znamionowego, zmierzone zaś straty w żelazie osiągnęły tylko 73,8 kW w pierwszym przypadku, a 76,2 kW w drugim, gdy obliczenie dawało 75,1 kW. Tak duża zgodność pomiarów na gotowych transformatorach z obliczeniami osiągnięto dzięki starannemu i dokładnemu wykonaniu rdzeni oraz ciągłej kontroli dostarczanej bla-

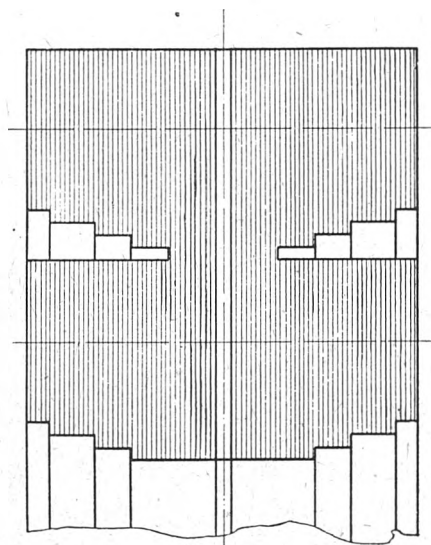
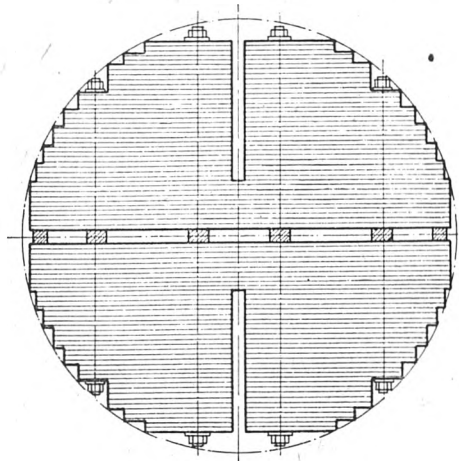


Rys. 2. Rdzeń transformatora

umieszczenia uzwojenia górnego napięcia, jak na zewnątrz. Wtedy wyprowadzenie zaczepek jest łatwe i pewne, ale sprawa pracy równoległej komplikuje się. Jednakże pierwszy wzgląd w wyżej wspomnianej normie został uznany jako decydujący, a w konsekwencji napięcia zwarcia między uzwojeniami różnią się znacznie (10,5% oraz 17%). Niewątpliwie przyszłe polskie normy na transformatory trójuzwojeniowe pójdą w tym samym kierunku.



Oczywiście, przy 60 kV sprawa wyprowadzenia zacze- pów ze środkowego uzwojenia, choć bardzo trudna, jest łatwiejsza niż przy napięciu 110 kV. W omawianym wypadku wybrano rozwiązanie możliwie proste i pewne. Odstęp między



Rys. 3. Przekroje rdzenia i jarzma

uzwojeniami na 60 kV i 20 kV został zwiększony prawie dwukrotnie, a zacze- py regulacyjne wyprowadzono ze środka uzwojenia okrągłym drutem, izolowanym papierem kablowym na grubość 26 mm (obustronnie). Kabel ten po wysuszeniu poddano w laboratorium fabrycznym próbie napięciowej w oleju; wytrzymał 130 kV (sk.) w ciągu 5 minut.

Celem odprowadzenia do możliwie najmniejszych wartości sił osiowych, mogących wystąpić przy zwarciu, cewek zacze- powych nie umieszczono w jednym miejscu kolumny, lecz rozbito je na dwie grupy (rys. 4). Uzwojenie na 6,3 kV wykonano jako spiralne o dziesięciu przewodach równoległych ze względu na wielkie prądy. Zastosowano tutaj uproszczony sposób przepleceń dla zmniejszenia strat dodatkowych w miedzi, dający znaczną oszczędność na wysokości uzwojenia. Zamiast normalnie potrzebnych 9 prze- pleceń przy 10 przewodach równoległych uproszczony spo- sób zmniejsza tę liczbę do 3 (rys. 5). Tak więc oszczędność miejsca w tym wypadku wyniosła  $9 - 3 = 6$  wysokości przewodu.

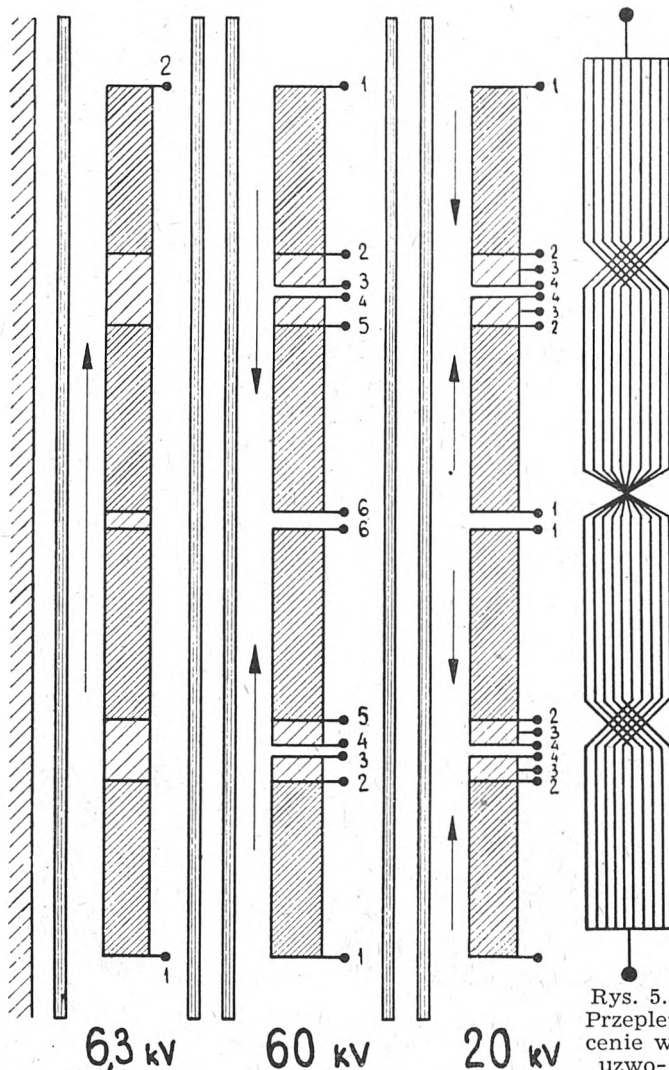
Ponieważ sposób ten miał być stosowany w kraju po raz pierwszy, uprzednio wykonano próbne uzwojenie tego sa- mego rodzaju dla seryjnego transformatora o mocy 1000 kVA i przekonano się, że straty dodatkowe utrzymują się w tych samych granicach, co przy pełnym przepleceniu. Prócz przepleceń uzwojenie na 6,3 kV otrzymało tzw. „roz-

zedzenia“ naprzeciwko cewek zacze- powych dla zreduko- wania sił zwarciovych.

Uzwojenie 60-kilowoltowe podzielono na dwie gałęzie równoległe ze względu na duży prąd oraz rozmieszczenie zacze- pów w dwóch miejscach. Wykonano je systemem ciągłym, bez lutowań, które stanowią słabe miejsca w każ- dym uzwojeniu. System ciągły nawijania uzwojeń drutem profilowym wymaga, aby co druga cewka była odwracana w ten sposób, że spodni zwój wychodzi na wierzch, a wierzchni idzie na spód. Z tego powodu coraz bardziej przyjmuje się nazwa „uzwojenia wywrotkowego“ dla tego rodzaju uzwojeń. Uzwojenie to pokazane jest na rys. 6.

Zewnętrzne uzwojenie 20-kilowoltowe podzielono na cztery gałęzie równoległe, lecz, aby zmniejszyć siły zwarcia, cewki zacze- powe umieszczono w dwóch miejscach — na wprost cewek wyłączalnych na 60 kV. Uzwojenie to także zostało nawinięte jako „wywrotkowe“.

Wskutek tego rodzaju rozmieszczenia uzwojeń i cewek zacze- powych obliczona największa siła osiowa, która mogłaby wystąpić przy zwarciu w chwili największej asy- metrii (jedno z uzwojeń przy włączonych wszystkich ce- wkach zacze- powych, drugie przy wyłączonych), nie przekro-



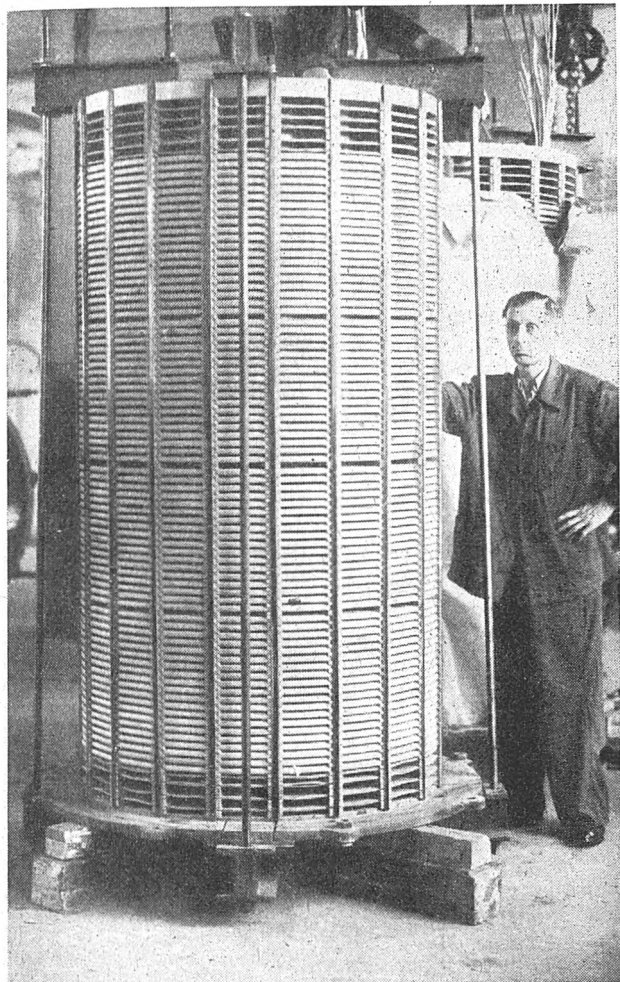
Rys. 4. Układ uzwojeń transformatora

Rys. 5. Prze- plenie w uzwo- jeniu na 6,3 kV

czy 14 000 kg. Biorąc pod uwagę wielkość transformato- rów, należy stwierdzić, że siła ta jest stosunkowo mała. Zakładając, że osiowe przesunięcie uzwojeń względem siebie wynosi tylko 1% całkowitej ich wysokości (co może być spowodowane niezbyt dokładnym montażem), otrzymujemy już siłę 23 500 kg. Stąd widać, jak ważnym warunkiem w budowie wielkich transformatorów jest dokładność ich wykonania.



Sprawa izolacji zwojów w omawianych transformatorach wymagała dokładnego przeanalizowania. Chodziło o to, by wykonać transformatory zupełnie pewne, nie dając



Rys. 6. Uzwojenie 60-kilowoltowe

jednak izolacji o nadmiernej grubości. Pogrubienie izolacji zwojów, nawet o dziesiąte części milimetra, powiększa gabaryt transformatora niewspółmiernie. Wymiary rdzenia wówczas znacznie wzrastają, sprawność maleje, cena zaś zwiększa się. Polskie Normy (PNE-33) przewidują próbę izolacji zwojów przy dwukrotnie zwiększonym napięciu, próba ta jednak może wykryć tylko grube błędy czy uszkodzenia izolacji — z powodu stosunkowo niskiego napięcia, przypadającego na 1 zwój (w omawianym przypadku napięcie na zwój wynosi ok. 85 V, jego zaś podwójna wartość ok. 170 V). Próba na fale uskokowe nie jest obowiązująca; poza tym nie zdała ona egzaminu życiowego i najnowsze przepisy międzynarodowe nie przewidują jej.

Pewną wskazówkę mogą dać przepisy szwedzkie z r. 1930 „Normer för transformatorer“, które zalecają, aby izolacja międzyzwojowa wytrzymała w ciągu 5 sekund napięcie obliczone z poniższego wzoru:

$$2 \left( 1 + \frac{\sqrt{U}}{2} \right) \left( 1 + \frac{\sqrt{P}}{4} \right) \text{ kV,}$$

gdzie  $U$  — napięcie znamionowe transformatora w kV,  
 $P$  — moc transformatora w kVA.

W naszym wypadku dla uzwojenia górnego napięcia mamy:

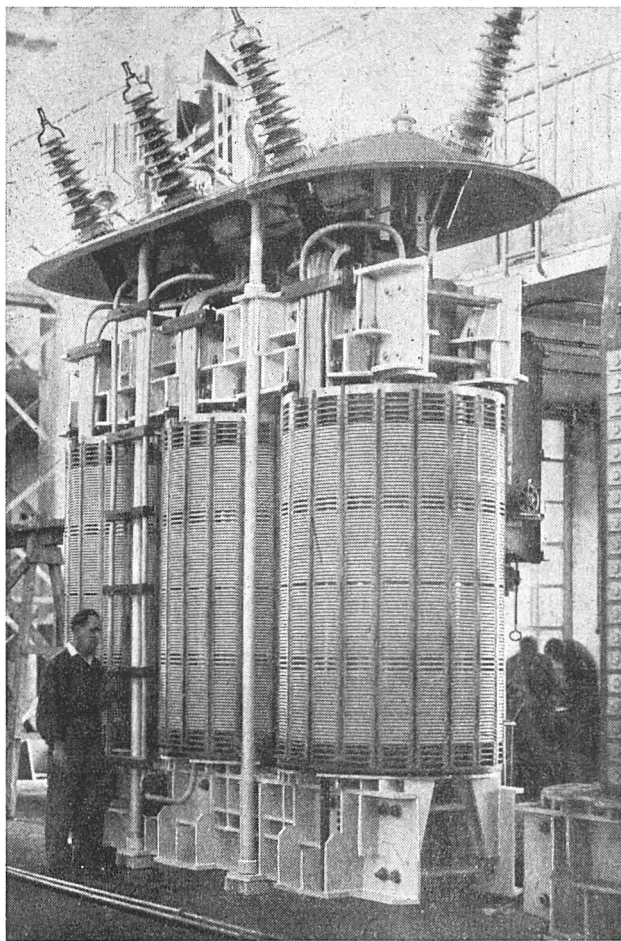
$$2 \left( 1 + \frac{\sqrt{60}}{2} \right) \left( 1 + \frac{\sqrt{40\,000}}{4} \right) \cong 44 \text{ kV.}$$

Wielkość tę może wytrzymać izolacja zanurzona w oleju, wykonana z krajowego papieru kablowego, pogrubiająca dwustronnie przewód o ok. 1,6 — 1,7 mm.

Otrzymana w ten sposób grubość izolacji w porównaniu ze stosowanymi grubościami przez rozmaite wytwórnie amerykańskie i europejskie, wydaje się dość znaczna.

Według W. Kehsego [6] wytwórnie europejskie stosują rozmaite grubości, jednakże na ogół większe niż wytwórnie amerykańskie. Te ostatnie dają silnie wzmocnione cewki wejściowe, a całe uzwojenie cienko izolowane. Np. amerykański transformator na 10 MVA, 110 kV ma dwustronną grubość izolacji przewodów normalnych 0,8 mm, gdy jedna z wytwórni europejskich stosuje grubość w takim samym transformatorze 2,2 mm (wg wzoru szwedzkiego potrzebna by tu była izolacja ok. 1,4 mm). Izolacja grubości 2,2 mm wydaje się w tym wypadku mocno przesadzona. Izolacja 0,8 mm daje dużą oszczędność miejsca, a więc i wagi transformatora i jest wg amerykańskich danych zupełnie pewna.

Wymieniony wyżej autor podaje przykład transformatora europejskiego na 32 MVA, 109/22 kV, w którym obustronna izolacja normalnych zwojów wynosi — tak na stronie wyższego, jak i niższego napięcia — 1,0 mm (wg wzoru szwedzkiego potrzeba byłoby ok. 1,8 mm). W przykładzie transformatora BBC na 30 MVA, 160/50 kV obustronna grubość izolacji normalnych cewek wyższego napięcia wynosi 1,5 mm, niższego 1,2 mm. Wreszcie trans-



Rys. 7. Widok transformatora wyjętego z kadzi

formator na 40 MVA, 128/13 kV firmy G. C. E. posiada izolację obustronną cewek normalnych na stronie górnego napięcia 0,9 mm, dolnego 0,5 mm.

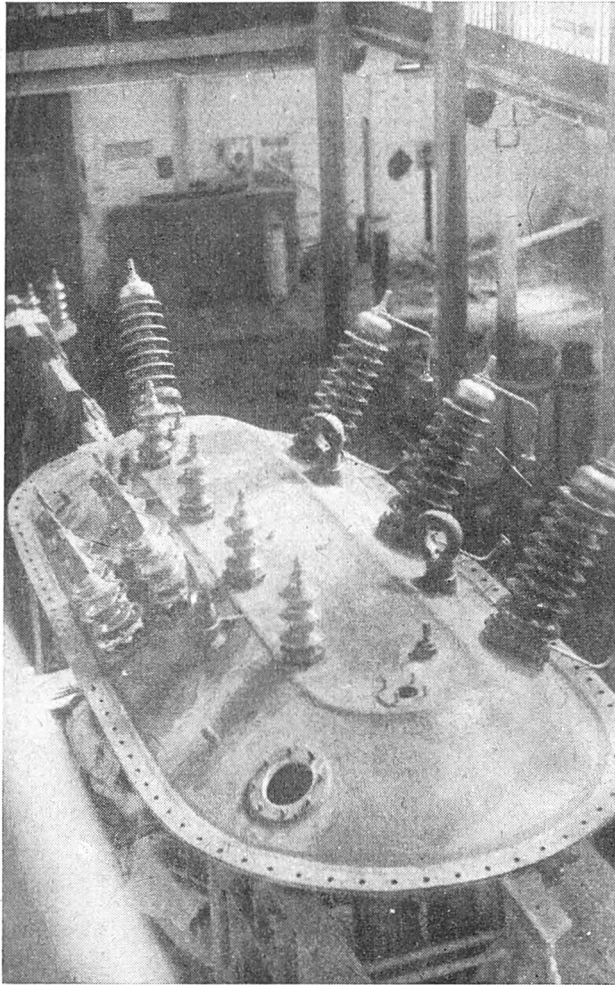
Przykłady te wskazują, że najpoważniejsze firmy stosują izolację o grubościach o wiele mniejszych, niżby to wynikało ze wzoru szwedzkiego, osiągając mimo to całkowitą pewność ich pracy.

W naszym wypadku została ostatecznie zastosowana izolacja zwojów normalnych na stronie górnego napięcia o grubości obustronnej 1,4 mm, 5% zaś zwojów w cewkach wstępnych otrzymało izolację wzmocnioną 2,4 mm, dalsze 5% zwojów izolację 1,9 mm. Uzwojenie na stronie śred-



niego i dolnego napięcia posiada izolację o grubości 0,9 mm (wstępne zwoje uzwojenia 20-kilowoltowego posiadają izolację 1,5 mm).

Próbne cewki izolowane krajowym papierem kablowym, badane w oleju na przebicie w laboratorium fabrycznym,



Rys. 8. Pokrywa transformatora widziana z góry

wykazały następującą średnią wytrzymałość jednosekundową izolacji międzyzwojowej:

izolacja obustronna	0,9 mm	—	28,0 kV
"	"	1,4 "	— 41,8 "
"	"	1,9 "	— 54,1 "
"	"	2,4 "	— 66,7 "

Ażeby zorientować się, z jakimi naprężeniami izolacji międzyzwojowej mogą się powyższe transformatory spotkać w czasie pracy, wykonamy następujące przybliżone obliczenie.

Szczytowe napięcie fali wędrownej, która może dojść do uzwojenia, wynosi tyle, ile udarowe napięcie przeskoku na iskiernikach izolatorów przepustowych transformatora — czyli ok. 390 kV.

Przy przeskoku na iskierniku powstaje strome ścięcie fali przejściowej, które może być bardziej groźne dla uzwojeń od stromości czoła, złagodzonego upływnością w czasie drogi. Długość ścięcia krańcowego jest krótsza od czoła i można założyć, że wynosi ok. 0,1  $\mu$ sek. Jeżeli przyjąć, że prędkość rozchodzenia się fal w uzwojeniach jest mniejsza od prędkości bezwzględnej i wynosi około 180 m/ $\mu$ s, to otrzymamy dla 0,1  $\mu$ s długość 18 m. Wobec tego średnia stromość krańcowego ścięcia fali przepięciowej wyniesie

$$\frac{390}{18} = 21,7 \text{ kV/m.}$$

W omawianych transformatorach średnia długość zwoju górnego napięcia wynosi ok. 3 m, co daje różnicę napięć między sąsiednimi zwojami:  $21,7 \text{ kV/m} \times 3 \text{ m} = 65 \text{ kV/zwój}$ .

Tę liczbę, odnosząc się do przebiegów udarowych, przełączymy dla próby jednosekundowej przy 50 okr./sek. w wartościach skutecznych, przyjmując współczynnik udaru  $k_u = 1,5$  dla izolacji międzyzwojowej (wg Koryckiego)

$$\frac{65}{\sqrt{2} \cdot 1,5} = 30,6 \text{ kV} \cdot \text{s/zwój.}$$

Możemy teraz obliczyć współczynnik pewności izolacji górnego napięcia dla wstępnych zwojów:

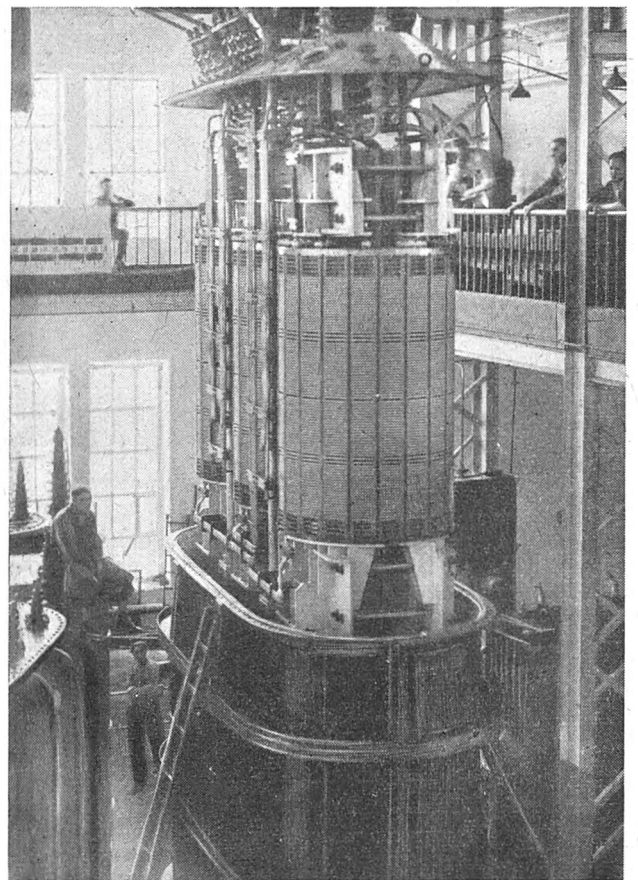
$$\frac{66,7}{30,6} \cong 2,19$$

oraz dla normalnych:

$$\frac{41,8}{30,6} \cong 1,36.$$

Współczynniki te są znacznie wyższe od spotykanych normalnie w dużych transformatorach wysokonapięciowych; wobec tego należy uznać, że w tym wypadku izolacja międzyzwojowa została wykonana z dużą pewnością.

Jako izolację międzyzwojową górnego napięcia zastosowano po dwa sztywne cylindry z papieru bakielizowanego o grubości 6 mm. Ponieważ uzwojenie górnego napięcia zostało umieszczone między uzwojeniami niższych



Rys. 9. Ładowanie transformatora do kadzi

napięć, postanowiono nie stosować izolacyjnych pierścieni kątowych, ażeby nie utrudniać przepływu oleju i nie pogarszać chłodzenia.

Grzanie się wszystkich trzech uzwojeń utrzymane zostało na jednym poziomie i obciążenie powierzchni cewek nie przekracza 25 W/dcm<sup>2</sup>, co dla transformatorów z przemysłowym obiegiem oleju i chłodzeniem wodnym nie jest wartością zbyt wysoką.

Wszystkie trzy uzwojenia od strony górnego jarzma otrzymały grube przecięte w jednym miejscu pierścienie metalowe, na których opierają się śruby dociskowe (rys. 7). Konstrukcja ta zupełnie pewnie zabezpiecza uzwojenia przed deformacjami od sił zwarciovych.



W ostatnich czasach prawie wszystkie wytwórnie, które dawniej stosowały prócz śrub sprężyny dociskowe, przechodzą na konstrukcje bezsprężynowe.

Według A. W. Koryckiego konstrukcja prasująca uzwojenia przez sprężyny jest niepewna ze względu na skomplikowaną budowę oraz z powodu możliwości drgań sprężyscie uchwyconych cewek, co w konsekwencji może doprowadzić do pogorszenia się stanu izolacji. Dalej wspomniany autor zaznacza, że firmy, stosując niegdyś prasowanie uzwojeń przy pomocy sprężyn (np. „ASEA“), zarzuciły ten sposób, gdyż praktyka nie wykazała spodziewanej pewności ruchu przy podobnych rozwiązaniach.

Wiele fabryk obecnie stosuje nawet do największych transformatorów konstrukcje bezsprężynowe i bezśrubowe. Panuje teraz tendencja możliwego uproszczenia konstrukcji, jednakże bez uszczerbku dla pewności pracy transformatora, co do której wymagania stale wzrastają.

Dwa przełączniki zaczepów do regulacji bez napięciowej umieszczono równolegle do siebie pod pokrywą transformatora, wykonaną kopulasto (rys. 7 i 8).

Przełączniki typu podłużnego wykonane z płyt lub rur z bakielizowanego papieru posiadają wiele zalet. Łatwo jest je umieścić w miejscu normalnie słabo wyciskanym (to jest pod pokrywą), droga przewodów zaczepowych do styków przełączalnych jest krótka i prosta, opory tarcia przy przełączaniu są niewielkie, pewność pracy jest duża.

Widok pokrywy transformatora pokazany jest na rys. 8. Po stronie napięcia 6,3 kV zastosowano sześć izolatorów ze względu na wielkie prądy. Po stronie 20 kV i 60 kV zera są wyprowadzone.

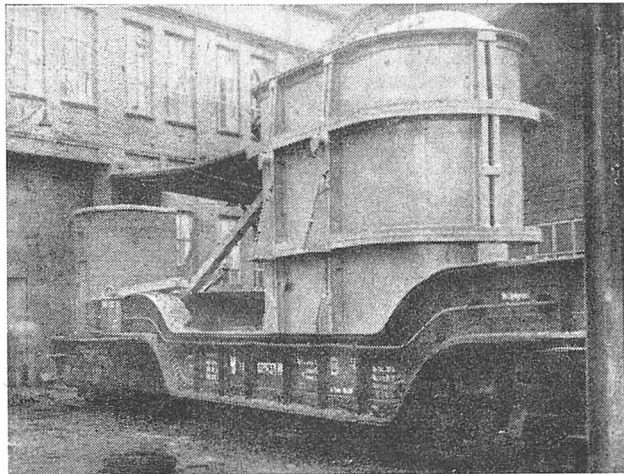
Do chłodzenia każdego z transformatorów zastosowano dwie chłodnice wodne uprzednio opracowane typu Chw 300 o mocy chłodzenia 300 kW każda przy przepływie 100 m<sup>3</sup> oleju na godz. oraz 18 m<sup>3</sup> wody na godz.

Ponieważ straty ogólne transformatora wynoszą ok. 400 kW, układ chłodzący posiada dużą rezerwę. Każda z chłodnic ma zupełnie oddzielny obieg oleju wraz z filtrem, pompą i silnikiem napędowym. W ten sposób uzyskuje się dużą pewność ruchu, bo jedna chłodnica wystarcza na 75% znamionowego obciążenia, przy uruchomieniu zaś obu transformatorów może być trwale przeciążony o 12,5%.

Na rys. 9 pokazany jest moment ładowania transformatora do kadzi, a na rys. 10 transformator przygotowany do transportu.

Ażby opisane transformatory spełniały warunki minimum kosztów materiałów czynnych, przed przystąpieniem

do projektowania wykonano kilka wstępnych obliczeń przy rozmaitych średnicach rdzenia i wysokościach kolumny. Z obliczeń tych wybrano do realizacji jedno z najbardziej zbliżonych do obliczenia najkorzystniejszego pod względem



Rys. 10. Transformator na wagonie przygotowany do transportu

kosztów, które jednakże dawało zbyt duże wymiary na wysokość (przekroczenie obrysu).

Wyniki obliczeń zostały później sprawdzone na minimum kosztów metodą B. Dubickiego (P. E., 1950, z. 1), która po pewnej modyfikacji może być także stosowana do trójuzwojonych transformatorów wielkiej mocy. Sprawdzenie to potwierdziło słuszność wyboru zrealizowanego wariantu obliczenia.

#### LITERATURA

- [1] La Cour J. L. i Faye Hansen. Die Transformatoren, Berlin, 1936
- [2] Biermanns J. Die Aufgaben des heutigen Transformatorbaues, ETZ, 1933
- [3] Dubicki B. Obliczanie trójfazowych transformatorów rdzeniowych, Prz. Elektr., 1950, z. 1/2/3, str. 22
- [4] Jeziński E. Transformatory, Warszawa, 1935, 1949
- [5] Kehse W. Der praktische Transformatorbau, Stuttgart, 1934
- [6] Kehse W. Die Isolation der Grosstransformatoren hoher Spannung, ETZ, 1931
- [7] Korycki A. W. Konstrukcja transformatorów, Moskwa, 1936

MGR INŻ. JERZY SCHMIDT

## Prąd magnesujący transformatorów trójfazowych

Treść. Klasyczne metody obliczania prądu magnesującego transformatorów nie są dostatecznie dokładne. Na podstawie znanych zależności wprowadzono nowe wzory na obliczanie amperozwojów szczeliny oraz zbadano przebieg zjawiska w czasie. Wzór ogólny pozwala na dokładniejsze, niż dotąd, obliczenie prądu magnesującego bez obarczania wyniku błędem, zależnym od mocy transformatora, w przeciwieństwie do metody uproszczonej, która nie jest wolna od takiego błędu. Dokonane pomiary wykazują dobrą zgodność obliczonych charakterystyk z rzeczywistością.

Магнитизирующий ток трехфазных трансформаторов. Классические методы расчета магнитизирующего тока трансформаторов недостаточно точны. На основании известных соотношений даны новые формулы для расчета ампервитков воздушного промежутка и обследован ход явления. Обшая формула позволяет более точно, чем доньше, подсчитать магнитизирующий ток без погрешности, зависящей от мощности трансформатора, в противоположность упрощенному методу, при котором такой погрешности нельзя избежать. Произведенные измерения подтверждают согласованность расчетных характеристик с действительностью.

Magnetising current in three-phase transformers. Lack of accuracy in the classical methods of calculating magnetising current in transformers. On the basis of contingences known, new formulae for the calculation of gap ampere-turns have been introduced, and the course of this phenomenon in time has been investigated. The general formula provides the means for a more accurate calculation of the magnetising current than hitherto, without encumbering the result with error contingent on the transformer power, in contrast to the simplified method which is not free from such an error. The measurements taken show fair agreement of the characteristics calculated with actual facts.

### 1. Wstęp.

Obliczanie prądu magnesującego transformatorów uchodzi na ogół wśród fachowców za zadanie niewdzięczne, a jego wynik jest więcej niż problematyczny ze względu na szereg okoliczności przypadkowych, od których poszukiwana wielkość zależy. Poza tym jest również rzeczą wiadomą, że — obliczając prąd magnesujący metodą klasyczną — popełniamy błąd zależny od wielkości transformatora, tak że prąd rzeczywisty jest w małym transformatorze z reguły większy, w dużym mniejszy od obliczonej wartości.

Przyczyną tego stanu rzeczy jest przede wszystkim fakt, że opieramy się dotąd — jeśli chodzi o transformatory z rdzeniem zaplatanym, a o takich wyłącznie mówić będziemy — na badaniach dziś już przestarzałych, pochodzących z początku tego wieku, kiedy w budowie transformatorów stosowano różne od dzisiejszych materiały oraz znacznie niższe nasycenia i gęstości prądu.

Dopiero w ostatnich latach spotkać można w literaturze technicznej wyniki nowszych badań i poglądów w tej kwestii. Wymienić tu należy artykuły Goworkowa oraz Butlera i Manga (ob. wykaz literatury). Ten drugi arty-



kuł dotyczy zresztą wyłącznie zakresu małych nasyczeń, nie ma więc zastosowania, gdy chodzi o transformatory mocy. Natomiast wyniki badań Goworkowa ujęte są w dość skomplikowaną formę matematyczną, której zastosowanie do celów praktyki nie jest łatwe.

W toku prowadzonych w ramach Centralnego Biura Konstrukcyjnego Maszyn Elektrycznych prac nad normalizacją transformatorów trójfazowych rozwinięta została odmienna od klasycznej metoda, pozwalająca z jednej strony na uwzględnienie dokładności wykonania i niektórych innych okoliczności, jak np. wielkości transformatora, z drugiej zaś na osiągnięcie lepszego niż w teorii klasycznej przybliżenia do wartości rzeczywistej.

Prąd magnesujący transformatora trójfazowego z rdzeniem zaplatanym składa się z dwóch części: prądu magnesującego trzech kolumn i dwu jarzm oraz prądu magnesowania szczelin, tj. części rdzenia, w których kolumny i jarzma łączą się ze sobą przez zaplatanie. Rozpatrzmy po kolei oba składniki.

## 2. Prąd magnesujący żelaza rdzenia.

Weźmy pod uwagę odcinek żelaza, w którym indukcja posiada wartość stałą  $B$ ; długość jego niech będzie  $l$  cm, przekrój  $s$  cm<sup>2</sup>, objętość  $l \cdot s$  cm<sup>3</sup>, ciężar  $7,55 l \cdot s$  g, czyli

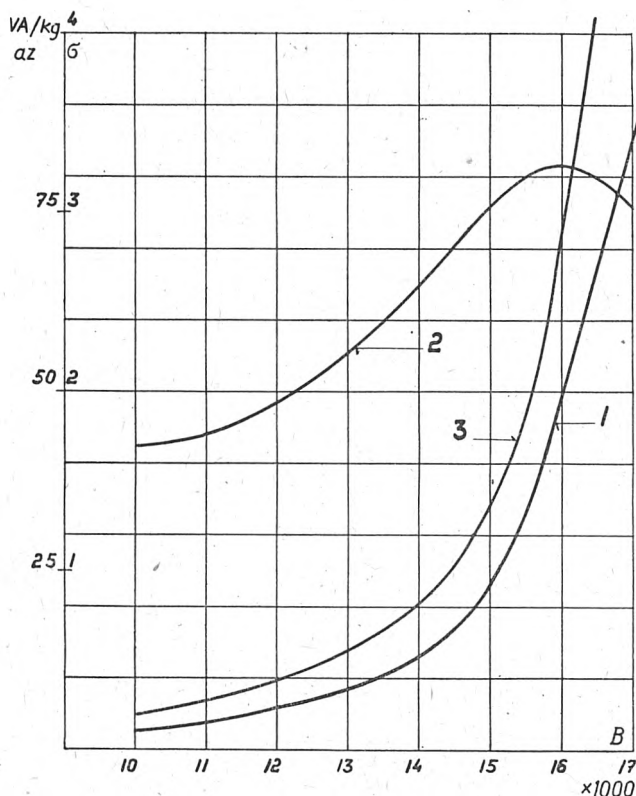
$$P = 7,55 \cdot l \cdot s \cdot 10^{-3} \text{ kg.}$$

Przypuśćmy, że znana jest również statyczna charakterystyka magnesowania blachy  $B = f(az)$ , czyli zależność indukcji od amperozwojów na 1 cm długości rdzenia. Niech wartość  $B$  odpowiada  $az$  amperozwojom na cm; wtedy największa wartość prądu magnesującego dany odcinek rdzenia (przy  $z$  zwojach)

$$I_{\max} = \frac{az \cdot l}{z},$$

wartość zaś skuteczna

$$I = \frac{az \cdot l}{z \cdot \sigma},$$



Rys. 1. Charakterystyki magnesowania rdzenia trójfazowego bez uwzględnienia szczeliny

- 1 — Charakterystyka magnesowania  $az = f(B)$  blachy transformatorowej (0,4 mm, 1,3 W/kg)
- 2 — Współczynnik szczytu  $\sigma = f(B)$  rdzenia trójfazowego asymetrycznego
- 3 — Moc magnesująca  $P_0 = f(B)$  w VA/kg

gdzie  $\sigma = \frac{I_{\max}}{I}$  jest współczynnikiem szczytu krzywej magnesowania, odpowiadającym danej wartości indukcji  $B$ .

Napięcie indukowane w  $z$  zwojach uzwojenia magnesującego przy 50 okr./sek.:

$$U = 4,44 \cdot 50 \cdot z \cdot B \cdot s \cdot 10^{-8} \text{ V,}$$

moc zaś magnesująca na 1 kg ciężaru rdzenia:

$$(1) P_0 = \frac{U \cdot I}{P} = \frac{222 \cdot z \cdot B \cdot s \cdot 10^{-8} \cdot az \cdot l}{z \cdot \sigma \cdot 7,55 \cdot l \cdot s \cdot 10^{-3}} = \frac{2,96}{\sigma} \cdot \frac{B}{10^4} \cdot az \frac{\text{VA}}{\text{kg}}$$

Obliczenie krzywej  $P_0 = f(B)$  nie przedstawia więc trudności, jeżeli znana jest charakterystyka  $B = f(az)$  magnesowania blachy, z której wykonany jest rdzeń oraz odpowiadające tej charakterystyce wartości współczynnika szczytu  $\sigma = f(B)$ .

W dalszych rozważaniach korzystać będziemy z charakterystyki magnesowania blachy transformatorowej (produkowanej przed wojną przez Hutę Batory) o grubości 0,4 mm i stratności znamionowej 1,3 W/kg (rys. 1, krzywa 1). Wartości krzywej 2 są oparte na tej charakterystyce wartości współczynnika szczytu, obliczone przez katedrę budowy maszyn Politechniki Łódzkiej, a użyczone łaskawie przez prof. inż. E. Jezierskiego.

Tablica I

B	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000
$\sigma$	1,71	1,77	1,93	2,22	2,58	3,04	3,26	3,4
$az$	2,7	3,8	5,3	7,9	12,5	23,5	49,0	84,0
$P_0$	4,7	6,7	9,15	13,1	20,1	34,3	11,0	135,0

W tablicy I podano obliczone na podstawie wzoru (1) — dla zakresu indukcji  $B$  od 10 000 do 17 000 — wartości mocy magnesującej rdzenia trójfazowego asymetrycznego. Krzywa 3 na rys. 1 podaje te same wartości w formie wykresu  $P_0 = f(B)$ .

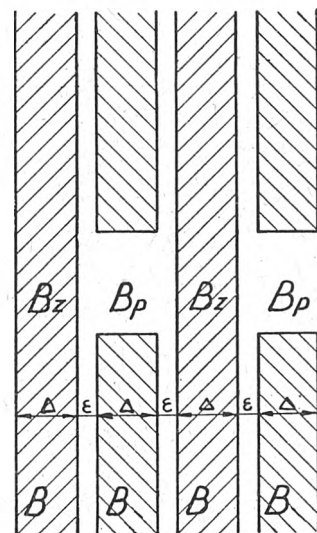
Moc magnesowania żelaza czynnego transformatora wyraża się wzorem:

$$P_{0z} = P_k \cdot q_k + P_j \cdot q_j$$

gdzie  $P_k$  i  $P_j$  wartości odpowiadające indukcji w kolumnach i jarzmach, a  $q_k$  i  $q_j$  odpowiednie ciężary kolumn i jarzm (kg).

## 3. Indukcja w szczelinie rdzenia.

Wartość mocy potrzebnej do magnesowania szczelin powstających w miejscu styku zależy od długości powsta-



Rys. 2. Schemat zaplatania blach rdzenia transformatorowego

łej szczeliny. Dalsze rozważania ograniczymy do stosowanego najczęściej sposobu zaplatania, przy którym stosunek przekrojów jest 1:2; rozszerzenie tych rozważań na inne sposoby pakietowania nie przedstawia trudności.



Na rys. 2 oznaczają:  $\Delta$  grubość blachy,  $\varepsilon$  — grubość izolacji blach wraz z ew. klejem i nieuniknionymi luzami,  $B_z$  — wartość indukcji w blasze,  $B_p$  zaś w powietrzu (wzgl. oleju) w miejscu zaplatania, podczas gdy  $B$  jest wartością indukcji w miejscu dostatecznie od szczeliny odległym.

Strumień w przekroju szczeliny musi być równy strumieniowi w dowolnym innym przekroju:

$$(2) \quad \begin{aligned} B_z \cdot \Delta + B_p (\Delta + 2\varepsilon) &= 2 B \Delta \\ B_z + B_p \left(1 + 2 \frac{\varepsilon}{\Delta}\right) &= 2 B. \end{aligned}$$

Spadek potencjału magnetycznego wzdłuż szczeliny  $\delta$  musi być jednakowy dla obu połączonych równolegle dróg strumienia magnetycznego w żelazie i w powietrzu, a zatem indukcje  $B_z$  i  $B_p$  muszą być proporcjonalne do przenikalności magnetycznych:  $\mu$  dla żelaza i 1 dla powietrza:

$$(3) \quad \frac{B_p}{B_z} = \frac{1}{\mu} \text{ czyli } B_z = \mu \cdot B_p.$$

Ponieważ stosowane obecnie wartości indukcji leżą w granicach 10 000—15 000, przeto  $B_z$  przekracza z re-

wartości indukcji  $B$  oraz dowolnego współczynnika zapętnienia. W dalszych rozważaniach przyjmujemy  $\eta = 0,85$ , zakładając wartość stosunkowo niską, uwzględniającą chropowatość blach. Równania przybierają wtedy postać:

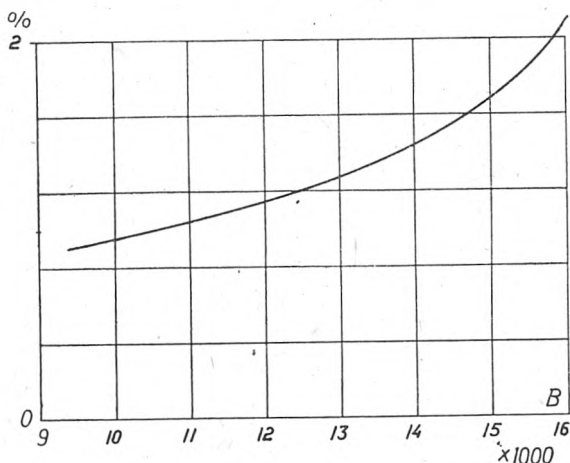
$$(10) \quad \begin{cases} B_z = 0,85 B + 11\,200, \\ B_p = 0,85 B - 8\,300. \end{cases}$$

Obliczone tym sposobem równania nie uwzględniają strumienia zamykającego się przez powietrze poza rdzeniem, zwiększającego przekrój powietrza i zmniejszającego nasycenia. Aby sprawdzić wpływ tego (przebiegającego poza rdzeniem) strumienia, wykonano następujący pomiar.

Tablica II

B	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000
$B_z$	19700	20550	21400	22250	23100	23950	24800	25650
$az$	360	840	1520	2200	2880	3560	4240	4920
$az^2 \cdot 10^6$	0,13	0,7	2,31	4,84	8,3	12,7	18,0	24,3

Transformator o mocy 1000 kVA, zaopatrzone tylko w uzwojenie niskiego napięcia, został spakietowany przewizorycznie, przy czym dookoła szczeliny nawinięto na



Rys. 3. Rozproszenie strumienia głównego w sąsiedztwie szczeliny w %

gęły 20 000. Dla tych indukcji zachodzi podana przez La Coura (Arnold — La Cour. Wechselstromtechnik, t. II, str. 146) zależność:

$$(4) \quad az = \frac{B_z - 19\,500}{1,25},$$

a przenikalność magnetyczna

$$(5) \quad \mu = \frac{B}{H} = \frac{B_z}{1,25 az} = \frac{B_z}{B_z - 19\,500}.$$

Stąd indukcja w powietrzu

$$(6) \quad B_p = \frac{B_z}{\mu} = B_z - 19\,500.$$

Podstawiając tę wartość do równania (2), otrzymamy:

$$(7) \quad \begin{aligned} B_z + (B_z - 19\,500) \left(1 + 2 \frac{\varepsilon}{\Delta}\right) &= 2 B, \text{ czyli} \\ B_z \left(1 + \frac{\varepsilon}{\Delta}\right) - 9\,750 \left(1 + \frac{2\varepsilon}{\Delta}\right) &= B. \end{aligned}$$

Wprowadzmy teraz wartość współczynnika zapętnienia

$$\eta = \frac{\Delta}{\Delta + \varepsilon}, \text{ a stąd}$$

$$1 + \frac{\varepsilon}{\Delta} = \frac{1}{\eta} \text{ oraz } 1 + \frac{2\varepsilon}{\Delta} = \frac{2}{\eta} - 1.$$

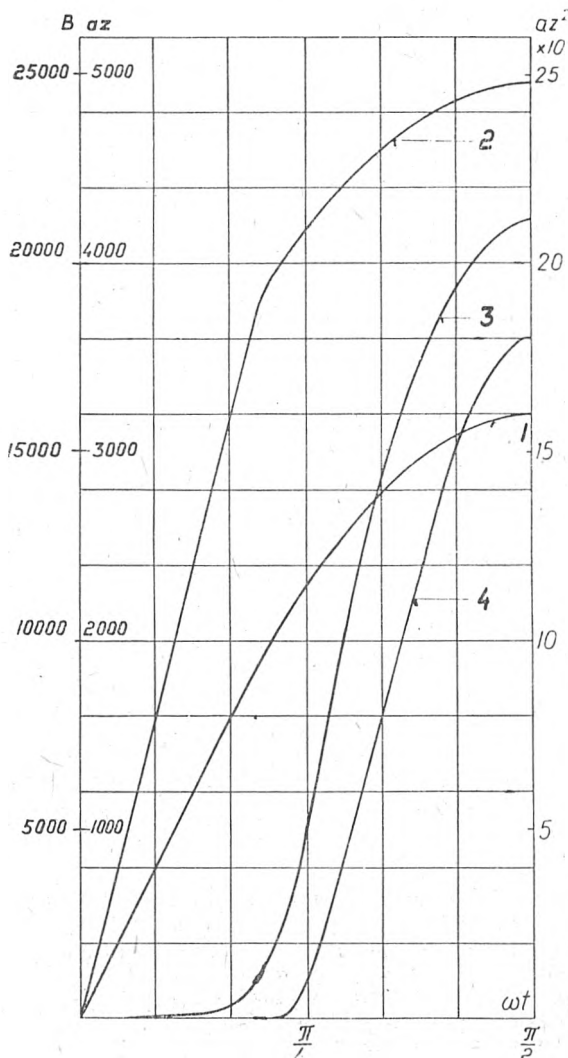
Wartości te podstawiamy do równania (7) i otrzymujemy:

$$(8) \quad B_z = B \eta + 9\,750 (2 - \eta),$$

po podstawieniu zaś do (6)

$$(9) \quad B_p = \eta (B - 9\,750).$$

Równania (8) i (9) pozwalają określić rzeczywiste wartości indukcji w żelazie i w powietrzu szczeliny dla każdej



Rys. 4. Wykreślne obliczenie amperozwojów szczeliny

- 1 — Wykres sinusoidalnego przebiegu indukcji dla  $B_m = 16\,000$
- 2 — Indukcja w żelazie szczeliny zaplatanej
- 3 — Amperozwoje na cm szczeliny powietrznej
- 4 — Wykres kwadratów wartości krzywej 3 do obliczenia wartości skutecznej

dwóch kolumnach cewki próbne składające się z 10 zwojów cienkiego drutu miedzianego (o średn. 0,15 mm) izolowa-



nego, szczególnie obejmującego rdzeń. Transformator zasilano trójfazowo, mierząc napięcie przypadające na 1 zwój uzwojenia magnesującego oraz napięcie na cewce próbnej. Na rys. 3 podano w % różnicę zmierzonych wartości na zwój w zależności od indukcji w kolumnie. Jak widać z rysunku, wynikający z rozpraszania się strumienia głównego w bliskości szczeliny błąd nie przekracza, w zakresie stosowanych obecnie nasyceń 10 000—16 000, wartości 2%, może być więc w dalszych rozważaniach pominięty.

Tablica III. Spółczynnik szczytu krzywej magnesowania szczeliny

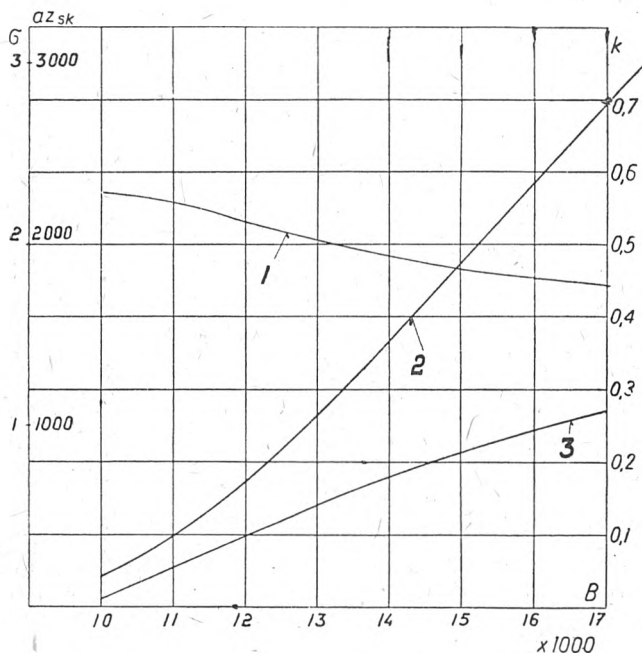
B	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000
$\sigma$	2,28	2,26	2,12	2,04	1,94	1,86	1,805	1,77

#### 4. Spółczynnik szczytu prądu magnesującego szczeliny.

Zbadajmy teraz przebieg w czasie prądu magnesującego szczeliny. W tym celu założmy, że strumień i indukcja  $B$  w żelazie poza szczeliną zmieniają się sinusoidalnie

$$B = B_{\max} \cdot \sin \omega t.$$

Wartości chwilowe indukcji  $B_z$ , odpowiadające wartościom  $B$ , obliczamy następującym sposobem: dla małych



Rys. 5. Charakterystyki szczeliny zaplatanej

- 1 — Spółczynnik szczytu prądu magnesowania szczeliny  $\sigma = f(B)$
- 2 — Amperozwoje jednostkowe szczeliny (wartość skuteczna)  $az_{sk} = f(B)$
- 3 — Wartość  $k = \frac{\delta_r}{\delta} = f(B)$

nasyceń  $B < 10\,000$  można przyjąć, że  $B_z = 2B$ , ponieważ  $B_p$  posiada w tym zakresie wartość znikomo małą wskutek znacznych wartości przenikalności magnetycznej  $\mu$  żelaza; odpowiadające tym wartościom amperozwoje na cm odczytujemy z krzywej magnesowania (rys. 1); dla nasyceń większych  $B > 10\,000$  obliczamy  $B_z$  ze wzoru (10), a odpowiednie wartości amperozwojów na cm  $az$  z równania (4). Obliczone tą metodą wartości podaje tabl. II.

Na rys. 4 podano dla  $B_m = 16\,000$  przebieg sinusoidalny indukcji (krzywa 1) oraz obliczony na podstawie wartości tabl. II przebieg krzywej indukcji w żelazie szczeliny  $B_z$ ; ten ostatni odbiega znacznie od sinusoidalnego — krzywa jest tym silniej spłaszczona, im wyższa jest wartość  $B_{\max}$  i  $B_{z\max}$  (krzywa 2). Krzywa 3 wskazuje odpowiadający  $B_{\max}$  przebieg krzywej amperozwojów na cm długości szczeliny (prądu magnesującego szczeliny).

Tablica IV. Amperozwoje skuteczne szczeliny na cm

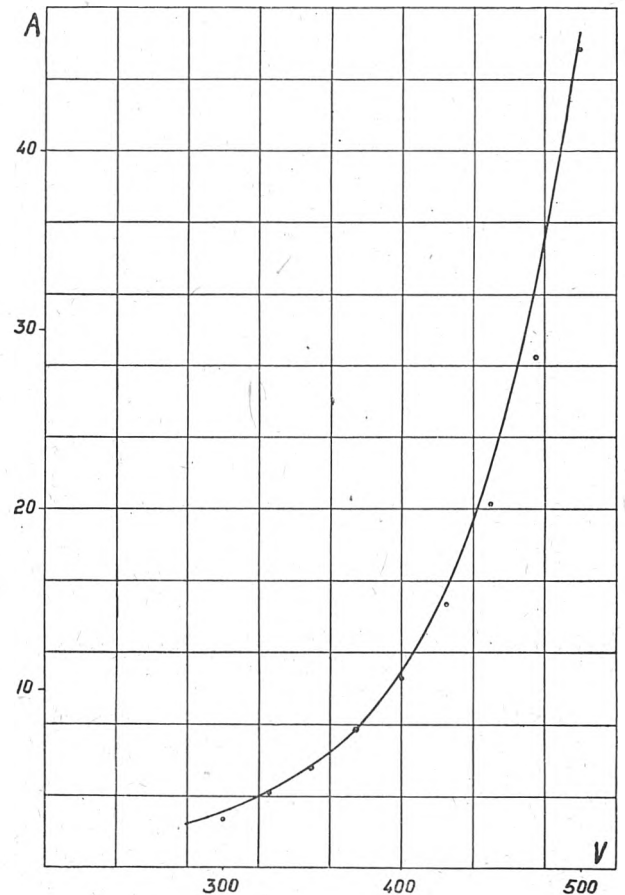
B	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000
$az_{sk}$	160	370	710	1090	1480	1920	2350	2780

Aby określić wartość skuteczną tej krzywej

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt},$$

wykreślamy krzywą kwadratów amperozwojów  $az^2 = f(t)$ , całkujemy ją wykreślnie (krzywa 4) i obliczamy następnie

$$\sigma = \frac{I_{\max}}{I}.$$



Rys. 6. Charakterystyka magnesowania transformatora na 125 kVA

Ciągłe linie — wartości zmierzone  
Kółeczka — wartości obliczone

Obliczenie powtarzamy dla różnych wartości indukcji  $B$ . Otrzymane wartości współczynnika szczytu prądu magnesującego  $\sigma$  zestawiono w tabl. III i na rys. 5 (krzywa 1).

Otrzymane wartości są obliczone dla  $\eta = 0,85$ , jednak mogą być stosowane również i przy wyższym współczynniku  $\eta$ , ponieważ, jak wskazuje obliczenie, nie ulegają one wtedy znaczniejszej zmianie. Tak np. dla  $\eta = 1$  i  $B = 15\,000$  wartość  $\sigma$  rośnie do 1,91, a zatem tylko o 2,7%.

Jak widać z tych rozważań, kształt krzywej prądu magnesującego szczeliny odbiega znacznie od sinusoidalnego, a współczynnik szczytu 1,41 przyjmowany w obliczeniach teorii klasycznej jest dość odległy od rzeczywistej wartości.

#### 5. Obliczenie prądu magnesującego szczeliny.

Z równania (4) obliczyliśmy podane w tabl. III wartości amperozwojów na cm w funkcji indukcji  $B$ ; dzieląc otrzymane wartości  $az$  przez współczynnik kształtu  $\sigma$  dochodzimy do wartości skutecznych  $az_{sk}$ , podanych w tabl. IV i na



rys. 1 (krzywa 2). Otrzymana zależność nie jest liniowa, chociaż amperozwoje maksymalne zmieniają się liniowo:

$$a_{z_{\max}} = \frac{B_z - 19\,500}{1,25} = 0,68 B - 6\,650.$$

Przyczyną odchylenia od linii prostej zależności  $a_{z_{sk}} = f(B)$  jest, oczywiście, zmienność współczynnika kształtu.

Normalny rdzeń trójfazowy zawiera 6 szczelin kolumnowych i 8 jarzmowych. Jeżeli każda z tych szczelin ma długość  $\delta$  cm, wtedy wartość skuteczna prądu magnesującego szczeliny wyrazi się wzorem

$$(11) \quad I_{msk} = \frac{\delta}{z} (6az_k + 8az_j),$$

gdzie  $az_k$  i  $az_j$  odczytane z krzywej 2 (rys. 5) oznaczają wartości amperozwojów szczeliny, odpowiadające indukcji  $B_k$  w kolumnie i  $B_j$  w jarzmie. Wygodniej jest liczyć w woltoamperach, przy czym

$$P_{osz} = \delta \cdot e (6az_k + 8az_j) \text{ woltoamperów,}$$

gdzie  $e$  — napięcie na zwój danego transformatora w woltach. Stąd całkowita moc magnesująca transformatora

$$(12) \quad P_o = p_k \cdot q_k + p_j \cdot q_j + \delta e (6az_k + 8az_j).$$

Równanie (12) posiada tę przewagę nad równaniami teorii klasycznej, że pozwala obliczyć prąd magnesujący z uwzględnieniem rzeczywistej szczeliny  $\delta$ , którą można zmierzyć, a przynajmniej ocenić na wykonanym transformatorze; ponieważ wzór uwzględnia przy tym rzeczywiste napięcie na zwój (strumień) transformatora, wynik nie jest obarczony błędem zależnym od mocy i wzór może być stosowany z równym powodzeniem i równą dokładnością tak do dużych, jak i do małych jednostek.

Dla sprawdzenia, w jakiej mierze podana wyżej teoria odpowiada rzeczywistym, zachodzącym w transformatorze zjawiskom, wykonano szereg pomiarów na transformatorach średniej mocy.

a) Transformator na 125 kVA,  $20\,000 \pm 5\%$ /400 V, układ Yz5, zasilany od strony uzwojenia zygzakowego 400 V. Na rys. 6 podana jest charakterystyka magnesowania, zmierzona w probierni. Dla punktu pracy  $e = 4,44$  V/zw, ciężar kolumn 121 kg, jarzm 160 kg, indukcja:  $B_k = 13\,700$ ,  $B_j = 12\,200$ .

Obliczamy dla punktu pracy moce magnesowania żelaza:

$$\begin{aligned} P_{oz} &= 20 \cdot 121 + 10,5 \cdot 160 = 4\,100 \text{ VA.} \\ P_o &= \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 10,7 = 7\,420 \text{ VA, stąd} \\ P_{sz} &= 7\,420 - 4\,100 = 3\,320 \text{ VA.} \end{aligned}$$

$$\text{Szczelina } \delta = \frac{3\,320}{4,44 (6 \cdot 1\,360 + 8 \cdot 750)} = 0,0535 \text{ cm} = 0,535 \text{ mm}$$

Opierając się na tej wartości, obliczamy szereg punktów charakterystyki magnesowania dla zakresu napięć od 300 do 500 V, co odpowiada indukcji w kolumnie od 10 270 do 17 130. Odpowiednie punkty zaznaczono kółkami na rys. 6. Zgodność przebiegu obu krzywych jest wyraźna.

b) Transformator na 200 kVA, 5200/229 V, układ Dy5; 5,28 V/zw, ciężar kolumn 200 kg, jarzm 223 kg, indukcja w kolumnach 12 800, w jarzmach 11 350; zmierzona moc magnesowania przy 229 V wynosi 8640 VA; stąd szczelina 0,87 mm.

Na rys. 7 (krzywa 1) wykreślono linią ciągłą zmierzoną charakterystykę magnesowania oraz oznaczono punkty obliczone. Zgodność jest uderzająca.

c) Transformator j. w., lecz o ciężarach 191,5 i 213,5 kg i indukcjach 13 375 i 16 640. Moc magnesowania 13 100 VA, obliczona szczelina 1,3 mm.

Zmierzoną charakterystykę magnesowania oraz punkty obliczone podano na rys. 7 (krzywa 2); zgodność i tu bardzo wyraźna.

Poza tym oględziny wykazały dobrą zgodność obliczonych wartości szczelin z rzeczywistymi wielkościami szczelin transformatorów.

#### 6. Uproszczone obliczenie prądu magnesującego.

Oznaczmy przez  $\delta_r$  wartość szczeliny zredukowanej, tj. takiej szczeliny czysto powietrznej, która odpowiada tym

samym amperozwojom, co szczelina rzeczywista (przy  $\eta = 0,85$ ):

$$\frac{\delta}{\sigma} (0,68 B - 6\,650) = \frac{\delta_r}{1,41} B \cdot 0,85, \text{ skąd}$$

$$(13) \quad k = \frac{\delta_r}{\delta} = \frac{1,41}{\sigma} \left( 0,8 - \frac{1\,820}{B} \right).$$

Obliczone na podstawie wzoru (13) wartości stosunku  $k = \frac{\delta_r}{\delta}$  podano jako krzywą 3 na rys. 5.

Jak wynika z poprzednich założeń, dla odcinka rdzenia ograniczonego dwiema szczelinami o długości  $\delta$  można napisać:

$$AZ_{szsk} = \frac{0,8 \delta_r B}{1,41} \cdot 2,$$

$$P_{osz} = \frac{1,6 \cdot \delta_r \cdot B \cdot e}{1,41} = \frac{1,6 \cdot k \cdot \delta \cdot e}{1,41};$$

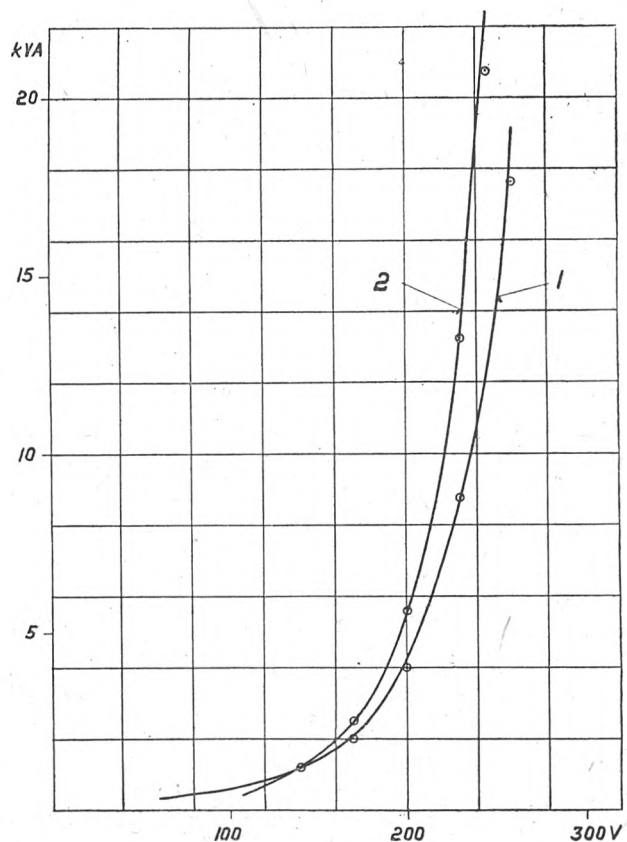
$$e = 222 \cdot s_k \cdot B \cdot 10^{-8}.$$

Obliczamy teraz wartość mocy pozornej magnesowania szczeliny, przypadającą na 1 kg rdzenia żelaznego, równej  $7,55 \cdot s_k \cdot 10^{-3}$ :

$$\begin{aligned} P_{osz} &= \frac{1,6 \cdot \delta \cdot k \cdot B \cdot 222 \cdot s_k \cdot B \cdot 10^8}{1,41 \cdot s_k \cdot l \cdot 7,55 \cdot 10^8} = \\ &= 167 \cdot \frac{2\delta}{l} \cdot k \cdot \left( \frac{B}{1000} \right)^2 \text{ VA/kg.} \end{aligned}$$

Ponieważ  $k$  jest również funkcją  $B$ , lecz  $\frac{2\delta}{l}$  nią nie jest,

przeto będziemy mogli wyrazić  $P_{osz}$  jako funkcję  $B$  tylko w tym wypadku, gdy zrobimy nieco sztuczne założenie, że  $\frac{2\delta}{l}$  jest wielkością stałą, tj. że szczelina rośnie proporcjonalnie do długości żelaza.



Rys. 7. Charakterystyki magnesowania transformatorów na 200 kVA

1 — Transformator z blachy o grubości 0,5 mm; szczelina 0,9 mm  
2 — Transformator z blachy o grubości 0,35 mm; szczelina 1,3 mm  
Ciągłe linie — wartości zmierzone  
Kółeczka — wartości obliczone



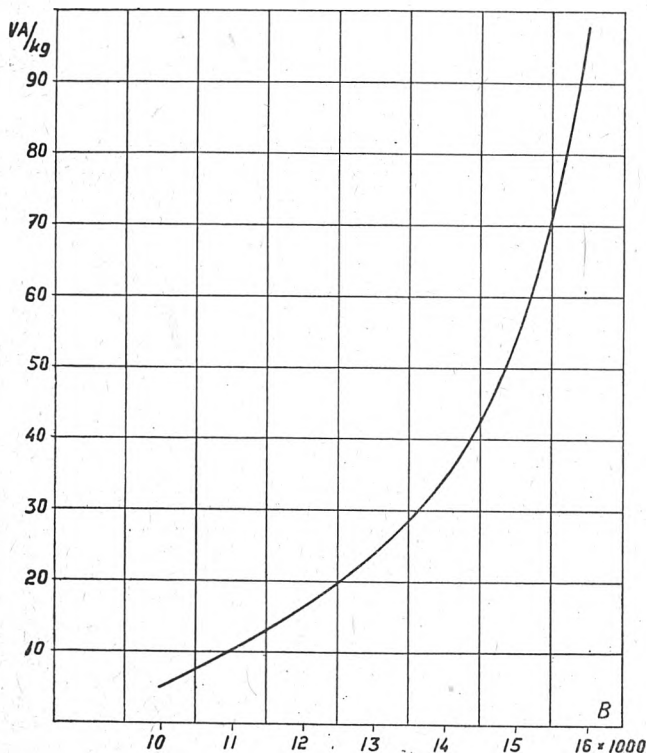
Tablica V. Moc magnesująca transformatorów trójfazowych

B	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000
k	0,0111	0,0554	0,0984	0,139	0,175	0,212	0,243	0,271
$P_{osz}$ (VA/kg)	0,46	2,8	5,92	9,84	14,32	19,85	25,95	32,75
$P_{oz}$ (VA/kg)	4,7	6,7	9,75	13,7	20,1	34,3	71	135
$P_o$ (VA/kg)	5,2	9,5	15,1	23,5	34,4	54,1	97	168

Założmy  $\frac{2\delta}{l} = \frac{1}{400}$ , co odpowiada z grubsza warunkom pracy transformatora o mocy około 200 kVA; wtedy

$$(14) \quad P_{osz} = 0,418 \cdot k \cdot \left(\frac{B}{1000}\right)^2.$$

Dodając do obliczonych tym sposobem wartości moc magnesowania, obliczoną według wzoru (1), otrzymamy wartości całkowitej mocy magnesowania transformatorów trójfazowych. W tabl. V podane są wartości tak obliczonej funkcji. Obliczony według wzorów, a przedstawiony na rys. 8 przebieg krzywej mocy magnesującej odbiega dość znacznie od obliczonych metodą klasyczną krzywych, podanych przez różnych autorów, jak La Cour, Kehse i inni. Krzywa z rys. 8 posiada jednak na równi z krzywymi klasycznymi tę wadę, że obliczone tym sposobem wartości prądu magnesującego są ściśle tylko wówczas, gdy zachowana jest wartość stosunku  $\frac{\delta}{l}$ . Blizsze badania wykazują, że stosunek ten nie jest stały; lepsze znacznie przy-

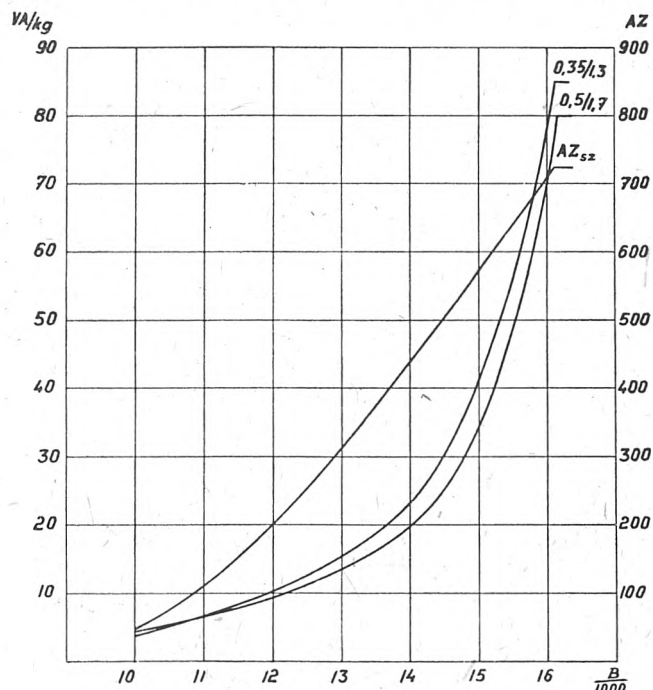


Rys. 8. Moc magnesująca transformatora trójfazowego

bliżenie do warunków rzeczywistych daje już założenie stałej wielkości szczeliny przynajmniej dla zakresu średnich mocy od 20 do 1600 kVA. Zrozumiałym się staje wówczas, że obliczone według wzorów i pokrewnymi sposobami war-

tości prądu magnesującego są za małe dla transformatora małego, za duże dla dużego. Wielkość błędu nie da się obliczyć w sposób ogólny, ponieważ zależy od ciężaru i wymiarów żelaza oraz indukcji.

Przeprowadzone dla pewnej serii transformatorów obliczenia wykazały, że błąd wahał się od  $-22\%$  przy mocy



Rys. 9. Krzywe do obliczania mocy magnesowania transformatora trójfazowego

$$P_o = p_k w_k + p_j w_j + (az_k + 1,33 az_j) e$$

gdzie  $p_k, p_j$  odpowiadają  $B_k$  i  $B_j$  (w VA/kg)  
 $w_k, w_j$  — wagi kolumn i jarm (w kg)  
 $az_k, az_j$  odpowiadają  $B_k$  i  $B_j$   
 $e$  — napięcie na zwój w woltach

30 kVA do  $+14\%$  przy mocy 1600 kVA. Ponadto wszelkie krzywe oparte jedynie na wartościach VA/kg nie pozwalają na uwzględnienie indywidualnych odchyleń w wykonaniu poszczególnych transformatorów, jak odmienną długości szczeliny, odmiennych sposobów pakietowania, innego współczynnika wypełnienia układów połączeń itp. Te wszystkie okoliczności mogą być bez trudu uwzględnione przy zachowaniu metody postępowania, opisaną w rozdz. 2—5.

Na rys. 9 podane są tytułem przykładu krzywe magnesowania, obliczone tą metodą dla rdzeni trójfazowych przy zachowaniu przeciętnej warsztatowej dokładności zaplata-  
 nia (szczelina około 0,5 mm).

## LITERATURA

- Goworkow W. A. K raszczotu sjerdecznikow (Elektriczestwo, 1950, z. 5)  
 Butler C. I. & Mang C. Y. The effect of overlapping joints (The Journ. of the Inst. of Electr. Eng., luty 1948 r.)  
 Richter R. Elektrische Maschinen, t. III, str. 2.

Nasz plan 6-letni — to fundament niezłomnej sily narodu polskiego, to wielki i powazny nasz wkład w dzieło pokoju.

Nie wolno nam się zadowalać dotychczasowymi osiągnięciami. Jest naszym gorącym pragnieniem, aby powstały u nas dzieła godne naszej wielkiej epoki, godne naszego narodu.

B. Bierut



INŻ. STANISŁAW ANDRZEJEWSKI

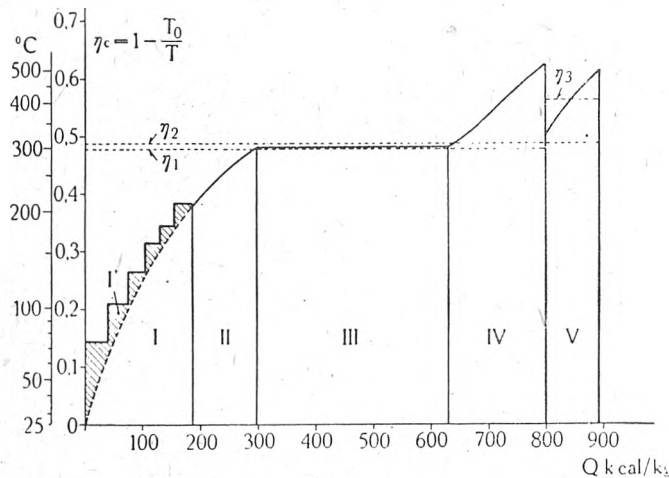
Nowoczesne turbiny parowe<sup>\*)</sup>

Treść. Budowane są turbiny na coraz wyższe parametry; wzrasta zwłaszcza przegrzanie i dochodzi do 565°C. Powraca przegrzanie międzystopniowe. Do temperatury 538°C stosuje się stale chromo-molibdenowe, powyżej 538°C chromo-niklowe 18/8. Zamawiane są coraz większe jednostki, na jakie pozwalają największe obecnie stosowane łopatki, a mianowicie o długościach 58,4 cm na 3600 obr./min. i 102 cm przy 1800 obr./min. W Ameryce buduje się turbiny możliwie krótkie o małej liczbie kadłubów i wylotów, w Europie niektóre firmy budują jednostki wielowylotowe. Remonty są przeprowadzane co 3 lata. Dużo uwagi poświęca się zabezpieczeniu oleju przed pożarem.

Современные паровые турбины. Турбины строятся для все более и более высоких параметров; особенно возрастает перегрев и доходит до 565°C. Замечается возврат к междуступенчатому перегреву. Для температур не выше 538°C применяют хромо-молибденовую сталь, при более высоких температурах — хромо-никелевую сталь 18/8. Мощность заказываемых турбин возрастает в пределах, допускаемых максимальными для настоящего момента размерами лопаток (при 3600 обор./мин. длина 58,4 см, при 1800 обор./мин. длина 102 см). В Америке строятся возможно короткие турбины при малом числе корпусов и выпусков, в Европе некоторые фирмы строят турбины с большим числом корпусов. Ремонты производятся каждые 3 года. Много внимания уделяется предотвращению пожаров масла.

Modern steam turbines. The parameters for which turbines are being built constantly increase; the degree of superheat shows a particular increase and amounts to up to 565°C. There is a reversion to re-superheat between the stages. Up to temperatures of 538°C, chromium-molybdenum alloy steel is being used; above 538°C — 18/8 chromium-nickel alloy. The size of units for which orders are being placed constantly increases, being limited only by the size of blades available, that is to say 58.4 cm long in the case of a speed of 3600 r. p. m. and 102 cm in the case of a speed of 1800 r. p. m. In America, turbines of the least possible length and with a small number of cylinders and exhausts are being manufactured; in Europe, certain firms build units with multiple exhausts. Overhauling of the plant is effected once every 3 years. Much attention is paid to protecting the oil from the danger of fire.

Wzrost kosztów budowy i cen paliwa w wielu krajach spowodował, że budowa turbin poszła w kierunku jednostek tanich, lecz o dużej sprawności. Osiągnięto to przez stosowanie wysokich parametrów pary dołotowej i przegrzania międzystopniowego oraz przez budowę wielkich zwartych jednostek. Daje się więc zauważyć stały wzrost wielkości jednostek. Najpopularniejszą maszyną staje się turbina o mocy 50 wzgl. 60 MW i coraz częściej wprowadza się turbozespoły o mocy 100 MW. Dla nowych zespołów najczęściej stosowane ciśnienia sięgają już 100 at, a najczęściej stosowana temperatura pary przekracza 500°C, przy czym ciśnienia przekraczają już 141 at, a temperatury dochodzą do 565°C.

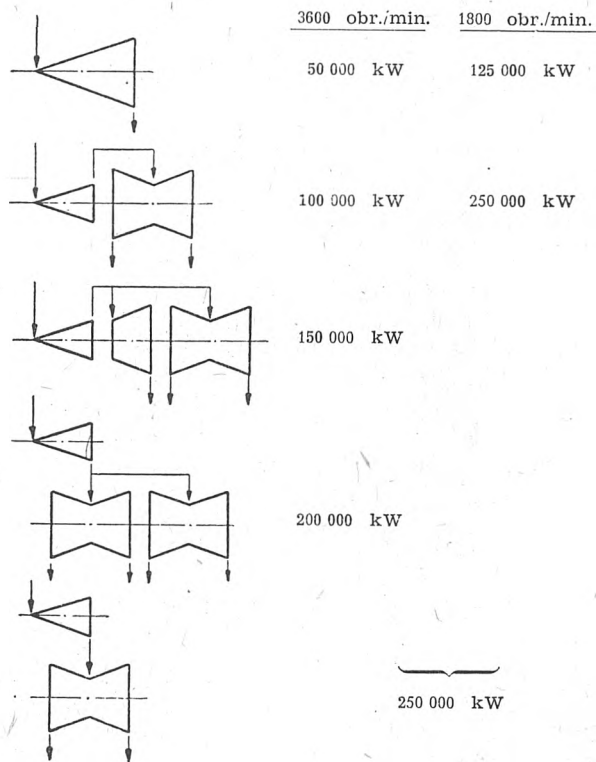


Rys. 1. Wykres T—S obiegu parowego z regeneracyjnym podgrzaniem wody i przegrzaniem międzystopniowym [6]

Wzrost ciśnienia ponad 100 at jest powolny, bo daje stosunkowo niewielkie korzyści. Ograniczeń technicznych w tym względzie nie ma, bo zarówno kotły, rurociągi, jak

\*) Na podstawie referatów zgłoszonych na IV Światową Konferencję Energetyczną w 1956 r.

i turbiny mogą być budowane na ciśnienia wyższe niż obecnie stosowane. Należy przypomnieć, że już w roku 1930 w Langerbrugge w Belgii zainstalowano zespół czołowy na



Rys. 2. Granice możliwości budowy turbin ze stosowanych obecnie elementów [4]

225 at, 450°C, zasilany przez kocioł Bensona. Jednakże przy wzroście ciśnienia wzrost ceny nie jest zrównoważony odpowiednimi oszczędnościami zużycia ciepła.

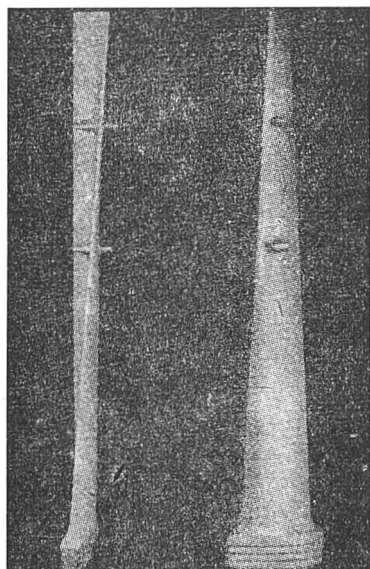
Tablica I

Moc	Parametry		Przegrzanie międzystopniowe	Temper. wody zasilającej	Liczba stopni podgrz.	Względne zużycie ciepła
	ata	°C				
30	42	454	—	171	4	100
50	42	454	454	171	4	95,6
60	63	482	—	196	5	95,0
60	63	482	482	196	5	90,6
100	88	510	—	204	5	91,6
100	105	565	—	216	6	87,2
100	105	565	565	216	6	83,0



Większe korzyści daje podwyższanie przegrzania. Zgrubsza można określić, że podniesienie temperatury przegrzania pierwotnego o  $50^{\circ}\text{C}$  zmniejsza zużycie ciepła o  $\sim 3\%$ . Tutaj jednakże wyraźną granicę stawiają trudności techniczne. Szybki rozwój metalurgii pozwolił osiągnąć dziś już taki poziom, że temperatura pary dolotowej  $565^{\circ}\text{C}$  została uznana przez CEI za znormalizowaną dla turbin o mocy 100 MW.

W pogoni za dalszym zwiększaniem sprawności termodynamicznej zwrócono się znów do stosowania przegrzania międzystopniowego. Nie jest to nowość. Już przed paroma dziesiątkami lat stosowano je w Ameryce; w Belgii miała je wyżej wspomniana instalacja w Langerbrugge, a w czasie wojny w Niemczech projektowano je dla elektrowni typowych. Jednakże w tych wypadkach celem było uniknięcie nadmiernej wilgotności pary w ostatnich stopniach turbiny. Obecnie nie ma tej obawy, bo temperatura przegrzania pary dolotowej  $565^{\circ}\text{C}$  pozwala na stosowanie ciśnienia 105 ata, a nawet 140 ata przy utrzymaniu wilgotności pary w ostatnich stopniach w dopuszczalnych dziś granicach. Ustalona przed wielu laty doświadczalnie granica wilgotności w ostatnich stopniach 12–13% jest obecnie mniej istotna ze względu na ulepszenie odwadniania



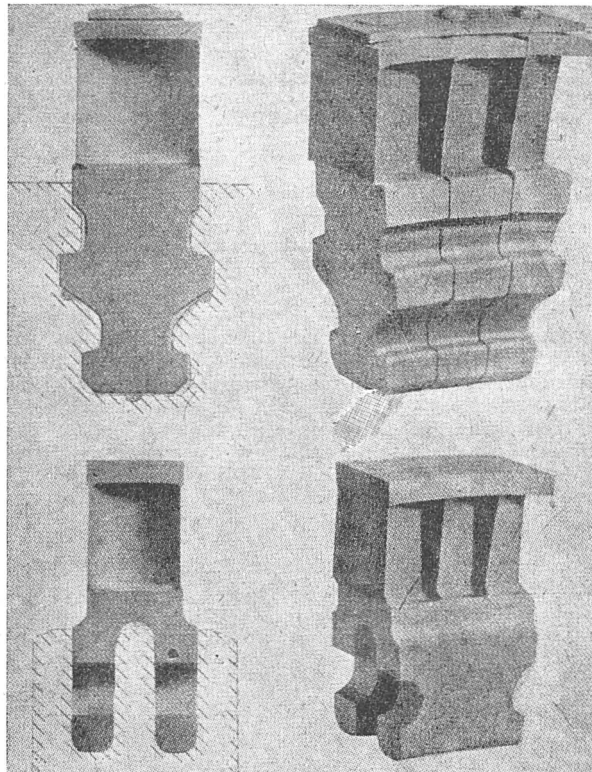
Rys. 3. Łopátka ostatniego stopnia turbiny na 3600 obr./min.; długość 58,4 cm [4]

ostatnich stopni, utwardzanie kątów łopatek oraz ulepszony kształt łopatek. W niektórych budowanych obecnie maszynach wilgotność obliczeniowa pary wylotowej dochodzi do 15%. Oczywiście, dzięki starannemu odwadnianiu wilgotność rzeczywista jest znacznie mniejsza. Powodem nawrotu do przegrzania międzystopniowego jest podniesienie sprawności termodynamicznej obiegu, jak ilustruje wykres  $T/S$  na rys. 1.

Przegrzanie powoduje wzrost sprawności termodynamicznej, bo zamiana ciepła odbywa się przy wyższej temperaturze niż średnia temperatura cyklu. Im wyższa natomiast jest temperatura regeneracyjnego podgrzania wody przy tych samych pozostałych parametrach, tym wyższa jest średnia temperatura obiegu, a zatem mniejszy zysk cieplny wskutek przegrzania międzystopniowego. Według autorów amerykańskich i angielskich wzrost sprawności wynosi 4–5% prawie niezależnie od ciśnienia i przegrzania pierwotnego. Najkorzystniejsze ciśnienie, przy którym należy parę przegrzać ponownie, wynosi — przy cztero-stopniowym regeneracyjnym podgrzaniu wody — 21% ciśnienia dolotowego, przy podgrzaniu zaś wody w ośmiu stopniach — 26% ciśnienia dolotowego. Podniesienie tego najkorzystniejszego ciśnienia o 20% daje bardzo małe straty ciepłe, a jest ekonomicznie uzasadnione zmniejszeniem kosztu rurociągu w obiegu przegrzania międzystopniowego [4]. To też w budowanych urządzeniach ciśnienie, przy którym dokonuje się przegrzania międzystopniowego, wynosi przy pełnym obciążeniu 25–28% ciśnienia

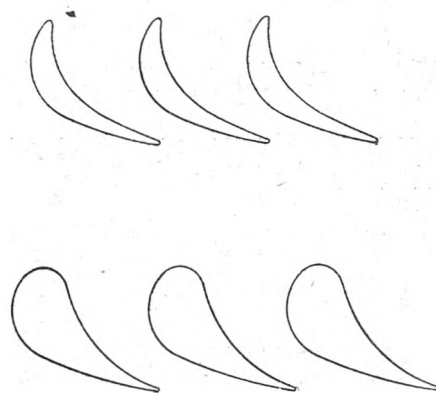
dolotowego. Straty ciśnienia w obwodzie przegrzania międzystopniowego przyjmuje się w wysokości 10%. Zysk cieplny przedstawia tabl. I [5].

Według Dollina (Parsons) przegrzanie międzystopniowe daje takie korzyści, jak podniesienie przegrzania pierwotnego w maszynie bez przegrzania międzystopniowego



Rys. 4. Łopátki wysokoprężnego koła akcyjnego turbiny wielkiej mocy przy segmentowanym zasilaniu [4]

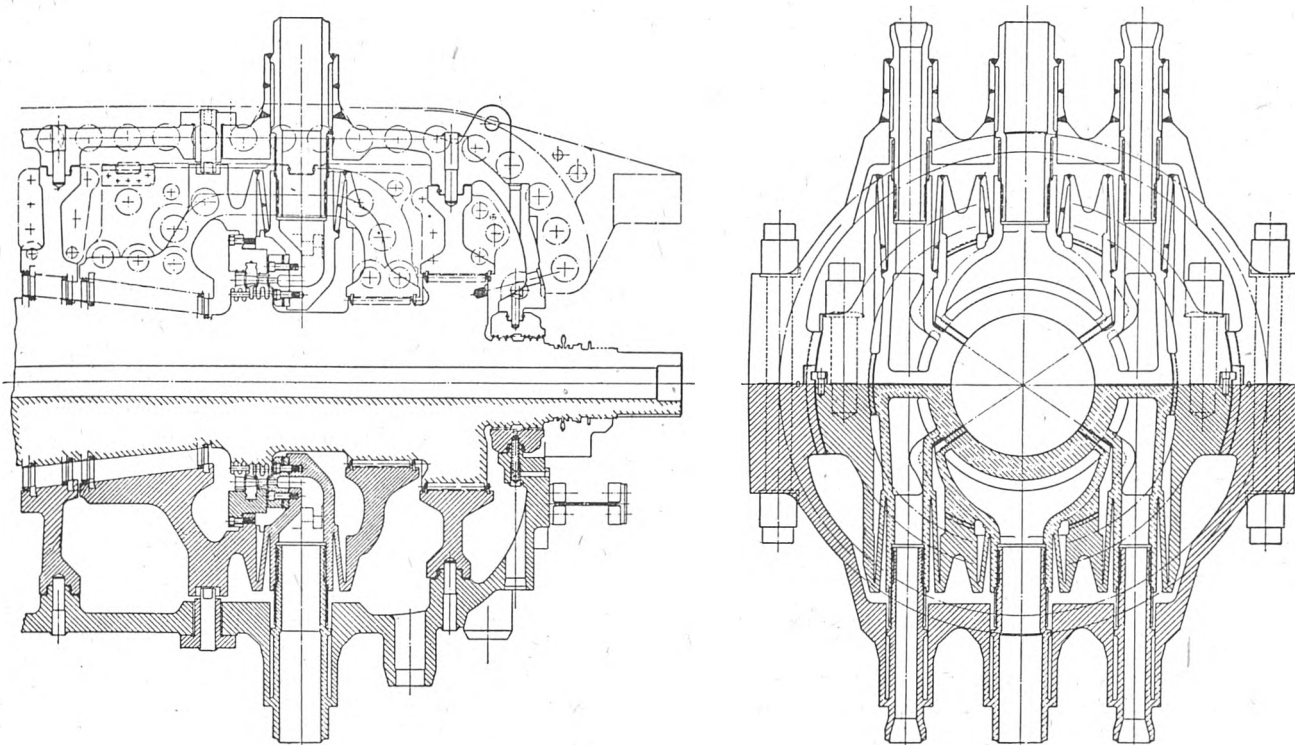
o  $72^{\circ}\text{C}$ . Campbell (Westinghouse) podaje zaś, że odpowiada to podniesieniu temperatury pierwotnej o  $97^{\circ}\text{C}$ . Natomiast Seippel (Brown Boveri) uważa, że podany powyżej zysk 4–5% jest przesadzony, gdyż oparty jest na założeniu, że wprowadzenie przegrzania międzystopniowego nie zmienia w niczym sprawności kotła i turbiny i nie



Rys. 5. Porównanie dawniej (u góry) i obecnie (u dołu) stosowanego kształtu łopatek reakcyjnych [4]

względnie niektórych dodatkowych strat. Para zaczepowa jest przegrzana, co powiększa różnicę temperatur pomiędzy parą a wodą powodując wzrost strat regeneracji. Podgrzewacze przeciwprądowe zmniejszają te różnice i ograniczają te dodatkowe straty, nie usuwają ich jednak całkowicie. Seippel robi następujący bilans strat i zysków, które daje przegrzanie międzystopniowe:





Rys. 6. Podwójna osłona i komory dyszowe turbiny na wysokie parametry [4]

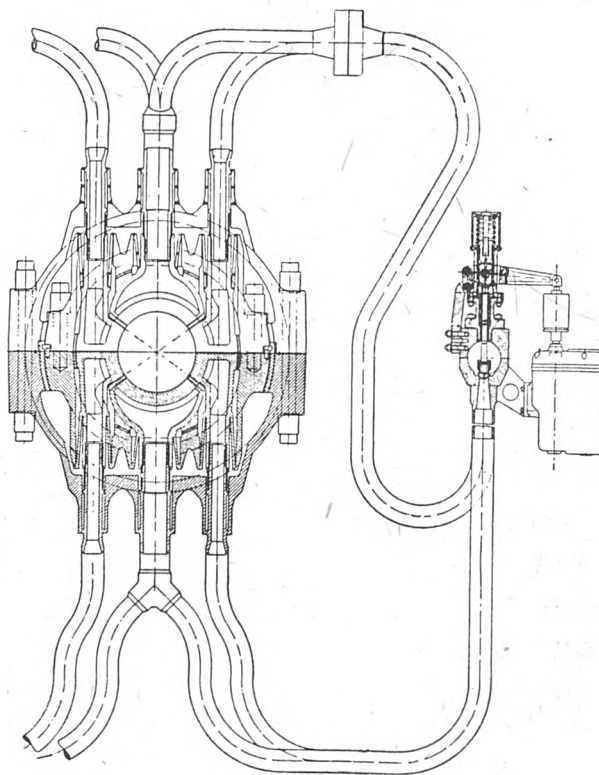
	zyski	straty
1) zysk termodynamiczny	+ 2,6%	
2) zmniejszenie strat wskutek wilgotności pary	+ 1,0%	
3) przegrzanie pary zaczepowej		- 0,3%
4) strata ciśnienia 10%		- 0,9%
5) strata ciepła 5°C		- 0,3%
6) straty wskutek dwóch dodatkowych labiryntów		- 0,5%
<b>zysk ostateczny</b>	<b>+ 1,6%</b>	

Jak nadmieniono wyżej, przegrzanie międzystopniowe znalazło szerokie zastosowanie w Ameryce. W Europie dopiero są robione próby, a w Anglii zamówiono jedynie

Jak widać, obliczony tu zysk jest trzykrotnie mniejszy niż w obliczeniach Campbella czy Dollina. Główna różnica zdaje się leżeć w poz. 2, tzn. w zmniejszeniu strat wywołanych przez hamujące działanie kropelek wody na łopatki ostatnich stopni turbiny. Ocenia się, że każdy procent wilgotności pary powoduje stratę 1 do 1,2%. Średnio strata ta wynosi w przeciętnej turbinie ok. 2,5%, może jednak dojść do 6%. Otóż Dollin ocenia, że urządzenia, drenujące ostatnie stopnie, odprowadzają 25% wody, Seippel natomiast szacuje skuteczność odwodnień znacznie wyżej i liczy, że potrafią one odprowadzić aż 50% wilgotności.

Tablica II. Najwyższe moce i parametry turbin kondensacyjnych dla elektrowni [2]

Typ	Prędkość obr./min	Parametry		Moc (MW)
		ata	°C	
Jednokadłubowa	3600	95	538	37,5
Dwukadłubowa, dwustrumieniowa	3600	116	538	111,0
Trójkadłubowa, trójstrumieniowa	3600	141	565	153,0
Dwukadłubowa, dwustrumieniowa	1800	102	538	170,0
Jednokadłubowa	1800	88	510	111,1



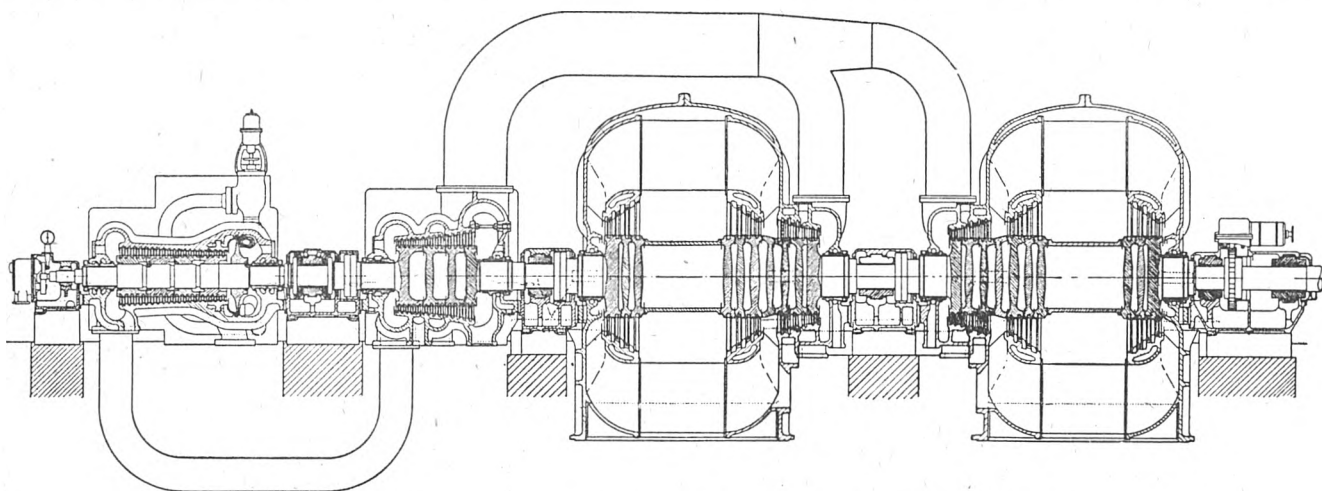
Rys. 7. Skrzynia zaworowa i rury łączące ją z komorami dyszowymi [4]

2 turbin po 60 MW z przegrzaniem międzystopniowym. Ze względu na pewną komplikację budowy turbin przegrzanie międzystopniowe stosuje się dla maszyn o mocy 60 MW i większych. Regeneracyjne podgrzewanie wody



jest stosowane niemal bez wyjątku. Dla podniesienia sprawności zwiększa się liczbę stopni podgrzania. Najczęściej spotyka się 5 stopni podgrzania przy ciśnieniu ok. 100 atn. Największa stosowana dotąd liczba stopni podgrzania 8, najwyższa temperatura podgrzania wody 260°C.

250 MW uda się osiągnąć przy ciśnieniu wodoru 0,035 atn. Podane tam wielkości turbin są do osiągnięcia przy stosowanej obecnie największej długości łopatek, która wynosi dla maszyn na 3600 obr./min. 58,4 cm, a przy 1800 obr./min. 102 cm. Największa prędkość obwodowa wynosi



Rys. 8. Przekrój turbiny na 110 WM, 89—110 ata, 520—530°C [6]

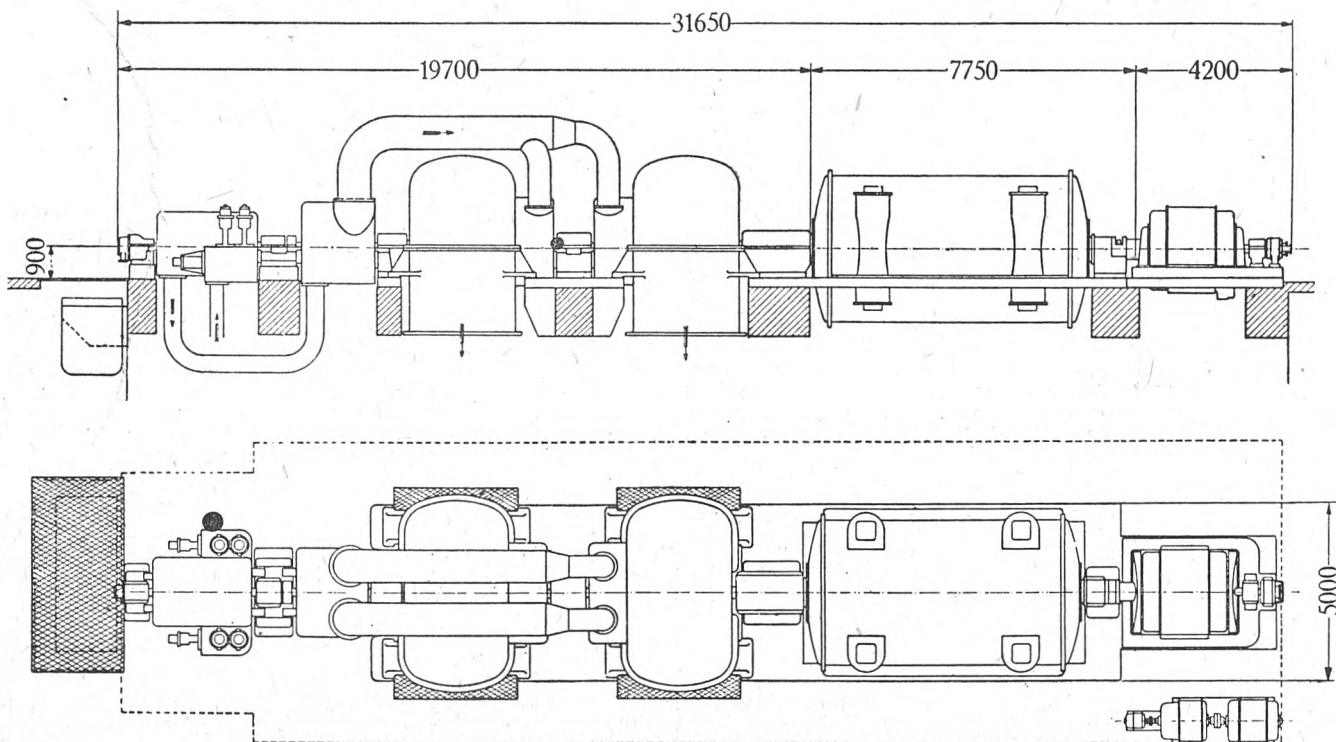
W sprawie stale wzrastającej przeciętnej mocy maszyn należy zaznaczyć, że najpopularniejszą wielkością w wielu krajach staje się turbina o mocy 50—60 MW; również duże rozpowszechnienie zdobywa sobie turbina o mocy 100 MW. Maszyny tej mocy są instalowane w Związku Radzieckim, we Francji, Anglii i Stanach Zjednoczonych.

Tablica II podaje największe budowane, względnie zamówione maszyny na najwyższe parametry. Jak widać, moc 100 MW została znacznie przekroczona. Początkowo czynnikiem ograniczającym moc turbozespołów były generatory, ale wprowadzenie chłodzenia wodorowego, lepszych stali stopowych na wirniki generatorów i inne ulepszenia

obecnie 420 m/sek. według Campbella, a nawet 473 m/sek. według Parkera.

Rys. 3 przedstawia taką łopatkę o granicznej długości 58,4 cm przy 3600 obr./sek. Należy zauważyć, że druty usztywniające nie są przewlekane przez łopatki, lecz przy wykonaniu łopatki odkuwa się występy, które po opanowaniu koła są spawane ze sobą dając łopatom właściwe usztywnienie i zabezpieczenie przed wibracjami. Łopatki na długości 21,6 cm, licząc od wierzchołka, mają kany wlotowe chronione stellite przed erozją wodną.

Na rys. 4 przedstawione są dwa typy łopatek pierwszych stopni stosowanych przez Westinghousa, a na rys. 5



Rys. 9. Szkic wymiarowy turbozespołu na 110 MW [6]

spowodowały, że obecnie w granicach możliwości leży budowa generatorów do mocy 250 MW.

Na rys. 2 zestawiono wykresnie według typów najdalsze możliwości budowy turbin na parametry pary 60 at oraz 482°C i wyżej, dla próżni 96,5%. Przypuszczalnie moc

przekrój dawniej stosowanych i obecnie znormalizowanych łopatek reakcyjnych. Łopatki długości 58,5 cm przy 3600 obr./min. dają przekrój wylotu ok. 3 m<sup>2</sup>. Wysokie parametry pary narzuciły specjalne rozwiązania konstrukcyjne. Turbiny wysokoobrotowe są dogodniejsze, bo są mniejsze,

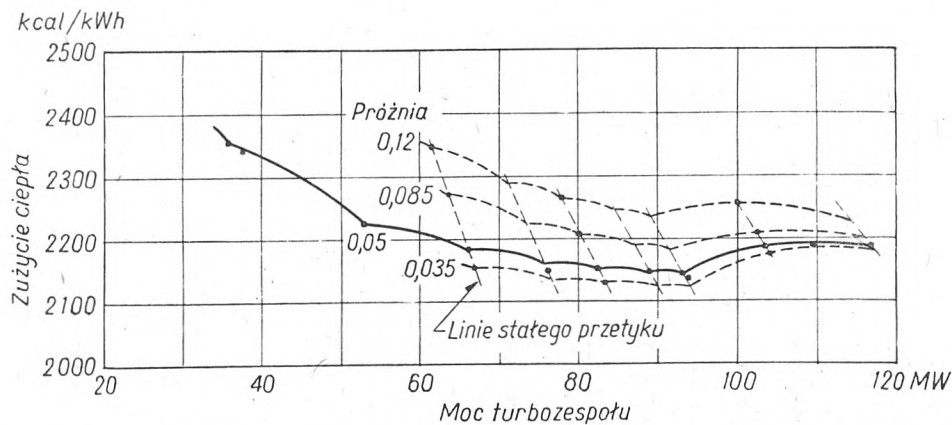


łatwiej się dopasowują do zmian obciążenia, a tym samym temperatury. Szczególnie silnie jest narażona na zmiany temperatury wlotowa część turbiny. Zachodzą tam duże różnice temperatur przy zmianach obciążenia nawet w tym wypadku, gdy zachowana jest stała temperatura pary dołotowej. Sprawę pogarsza fakt, że ze spadkiem obciążenia obniża się przeważnie bardzo silnie temperatura przegrzania. Według Campbella obniżenie obciążenia bloku kocioł-turbina do 25% mocy nominalnej może spowodować spadek temperatury przegrzania dochodzący do 140°C. Należy zatem części wlotowej turbiny zapewnić maksimum symetrii i elastyczności. Dla symetrii para doprowadzona jest zarówno z dołu, jak i z góry, jak to pokazuje rys. 6. Przy temperaturach zaś ponad 510°C skrzynki zaworowe nie są już umieszczane na kadłubie turbiny, ale na odrębnych fundamentach obok turbiny, i są połączone ze skrzynkami dyszowymi za pomocą długich elastycznych rur. Układ ten pokazuje rys. 7. Wzrastające ciśnienia i wysokie temperatury zmusiły do stosowania, począwszy od 88 ata i 510°C, kadłubów wysokoprężnych, o podwójnych ściankach. Przestrzeń między osłonami połączona jest z jednym ze stopni turbiny i panuje tam — przy ciśnie-

(12—13% Cr). Ten materiał wykazuje dobre właściwości w wysokich temperaturach oraz ma niezwykle dobre własności tłumiące, co jest szczególnie cenne dla łopatek. Wszelkie kadłuby, a zwłaszcza wirniki są starannie badane metodami magnetycznymi i ultradźwiękowymi. Ilość wybrakowanych odkuwek wirników jest niewielka i stale się zmniejsza.

Wiele uwagi poświęca się zagadnieniu zabezpieczenia turbin przed pożarem oleju. Wszelkie rurociągi pod ciśnieniem są prowadzone jako rurociągi podwójne. W razie nieszczelności rury wewnętrznej, olej splywa zewnętrzną rurą do zbiornika oleju. Stosuje się rury ciągnięte bez szwu, a połączenia spawane. Podobnie wszelkie cylindry serwowatorów olejowych są tak umieszczone, aby w razie ich nieszczelności olej splywał do zbiornika głównego, co zabezpiecza przed utratą oleju, a tym samym zatarciem łożysk. Zabezpiecza to też przed pożarem. Zbiorniki odsuwają się od czoła turbiny, aby oddalić olej od gorących rurociągów.

Amerykańskie rozwiązania turbin odznaczają się w porównaniu z europejskimi dużą zwartością. Np. turbina GEC na 100 MW jest jedynie dwukadłubowa, dwuwylotowa;



Rys. 10. Zużycie ciepła przez turbinę na 100 MW, 3600obr./min., 88 ata, 538°C (próby w elektrowni Essex, luty 1948 r.) [2]

niu dołotowym ok. 100 ata i pełnym obciążeniu — ciśnienie ok. 30 ata.

Wirniki są z reguły kute i toczone z jednego bloku wraz z wałem, przynajmniej w części wysokoprężnej, narażonej na działanie wysokich temperatur. Jedynie część niskoprężna może mieć wirniki złożone z poszczególnych oddzielnie wykonanych tarcz. Jako materiał na wirniki, podlegające działaniu wysokich temperatur, stosuje się stale niklowo-chromowo-molibdenowe o dużej wytrzymałości (4600 kg/cm<sup>2</sup>), dobrej ciągliwości i wysokiej granicy pełzania. Są robione próby z wirnikami ze stali wysokostopowych, zawierających chrom i wanad. Te stale obiecują możliwość zastosowania ich do temperatur 595°C.

Kadłuby, skrzynki zaworowe i inne elementy turbin, pozostające w kontakcie ze świeżą parą, są wykonywane ze stali węglowej do temperatury 425—440°C. Powyżej tej temperatury aż do 495—510°C stosowano stale molibdenowe (0,5% Mo), po stwierdzeniu jednak skłonności do grafityzacji w strefie spawu stosuje się obecnie stale ferrytowe chromo-molibdenowe. Do temperatury 482°C ma zastosowanie stal 0,5% Cr i 0,5% Mo; od 482 do 510°C — 1% Cr i 0,5% Mo; od 510 do 538°C — 2,25% Cr i 1% Mo. Te stale stosowane są zarówno na odlewy, odkuwki jak i rury walcowane; mogą być łatwo obrabiane i spawane.

Części turbiny poddane temperaturom ponad 538°C są wykonywane ze stali austenitycznej 18% Cr, 8% Ni, stabilizowanej kolumbium albo tytanem. Z tego materiału trudno otrzymać skomplikowane odlewy, to też unika się ich i stosuje o ile możliwości konstrukcje kute. Główne trudności konstrukcyjne przy stosowaniu tego materiału powstają wskutek jego dużej wydłużalności cieplnej, a małej przewodności. Spawanie ciężkich części ze stali 18/8 było początkowo bardzo trudne; obecnie jest już opanowane. Łatwiejsze jest łączenie przez spawanie stali ferrytowych z austenitowymi, jednakże nie należy zapominać o dużej różnicy w rozszerzalności tych materiałów. Na łopatki stosuje się od paru dziesiątków lat stale niskowęglowe

towa; całkowita jej długość wynosi ok. 10 m, natomiast podobna turbina BBC jest czterokadłubowa, czterowylotowa o długości 19,7 m. Seippel (BBC) tłumaczy to [6] różnicą warunków ekonomicznych amerykańskich i europejskich. Konstrukcje europejskie powinny jego zdaniem iść w kierunku budowy maszyn lżejszych, ale wymagających więcej obróbki. Zwiększenie liczby wylotów, a tym samym zmniejszenie wysokości łopatek daje maszynę lżejszą, jak wykazuje podane w tabl. III zestawienie obliczenia trzech wariantów turbiny przez tego samego konstruktora [6]. Widzimy, że maszyna czterowylotowa jest w sto-

Tablica III

Cecha ostatnich kół i wirników	A	B	C
Średnia średnica (mm)	1496	1717	2113
Długość łopatki (mm)	422	513	595
Przekrój wylotu (m <sup>2</sup> )	1,98	2,76	3,95
Stosunek przekroju do A	1	1,39	2,0
Względna cena koła stałego	1	1,9	3,4
Względna cena wirnika	1	1,8	6,3

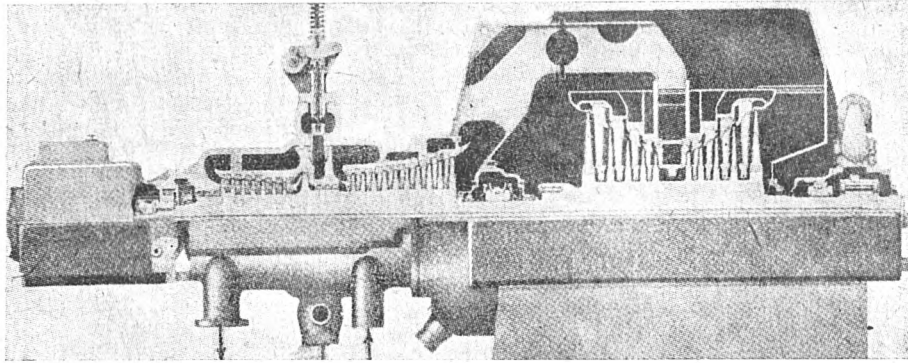
sunku do dwuwylotowej lżejsza, ale znacznie dłuższa i wymaga kosztowniejszej obróbki. Na rys. 8 i 9 przedstawiona jest turbina mocy 110 MW wykonana przez BBC dla Grossbliererstroff we Francji. Jest ona zbudowana na ciśnienie pary dołotowej 89 do 110 ata i przegrzanie 520—530°C, próżnię 96,8%. Napędza ona 2 generatory: główny o mocy 125 MVA chłodzony wodorem i generator własnych potrzeb 12,5 MVA chłodzony powietrzem. Ogólna długość całego zespołu wynosi 31,65 m.

GEC skonstruowała turbinę na 100 MW, ciśnienie pary dołotowej 88 ata, 538°C przegrzania. Maszyna ta posiada zużycie pary wg wykresu na rys. 10. Najkorzystniejsze



zużycie ciepła wynosi 2140 kcal/kWh przy obciążeniu 93 MW, znamionowych parametrach i próżni 95%. Podobna jednostka na 3000 obr./min. została zainstalowana w elek-

w kierunku czola turbiny, wychodzi do przegrzewacza międzystopniowego, wraca i wchodzi znów pośrodku kadłuba obok wlotu pary świeżej i rozpręża się w kierunku części

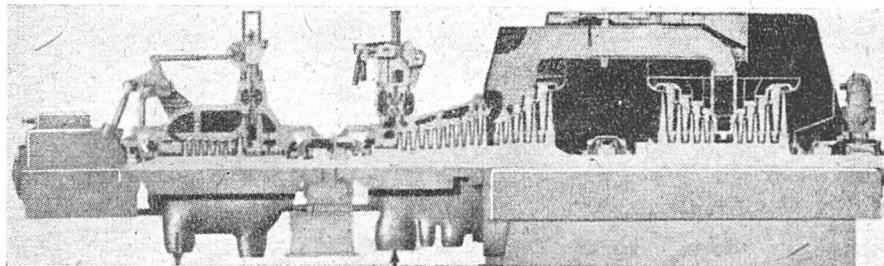


Rys. 11. Przekrój turbiny na 80 MW, 3600 obr./min., dwukadłubowej o 23 stopniach akcyjnych, z przegrzaniem międzystopniowym [2]

trowni Gennevilliers pod Paryżem. Długość maszyny wynosi 10 m, ciężar wirnika 23 t. Badania nad takim zespołem pracującym w elektrowni w Essex wykazały, że może być on uruchomiony i zsynchronizowany w czasie jednej go-

niskoprężnej.

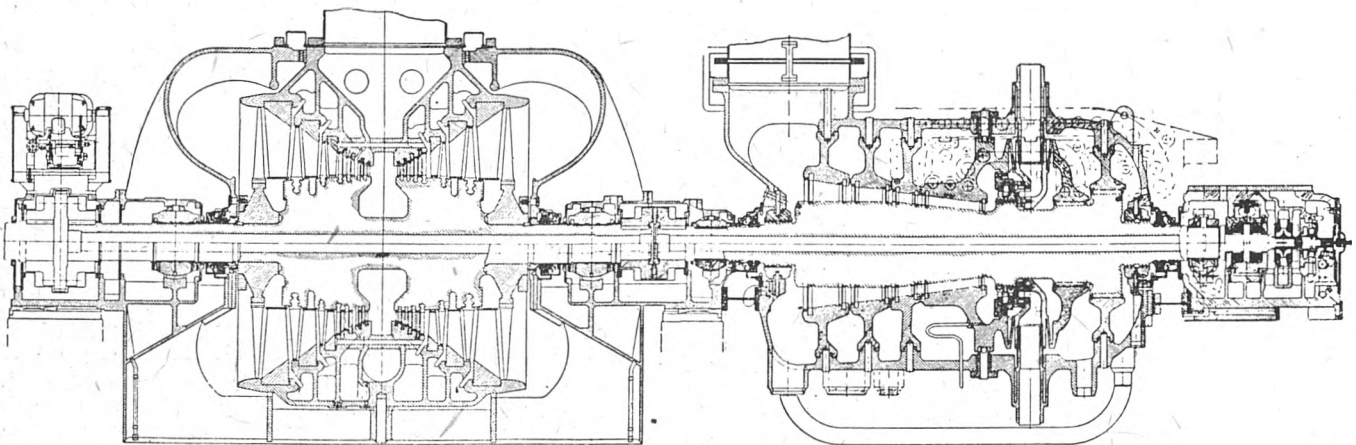
W ten sposób przy jednakowej temperaturze przegrzania pierwotnego i międzystopniowego w kadłubie nie ma naprężeń wskutek różnicy temperatur pomimo wpro-



Rys. 12. Przekrój turbiny na 110 MW, 3600 obr./min., trzykadłubowej, z przegrzaniem międzystopniowym [2]

dziny, a nawet mniej, zależnie od temperatury turbiny w momencie startu. Turbina o mocy 100 MW tegoż wytwórcy na temperaturę pary dolotowej 565°C została wykonana jako trójstrumieniowa, co powiększyło jej długość

dzenia pary powtórnie przegrzanej do tego samego kadłuba, gdzie dochodzi para świeża. Rura łącząca część wysokiego i niskiego ciśnienia ukryta jest w wylocie. Pod nią jest łożysko pośrednie. Daje to bardzo krótką bu-



Rys. 13. Przekrój turbiny na 100 MW, 3600 obr./min., 105 ata, 565°C, próżnia 95% [4]

tylko o 2,13 m. Ciężar wirnika wynosi 31 t.

Interesująca jest turbina GEC o mocy 80 MW przedstawiona w przekroju na rys. 11. Para świeża wchodzi do maszyny pośrodku kadłuba wysokoprężnego, rozpręża się

dowę, tylko o 40 mm dłuższą niż turbina tego typu bez przegrzania międzystopniowego.

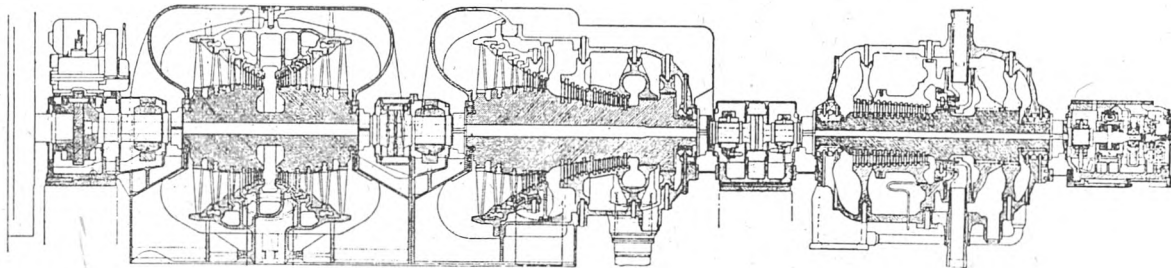
Rys. 12 przedstawia turbinę GEC na 110 MW. Ta maszyna może być budowana do mocy 121 MW, na ciśnie-



nie 127 ata, 538°C przegrzania i 538°C przegrzania międzystopniowego oraz próżnię 96,5%. Długość turbiny wynosi 13,4 m, ciężar wirnika 31 t.

Na rys. 13 jest pokazany przekrój turbiny Westinghousa o mocy 100 MW, na parametry pary dolotowej 105 ata, 565°C i próżnię 95%. Niektóre szczegóły konstrukcji tej maszyny są pokazane na rys. 6 i 7. Największa zaś dotychczas zbudowana turbina na 3600 obr./min. pokazana jest w przekroju na rys. 14. Jest to również turbina Westinghousa mocy 125 MW na ciśnienie pary dolotowej 105 ata, przegrzanie pierwotne 565°C, przegrzanie międzystopniowe 538°C i próżnię 95%.

Przeciętna dyspozycyjność nowoczesnych elektrowni przekracza 90%, jeżeli wyłączyć okresy niskiego zapotrzebowania,



Rys. 14. Przekrój turbiny na 125 MW, 3600 obr./min., 105 ata, 565°C, przegrzanie międzystopniowe 538°C, próżnia 95% [4]

nia, tzn. soboty po południu i niedziele. Przeciętna dyspozycyjność turbozespołów wynosi 94% [7]. Okresy pomiędzy remontami zostały przedłużone do 3 lat z tendencją do dalszego przedłużenia. Należy jednak przestrzegać zasady, że po pierwszym roku pracy maszyna powinna być zatrzymana dla przeglądu i ustalenia normalnych i granicznych wskaźników, które decydują o konieczności zatrzymania do remontu.

Zagadnienie szybkiego uruchamiania maszyn jest studiowane przez wiele elektrowni i przez odpowiednie uprzednie podgrzanie, dokładną obserwację temperatury pary i metalu udało się niektórym zakładom skrócić czas uruchomienia zespołów na 50—60 MW z 2,5 godzin do 15 minut [7]. Znane jest zjawisko, że przy biegu luzem para opuszcza turbinę przy wysokiej temperaturze ok. 1000°C,

co powoduje nadmierne nagrzanie wylotów turbiny, nie obliczonych na działanie takiej temperatury. Dla uniknięcia tego GEC stosuje obecnie z reguły przy biegu luzem wtrysk kondensatu do przewodów łączących kadłub wysokoprężny z niskoprężnym. Osiąga się w ten sposób obniżenie temperatury pary wylotowej do normalnego poziomu.

Okresy montażu są obecnie znacznie zredukowane. Turbozespół jest montowany w czasie 3 do 6 miesięcy, aczkolwiek zdarzyło się, że zespół na 100 MW został zmontowany w ciągu 2 miesięcy. Rozwój turbin idzie w kierunku coraz wyższych temperatur przegrzania. Odżyło i rozwija się przegrzanie międzystopniowe również do bardzo wysokich temperatur. Budowane są coraz większe jednostki i to na duże obroty. Panuje tendencja do budowy

jednostek zwartych o niewielkiej liczbie kadłubów i wylotów.

#### LITERATURA

- [1] Rowand W. H. Trends in american boiler performance requirements (WPC, 1950, 2/3)
- [2] Parker E. E. Progress on design of steam turbines for electric power generation in the United States (WPC, 1950, 3/3)
- [3] Pask V. A. Modern trends in the design and location of electrical generating stations (WPC, 1950, 1/8)
- [4] Campbell C. B. Trends and development in steam turbine practice for central station service (WPC, 1950, 3/1)
- [5] Dollin F. Design trends in steam turbines of large output (WPC, 1950, 3/2)
- [6] Seippel C. Quelques questions relatives à la production d'énergie thermique (WPC, 1950, 3/9)
- [7] Thompson P. W. Operating experience with high-pressure, high-temperature steam central stations (WPC, 1950, 3/4)

PROF. J. RICARD

## Stan i tendencje rozwojowe elektroenergetyki francuskiej\*)

Treść. Produkcja energii elektrycznej i zasoby energetyczne Francji. Rozwój elektroenergetyki francuskiej w ostatnich dziesięcioleciach. Plan modernizacji urządzeń energetycznych. Wpływ istniejących sieci na rozbudowę elektrowni ciepłych. Koordynacja współpracy między ośrodkami produkcji energii.

### 1. Wstęp

Istnieje pogląd, że Francja jest krajem o wyrównanych stosunkach ekonomicznych i przemysłowych. Na słuszność takiego poglądu ma niewątpliwie wpływ klimat Francji i jej położenie geograficzne. Równowaga taka występuje również i we francuskich stosunkach elektroenergetycznych. Tak np. produkcja energii elektrycznej, jak to wynika z rys. 1, dzieli się prawie po połowie pomiędzy elektrownie ciepłe i wodne, gdy w wielu innych krajach (jak np. w Polsce) można stwierdzić wyraźną przewagę po jednej lub po drugiej stronie. Jeżeli jednak rozważać się będzie zasoby energetyczne Francji, to należy stwierdzić, że kraj ten nie jest jednakowo wyposażony w ciepłe surowce energetyczne i w wodne źródła energii. Wszystkie nadające się we Francji do eksploatacji źródła wodne mogą dać rocznie w przeciętnych warunkach wodnych około 80 mld. kWh, co stanowi około 5% ogólnoswiatowych wodnych zasobów energetycznych. W chwili obecnej Francja wyzyskuje jednak (łącznie z urządzeniami będącymi w toku zagospodarowania) zaledwie jedną czwartą swych możliwości. Zasoby

węglowe Francji wyrażają się liczbą około 10 mld. ton, z czego jedynie połowa jest zupełnie pewna. Zasoby węglowe stanowią więc mniej niż 0,2% zasobów ogólnoswiatowych, gdy ludność Francji wynosi 2% zaludnienia kuli ziemskiej.

Na wyrównany podział produkcji energii elektrycznej pomiędzy węgiel i wodę mają jednak we Francji wpływ także i inne czynniki. Wydobycie węgla jest stosunkowo bardziej rozwinięte niż posiadane jego zasoby. Wydobycie to sięga mianowicie liczby 4% wydobycia ogólnoswiatowego. Z drugiej znowu strony Francja leży w sąsiedztwie krajów posiadających bogate zasoby węgla, usytuowane blisko granic Francji. Z tego też powodu import węgla do Francji wynosił przed ostatnią wojną poważną ilość około 25 mln. ton rocznie na ogólną ilość 75 mln. ton zapotrzebowania krajowego, przy czym cena węgla importowanego nie była wyższa od kosztu własnego wydobycia.

Energetyczne źródła wodne koncentrują się w południowej części kraju (Alpy, Pireneje, Masyw Centralny) z wyjątkiem zasobów hydroenergetycznych Renu. Północna część kraju jest miejscem skoncentrowania większości kopalń węgla i większości portów węglowych. Tu także skoncentrowany jest przemysł ciężki, zużywający

\*) Referat wygłoszony w Stowarzyszeniu Elektryków Polskich (w Warszawie i Katowicach) w październiku 1949 r.



stosunkowo znacznie więcej energii niż południowa część Francji.

Ogólne względy gospodarcze wpływają ograniczająco w pewnym stopniu na rozwój energetycznego wyzyskania sił wodnych. Mianowicie potrzeba zapewnienia odpowiedniej mocy i odpowiedniej produkcji energii również w latach suchych prowadzi do konieczności budowy wielkich i kosztownych zbiorników wodnych. Zważywszy przy tym należy, że zapotrzebowanie energii wzrasta stosunkowo szybciej niż zapotrzebowanie mocy. Rozbudowa wodnych zakładów przepływowych także nie daje idealnego rozwiązania, albowiem w zakładach takich — w latach mokrych — traciłoby się poważne ilości energii przy zwiększonych przelewach niewyzyskanej wody. Wreszcie intensyfikacja rozbudowy sił wodnych pociąga za sobą poważne nakłady kapitałowe na urządzenia do przesyłu energii na coraz dalsze odległości, wskutek czego koszt energii poważnie wzrasta. Wszystkie wyżej wymienione czynniki łącznie prowadzą do tego, że rozbudowie w pierwszej kolejności podlegają jak najmniej kosztowne pod względem inwestycyjnym siły wodne.

Niemalże znaczenie przy pobieraniu decyzji co do rozbudowy poszczególnych rodzajów zakładów produkujących energię elektryczną posiada zagadnienie pewności dostawy i szybkości oddania do ruchu nowobudowanej elektrowni. Pod tym względem zakłady ciepłe mają wyraźną wyższość nad zakładami wodnymi, szczególnie w chwili obecnej, gdy brak energii daje się tak mocno we Francji we znaki. Z jednej bowiem strony zakład ciepły może być wybudowany w bezpośrednim sąsiedztwie ośrodków zużycia, z drugiej zaś strony zakład wodny już sam przez się wymaga dłuższego czasu budowy, a potrzeba wybudowania odpowiednich urządzeń przesyłowych jeszcze bardziej czas ten wydłuża i jednocześnie zmniejsza stopień zabezpieczenia ciągłości dostawy.

Wszystkie te okoliczności zmuszają do bardzo głębokiego zastanowienia się nad sprawą zachowania słusznej proporcji pomiędzy nowobudowanymi zakładami cieplnymi i wodnymi.

Ze względu na znaczne ilości potrzebnego Francji węgla i ze względu na perspektywę wyczerpania się zdolności produkcyjnych w większości kopalń francuskich zagadnienie poważnej rozbudowy rodzimych zasobów wodnych stoi jednak we Francji już od szeregu lat z całą wyrazistością.

Udział produkcji energii elektrycznej w zakładach ciepłych wynosił w latach 1925—1932 około 55% (pomijając wahania wilgotności w poszczególnych latach) i spadał dość regularnie do 45% w roku 1938. Po przejściowym mocniejszym odchyleniu w roku 1940, spowodowanym ogólnym spadkiem zużycia energii, udział ten osiągnął ponownie wartość 45% i zapewne ustali się na poziomie bliskim tej właśnie wartości.

## 2. Historyczny rzut oka na rozwój elektroenergetyki francuskiej.

Pomijając zupełnie początkowy okres, można powiedzieć, że właściwy rozwój elektryfikacji datuje się we Francji dopiero od 1900 roku. Rok ten i kilka lat następnych — to jednak okres całkowitego braku wszelkiej troski o właściwą formę rozwojową. Każde, nawet najmniejsze miasto, posiadało swego koncesjonariusza, który — przy zupełnym braku ustawodawstwa energetycznego — kierował się jedynie uzyskaniem jak najniższego kosztu produkcji energii przy jednoczesnym jak największym zysku ze sprzedaży. Koncesjonariusz taki rozbudowywał korzystne dla siebie spadki wodne i ograniczał dostawę energii do okolic odpowiednio zagęszczonych. O elektryfikacji wsi podówczas w ogóle nie myślano. Dopiero w roku 1906 ukazała się pierwsza ustawa, regulująca sprawę rozdziału energii i przewidująca obowiązek uzyskiwania koncesji lub zgody władz na budowę elektroenergetycznych linii przesyłowych. Ustawa ta została następnie uzupełniona ustawą z roku 1925, wprowadzającą koncesjonowanie jako regułę.

Pierwsze wielkie elektrownie wodne powstały we Francji dla pokrycia zapotrzebowania przemysłu elektrochemicznego (węgliki wapnia, związki chlorowe). Elektrownie te oddawały swoje nadwyżki produkcji energii na potrzeby niewielkich, położonych w ich sąsiedztwie, okręgów zamieszkałych. W roku 1909 została oddana do ruchu pierwsza

międzyokręgowa linia elektroenergetyczna pomiędzy miastami Grenoble i Saint-Etienne, jako linia wyrównawcza dla zakładów alpejskich i zakładów położonych w Masywie Centralnym. Linia ta posiadała zdolność przesyłową 18 000 kW i pracowała pod napięciem 60 kV.

O właściwych jednak początkach koordynacji pracy międzyokręgowej można mówić dopiero począwszy od wojny w latach 1914—1918. Ten okres zamyka się na roku 1930.

Już w roku 1914 „Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité“ przystąpiła do przegrupowania sześciu poprzednio istniejących paryskich dzielnic elektryfikacyjnych i wybudowała dwie wielkie elektrownie: Saint-Ouen oraz Issy-les-Moulineaux o łącznej mocy zainstalowanej 11 000 kW. W roku 1919 spółka „Union d'Électricité“ zbudowała wielki zakład elektryczny wytwórca Gennevillers, który zastąpił szereg istniejących poprzednio małych elektrowni w kilku dzielnicach Paryża i w szeregu miejscowości podparyskich. Zakład ten osiągnął w roku 1922 moc 200 000 kW w jednostkach turbinowych 35 000 do 40 000 kW.

Równocześnie postępowała także rozbudowa energetycznych źródeł wodnych szczególnie w latach wojny (1914—18) ze względu na odcięcie reszty kraju od głównych źródeł węglowych, zajętych w tym czasie przez nieprzyjaciela. Po pewnym zahamowaniu inwestycji hydroenergetycznych bezpośrednio po zakończeniu wojny przystąpiono ponownie do intensyfikacji prac na tym odcinku tym bardziej, że nowa ustawa z dnia 16. X. 1919 roku sprzyjała takiemu rozwojowi, regulując całokształt spraw wytwarzania energii elektrycznej w zakładach wodnych. Ustawa ta przewidywała, że po upływie co najwyżej 75 lat trwania koncesji wybudowane na mocy tej ustawy zakłady wodne przechodziły na własność państwa bez odszkodowania, przy czym państwo mogło sprawować kontrolę zarówno w trakcie budowy nowego zakładu, jak i podczas jego następnej eksploatacji. Ustawa ta została uzupełniona dekretemi z roku 1922 i 1923, regulującymi sprawy związane z przesyłem energii elektrycznej. Dekrety te przewidywały również udzielanie przez państwo koncesji na elektroenergetyczne linie przesyłowe, zapobiegały powstawaniu linii konkurujących ze sobą i zapobiegały rozproszonemu początkom inwestycyjnych na tym odcinku. Przewidziano również finansową pomoc państwa dla koncesjonowanych inwestycji. Taki stan prawny oraz postępująca jednocześnie koncentracja środków w wyniku łączenia się w coraz to mocniejsze przedsiębiorstwa do produkcji i przesyłu energii wytworzyły stan, na którym oparł się później cały rozwój francuskiego ogólnokrajowego układu energetycznego. W tym miejscu należy jednak zaznaczyć, że elektrownie ciepłe pozostawały nadal w tym czasie poza ingerencją państwa i dopiero znacznie później, a mianowicie w roku 1932 zostały podporządkowane zwierzchnictwu państwowemu.

Pierwszy wielki elektroenergetyczny zespół powstał w 1923 r. z okazji elektryfikacji kolei żelaznych południowych (Union des Producteurs d'Énergie des Pyrénées Orientales). Zespół ten opierał się na układzie sieciowym o napięciu 150 000 V, sięgającym od Masywu Centralnego daleko na południe kraju. Przedsiębiorstwo to, zjednoczywszy piętnastu producentów energii elektrycznej, zgrupowało czterdzieści elektrowni, z czego sześć ciepłych. Elektrownie te odsprzedawały energię do wspólnej sieci hurtowej. Sposób ten był na terenie Francji pomysłem zupełnie nowym, gdyż poprzednio każdy producent energii rozdzielał ją na własnym terenie detalicznie. Jednocześnie powołano do życia instytucję regulującą współpracę poszczególnych elektrowni i prowadzącą wymianę energii w układzie sieciowym, tzn. zorganizowano pierwszy raz rozrządnię i ulokowano ją w miejscowości Lannemezan. Rozrządnia wydawała poszczególnym elektrowniom i węzłowym punktom sieci polecenia na drodze telefonicznej oraz regulowała zapas wody w poszczególnych zbiornikach. Ustalono wówczas odpowiednie normy dostawy energii w całym układzie, różniczkowano ceny w zależności od mocy zagwarantowanej w każdej chwili, od mocy 14-godzinnej zagwarantowanej w godzinach pracy przemysłu i od mocy zależnej od pojemności zbiorników, zagwarantowanej w dowolnej porze doby, lecz nie dłużej niż w ciągu 1500 godzin rocznie.

Podobna organizacja została następnie powołana do życia również w okręgu alpejskim.



W roku 1926 energetyczny zespół paryski został połączony z zakładem wodnym w Eguzon, położonym w Masywie Centralnym, za pomocą linii o napięciu 90 000 V i 150 000 V, wybudowanych celem elektryfikacji kolei żelaznej z Paryża do Orleanu.

Począwszy od roku 1930 można już mówić, że Francja weszła w stan pracy zespolonej w sensie ogólnokrajowym. Od tej chwili postępuje już szybko rozbudowa wielkich linii przesyłowych, a w szczególności krajowej sieci na napięcie 220 000 V, której pierwsze elementy połączyły Paryż z dużymi zakładami wodnymi w okręgu Truyère w Masywie Centralnym (w latach 1932—34), w okręgu Sautet w Alpach i z zakładem wodnym w miejscowości Kembs na Renie (w roku 1936). Sieć ta liczy obecnie ponad 4000 km linii o napięciu 220 000 V, a uzupełniona jest siecią na napięcie 150 000 V, pokrywającą cały praktycznie kraj.

W roku 1938 nastąpiło całkowite połączenie poszczególnych okręgów w jeden organizm elektroenergetyczny i zapoczątkowanie synchronicznej pracy wszystkich włączonych do tego układu elektrowni przy częstotliwości 50 okr./sek. Jedynie tylko parę elektrowni położonych w południowo-wschodniej części kraju pracuje jeszcze przejściowo z częstotliwością 25 okr./sek. Podstawowa sieć na 220 000 V posiada znaczną zdolność przesyłową, niezbędną dla przesyłu poważnych mocy, wytwarzanych ze źródeł wodnych w głębi kraju, do dużych ośrodków zużycia energii znajdujących się głównie w północnej części Francji. Sieć ta pozwala wyrównywać możliwości produkcyjne poszczególnych ośrodków hydroenergetycznych: charakteru łowcowego w Alpach, posiadających najniższą zdolność produkcyjną w zimie, oraz charakteru deszczowego w Masywie Centralnym, posiadających najniższą zdolność produkcyjną w lecie. Sieć ta powiększa poza tym stopień niezawodności dostawy energii oraz umożliwia racjonalne wyzyskanie najbardziej ekonomicznych elektrowni ciepłych. Rozrządnia w Paryżu pełni obowiązki głównego koordynatora pracy tego układu, reguluje wyzyskanie wielkich elektrowni paryskich oraz czuwa nad sprawną gospodarką wodną w zakładach zbiornikowych i przepływowych.

Powracając do sprawy samych elektrowni należy podkreślić, że równomierna ich rozbudowa, oparta na siłach wodnych i na węglu, trwała mniej więcej do roku 1933. W tym czasie powstają dwa wielkie zakłady ciepłe, a mianowicie w Vitry (Union d'Électricité) i Saint-Denis II (Société d'Électricité de Paris). Obydwa te zakłady posiadają turbozespoły o mocy 50 000 kW przy 3000 obr./min.

W tym czasie kryzys przemysłowy zachwiał równowagę pomiędzy produkcją energii a jej zużyciem przez wielkich odbiorców. Stan ten odbił się szczególnie niekorzystnie na elektrowniach wodnych, których największym odbiorcą był przemysł elektrochemiczny. Znaczne ilości energii elektrycznej, pochodzącej z zakładów wodnych, mogły znaleźć nabywców jedynie po bardzo niskiej cenie. W wyniku tego stanu nastąpiło zahamowanie rozbudowy sił wodnych począwszy od roku 1935, a nawet niektóre zakłady wodne zostały unieruchomione. Pewne ożywienie w przemyśle, które nastąpiło po kilku latach kryzysu, spowodowało wszczęcie budowy paru nowych elektrowni wodnych, lecz zakończeniu tej rozbudowy stanęła na przeszkodzie wojna. Przy takim stanie rzeczy zrozumiałą stała się sytuacja, w której znalazła się Francja zaraz po uwolnieniu spod okupacji: duży niedobór mocy po stronie urządzeń wytwórczych. Dodać przy tym należy, że wraz z zakończeniem wojny wystąpił gwałtowny wzrost zużycia energii i osiągnął pod koniec roku 1945 stan o 16% wyższy niż w roku 1938, a na przełomie lat 1948/49 nawet o 31% wyższy pomimo bardzo głęboko sięgających ograniczeń w zużyciu energii. Kryzys energetyczny pogłębił się dodatkowo wskutek uszkodzenia lub zniszczenia około 400 000 kW w różnych elektrowniach w wyniku działań wojennych.

Niektóre przedsiębiorstwa elektryfikacyjne przystąpiły wprawdzie jeszcze w okresie okupacji do prac projektowych dla nowych elektrowni, a nawet zapoczątkowały tajnie kilka budów, lecz prace te rozwijały się po wojnie bardzo słabo. Różnorodne przyczyny były tego powodem.

Niezwłocznie po wyzwoleniu dokonano poważnych zamówień różnych urządzeń energetycznych w przemyśle krajowym. Przemysł ten nie mógł jednak szybko wywiązać się z tych zadań. Jednocześnie z wydaniem zamówień w kraju wyjechały także zagranicę różne misje hadlowe, szczególnie do Stanów Zjednoczonych, gdzie ulokowano szereg zle-

ceń na łączną moc około 220 000 kW, z czego jeden zespół o mocy 100 000 kW, przeznaczony do renowacji urządzeń w elektrowni Gennevilliers, dwa zaś zespoły po 60 000 kW dla kopalnianej elektrowni w Harnes.

W tym to czasie weszła w życie ustawa z 8. IV. 1946 roku o upaństwowieniu energetyki elektryfikacyjnej i gazyfikacyjnej\*). Całość działania, zarządzania, administrowania, eksploataowania i inwestowania w obu tych przemyślach energetycznych została przekazana do rąk dwóch państwowych instytucji: „Électricité de France“ i „Gaz de France“. Instytucja elektroenergetyczna przejęła w ten sposób 86 elektrowni ciepłych należących poprzednio do 54 różnych spółek, 300 elektrowni wodnych należących do tego czasu do 100 różnych spółek, 19 000 km linii o napięciu ponad 30 000 V należących do 86 różnych przedsiębiorstw oraz urządzenia rozdzielcze 1150 różnych przedsiębiorstw obejmujące w sumie 621 000 km linii różnych napięć. W pierwszym etapie pracy dokonano niezwykłego wysiłku zorganizowania elektroenergetyki na zupełnie nowych podstawach organizacyjnych. Trudności były tym większe, że musiano jednocześnie opanować krytyczną sytuację, spowodowaną niedoborem mocy oraz przyspieszyć rozbudowę nowych zakładów produkcyjnych.

Ze strony technicznej upaństwowienie nie wprowadziło w pracy francuskiego układu elektroenergetycznego nic specjalnie nowego. Już bowiem wyżej omówione poczynania i osiągnięcia, wynikłe z połączenia się wielu okręgowych układów energetycznych w wielkie zgrupowanie, doprowadziło do stworzenia wspólnego kierownictwa koordynującego ruch i eksploatację. Ułatwieniem były tu także dawniejsze postanowienia ustawowe o koncesjonowaniu budowy wielkich linii przesyłowych z zastrzeżeniem przejęcia ich przez państwo po upływie czasu określonego koncesją. Ułatwieniem było także zarządzenie z roku 1942 grupujące ogół przedsiębiorstw przesyłowych w 3 wielkie zgrupowania. Wreszcie sprawa cen energii była w poważnej mierze uregulowana ustawą z roku 1935, określającą ceny maksymalne, gdy przed tą ustawą sprawy cen były przedmiotem zupełnie dowolnego porozumienia pomiędzy koncesjonariuszem a instytucją koncesjonującą.

Ustawa z 8. IV. 1946 roku, uzupełniona następnie ustawą z 6. VIII. 1946 roku, utrzymała jednak pewną decentralizację. Przewidziała mianowicie istnienie i funkcjonowanie w ramach obu głównych instytucji — „Électricité de France“ i „Gaz de France“ — oddziałów, posiadających określoną autonomię oraz pozostawiała poza upaństwowieniem małe wytwórnie przemysłowe, produkujące rocznie mniej niż 12 milionów kWh, oraz zakłady energetyczne prowadzące gospodarkę skojarzoną, ciepło-elektryczną, posiadające turbiny przeciwprężne. Wreszcie ustawy te utrzymały prawa własności do wytwórni przy kopalniach węgla i do wytwórni trakcyjnych, postanawiając jednak, że obydwie te ostatnie rodzaje wytwórni będą zarządzane przez komitety mieszane o ustalonym z góry składzie.

Instytucja „Électricité de France“ kieruje naczelnym dyrektorem podporządkowany radzie administracyjnej, w której skład wchodzi: 6 przedstawicieli władz państwowych, 6 przedstawicieli odbiorców energii, 6 przedstawicieli samorządu terytorialnego. Następnie organizacją przewiduje: dyrekcję administracyjną, służbę finansową i 3 dyrekcje techniczne, a mianowicie:

a) dyrekcję eksploatacyjną, w której skład wchodzi 9 zgrupowań produkcji energii elektrycznej w wytwórniach ciepłych, 16 zgrupowań produkcji energii w wytwórniach wodnych i 8 przesyłowych okręgów energetycznych; te okręgi rozdzielają obciążenia na swoim terenie według centralnie opracowanego programu, regulują pracę wielkich wytwórni energii i opróżnianie zbiorników wodnych; liczne placówki sprzedaży energii dawnych spółek samodzielnich zostały całkowicie oddzielone od spraw, związanych z produkcją energii i z jej przesyłem, przeorganizowane i zgrupowane w 100 ośrodków rozdzielczych;

b) dyrekcję inwestycyjną bardzo daleko zdecentralizowaną, podzieloną na 9 okręgów wodnych i 2 okręgi ciepłe oraz 1 oddział rozbudowy wielkich linii przesyłowych wysokiego napięcia; te centralne organy sprawują jedynie czynności koordynacyjne i kontrolne;

c) dyrekcję studiów i badań, która zajmuje się wszelkimi studiami, wyłaniającymi się w związku

\*) Por. J. Gn. Ustawa o upaństwowieniu energetyki we Francji PE, 1947, z. 5/6, str. 189—192. — Przep. red.



z rozwojem i rozbudową całości techniki energetycznej (np. bardzo wysokie napięcia, turbiny gazowe, energia przyływów i odpływów morza, energia wiatru itp.).

### 3. Plan modernizacji i program rozbudowy.

Jednym z pierwszych zadań, które stanęły przed „Électricité de France”, było opracowanie programu pracy w ramach planu ogólnoprzemysłowej modernizacji urzędzeń z roku 1946, znanego pod nazwą „planu Monneta”.

Plan ten, przewidujący zużycie energii elektrycznej w roku 1951 w wysokości 39,5 mld. kWh, określił rozbić produkcji energii pomiędzy poszczególne rodzaje zakładów wytwórczych w sposób podany w tabl. I.

Rozbić produkcji opiera się na następujących podstawach:

1. Przewiduje się bardzo intensywną rozbudowę sił wodnych, lecz przy jednoczesnym wyeliminowaniu projektów zbyt wielkich, wymagających do swej realizacji zbyt długiego czasu. Potrzeba intensywniej rozbudowy sił wodnych wynika z konieczności zredukowania importu węgla, wpływającego bardzo niekorzystnie na bilans handlowy Francji, szczególnie wobec znacznego udziału importu ze Stanów Zjednoczonych.

2. Przewiduje się znaczne wyzyskanie węgla odpadkowego i gazu wielkopieczowego, jako paliw nie nadających się do innego celu poza produkcją energii elektrycznej.

3. Przewiduje się unowocześnienie elektrowni ciepłych pracujących na paliwie handlowym. Elektrownie te mają być przeznaczone do wyrównywania braków produkcji energii z innych źródeł. Zamierza się wybudować pewną liczbę nowoczesnych elektrowni o dużej sprawności.

4. Przewiduje się rozbudowę linii przesyłowych w miarę rozbudowy zakładów produkcyjnych.

Określenie podstaw rozwoju zakładów ciepłych wynika z rozpatrzenia rodzajów i ilości paliw, którymi zakłady te mogą dysponować. Francuskie kopalnie węgla produkują wszystkie rodzaje węgla, począwszy od antracytów i węgla chudych aż do węgla tłustych i piemiennych, jak to uwiidoczniło w tabl. II, sporządzonej na podstawie danych z roku 1936, opracowanych przez Komisję modernizacji kopalń.

Zapasy węgla koksujących są stosunkowo małe i, jakkolwiek wydobycie ich jest intensywne, Francja zmuszona jest do importu pewnej ilości takich węgla na potrzeby metalurgii. Węgle o zawartości od 18% do 26% części lotnych nie są węglami koksującymi; jako węgle koksujące przyjmuje się gatunki o zawartości powyżej 26% części lotnych,

Tablica I.

Rodzaje zakładów	1938-1939	1947	1951
Zakłady wodne	11,6	14,3*)	23,5*)
Zakłady ciepłe kopalniane (paliwo odpadkowe)	2,5	3,7	7,8
Zakłady ciepłe na gazie wielkopieczowym	2,5	1,6	3,9
Zakłady ciepłe wyrównawcze i przemysłowe (paliwo handlowe)	4,7	6,1	4,3
Import	0,3	1,3	—
Razem	21,6	27,0	39,5

\*) Dla przeciętnych warunków wodnych.

których zasoby we Francji nie sięgają 15%. Całkowite wydobycie węgla tłustych przeznaczone jest dla produkcji gazu i koksu. Węgle piemiennie występują we Francji pod dostatkiem w kopalniach lotaryńskich; zasoby ich wynoszą połowę ogólnych zasobów; eksploatacja jednak tego zagłębia węglowego wynosi obecnie zaledwie 14% ogólnofrancuskiego wydobycia, ma jednak szybko wzrosnąć i powinna wynosić w roku 1955 25% całkowitego wydobycia. W stosunku do pewnej części tych węgla istnieje nadzieja opracowania metody ich koksowania (odpowiednie próby są obecnie w toku), jednak przede wszystkim węgle piemiennie, a nawet częściowo węgle chude, powinny być zużyte do palenisk kotłowych. Oczywiście, ma się tu na myśli jako paliwo do tego celu jedynie drobne gatunki węgla; grubsze natomiast gatunki będą zużyte w gospodarstwach domowych i w małych paleniskach urzędzeń przemysłowych. Nadmienić tu należy, że część starych francuskich elektrowni posiada jeszcze paleniska rusztowe, przystosowane jedynie do spalania gatunków grubszych, wobec czego pewna ilość takich gatunków musi być przeznaczona jeszcze do produkcji energii elektrycznej. Jednym z zadań w planie unowocześnienia energetyki francuskiej jest wyeliminowanie tego mało racjonalnego zużycia stosunkowo kosztownego rodzaju paliwa, przydatnego raczej do innych celów.

Jak wynika z tabl. II, liczba gatunków o granulacji bardzo drobnej i ilość węgla odpadkowych jest stosunkowo duża. Francuskie kopalnie są nie tylko ubogie pod względem zasobów węgla, lecz również pod względem produkcji jego cenniejszych gatunków. Zagłębie północne i zagłębie

Tablica II

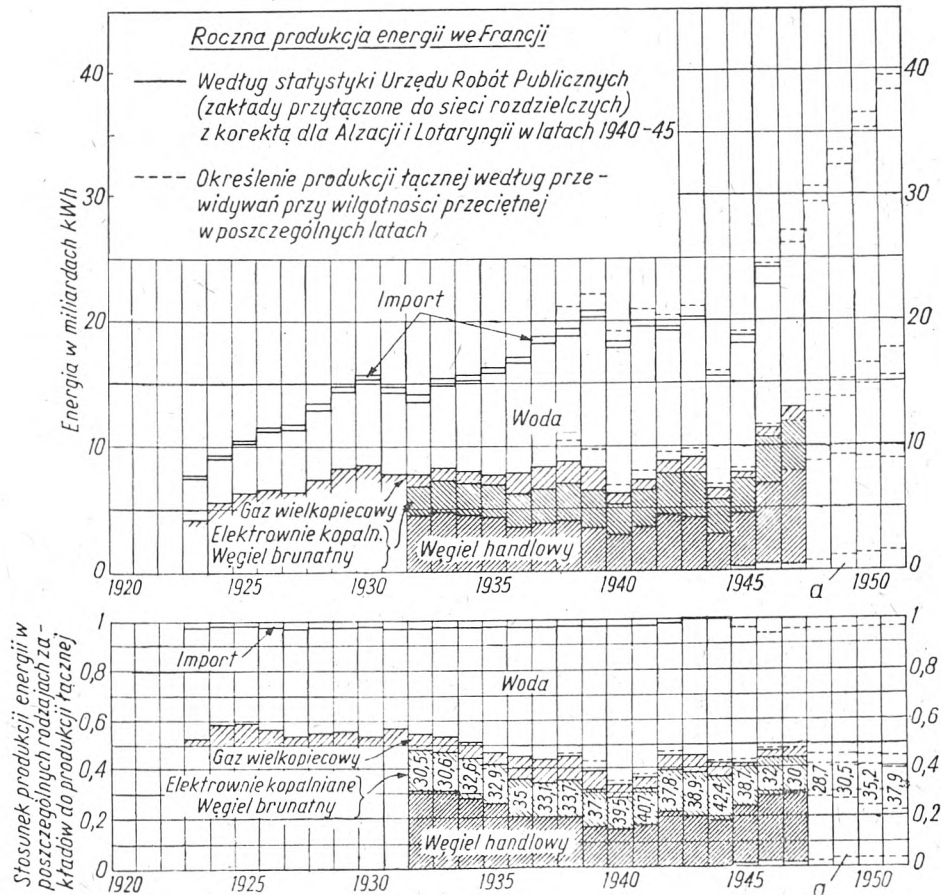
Rodzaje i gatunki węgla	Zapasy 10,4 · 10 <sup>9</sup> t (%)	Wydobycie dzienne	
		w maju 1949 r. 165 000 ton	przewidywane w 1955 r. 259 000 ton
Antracyty i węgle chude o zawartości cz. lotnych poniżej 13%	17,2	24,8	20,7
Półtłuste o zawartości cz. lotnych od 13 do 18%	6,2	7,8	7,3
Tłuste koksujące o zawartości cz. lotnych od 18 do 26%	9,8	27,4	23,3
Tłuste gazowe o zawartości cz. lotnych od 26 do 32%	7,9	9,6	8,7
Węgle tłuste (Flénus) o zawartości cz. lotnych powyżej 32%	55,3	30,4	40,0
Węgle brunatne	3,6		
Razem	100,0	100,0	100,0
Miały 0 — 1 mm		12,7	11,7
Miały 1 — 10 mm		30,5	29,6
Gatunkowe powyżej 10 mm		42,2	43,8
Pospółka		7,4	6,8
Szlamy		2,6	2,7
Węgle brunatne		4,6	5,4
Razem		100,0	100,0



Pas-des-Calais, największe zagłębia francuskie, posiadają pokłady o małej miąższości i zalegające bardzo nierówno. Wskutek tego wydobyty węgiel posiada dużą zawartość popiołu, drobnego miazgu i pyłu. Po wysortowaniu kamienia, po wypłukaniu albo odpyleniu i po usunięciu nieużytecznych odpadków, których zawartość sięga często 20—25% wydobycia brutto, użytkową pozostałość można podzielić w następujący sposób: 70% stanowi węgiel handlowy, a 30% węgla odpadkowy. Te ostatnie 30% zawiera znowu około

500°C o mocy jednostkowej 25 000, 40 000 i 60 000 kW, oraz kotły na pył węglowy.

Jeżeli przeznaczone na zużycie w elektrowniach węgle nadają się do magazynowania, która to cecha występuje przy węglach pochodzących z kopalń środkowej Francji, wówczas elektrownie zużywające taki właśnie węgiel można traktować na równi z wodnymi elektrowniami zbiornikowymi. Elektrownie takie mogą więc być uważane za elektrownie wyrównawcze, a wówczas może się okazać ko-



Rys. 1. Podział produkcji energii elektrycznej pomiędzy poszczególne rodzaje zakładów, w liczbach bezwzględnych i w procentach łącznej produkcji

Pole a u podstawy wykresów dotyczy produkcji zakładów pracujących na oleju palnym

30% różnych mieszanin o dużej zawartości popiołu (35 do 45%) i posiada wartość opałową 3500—4200 kcal/kg, oraz 70% pyłów i szlamów o wartości opałowej 4500—6000 kcal/kg. Odpady te nie nadają się do transportu i jakkolwiek pewna ich część może być użyta do brykietowania i innych podobnych celów, to jednak znacznie większa pozostałość znajduje jedynie racjonalne wyzyskanie jako paliwo pod kotłami elektrowni wybudowanych przy kopalniach węgla.

Z rys. 1 wynika, że produkcja energii elektrycznej, oparta na węglach odpadkowych, wykazywała pewien wzrost już przed wojną, a także podczas wojny. Według obecnych przewidywań dalszy wzrost tego rodzaju produkcji będzie trwał nadal. Rzeczywisty wzrost zużycia takich odpadków jest niewątpliwie jeszcze większy, niż to wynika z rys. 1, albowiem pewna część tego rodzaju paliwa już była używana w elektrowniach kopalnianych, a na przyszłość istnieje wyraźna tendencja do używania węgla odpadkowego wyłącznie w takich elektrowniach. Pogląd na te przewidywania daje tabl. III.

Z tabl. III wynika poza tym, że jednostkowe zużycie paliwa na produkcję energii elektrycznej poważnie spada. Jest to skutek przewidywanego oddawania do ruchu coraz bardziej nowoczesnych jednostek kotłowych i maszynowych, z czego moc w wysokości 1 000 000 kW została już zamówiona. Na zamówienia te składają się przeważnie turbogeneratory, pracujące przy ciśnieniu 66 at i temperaturze

rzystne rozbudowywanie ich na większą moc przy użytkowaniu tej mocy przez 3000—4000 godzin rocznie.

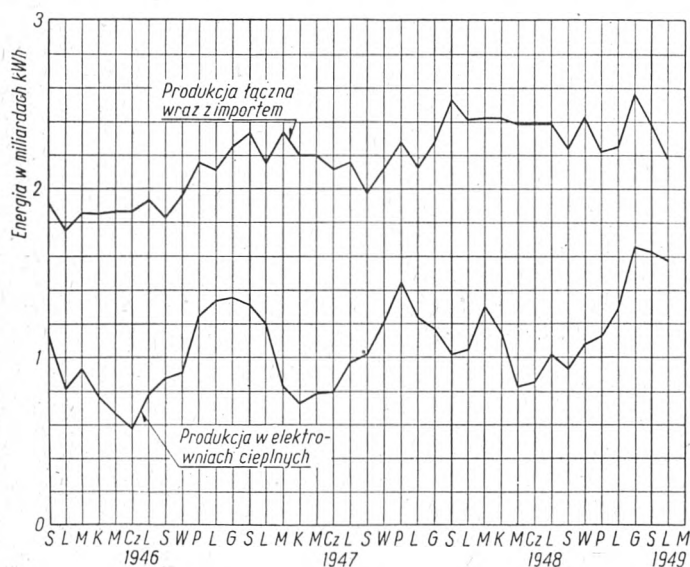
Zużywanie gazu wielkopiecowego do produkcji energii elektrycznej posiada podobne znaczenie, jak zużywanie węgla odpadkowych. W przypadku wyzyskiwania gazu korzystną rzeczą jest wybudowanie większej elektrowni przy skupisku zakładów hutniczych i doprowadzenie do niej paliwa za pomocą sieci rurociągów, ułożonych od poszczególnych wielkich pieców. W chwili obecnej znajduje się w budowie jedna taka większa elektrownia, o mocy

Tablica III

Produkcja lub zużycie	1947	1952	1955
Całkowita produkcja kopalń w milionach ton rocznie	47,3	65,0	69,7
Produkcja paliw odpadkowych w milionach ton rocznie	9,5	13,2	14,4
Zużycie paliwa w elektrowniach kopalnianych w milionach ton rocznie	4,6	6,0	7,0
Produkcja energii elektrycznej w elektrowniach kopalnianych w miliardach kWh rocznie	3,5	6,8	9,0



2×40 000 kW, zasilana przez 4 zakłady hutnicze, w zagłębiu Longwy, a poza tym projektuje się budowę dwu innych podobnych elektrowni w zagłębiu mozelskim. Normalnie wyposaża się kotły w takich elektrowniach w paleńska na gaz i jednocześnie na węgiel, co ma na celu uży-



Rys. 2. Podział produkcji energii elektrycznej pomiędzy zakłady wodne i ciepłe w poszczególnych miesiącach w latach od 1946 do 1948

skanie w każdej chwili pełnej produkcji z zainstalowanej mocy, nawet w przypadku wahań w dopływie gazu wielkopiecowego.

Elektrownie wyrównawcze, zużywające paliwo handlowe, składają się obecnie ze znacznej liczby zakładów przestarzałych, których zużycie jednostkowe ciepła na produkcję energii sięga nawet 9000 kcal/kWh. Poza tym niektóre z tych elektrowni mogą pracować tylko przy użyciu grubszych gatunków węgla. Plan unowocześnień przewiduje utrzymanie w normalnym ruchu tylko tych spośród nich, które zużywają najdrobniejsze gatunki węgla i których zużycie jednostkowe na produkcję energii wynosi mniej niż 5000 kcal/kWh. Pozostałe stare elektrownie będą zakwalifikowane jako rezerwowe i będą uruchamiane jedynie w przypadku braku wody w elektrowniach wodnych. Poza tym przewiduje się wybudowanie 700 000 kW w elektrowniach nowoczesnych, zużywających około 3000 kcal/kWh, wskutek czego przeciętne zużycie jednostkowe, stosownie do przewidywań podanych w tabl. I, obniży się do wielkości poniżej 4000 kcal/kWh, a w ten sposób zużycie węgla handlowego na produkcję energii elektrycznej spadnie poniżej zużycia w roku 1947.

Mówiąc o paliwie handlowym należy wspomnieć także i o oleju palnym. Przewidywania co do zakresu użytkowania tego rodzaju paliwa nie są jeszcze sprecyzowane. Biorąc jednak pod uwagę spodziewany rozwój przemysłu rafineryjnego we Francji, przewiduje się na początek kilka stosunkowo niewielkich elektrowni pracujących na oleju palnym, ulokowanych w okolicach północnego wybrzeża morskiego (70 000 kW, Brest i Caen), oraz stosunkowo większą moc w elektrowniach, przystosowanych do opalania mieszanego węglowo-olejowego (200 000 kW) i położonych w departamencie Dolnej Sekwany (Dieppedalle i Yainville). Wreszcie przewiduje się przebudowę pewnej liczby starych kotłów, przystosowanych jedynie do spalania grubszych asortymentów węgla, na opalanie ich olejem palnym.

Wspomnieć wreszcie należy także i o elektrowniach przeciwprężnych, pozostających w dyspozycji przemysłu prywatnego. Elektrownie takie umożliwiają bardzo korzystne zużycie węgla. Największa tego rodzaju instalacja znajduje się w elektrowni Ivry, a jest nią jeden turbozespół o mocy 40 000 kW, zaopatrujący miejską sieć ciepłą Paryża w parę grzejną.

Omówione wyżej szczegóły stanowią główne składniki planu unowocześnień elektroenergetyki francuskiej. Plan

ten stawia zadanie oddawania corocznie do ruchu urządzeń wodnych o zdolności produkcyjnej 2,5 mlrd. kWh oraz mocy 650 000 kW w zakładach ciepłych. Stanowi to trzykrotną wielkość urządzeń istniejących przed wojną. Trzeba jednak zaznaczyć, że wykonanie tego planu zostało początkowo w pewnej mierze zahamowane z powodu znacznych trudności materiałowych, następnie wskutek trudności finansowych. Zahamowanie to odbiło się szczególnie na rozbudowie zakładów wodnych i zakładów na gaz wielkopiecowy; w tym ostatnim przypadku głównie ze względu na niepewność danych co do dostawy gazu. Z takiego stanu wynika, że jeżeli zużycie w roku 1951 osiągnie rzeczywiście 39,5 mlrd. kWh, to zakłady ciepłe, pracujące na węglu handlowym, których program rozbudowy został ostatnio cokolwiek powiększony, będą musiały wyprodukować około 9 mlrd. kWh zamiast początkowo przewidywanych 4,3 mlrd. kWh. Ten ostatni stan rzeczy uważył właśnie do wyrażenia poglądu w wstępie niniejszego artykułu, że całkowita produkcja w zakładach ciepłych może ustabilizować się na poziomie około 45% produkcji wszystkich elektrowni.

#### 4. Wpływ istniejących sieci na rozbudowę elektrowni ciepłych.

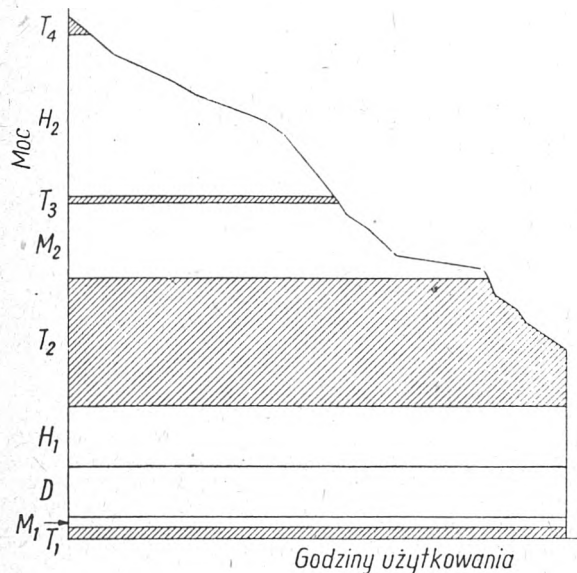
Ponieważ do istniejących we Francji sieci włączone są zakłady wodne, których zdolność produkcyjna zależy od pory roku i od wilgotności roku, przeto zagadnienie rozbudowy elektrowni ciepłych, przeznaczonych głównie do wyrównywania wahań obciążenia, musi stan taki uwzględniać. Układ wzajemnych stosunków dla trzech ostatnich lat pokazany jest na rys. 2.

Na uporządkowanym wykresie miesięcznym (rys. 3), przedstawiającym możliwości albo potrzeby energetyczne dla wszystkich elektrowni włączonych do ogólnokrajowej sieci, pokazana jest produkcja różnorodnych zakładów, a między innymi także produkcja, przypadająca na elektrownie pracujące na węglu handlowym. Przewodząc takie wykresne obliczenie dla różnych warunków wodnych, które przypuszczalnie wystąpią w rozpatrywanym okresie czasu, otrzymuje się liczbę godzin, w ciągu których należy utrzymywać w ruchu elektrownie ciepłe pracujące na węglu handlowym. Na rys. 4 pokazane są wyniki takich obliczeń dla stanu przewidywanego w roku 1951 w obydwu głównych sezonach: zimowym i letnim. Po prawej stronie tych wykresów, tj. w zakresach wyższych godzin użytkowania mocy, a szczególnie w sezonie letnim, występuje stosunkowo długotrwała praca elektrowni opartych na węglu handlowym, jakkolwiek jest to pora odpowiadająca dużym możliwościom wodnym oraz godzinom nocnym. Okoliczność ta uwarunkowana jest jednak koniecznością utrzymywania w ruchu tych elektrowni ciepłych przy pewnym minimalnym obciążeniu. Minimum to wynika z dwóch przyczyn.

Po pierwsze konieczność taką dyktują względy bezpieczeństwa, a mianowicie potrzeba zapewnienia ciągłości dostawy dla wielkich ośrodków zużycia energii, z reguły nader odległych od źródeł energii wodnej. Obciążenie takiej wirującej rezerwy w zakładach ciepłych jest stosunkowo bardzo małe. Wielkość wirującej rezerwy wynika z przyjętego prawdopodobieństwa wypadnięcia z ruchu jakiegoś elementu w całym układzie sieciowym bez naruszenia stateczności pracy układu. Przymyślamy się tu zarówno możliwość wypadnięcia ważniejszej linii przesyłowej, jak i możliwość wypadnięcia większej maszyny. Przed wojną określono wysokość wirującej rezerwy dla samego tylko zespołu paryskiego na 120 000 kW, co odpowiadało obciążeniu rzeczywistemu tej wirującej rezerwy na poziomie 50 000 kW. Ostatnio w okresie poważnego deficytu mocy zarzucono z konieczności utrzymywanie w ruchu wirującej rezerwy. Niewątpliwie jednak potrzeba taka wystąpi z całą wyrazistością po pewnym okresie czasu, gdy warunki elektroenergetyczne ulegną poprawie.

Po drugie, jeżeli własne możliwości kompensacyjne, istniejące w układzie sieciowym, nie będą wystarczające, wówczas dla utrzymania odpowiedniego napięcia w różnych punktach sieci trzeba będzie pędzić niektóre turbozespoły w elektrowniach ciepłych nawet wówczas, gdy zapotrzebowanie energii czynnej nie będzie tego wymagało. Właśnie ten drugi powód staje się obecnie w sieci francuskiej powodem rozstrzygającym. Z grubsza można dla spodziewanego w roku 1951 stanu określić minimalną moc potrzebną do celów kompensacyjnych na taką, która zmusi

do utrzymywania w ruchu w elektrowniach ciepłych wyrównawczych mocy znamionowej rzędu 600 000 kW, co odpowiadać będzie obciążeniu rzeczywistemu, koniecznemu



Rys. 3. Produkcja energii elektrycznej w poszczególnych rodzajach zakładów na uporządkowanym wykresie miesięcznym

- $T_1$  — najniższe konieczne obciążenie elektrowni pracujących na węglu handlowym
- $M_1$  — najniższe konieczne obciążenie elektrowni kopalnianych
- $D$  — energia pochodzenia różnego, równorzędna z produkcją wodnych zakładów przepływowych (gaz wielkopięcowy, import itp.)
- $H_1$  — wodne zakłady przepływowe
- $H_2$  — wodne zakłady ze zbiornikami sezonowymi
- $M_2$  — elektrownie kopalniane
- $T_2, T_3, T_4$  — elektrownie ciepłe pracujące na różnych węglach

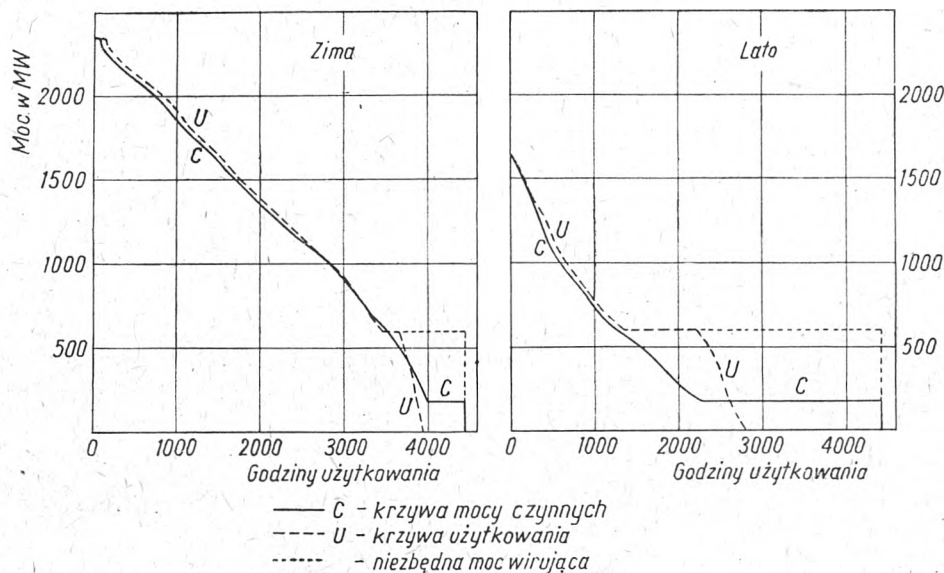
dla utrzymania w ruchu takiej mocy, na poziomie 180 000 kW. Jest rzeczą zupełnie zrozumiałą, że utrzymywanie w ruchu takiej mocy jest zarówno uciążliwe, jak i kosztowne. Można bowiem określić koszt 1 kW utrzymy-

przy jak najmniejszym obciążeniu rzeczywistym. Zależy to, jak wiadomo, od konstrukcji kotłów.

Omówione wyżej zagadnienie nie miało żadnej praktycznie ostrości, gdy układy sieciowe były mało rozbudowane, a praca opierała się głównie na elektrowniach ciepłych. Obecnie jednak zagadnienie to z roku na rok ma coraz większe znaczenie, obowiązek zaś utrzymywania wirującej rezerwy spada, oczywiście, na elektrownie wyrównawcze; ich obciążenie w stosunku do mocy całego układu będzie się, oczywiście, zmniejszać stale w przyszłości. O częściowym choćby przejęciu takich obowiązków przez elektrownie kopalniane nie można niestety myśleć, gdyż ze względu na rodzaj zużywanego przez te ostatnie elektrownie paliwa odpadkowego wszelkie większe wahania obciążenia w tych elektrowniach będą niedopuszczalne. Elektrownie te będą mogły pracować przy pełnym obciążeniu, bądź będą musiały być w odpowiednim czasie całkowicie unieruchamiane.

Druga cechą charakterystyczną wynikającą z wykresów podanych na rys. 4 jest określenie sposobu pracy elektrowni, pokrywających zapotrzebowanie energii powyżej podstawowego obciążenia. Dotyczy to znacznej liczby mniej ekonomicznych elektrowni, produkujących stosunkowo małą ilość energii. Nie należy tu myśleć jedynie o pokrywaniu krótkich dobowych wierzchołków obciążenia. W rzeczywistości bowiem — czy to w okresach czasu krytycznych pod względem mocy, czy też podczas bardzo suchych sezonów zimowych, gdy możliwości produkcyjne wodnych elektrowni zbiornikowych będą bardzo niewielkie, natomiast wierzchołki obciążenia, pokrywane normalnie przez te właśnie elektrownie wodne, są znaczne, jeżeli chodzi o czas ich trwania (rys. 5) — właśnie w takich przypadkach cały obowiązek sprostania brakom w sieci spada na wspomniane najmniej ekonomiczne elektrownie, które wówczas muszą zapewnić trwałą dostawę mocy przez około 14 godzin na dobę. Można się liczyć z powiększeniem się nawet tego czasu w ciągu kilku następnych lat. W dalszej jednak przyszłości, gdy rozporządzać się będzie całością wodnych możliwości Francji, rola takich nieekonomicznych elektrowni ciepłych spadnie jedynie do obowiązku pokrywania bardzo krótkotrwałych szczytów dobowych.

Z powyższych rozważań wynika, że jeżeli trzeba myśleć o potrzebie budowy nowych elektrowni, pokrywających różne miejsca na łącznym wykresie obciążenia, to techniczne charakterystyki pracy takich „różnych” elektrowni muszą być także różne. Praktycznie jednak chodzi naj-



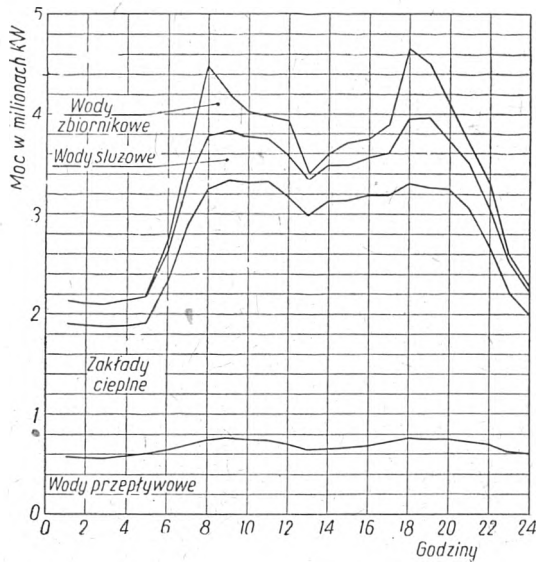
Rys. 4. Uporządkowane wykresy dla elektrowni pracujących na węglu handlowym

wania w ruchu wirującej rezerwy przez 1 godzinę na 15% kosztów wyprodukowania 1 kWh w warunkach ekonomicznego obciążenia maszyn. Z podanego stanu rzeczy wynika potrzeba zaprojektowania w najbardziej ekonomicznych — pokrywających podstawy obciążenia — elektrowniach odpowiednich maszyn, które by zezwalały na prace

częściej o określenie charakteru pracy jednej tylko nowo-budowanej w danej chwili elektrowni. Można sobie wówczas postawić takie pytanie: czy byłoby rzeczą celową budować nową elektrownię przystosowaną do pracy jedynie na szczyty obciążenia? Trzeba przyznać, że elektrownia taka kosztowałaby mniej niż elektrownia przewidziana



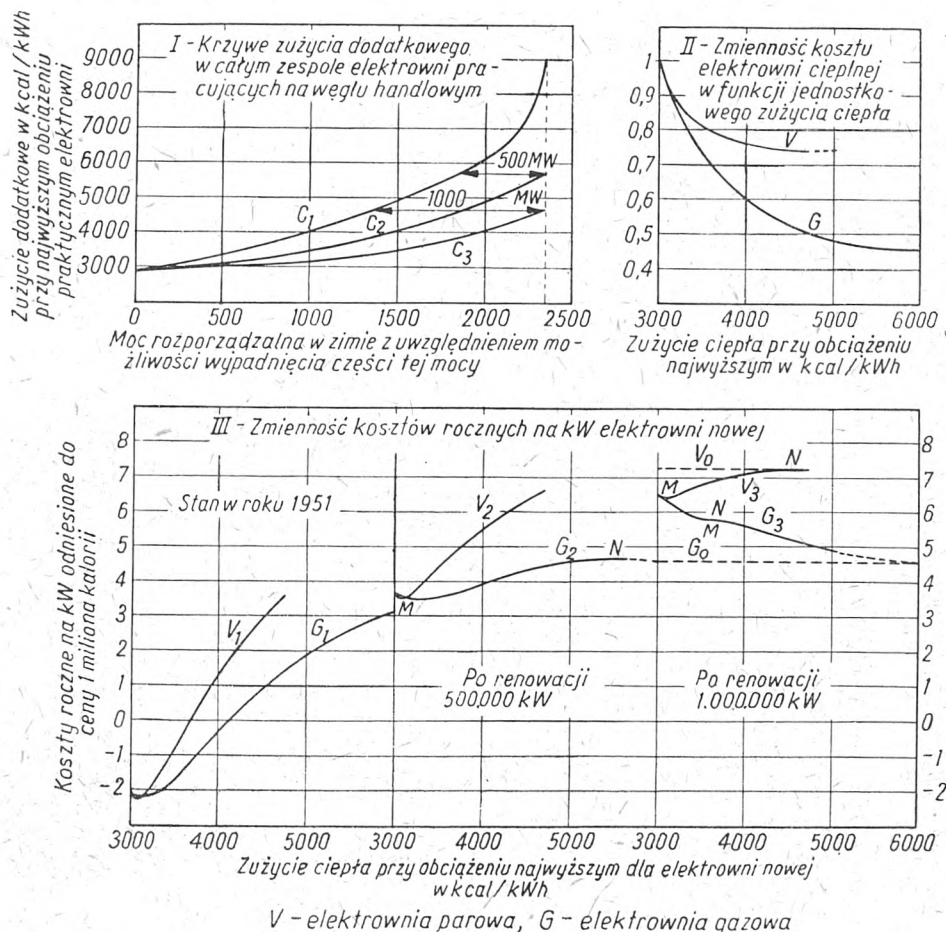
na do pokrywania podstaw obciążenia. Rozważania ekonomiczne doprowadzają jednak do wniosku, że nie jest rzeczą celową zastępowanie elektrownią nową takich elektrowni starych, które mają pokrywać szczyty obciążenia.



Rys. 5. Dobowy wykres obciążeń dla całej Francji i dla zimowego dnia podczas niskiego stanu wody w zakładach wodnych (17. II. 48)

sunku do ceny 1 mln. kalorii i przy uwzględnieniu potężniejszej produkcji energii w wyniku połączenia wielu elektrowni siecią oraz przy następujących założeniach: a) odpowiednia produkcja energii w połączonych elektrowniach starych zastąpiona będzie produkcją w elektrowni nowej, b) dodatkowe zużycie jednostkowe ciepła w kcal/kWh przyjęto z krzywej  $C_1$  na rys. 6—I, c) zmienność kosztu elektrowni nowej w zależności od jednostkowego zużycia ciepła w kcal/kWh przyjęto w krzywej  $V$  na rys. 6-II. Krzywą  $V$  na rys. 6-II wykreślono przy założeniu stałej mocy jednostek produkcyjnych i stałej temperatury pary, przy której przyjęto do obliczenia jednostki produkcyjne miały pracować. W rzeczywistości jednak założenie to nie będzie słuszne, zawsze bowiem korzystniej będzie budować nową elektrownię na wyższą temperaturę pary w miarę postępu techniki produkcji materiałów odpornych na wysokie temperatury pracy, gdyż zastosowanie wyższej temperatury poprawia sprawność urządzeń cieplnych, mając niewielki stosunkowo wpływ na ich cenę. Z wykresów podanych na rys. 6 wynika ogólnie, że jedynie budowa nowej elektrowni parowej o dużej sprawności byłaby obecnie korzystna, a wniosek taki będzie słuszny również i w tym przypadku, gdyby nawet poważna ilość starych elektrowni miała być zastąpiona przez elektrownie nowoczesne (porównaj także krzywe  $V_2$  i  $V_3$  odpowiadające krzywom zużycia  $C_2$  i  $C_3$ ). Nie należy przeto budować nowych elektrowni parowych do pokrywania szczytów, gdyż zadania takie zawsze korzystniej wypełnią elektrownie stare.

Jeżeli jednak weźmiemy pod uwagę turbiny gazowe, to wniosek powyższy może okazać się niesłusznym, albowiem koszt turbin gazowych spada znacznie szybciej przy obniżającej się sprawności (tj. przy wzroście jednostkowego

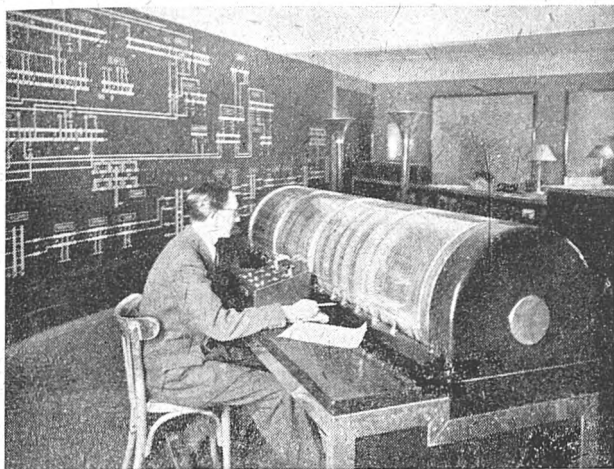


Rys. 6. Krzywe do dyskusji zagadnienia pokrywania obciążeń szczytowych za pomocą elektrowni starych, bądź też za pomocą elektrowni nowych, wybudowanych specjalnie do tego celu

Rys. 6-III (krzywa  $V_1$ ) daje obraz zmienności kosztów rocznych przypadających na 1 nowozainstalowany kW elektrowni parowej w zależności od zużycia ciepła w nowo-wbudowanej elektrowni na podstawie przewidywań uwidoczonych na rys. 4. Koszty te zostały obliczone w sto-

zużycia ciepła w kcal/kWh) niż koszt turbin parowych. Krzywa  $G$  na rys. 6-II daje pojęcie o zmienności tego kosztu. Krzywa ta jest jednak niezupełnie pewna, a to ze względu na brak ostatecznych danych co do rozwiązań technicznych, będących dopiero w stadium prób początko-

wych. Przy budowie krzywej  $G$  przyjęto założenie, że koszty budowy i zużycie ciepła są jednakowe w przypadku elektrowni parowej i elektrowni gazowej o dobrej spr-



Rys. 7. Główna rozrządnia w Paryżu: widok ogólny sali obrachunkowej

wności. W rzeczywistości sprawność może być wyższa dla elektrowni gazowej, lecz z drugiej strony koszty paliwa dla takiej elektrowni są większe. W omawianym przypadku otrzymuje się dla elektrowni gazowych warunki pokazane na rys. 6-III krzywymi  $G_1$ ,  $G_2$  i  $G_3$ , z których wynika, że jeżeli rozpatrywać zagadnienie w wąskich pasach jednostkowego zużycia ciepła, to budowa takich elektrowni szczytowych może okazać się korzystną.

Zważywszy interesujące widoki zastosowania turbin gazowych zarówno jako jednostek podstawowych, jak i szczytowych, „Électricité de France” współpracuje obecnie nad ich rozwojem. Zamierza się zainstalować w elektrowni Saint-Denis jeden turbospół gazowy z turbiną o mocy 12 000 kW, pracującą w obiegu zamkniętym, oraz jeden turbospół gazowy z turbiną o mocy 2000 kW, pracującą w obiegu otwartym.

Istniejące we Francji wielkie sieci o wysokiej zdolności przesyłowej stwarzają korzystne warunki dla instalowania jednostek produkcyjnych wielkiej mocy. Również i zagadnienie rezerw zimnych nie może być przy istnieniu wielkiego układu sieciowego rozważane z punktu widzenia potrzeb lokalnych, co dawniej było prawie regułą. Zagadnienie to staje się przy istnieniu wielkiego układu sieciowego niezależne od wielkości mocy jednostek produkcyjnych, pracujących w tym układzie.

##### 5. Koordynacja współpracy pomiędzy ośrodkami produkcji energii.

Najbardziej korzystne ekonomicznie warunki pracy w sieciach sprzężonych, w których pracują elektrownie ciepłe, otrzymuje się wówczas, gdy wszelkie dodatkowe koszty produkcji energii, wywołane faktem połączenia się tych elektrowni w jeden wspólny układ, będą jednakowe co do wielkości w każdej chwili i w każdym z połączonych ze sobą ośrodków. Jeżeli w układzie sieciowym pracują również elektrownie wodne, to warunek najlepszego wyzyskania rezerw wodnych będzie spełniony wówczas, gdy takie — wyżej wymienione — dodatkowe koszty powstające w elektrowniach ciepłych zostaną utrzymane na stałej wysokości przez cały czas korzystania z rezerw wodnych. Inaczej mówiąc, najlepszy w tym ostatnim przypadku efekt ekonomiczny osiąga się wówczas, gdy stosunek dodatkowego zużycia wody, przy różnych warunkach pracy elektrowni wodnej, do dodatkowego zużycia ciepła w elektrowniach ciepłych, jest wielkością stałą.

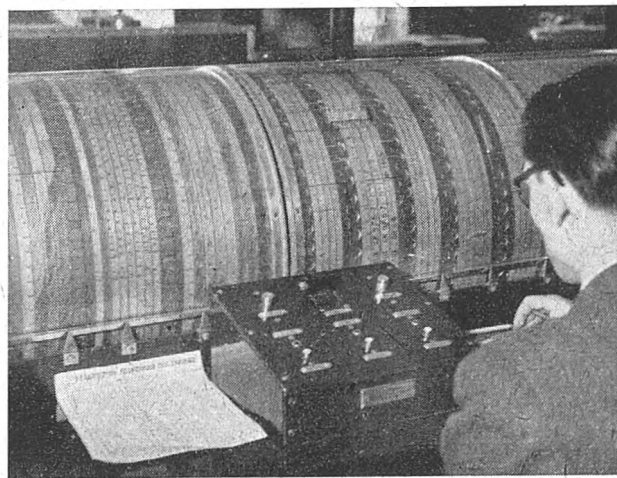
Już przed upaństwowieniem energetyki francuskiej dokonano poważnego wysiłku w poszczególnych okręgach dla skoordynowania współpracy energetycznej. Powstała połączona gospodarka wszystkich przedsiębiorstw zajmujących

się produkcją energii w zespole paryskim. W zespole tym powołano do życia centralny rozrząd, który regulował ruch poszczególnych elektrowni w celu otrzymania jak najbardziej ekonomicznych warunków pracy. Na rys. 7 i 8 pokazane są specjalne urządzenia obliczeniowe, za pomocą których regulowano współpracę międzyzakładową. Urządzenia te są to pewnego rodzaju suwaki rachunkowe do szybkich obliczeń, a konstrukcja ich oparta jest na szeregu ścisłych danych zebranych z dłuższego okresu czasu i na pomiarach zdjętych ze wszystkich turbin i kotłów. Ruchomy wskaźnik pozwala na natychmiastowe odczytywanie na odpowiednich podziałkach, wyskalowanych na walcu rachunkowym dla każdej elektrowni, stosowne dla niej w danym momencie obciążenie, zależne od różnych warunków pracy, które uwzględnia się od razu w momencie przeprowadzania obrachunku na wymienionym urządzeniu.

Jakkolwiek poczyniono poważne postępy już przed wojną na odcinku skoordynowania pracy w poszczególnych okręgach, to jednak koordynacja międzyokręgowa właściwie jeszcze wówczas nie powstała. Główną przeszkodą była tu wielka mnogość różnych umów handlowych pomiędzy poszczególnymi przedsiębiorstwami, co oczywiście zasadniczo przeszkadzało w prowadzeniu rozdziału obciążeń na podstawach ekonomicznych. Z chwilą upaństwowienia energetyki znikła ta główna przeszkoda, co otworzyło drogę do wprowadzenia koordynacji pracy w całym układzie sieciowym. Zadanie to jednak jest bardzo złożone i trudne i nie może być rozwiązane w zbyt krótkim czasie.

W chwili obecnej centralna rozrządnia w Paryżu reguluje stan zapełnienia zbiorników wodnych oraz reguluje ruch poszczególnych zakładów cieplnych. Rozrządnia dysponuje rozległą siecią połączeń telefonicznych wielkiej częstotliwości, która to sieć istniała zresztą już przed wojną, dysponuje również bezpośrednimi połączeniami kablowymi z okręgowymi biurami rozrządczymi. Istniejąca sieć telefoniczna będzie w przyszłości uzupełniona siecią pomiarów zdalnych, za pomocą której przekazywać się będzie wskazania mocy przesyłanych liniami o napięciu 220 000 V, wskazania obciążenia głównych elektrowni oraz grup elektrowni, a wreszcie wskazania kątów przesunięcia fazowego w głównych punktach sieci zespolonych. Całość takiego urządzenia łączności i pomiaru zdalnego pozwoli głównej rozrządni na szybkie określenie miejsca, w którym wystąpiło ewentualne zaburzenie w pracy, oraz na powzięcie w jak najkrótszym czasie odpowiednich decyzji i przekazanie tych decyzji w odpowiednie miejsce celem przywrócenia normalnej pracy w całym układzie.

Tak więc jednym z głównych osiągnięć nowej organizacji energetyki francuskiej będzie skoordynowanie pracy



Rys. 8. Główna rozrządnia w Paryżu: maszyna do szybkich obliczeń

poszczególnych środków produkcji energii elektrycznej oraz opracowanie właściwego programu racjonalnej rozbudowy urządzeń wytwórczych i przesyłowych.

Rozwijajmy ruch nowatorów i racjonalizatorów!  
Stosujmy nową technikę i nowe metody pracy!



MGR INŻ. BADER JERZY  
GIEI

## Płytki zmienno-oporowe odgromników

**Treść.** Opisano rolę płytek zmienno-oporowych, parametry charakteryzujące ich własności, warunki, którym powinny odpowiadać, oraz próby wg norm. Opisano różnorodne przebiegi zmienności oporu płytek: charakterystykę łuku w wąskich kanałach, zależność przewodności ziaren karborundu od natężenia pola elektrycznego oraz zagadnienie styków między ziarnami karborundu. Przytoczono niektóre dane, dotyczące płytek porowatych oraz płytek karborundowych, ze szczególnym uwzględnieniem bezwładności elektrycznej. Objasniono wpływ wilgotności, ziarnistości i innych danych technologicznych na własności płytek.

**Диски вентиляльных разрядников.** Описаны: роль дисков, характерные параметры, условия, которым диски должны удовлетворять, а также испытание дисков согласно нормам. Представлен для различных случаев ход изменения сопротивления дисков: характеристика дуги в узких каналах, зависимость проводимости карборундовых кристаллов от напряжения электрического поля и вопросы контактов между этими кристаллами. Приводятся данные, относящиеся к пористым дискам и карборундовым дискам, причем обращено особое внимание на электрическую инерцию. Выяснено влияние влаги, зернистости и иных технологических факторов на свойства дисков.

**Variable resistance discs of valve arresters.** Description of the role of variable resistance discs; parameters featuring their properties; conditions with which they have to comply and standard test forms. The article deals with the various courses of variability in the resistance of the discs: arc characteristics in narrow tunnels, contingency of the conductivity of carborundum grains on electric field intensity, as well as the problem of contact between the carborundum grains. Certain details are given referring to porous and carborundum discs, with particular reference to electric inertia. Explanations are given of the influence of moisture, grain size and other technological details on the properties of the discs.

### 1. Wstęp.

Odgromnik zaworowy składa się z włączonych szeregowo: iskiernika pojedynczego lub wielokrotnego oraz słupa płytek zmienno-oporowych. Po przebicciu przerw iskrowych iskiernika falą wędrowną przepięcia odgromnik zostaje połączony elektrycznie z siecią zabezpieczonego obiektu i przez niego zaczyna płynąć prąd. Wielkość prądu płynącego przez odgromnik zależy od chwilowego napięcia i chwilowego oporu płytek zmienno-oporowych.

Płytki zmienno-oporowe posiadają własność zmniejszania swego oporu ze wzrostem napięcia. Prąd rośnie znacznie szybciej od doprowadzonego napięcia, tak że przez odgromnik mogą przepływać znaczne prądy przy nieznacznie podwyższonym napięciu. Odgromnik posiada charakterystykę zaworu: przepuszcza przez siebie duże prądy przy przepięciach i automatycznie ogranicza je przy osiągnięciu normalnych warunków.

Zacznijmy od kilku definicji.

Napięcie gaszenia ( $U_g$ ) jest to napięcie występujące na słupie zmienno-oporowym podczas przepływu prądu, odpowiadającego wartości szczytowej prądu o 50 c/s (prądu następczego  $I_g$ ), przy której gaśnie łuk w iskierniku po pierwszym przejściu prądu przez zero. Napięcie gaszenia jest napięciem wolnozmiennym. Można jednak je określać z napięciowo-prądowych charakterystyk (pętlic) udarowych.

Napięcie obniżone ( $U_{ob}$ ) jest to wartość napięcia udarowego panującego na słupie zmienno-oporowym podczas przepływu prądu udarowego (prądu wyładowczego  $I_{max}$ ). Jeśli nie mówi się wyraźnie o wartościach chwilowych, to określenia — napięcie obniżone i prąd wyładowczy — dotyczą wartości szczytowych.

Przy przepływie przez odgromnik prądu wyładowczego lub prądu następczego spadek napięcia na iskiernikach można praktycznie pominąć i dlatego przyjmujemy, że napięcie obniżone oraz napięcie gaszenia zależą tylko od słupa zmienno-oporowego. W rozważaniach dalszych można przeto omawiać szczegółowo własności płytek zmienno-oporowych z pominięciem iskierników.

Poziom udarowy ochronny jest to najwyższa wartość napięcia udarowego, która może wystąpić na zaciskach przyrządu przeciwprzepięciowego w określonych warunkach probierczych.

Dla określenia napięcia znamionowego odgromnika napięcie obniżone słupa zmienno-oporowego nie może być wyższe od odpowiedniego poziomu udarowego ochronnego. Największa wartość napięcia na słupie zmienno-oporowym, przy której odgromnik powinien jeszcze zagasić prąd następczy, jest również zależna od napięcia znamionowego sieci. Z tych dwóch wielkości stwarza się pojęcie tzw. „stosunku ochronnego“, który niezależnie od wysokości słupa jest miarą zaworowych własności płytek:

$$\frac{U_{ob}}{U_g} = \frac{\text{napięcie obniżone}}{\text{napięcie gaszenia}}$$

Wartości  $U_{ob}$  i  $U_g$  są na ogół przedmiotem normalizacji we wszystkich państwach. Wg krystalizujących się u nas poglądów napięcie obniżone nie powinno przekraczać wartości:

$$U_{ob} \leq 4,2 U_n + 10 \quad (\text{kV}),$$

napięcie zaś gaszenia odgromnika nie może być mniejsze od  $1,3 U_n$ . Stąd stosunek ochronny musi spełniać warunek:

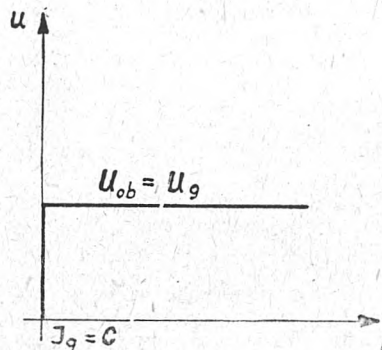
$$\frac{U_{ob}}{U_g} \leq \frac{4,2 U_n + 10}{\sqrt{2} \cdot 1,3 U_n} = 2,28 + \frac{5,4}{U_n}$$

Jak widać, dla wyższych napięć znamionowych wyraz zależny od napięcia ma wartość niewielką. Dla tych napięć można przyjąć warunek uproszczony:

$$\frac{U_{ob}}{U_g} \leq 2,3.$$

Zazwyczaj przyjmuje się ten sam warunek także i dla napięć niższych, choć jest on w tym wypadku zbyt ostry.

Stosunek ochronny jednoznacznie określa dla danego materiału zmienno-oporowego i dla danej średnicy płytek zmienno-oporowych wielkość prądu następczego. Zmniejszenie napięcia obniżonego powoduje wzrost prądu następczego i odwrotnie. Nie można zmniejszyć prądu następczego przez zwiększenie wysokości słupa, gdyż ze zwiększeniem liczby płytek wzrasta w tym samym stosunku napięcie obniżone.



Rys. 1. Charakterystyka płytki idealnej

Płytki zmienno-oporowe powinny odpowiadać następującym warunkom:

- 1) odpowiednia charakterystyka napięciowo-prądowa (pętlica napięciowo-prądowa),
- 2) duża obciążalność udarowa,
- 3) niezmiennosc własności w czasie i w zakresie temperatur atmosferycznych.

Zmiany wilgotności i ciśnienia atmosferycznego nie zmieniają warunków pracy płytek, gdyż są one z reguły zamknięte w szczelnej obudowie.

(1). Idealna płytka powinna mieć charakterystykę jak na rys. 1, to znaczy jej stosunek  $\frac{U_{ob}}{U_g} = 1$ , prąd następczy

równy 0. Jej przewodność wyraziłaby się wzorem:

$$\gamma = \text{const. } I,$$

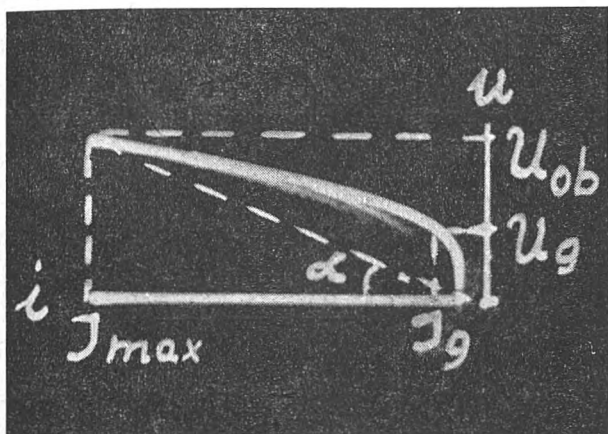
gdzie  $I$  = wartość szczytowa udaru prądowego.

Obecnie produkowane płytki posiadają charakterystykę jeszcze znacznie odbiegającą od idealnej. Wszystkie płytki można podzielić ogólnie na dwie grupy wg ich charakterystyk napięciowo-prądowych:

- a) płytki o charakterystyce napięciowo-prądowej niezależnej od stromości, wartości szczytowej i czasu trwania udaru prądowego („płytki bez bezwładności“), rys. 2a;
- b) płytki o charakterystyce napięciowo-prądowej zależnej od kształtu udaru prądowego („płytki z bezwładnością“), rys. 2b.

Jak widać z przytoczonych oscylogramów, przy tym samym napięciu obniżonym płytki z bezwładnością przepu-

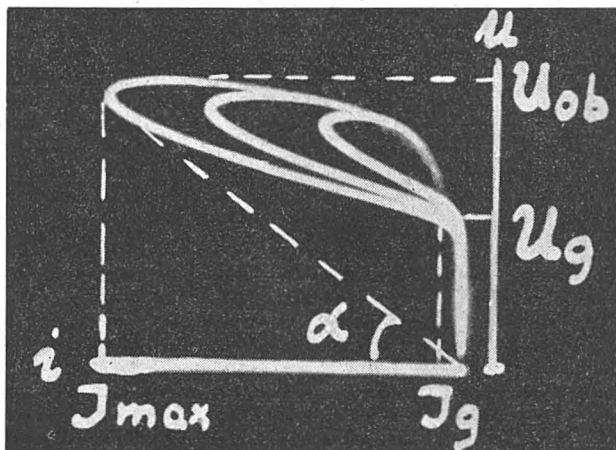
szcząją mniejszy prąd następczy niż płytki bez bezwładności; ze względu na gorszy stosunek ochronny produkcja płytek bez bezwładności dawniej szeroko rozpowszechnionych obecnie jest w zaniku.



Rys. 2a. Płytki bez bezwładności

(3). Własności płytek nie powinny ulegać zmianom pod wpływem zmian temperatur w zakresie od  $-25^{\circ}$  do  $+40^{\circ}\text{C}$  i płytki nie powinny ulegać starzeniu.

Poszczególne przepisy odbiorcze na odgromniki zawie-



Rys. 2b. Płytki z bezwładnością

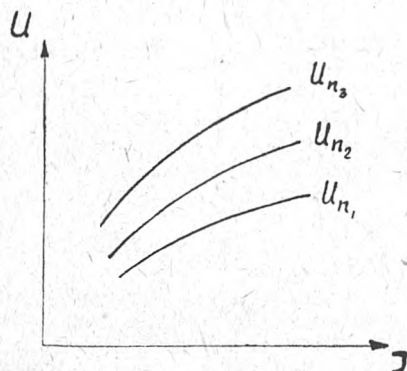
Rys. 2a i 2b. Charakterystyki napięciowo-prądowe płytek, zdjęte przy 3 uderzeniach prądowych o różnej wartości szczytowej i tych samych danych czasowych

$U_{ob}$ — napięcie obniżone	$ctg\alpha$ — największa przewodność materiału
$I_{max}$ — wartość szczytowa uderu prądowego (prąd wyładowczy)	$I_g$ — prąd następczy
$U_g$ — napięcie gaszenia (wartość największa)	

Przy konstruowaniu odgromników z płytek bez bezwładności dobiera się ich minimalną liczbę przy uwzględnieniu wielkości prądu następczego, który może być zagaszony przez iskiernik. Przy konstruowaniu odgromników z płytek posiadających bezwładność liczbę ich określa się z punktu widzenia gospodarczego przy wyzyskaniu „naturalnego punktu gaszenia” (rys. 2b).

Celem oszacowania własności ochronnych słupa zmiennopopowego przy różnych prądach uderowych wykreśla się z pętlic napięciowo-prądowych charakterystykę ochronną, to znaczy zależność wartości szczytowych napięcia obniżonego od wartości szczytowych prądu wyładowczego (rys. 3). W przypadku materiałów bez bezwładności charakterystyka napięciowo-prądowa przebiega identycznie z charakterystyką ochronną.

(2). Obciążalność uderowa słupa zmiennopopowego jest to zdolność do odprowadzania ładunków elektrycznych. Wyraża się ona liczbą uderów o określonym czasie trwania półszczytu (zwykle  $25-30\ \mu\text{s}$ ) i o określonej wartości szczytowej, którą słup wytrzymuje bez uszkodzenia. Miarą obciążalności uderowej materiału stosowanego na słupy

Rys. 3.  $U_{n1}-U_{n3}$  — charakterystyki ochronne słupów dla różnych napięć znamionowych

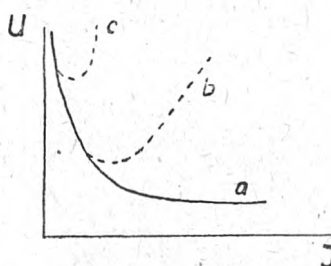
jest gęstość wytrzymywanego prądu uderowego o określonym kształcie przy założonej liczbie uderów i odstępach czasu między nimi.

Obciążalność uderowa jest związana z charakterystyką ochronną. W miarę wzrostu prądu uderowego zwiększa się napięcie obniżone: stosunek ochronny  $\left(\frac{U_{ob}}{U_g}\right)$  będzie tym większy im większy będzie prąd wyładowczy.

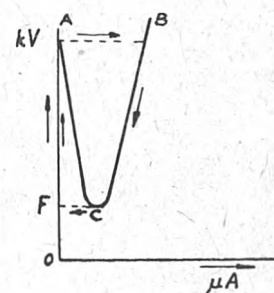
raja następujące próby sprawdzające własności stosu zmiennopopowego:

- sprawdzenie charakterystyki ochronnej,
- sprawdzenie obciążalności uderowej,
- sprawdzenie granicznej obciążalności uderowej,
- próba gaszenia.

Próba a) ma na celu sprawdzenie, czy napięcie obniżone nie przekracza poziomu ochronnego, próba b) — sprawdzenie liczby wytrzymywanych uderów, próba c) — sprawdzenie granicznej wytrzymałości termicznej i elektrycznej, próba d) — sprawdzenie wytrzymałości termicznej przy  $50\text{c/s}$ .



Rys. 4. Charakterystyka łuku



Rys. 5. Charakterystyka łuku w wąskim kanale wg Slepiana

Niekiedy mierzy się jeszcze kąt stratności płytek lub słupów; ma to na celu sprawdzenie ich stopnia wilgotności.

Próby wymienione w pp. a—b są wykonywane w poszczególnych krajach przy uderzeniach prądowych o długości czoła od 1 do  $12\ \mu\text{s}$ , czasie trwania półszczytu  $25-30\ \mu\text{s}$  i przy wartościach szczytowych uderu prądowego zależnych od znamionowej obciążalności uderowej odgromników ( $1,5$  do  $10\ \text{kA}$ ).

## 2. Nieliniowość charakterystyki napięciowo-prądowej.

W płytkach dotychczas produkowanych mogą występować 3 zjawiska, wywołujące łącznie lub niezależnie wzrost przewodności materiału pod wpływem wzrostu prądu przepływającego przez materiał. Nieliniowy przebieg napięcia na płytce w funkcji prądu przez nią przepływającego może być wywołany:

- występowaniem łuku elektrycznego w małych kanałach,



- 2) nieliniową charakterystyką ziaren karborundu,
- 3) procesami kontaktowymi między ziarnami karborundu.

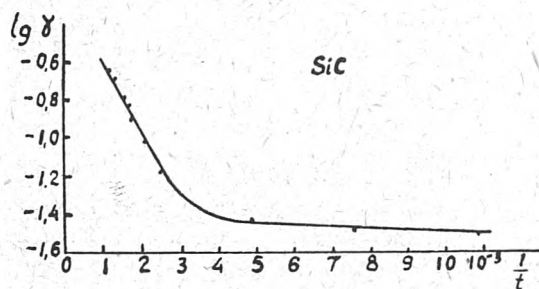
Płytki, których działanie jest oparte na przyczynach 1) i 3), posiadają charakterystykę zależną od kształtu i wartości szczytowej prądu; płytki oparte na przyczynie 2) posiadają charakterystykę niezależną od kształtu i wartości szczytowej prądu.

1. Charakterystyka łukowa w bardzo małych przestrzeniach przebiega inaczej niż w nieograniczonych. Na rys. 4 krzywa *a* przedstawia charakterystykę łuku w otwartej przestrzeni, krzywe *b* i *c* charakterystyki łuku w kanałach o średnicy znacznie mniejszej od 1 mm. (Charakterystyka *c* jest dla kanału o mniejszej średnicy niż charakterystyka *b*).

Na rys. 5 przedstawiona jest charakterystyka prądowo-napięciowa łuku w jednym kanale o średnicy rzędu mikronów wg Slepiana. Jeśli napięcie osiąga wartość określoną przez punkt *A*, a następnie jest stałe, prąd wzrasta skokiem od wartości *A* do *B*. Następnie przy obniżeniu napięcia charakterystyka dochodzi do punktu *C*, osiągając najniższe napięcie, przy którym może płonąć łuk. Przy dalszym obniżeniu napięcia prąd nagle przerywa się. Charakterystyka napięciowo-prądowa wyżej opisanego przebiegu zakreśli wielobok *OABCFO*. Już przy niedużych prądach, rzędu dziesiątków mikroamperów, krzywa z rys. 5 znacznie się podnosi; aby zapewnić płytce małe napięcie obniżone, należy miliony wąskich kanałów połączyć równolegle; prąd w 1 kanale winien być rzędu kilku mikroamperów, najwyżej dziesiątków mikroamperów. Stosunek ochronny płytek opartych na własnościach łuku w wąskich kanałach wyraża się stosunkiem napięć  $\frac{U}{U_C}$

(rys. 5).

2. Czysty karborund jest związkiem chemicznym krzemu i węgla (SiC). Jest to półprzewodnik, którego kryształy są przezroczyste i posiadają znaczną twardość. Wprowadzenie zanieczyszczeń powoduje tym silniejsze zabarwienie ziaren karborundu, im ich jest więcej. Silnie zanieczyszczony karborund posiada kolor czarny. Własności karborundu wg różnych autorów różnią się znacznie od siebie. Prawdopodobnie jest to spowodowane tym, iż badane próbki miały niejednakową ilość zanieczyszczeń. Termin „zanieczyszczenia“ należy rozumieć nie tylko jako wprowadzenie obcych atomów do siatki krystalicznej, lecz jako wszelkie jej odkształcenia od symetrycznego układu przestrzennego. Gatunek karborundu używanego w przemyśle nie jest na ogół ściśle zdefiniowany; chcąc określić go jednoznacznie, podajemy miejsce produkcji. Przewod-



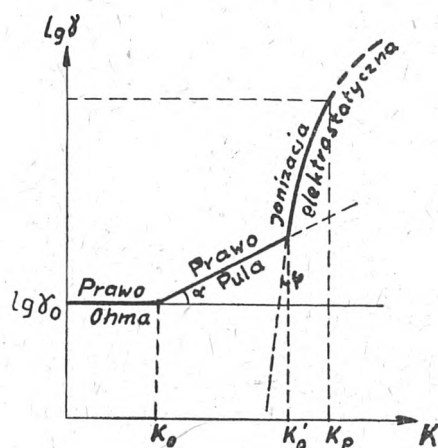
Rys. 6. Zależność przewodności karborundu od temperatury (wg Kurcza owa)

ność karborundu wg. Brauna i Buscha w temperaturze pokojowej waha się w granicach od  $10^4$  do  $5 \frac{1}{\Omega \text{ cm}}$  i jest

tym większa, im karborund posiada więcej zanieczyszczeń. Tak, jak dla większości półprzewodników, współczynnik przyrostu oporności karborundu w zależności od temperatury jest ujemny. Na rys. 6 podana jest zależność logarytmu przewodności ( $\lg \gamma$ ) od odwrotności temperatury  $\frac{1}{T}$  wg Kurtzatowa.

Przewodność półprzewodników pod wpływem natężenia pola elektrycznego znacznie wzrasta. Zależność logarytmu przewodności ( $\lg \gamma$ ) od natężenia pola elektrycznego ( $K$ ) jest pokazana na rys. 7 (wg Wolkenzstejna).

W obszarach małych natężeń pól elektrycznych przewodność jest stała i obowiązuje prawo Ohma. Po przekroczeniu wartości  $K_0$ , w obszarach dużych natężeń pól elektrycznych, przewodność rośnie ze wzrostem natężenia pola elektrycznego i obowiązuje prawo Pula. Wzrost natężenia



Rys. 7. Ogólna zależność przewodności od natężenia pola elektrycznego dla półprzewodników (wg Wolkenzstejna)

pola poza wartością  $K_0$  powoduje szybszy wzrost przewodności półprzewodników, co jest spowodowane jonizacją lawinową (elektrostatyczną). Przy natężeniu  $K_p$  materiał ulega przebiciu. Parametry  $\gamma_0$ ,  $K_0$ , i  $\alpha$ , określające zmianę przewodności półprzewodników, zależą przede wszystkim od ilości zanieczyszczeń, znajdujących się w siatce krystalicznej. Dla karborundu nie zostały one jeszcze ściśle określone. Poza tym współczynnik  $\alpha$  maleje ze wzrostem temperatury. Punkt krytyczny  $K_0$  zależy między innymi od pracy jonizacji, a także przesuwa się w prawo w miarę zwiększania się ilości zanieczyszczeń i wzrostu temperatury. Wg Wolkenzstejna wartość  $K_0$  dla różnych półprzewodników waha się w granicach 1–10 kV/cm, wartość zaś  $K_0'$  jest rzędu 100 kV/cm.

Przy badaniu półprzewodników można zaobserwować niezgodności z wykresem na rys. 7, np. niestała przewodność w obszarze prawa Ohma lub wzrost przewodności w obszarze prawa Pula niezgodny z tym prawem. Wg Wolkenzstejna jest to spowodowane istnieniem nieprzewodzących cienkich warstw między półprzewodnikiem a elektrodą.

Przewodność elektronowa karborundu jest znacznie większa od przewodności jonowej. Ponieważ interesuje nas zachowanie się przewodności podczas krótkich przebiegów udarowych, przewodność jonową możemy pominąć i ogólnie przewodność wyrazi się wzorem:

$$\gamma = ebn,$$

gdzie  $e$  — bezwzględna wielkość ładunku elektronu,  
 $b$  — ruchliwość elektronów,  
 $n$  — koncentracja wolnych elektronów (dziur).

Wg badań oraz teoretycznych rozwiązań Joffe'go ruchliwość elektronów jest wielkością stałą, a więc przy zwiększeniu przewodności zwiększa się ilość nośników prądu (ich koncentracja). Zwiększenie ilości nośników prądu może występować wskutek różnych mechanizmów spowodowanych deformacją energetycznego układu siatki przestrzennej przez pole elektryczne.

Własności zaworowe można wytłumaczyć przy pomocy mechaniki kwantowej jako przejście elektronów przez wał potencjalny ze strefy nieprzewodzącej niskiego poziomu energetycznego do strefy przewodzącej wyższego poziomu. Ze względu na brak ścisłych danych dotyczących karborundu w niniejszej części pracy podano niektóre dane dotyczące ogólnie półprzewodników.

3. Procesy kontaktowe nie są związane z wyładowaniami w gazach. Jak podaje Schuman, dokonane pomiary napięć obniżonych dla płytek zmienneo-oporowych w zakresie ciśnień od 1 do 80 at dały wyniki jednakowe.

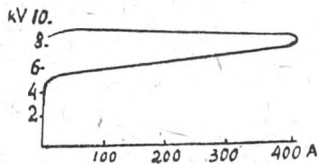
Wg danych rzadziekich powierzchnia karborundu jest pokryta cienką warstwą nieprzewodzącego kwarcu ( $\text{SiO}_2$ ) o grubości rzędu  $6 \cdot 10^{-5}$  cm. Pod wpływem natężenia pola elektrycznego przez tę warstwę „zaworową“ przechodzą

elektrony, których liczba rośnie ze wzrostem napięcia. Napięcie doprowadzone do kryształu rozkłada się pomiędzy warstwę zaworową i karborund. Wartość napięcia, przypadająca na warstwę zaworową, zależy od stosunku oporu warstwy zaworowej do oporu kryształu.

Przy napięciu na ziarnie rzędu dziesiątych części wolta do kilku woltów natężenie pola elektrycznego w warstwie zaworowej osiąga wartość rzędu  $10^3$ — $10^4$  V/cm, a czasem nawet więcej. Przy tych wartościach rozpoczyna się nieliniowy wzrost przewodności warstwy zaworowej. Wzrost ten następuje wskutek wzrostu ruchliwości i koncentracji elektronów przewodzących.

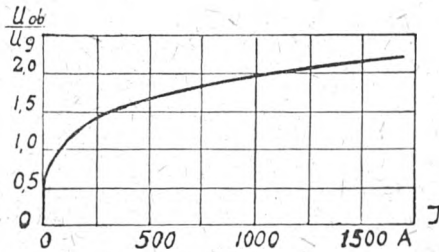
Według Müllera Hillebranda w płytkach wykonywanych z karborundu poszczególne ziarna znajdują się w odległości od siebie rzędu  $10^{-5}$  cm, co jest zgodne z danymi radzieckimi. Powstaje wtedy uwarstwienie szeregowe przestrzeni między ziarnami i ziaren karborundu, wskutek którego natężenie pola elektrycznego między ziarnami osiąga miliony V/cm. Przy tak dużych natężeniach elektrony mogą być wyrwane z powierzchni karborundu.

Powyższe teorie różnią się od siebie co do poglądów na sposób podziału napięcia na przestrzenie między ziarnami i same ziarna, a mianowicie według jednej z nich rozkład ma być oporowy, według drugiej pojemnościowy.



Rys. 8. Pętlica płytki porowatej z zawartością 20% proszku aluminiowego (wg Slepiana)

W Głównym Instytucie Elektrotechniki przeprowadzono pomiary porównawcze charakterystyk napięciowo-prądowych płytek z ziaren karborundu i niedużej ilości lepiszcza, uformowanych na zimno. Połowa płytek posiadała karborund wytrawiony w ługu w celu zniszczenia warstwek zaworowych. Jednak wyniki pomiarów napięć obniżonych były zbliżone do siebie. Świadczyłoby to o niezależności w danym przypadku przebiegów kontaktowych od istnienia warstwek zaworowych, które mogły być zastąpione przez cienkie warstewki lepiszcza. Charakterystyki napięciowo-



Rys. 9. Charakterystyka napięciowo-prądowa tyrytowego słupa zmiennoporowego (wg Sjirotńskiego)  
 $U_{ob}$  — napięcie na odgromniku  
 $U_g$  — napięcie gaszenia  
 $I$  — prąd w odgromniku

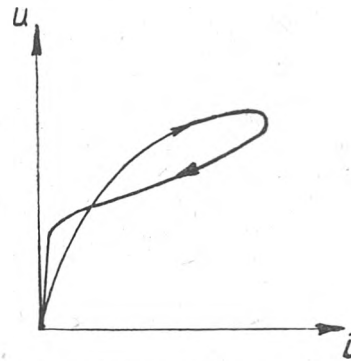
prądowe badanych płytek posiadały ostre zagięcia, co świadczyło o istnieniu przebiegów kontaktowych. Nie były to przebiegi łukowe, gdyż wykonane pomiary w zakresie ciśnienia 1—3 atm dały wyniki zgodne.

Kształt pętlicy charakterystyki napięciowo-prądowej płytek z przebiegami kontaktowymi można tłumaczyć tym, że w miarę przepływu prądu przez płytkę ilość nitek przewodzących wzrasta oraz że zwiększa się ich średnica.

3. Przegląd płytek zmiennoporowych.

Płytki porowate (stosowane w odgromnikach „autovalve“). Zasada ich działania oparta jest na charakterystykach łukowych w wąskich kanałach. Były one opracowane przez Slepiana i produkowane przez firmę Westinghouse'a już w 1929 r. Oscylogram pętlicy napięciowo-

prądowej podany jest na rys. 8. Jak wynika z oscylogramu, pętlica posiada dość znaczny odcinek prostoliniowy, co zapewnia jej dość dobry stosunek ochronny, nieznacznie przekraczający 2. Odcinek prostoliniowy jest bardzo mało

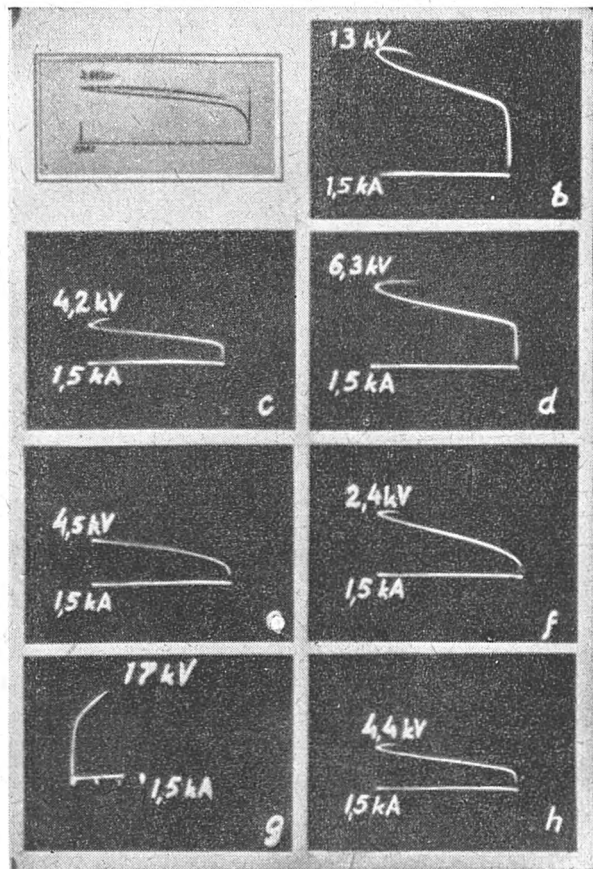


Rys. 10. Charakterystyka napięciowo-prądowa

odchylony od osi rzędnych; stąd małe prądy następcze rzędu kilku amperów).

Płytki były wykonywane z porowatej masy ceramicznej. Właściwą średnicę kanału otrzymywano przez odpowiedni sposób wypalania. W celu obniżenia górnej części pętlicy dodawano do masy nieco środków przewodzących (metal lub węgiel). Płytki te prawie wyszły z użycia prawdopodobnie wskutek małej obciążalności udarowej.

Dawne płytki Siemens'a (stosowane w odgromnikach „Kathodenfallableiter“). Były one wykonywane z gliny i niedużej ilości karborundu (80% gliny w stosunku do karborundu). Wg Sjirotńskiego kryształy karborundu stanowiły elektrody wyładowań łukowych powstających

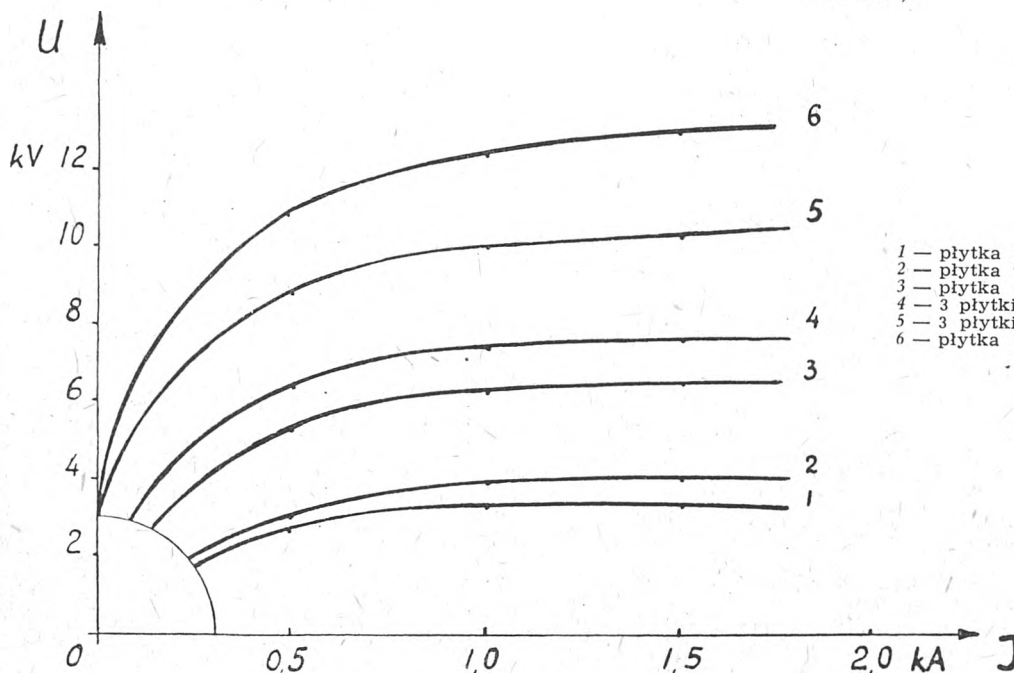


Rys. 11. Pętlice napięciowo-prądowe płytek zmiennoporowych

w dużej ilości kanałów (por) w glinie. Własności zaworowe tłumaczą się głównie charakterystyką łukową w małych kanałach, w mniejszym stopniu własnościami zaworo-



wymi karborundu. Charakterystyka tych płytek tworzy pętlę właściwą materiałom z bezwładnością. Powierzchnie górne były metalizowane, boczne lakierowane.



Rys. 12. Charakterystyki ochronne płytek

Płytki bez bezwładności. Do tej grupy zaliczają się płytki karborundowe o różnych nazwach firmowych: a) ocelit, dawniej stosowany przez zakłady „Elektroaparat“ w Z. S. R. R. oraz przez firmę A. E. G. w Niemczech, b) fulgurit, stosowany obecnie przez firmę A. E. G. w odgromnikach typu S. A. W. i c) tyryt stosowany przez zakłady „Elektroaparat“ oraz przez firmę G. E. C.

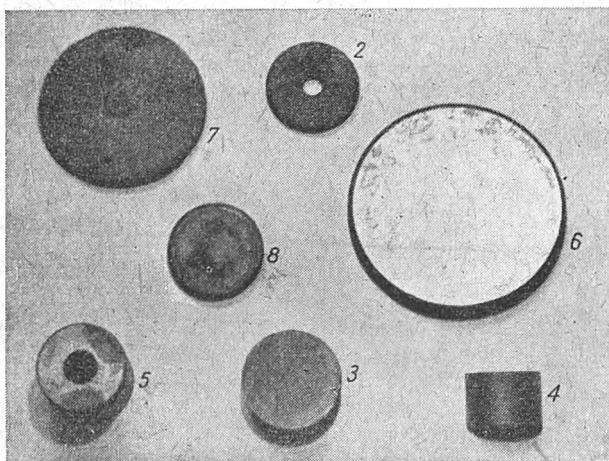
Wydaje się, iż nieliniowość przewodności tych materiałów wywołana jest głównie właściwościami karborundu. Przebiegi kontaktowe mają mniejsze znaczenie, o czym świad-

$\alpha$  — współczynnik zaworowości zależny od własności materiału (im współczynnik zaworowości jest mniejszy, tym materiał ma lepsze własności ochronne).

- 1 — płytka Siemens o wysokości 8 mm
- 2 — płytka wykonana w G. I. El.
- 3 — płytka Siemens o wysokości 27 mm
- 4 — 3 płytki Z. W. A. W. N.
- 5 — 3 płytki Siemens
- 6 — płytka czeska

Wartość współczynnika  $\alpha$  dla wymienionych materiałów wynosi:

- dla ocelitu  $\alpha = 0,5 - 0,33$ ,
- dla fulguritu  $\alpha = 0,23 - 0,21$ ,
- dla tyrytu firmy G. E. C. średnio  $\alpha = 0,28$ ,
- dla tyrytu produkowanego w ZSRR średnio  $\alpha = 35 - 0,25$ .



Rys. 13. Widok płytek zmiennoporowych

czy brak ostrego zagięcia (wyraźnego punktu gaszenia) oraz pętlicy w charakterystyce napięciowo-prądowej.

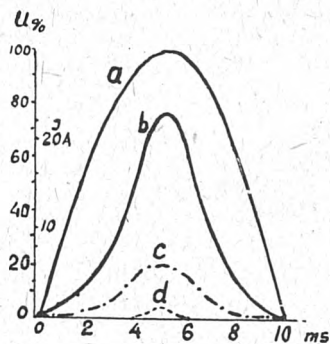
Charakterystyka napięciowo-prądowa płytek wykonanych z tych materiałów może być wyrażona równaniem:

$$u = C i \alpha \quad (\text{kV})$$

gdzie  $u$  — napięcie na płytce,

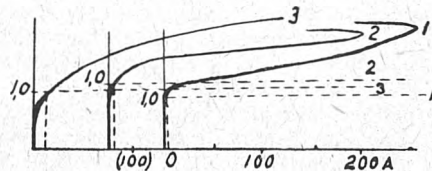
$C$  — stała wyrażająca napięcie na płytce przy prądzie 1 kA, zależna od wymiarów geometrycznych (kV),

$i$  — prąd przepływający przez płytkę (kA),



Rys. 14. Wartości prądu następczego płytek zmiennoporowych wg Müllera Hillebranda

- a — napięcie
- b — prąd w płytkach odgromnika SAW
- c — prąd w płytkach odgromników „Kathodenfallableiter“
- d — prąd w płytkach porowatych



Rys. 15. Oscylogramy płytek oporowych (wg Müllera Hillebranda)

- 1 — płytki stosowane w odgromnikach „Kathodenfallableiter“
- 2 — płytki porowate
- 3 — płytki o charakterystyce bezwładności

Płytki tyrytowe są wykonywane z mieszaniny zawierającej 50—80% bardzo drobnego karborundu, 1—2% gra-

Tablica I. Niektóre orientacyjne dane płytek zmienno-oporowych

Lp.	Nazwa płytki lub jej pochodzenie	Wymiary			Obciążalność udarowa przy udarze prądowym o czasie trwania półszczytu $25 \div 30 \mu s$	Gęstość prądu udarowego	Napięcie obniżone	Stosunek ochr. przy udarach prąd. ok. $1,5 \text{ kA} \cdot 10/27 \mu s$	Napięcie przypadające na 1 cm wysokości słupa
		średnica		wysokość					
		zewnątrzna	wewnętrzna						
		mm	mm	mm	kA	A/cm <sup>2</sup>	kV	kV/cm	
1	Wilit	—	—	20	—	—	3,99	—	2
2	Siemensa	68	15	8	1,5	44	4,2	2,1	5,3
3	"	65/68	—	27	1,5	43	6,3	2	2,3
4	Czeska	51	—	44	1,5	63	13	2	3
5	B. B. C.	59	20	51	1,5	61	17	2	3,3
6	A. E. G.	150	—	19	2,5	14	4,5	3	2,4
7	Featyt	120	28	10	1,5	14	2,4	3	2,4
8	Wyprodukowane w G. I. El-u	68	—	11	1,5	44	4,4	2,2	4

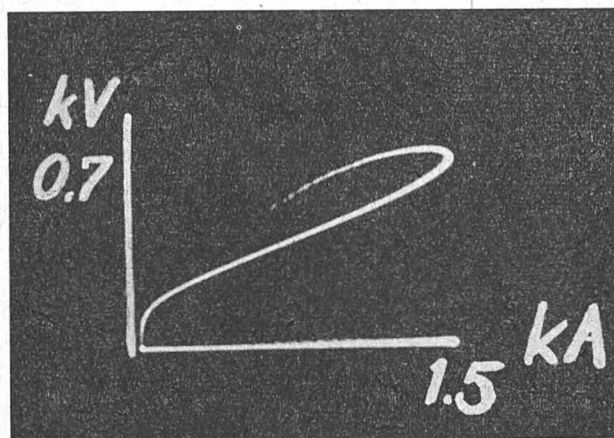
U wagi. Niektóre wartości mogą nie być ścisłe z powodu zmian własności płytek przed pomiarami. Nieznane są warunki, w których płytki znajdowały się do czasu badania.

Obciążalności udarowych (z wyjątkiem płytki nr 8) nie badano, lecz podano na podstawie danych katalogowych lub oferowanych przez dostawców. Stosunek ochronny płytki A. E. G. (nr 6) ustalono przy prądzie następczym 50 A.

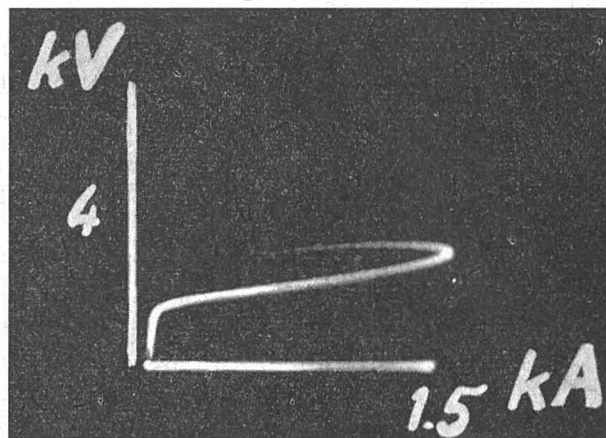
fitu; resztę stanowi glina. Po wymieszaniu otrzymanej masy prasuje się płytki, które następnie są wypalane w atmosferze gazów (tlenku węgla, wodoru) w temperaturze około 1200°C. Według Iwanowa i Sawieliewa przy tak wysokiej temperaturze zostaje zniszczona warstwa zaworowa, co jest powodem gorszej charakterystyki napięciowo-prądowej tyritu od charakterystyki samego karborundu. Charakterystyka napięciowo-prądowa tyritowego słupa

udarowej. Z tego powodu prawie wszystkie kraje przeszły na inny sposób wykonywania płytek, których mechanizm działania opiera się głównie na przebiegach kontaktowych.

Płytki, w których występuje przede wszystkim mechanizm kontaktowy. Płytki te są wykonywane z drobnych ziaren karborundu w ilości około 80% o wymiarze rzędu setnych części milimetra z lepiszczem w ilości około 20%, którego podstawą jest



Rys. 16a



Rys. 16b

Rys. 16. Pętlice napięciowo-prądowe płytek z karborundu o średnicy ziaren ok. 1 mm (a) i ok. 0,03 mm (b)

zmienno-oporowego jest przedstawiona na rys. 9. Jeśli przyjąć średnio współczynnik zaworowości  $\alpha = 0,3$ , prąd następczy, 75 A max., to stosunek ochronny przy prądzie wyładowczym 1,5 kA wyniesie około 2,5. Powyższe obliczenie wykonano dla płytki o średnicy 150 mm. Ze względu na duży stosunek ochronny płytki tyritowe można było stosować tylko do odgromników o niedużej obciążalności

szkło wodne. Po dokładnym wymieszaniu karborundu z lepiszczem prasuje się płytki, które następnie suszy się w temperaturze nie przekraczającej 200°C.

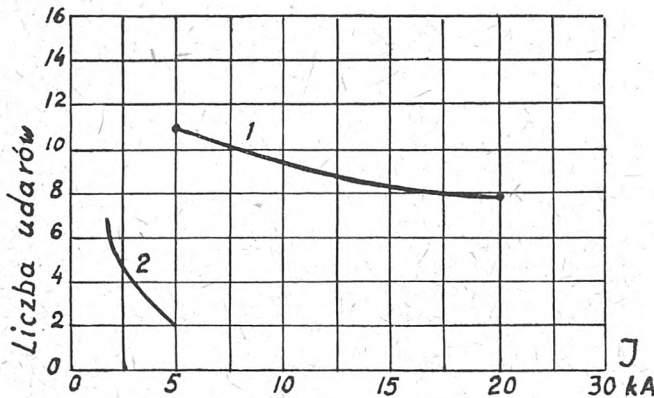
Pętlica napięciowo-prądowa tych płytek przebiega na ogół jak na rys. 10. Ich charakterystyki posiadają wyraźnie zaznaczony punkt gaszenia. Odcinek prostoliniyjny jest wywołany głównie spadkiem napięcia w przestrzeniach

Tablica II. Energia cieplna wydzielana w odgromnikach na 10 kV, posiadających różne słupy zmienno-oporowe, przy prądzie wyładowczym o czasie trwania półszczytu  $30 \mu s$  i prądzie następczym  $I_n$  (wg. Müllera - Hillebranda)

Prąd wyładowczy	Słup bez bezwładności $u = Ci^{\alpha}$ $I_n = 20 \text{ A}$		Słup w odgromnikach „Kathodenfalleiter“ $I_n = 6 \text{ A}$	Słup z płytek porowatych (autovalve) $I_n = 1,25 \text{ A}$
	$\alpha = 0,27$	$\alpha = 0,2$		
1000 A	2600 Ws	2300 Ws	1408 Ws	1455 Ws
	1,85	1,63	1,0	1,033
500 A	1700 Ws	1650 Ws	830 Ws	705 Ws
	2,05	1,88	1,0	0,85



kontaktowych, wzrost napięcia w miarę wzrostu prądu tłumaczy się spadkiem napięcia wewnątrz ziaren karborundu. Wydaje się, że zmiany przewodności w samych ziarnach karborundu praktycznie nie wchodzi w grę.



Rys. 17. Liczba uderzeń wytrzymywanych przez płytkę w funkcji wartości szczytowej udaru prądowego o kształcie 6/55  $\mu$ s (krzywa 1) i 125/250  $\mu$ s (krzywa 2).

Na rys. 11 pokazane są pętlice napięciowo-prądowe płytek: a) wilitowej opracowanej w Z. S. S. R., b) czeskiej produkowanej przez fabrykę Kolben Danek, c) i d) firmy Siemens, stosowanych w nowoczesnych odgromnikach katodowych (Kathodenfallableiter)\*, e) firmy A. E. G., f) płytki z featyłu stosowanej dotychczas w odgromnikach polskiej produkcji przez Z. W. A. W. N., g) płytki

\*) Działanie odgromników katodowych jest oparte na mechanizmie kontaktowym płytek. Nazwa „Kathodenfallableiter“ pozostała z dawnych odgromników firmy Siemens.

firmy B. B. C. i h) płytki wyprodukowanej w G. I. El. i opracowanej przez zespół badania materiałów zmienno-oporowych w ramach współpracy G. I. El. i C. B. S. Pętlice b, c, d, e, f, g, h zdjęto w laboratorium G. I. El. przy uderzeniach o kształcie 10/30  $\mu$ s. Płytkę A. E. G. umieszczono w zestawieniach w celu porównawczym; według zasady działania należy ona do grupy 3.

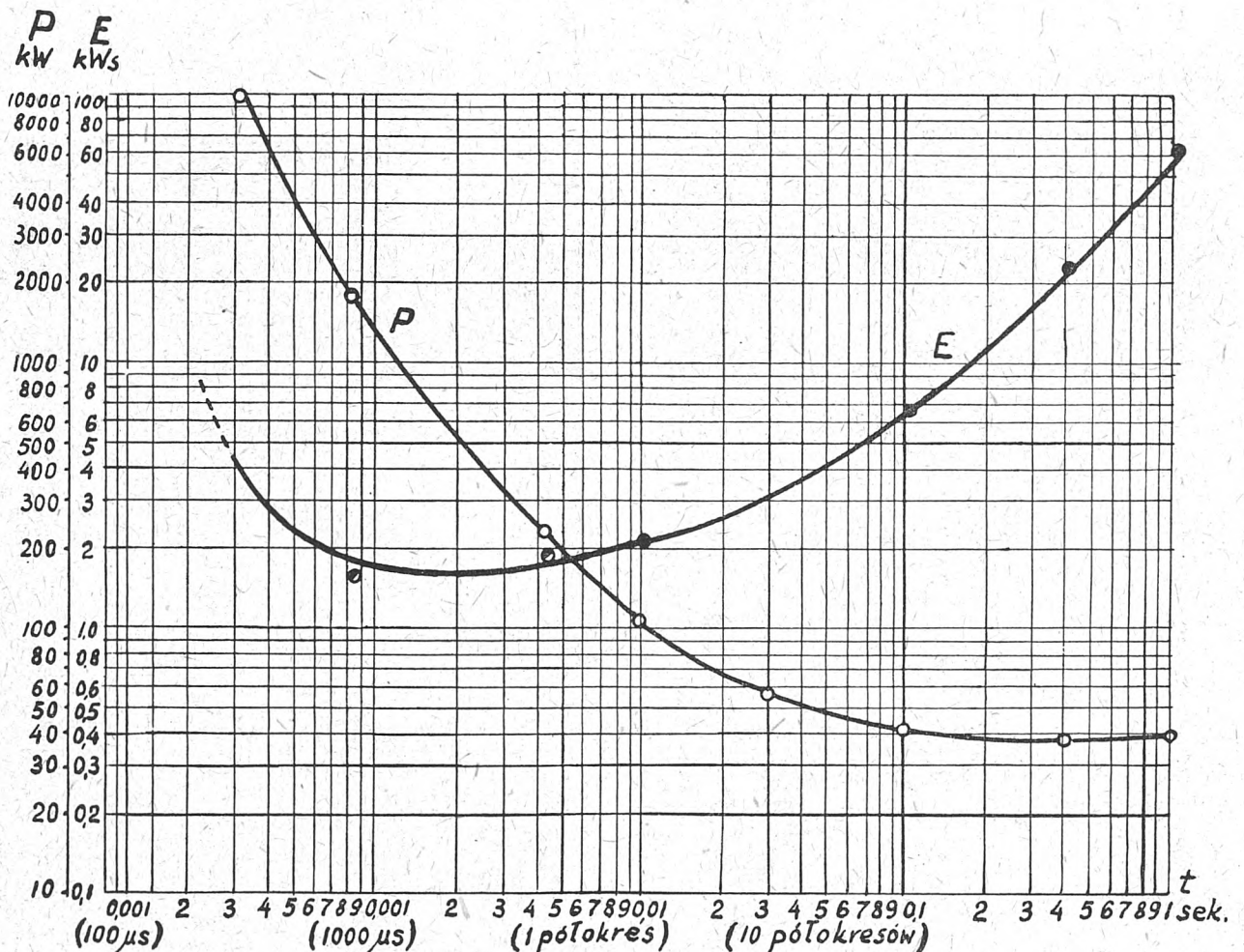
Z podanych pętlic wynika, że stosunek ochronny płytek waha się w granicach około 2. Prąd następczy w większości przypadków nie przekracza 20 A. Na rys. 12 przedstawione są charakterystyki ochronne płytek. Niektóre dane są zawarte w tabl. I.

Charakterystyk ochronnych wyżej opisanych płytek nie można ściśle ująć wzorem  $u = Cia$ . Współczynnik  $a$  maleje ze wzrostem prądu wyładowczego. W zakresie prądów 1–2 kA średnio wynosi około 0,15.

Na rys. 13 przedstawione są zdjęcia płytek zmienno-oporowych. Numeracja odpowiada liczbom porz. z tabl. I.

Różnice własności trzech zasadniczych grup płytek zmienno-oporowych — porowatych o charakterystyce bez bezwładności oraz płytek, w których występują mechanizmy kontaktowe — ilustrują poniższe zestawienia.

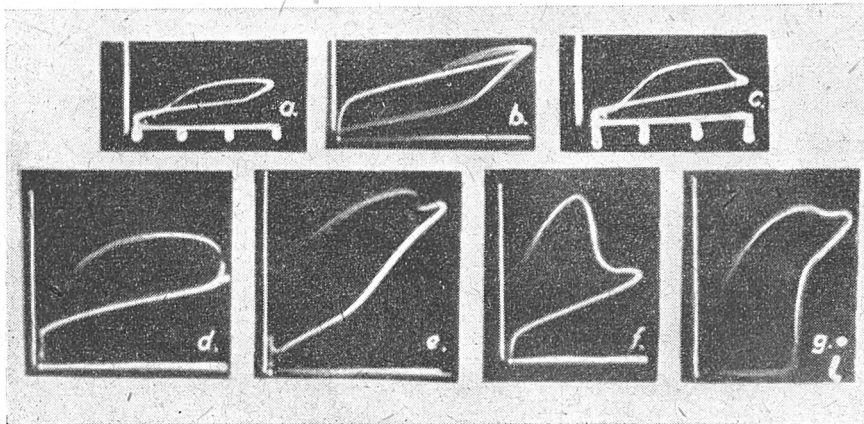
Na rys. 14 przedstawiono krzywą napięcia doprowadzonego do płytek zmienno-oporowych oraz krzywe prądu następczego. Z rysunku tego widać, że płytki porowate posiadają najmniejszy prąd następczy oraz że płynie on przez małą część okresu. Największy prąd następczy posiadają płytki bez bezwładności. Tabl. II ilustruje energię cieplną, która się wydzieli w odgromniku na 10 kV od prądu wyładowczego i następczego po jednorazowym zadziałaniu. W tej tabeli pod liczbami określającymi energię podane są stosunki energii, wydzielonej w słupach bez bezwładności oraz złożonych z płytek porowatych, do energii wydzielonej w słupie o mechanizmie działania opartym na przebiegach kontaktowych (Kathodenfallableiter).



Rys. 18. Moc i energia, powodujące przebicie płytki wilitowej przy jednorazowym działaniu impulsu prądowego w funkcji czasu trwania tego impulsu

Na rys. 15 przedstawione są oscylogramy charakterystyk napięciowo-prądowych trzech zasadniczych typów płytek zmienno-oporowych.

Wysokość słupa zmienno-oporowego zależy od wysokości napięcia, na które on jest przeznaczony. Średnica płytek zależy od obciążalności udarowej. Płaskie powierzchnie



Rys. 19. Oscylogramy płytek częściowo i całkowicie przeбитych

Jak wynika z powyższego, płytki, których mechanizm jest oparty głównie na przebiegach kontaktowych, mają lepsze własności niż płytki porowate i o charakterystyce bez bezwładności.

Obecnie tylko firma Crystal-Valve Arrester produkuje słupy zmienno-oporowe z karborundu bez środków wiążących.

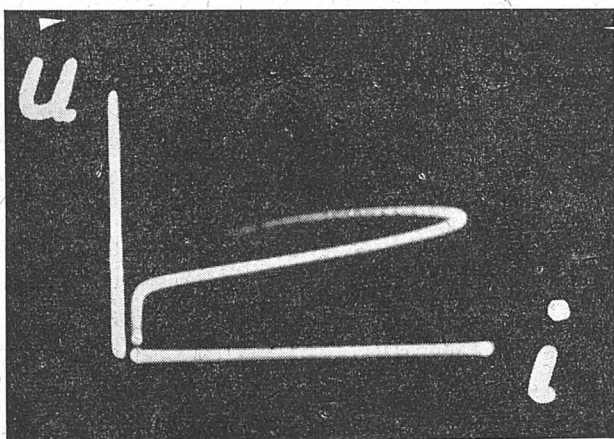
#### 4. Niektóre parametry płytek zmienno-oporowych.

Na płytki zmienno-oporowe nadaje się jedynie karborund czarny o dużej przewodności (karborund używany do celów ściernych nie nadaje się). Grubość ziaren karborundu w dużym stopniu decyduje o przebiegu charakterystyki napięciowo-prądowej. Na rys. 16 przedstawione są oscylogramy pętlic napięciowo-prądowych płytek z karborundu

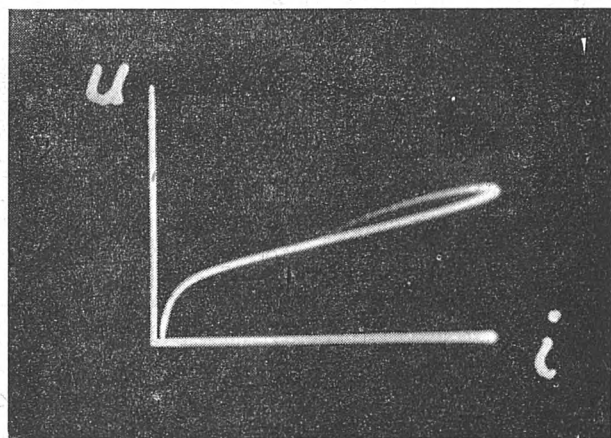
płytek zazwyczaj są metalizowane; ma to na celu równomierne rozproszczenie prądu po całej powierzchni. Powierzchnie boczne są lakierowane, aby zapobiec przeskokom powierzchniowym. Z tego samego powodu metalizacja nie dochodzi do samego brzegu płytki.

Obciążalność udarowa płytek zależy od ich powierzchni oraz od kształtu udaru prądowego. Płytki muszą pracować całym przekrojem, musi być jednorodna. Przytoczymy tu ciekawe badania, dokonane w Z. S. S. R. przez Iwanowa, Płużyninę i Sawieliewa, a dotyczące obciążalności udarowej płytek wilitrowych.

Na rys. 17 podana jest zależność liczby udarów, wytrzymywanych przez płytki wilitowe, od wartości szczytowej udarów prądowych o kształcie  $6/55 \mu s$  i  $125/250 \mu s$ . Rys. 18 pokazuje zależność mocy i energii, powodujących przebicie



(a)



(b)

Rys. 20. Oscylogramy płytek suchej (a) i wilgotnej (b)

o wymiarze ziarna średnio 1 mm (krzywa a) i 0,03 mm (krzywa b).

Obydwie płytki były wykonane jednakowo i posiadały jednakowe wymiary. Charakterystyka płytki wykonanej z grubszych ziaren posiada znacznie krótszy odcinek prostoliniowy, ponieważ jest w niej mniej elementarnych kontaktów: jej stosunek ochronny jest bardzo duży. Na płytce o grubszym ziarnie napięcie jest znacznie niższe, co świadczy, iż główna część napięcia przypada na kontakty między ziarnami (warstewkę zaworową albo utworzoną z lepiszcza). Lepiszcz musi zapewnić dobre ściśnięcie poszczególnych ziaren karborundu. Musi to być dielektryk, nie ulegający starzeniu pod wpływem przepływu prądu, zmian temperatury, wilgotności, czasu. Poza tym lepiszcze musi być takie, aby nie uszkadzało w procesach fabrycznych warstewki zaworowej karborundu.

płytki wilitowej przy jednorazowym włączeniu impulsu prądowego, od jego długości.

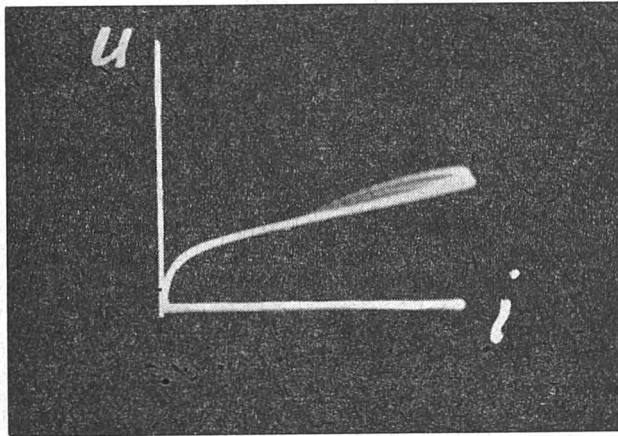
Przebieg przebicia płytki oraz zależność obciążalności udarowej od liczby udarów można tłumaczyć w następujący sposób.

Płytki wilitowe składają się głównie z ziaren karborundu niejednakowej wielkości. Na powierzchni ziaren znajdują się warstewki zaworowe o różnych napięciach przebicia. Przebieg warstewek zaworowych ma charakter termiczny. Dlatego napięcie przebicia  $U_p$  będzie się zmniejszać w miarę wzrostu czasu trwania impulsu. Jeżeli oznaczyć przez  $n$  liczbę ziaren rozłożonych w szereg wzdłuż wysokości płytki, to napięcie na elementarnym kontakcie wyniesie  $U/n$ . Obciążenie płytki, które spowoduje zbliżenie wartości napięcia do średniej wartości  $2 U_p$  (w jednym



kontaktach 2 warstwy zaworowe) wywoła przebicie części warstwek zaworowych. Przebicie warstwek i liczba przebitych warstwek zależą od wysokości napięcia  $U/n$  w stosunku do średniej wartości napięcia  $2 U_p$ . Jeżeli przy pierwszym udarze część warstwek została przebita, to przy następnym udarze o tej samej wartości szczytowej na pozostałych kontaktach napięcia będą wyższe, co może spowodować przebicie dalszych warstwek o wyższym napięciu przebicia. W ten sposób można rozumieć zależność obciążalności udarowej od liczby i czasu trwania udarów prądowych.

Orientacyjne pomiary wykonane w G. I. El. wykazały, że największe natężenia pola elektrycznego, przy których płytka nie ulega szybkiemu przebicciu, wynoszą 4 do 5 kV/cm.



Rys. 21. Oscylogram pierwszego i drugiego udaru płytki wilgotnej

Na rys. 19 pokazane są oscylogramy płytek przebitych. Podczas doprowadzania udarów do płytki w większości przypadków jej przebicie rozwija się wolno, czasem w ciągu kilkunastu udarów. Oznakami częściowego przebicia są: zmniejszenie napięcia obniżonego, co wzrokowo jest trudne do zaobserwowania na oscylografie, gdyż zmniejszenie to wynosi zaledwie kilka procentów (rys. 19 b, charakterystyka przed przebicciem i po przebicciu) oraz zmiany w pętlicy napięciowo-prądowej w postaci utraty wyraźnego punktu gaszenia, wystąpienia wybrzuszenia w dolnej części charakterystyki (rys. 19 a). Silniejsze przebicie powodują opadnięcie dolnej części charakterystyki, zmniejszenie odcinka prostoliniowego i ostre zaznaczenie załamania krzywej w punkcie gaszenia (rys. 19 b do f). Całkowite przebicie, gdy opór kanału przebicia jest bardzo mały lub gdy przeskok jest po zewnętrznej powierzchni płytki, dają spadek napięcia bliski zera (rys. 19 g). Rzadko stosunkowo występują uszkodzenia znacznie zmniejszające napięcie obniżone (widoczne na górnej części charakterystyki).

styki). Przy pomiarze napięcia obniżonego za pomocą iskiernika kulowego nie zawsze można stwierdzić przebicie słupa zmienno-oporowego.

Na rys. 20 przedstawione są oscylogramy pętlic napięciowo-prądowych płytki suchej i wilgotnej. Z oscylogramów tych wynika, że płytka wilgotna nie posiada wyraźnego zaznaczonego punktu gaszenia oraz że jej część pętlicy powstająca przy czołu udaru leży niżej niż w płytce suchej. Wskutek istnienia wilgoci przestrzenie między kryształami są przewodnikami i dlatego płytka nie posiada pionowego odcinka charakterystyki, który jest wywołany dużym oporem płytki przy małych prądach udarowych.

Jeśli przyjąć, że przewodność dodatkowa płytki, spowodowana wprowadzeniem wilgoci, jest stała, to jasne będzie, że większy wpływ będzie ona miała na tę część charakterystyki, która przebiega przy większym oporze płytki, to znaczy część odpowiadającą czołu udaru prądowego. Jest to jedna z przyczyn powodujących obniżenie się części charakterystyki odpowiadającej czołu. Następnie ma tu silny wpływ wzrost pojemności płytki wilgotnej w stosunku do suchej.

Na rys. 21 podany jest oscylogram pierwszego i drugiego udaru płytki wilgotnej nałożonych na siebie. Płytkę wilgotną poddana działaniu jednoimiennych udarów polaryzuje się, co powoduje wzrost napięcia obniżonego. Wynika stąd, że z charakterystyk napięciowo-prądowych można się zorientować co do stopnia wilgotności płytek.

Jeżeli płytka przy zawilgoceniu nie ulega rozkładowi, to można ją wysuszyć. Jednak musi to być robione ze znajomością technologii wykonywania danych płytek, gdyż inaczej łatwo można je uszkodzić.

Pomimo dużego postępu w wytwarzaniu płytek zmienno-oporowych i osiągnięcia przy małych wymiarach płytek o obciążalności udarowej do 10 kA i większej przy stosunku ochronnym około dwóch, problem produkcji nie został jeszcze całkowicie rozwiązany.

Obecnie można wykonywać płytki o większej obciążalności udarowej, wytrzymujące prądy, które pochodzą od przepięć łączeniowych, jednak przy stosowanej dziś technologii wymiary i koszt płytek będą bardzo duże. Wydaje się, iż najważniejszym zadaniem prac badawczych będzie w przyszłości taka zmiana produkcji płytek, która by pozwoliła na uzyskanie dużej obciążalności udarowej przy małych wymiarach płytek.

#### LITERATURA

1. Iwanow, Sawieliew i Pruzynina. Nowyje wientilnyje razriadniki (Elektriczestwo, 1945, i Wiestnik Elektropromyszlennosti 1949)
2. Iwanow i Nizdina. Wientilnyje razriadniki (Goseniergozdatielstwo, 1941)
3. Pruzynina. Izuczenie fizyki jawljenij, opriedielajuszczej, wientilnost' karbonunda (Otczoł W. E. I., 1941)
4. Müller-Hillebrand. Arch. für Elektrotechn., Bd 29, 1935; Elektrotechn. Zeitschr. 55 (1934)
5. Slepian, Trauber, Krause. Tr. A. I. E. E., 1930
6. Mc Eachron. G. E. R., 1930, Tr. A. I. E. E., 1931
7. Wolkensthejn. Elektropołuprowodniki, 1947

INŻ. CYRYL NIEWIADOMSKI

## Kable z płaszczami aluminiowymi\*)

Treść. Po omówieniu wad ołowiu i jego stopów jako materiałów na płaszcze kablowe przedstawiono możliwości zastosowania aluminium. Rozpatrzono zalety, które aluminium posiada w zastosowaniu do płaszczy kablowych, i omówiono zasady produkcji kabli metodą zwykłego spawania rur z taśm, metodą tłoczenia na prasach kablowych oraz metodą wciągania żył do gotowych rur, wzgl. metodą spawania taśm na zimno.

Кабели с алюминиевой оболочкой. Обсудив недостатки свинца и его сплавов в качестве материалов для кабельных оболочек, автор указывает на возможность применения для этой цели алюминия. Рассмотрены преимущества, которыми обладает алюминий для изготовления кабельных оболочек. Представлены основы изготовления кабелей путем обычного сваривания лент для получения оболочки, путем изготовления оболочек на кабельных прессах, путем втягивания жил в готовую трубу и наконец путем сварки труб из лент без предварительного нагрева.

Aluminium-sheathed cables. After dealing with the drawbacks of lead and its alloys as a material for cable sheaths, the author advances the possibility of making use of aluminium for this purpose. He reviews the qualities of aluminium for cable sheath manufacture and deals with the principles of the production of cables by method of ordinary welding of pipes from strip, by method of drawing in cable presses, as well as by method of introducing the cores into ready made pipes, alternatively, by method of cold welding of strip.

### 1. Wady ołowiu i jego stopów jako materiałów na płaszcze kablowe.

Jakkolwiek w chwili obecnej podstawowymi materiałami do produkcji płaszczy kablowych są ołów i jego stopy,

które w wieloletniej praktyce wykazały swe zalety, to jednak posiadają one szereg wad: duży ciężar właściwy, niskie własności wytrzymałościowe, niską temperaturę rekryształacji, deficytowość surowca.

Duży ciężar właściwy oraz niskie własności wytrzymałościowe ołowiu i jego stopów, uniemożliwiające wydane zmniejszenie grubości ścianki płaszcza, są najważniejszymi wadami tych materiałów, ponieważ wskutek nich

\*) Por. C. Niewiadomski. Stopy ołowiu na płaszcze kablowe (PE, 1949, z. 2/3, str. 38)

T. Moskałewski. Stop Pb + 0,8% Zn w kablownictwie (PE, 1949, z. 2/3, str. 37)

ciężar płaszczka wynosi zwykle 30—50%, a w niektórych przypadkach (nieopancerzone kable telefoniczne) nawet 80% całkowitego ciężaru kabla; utrudnia to bardzo produkcję kabli, ich transport i montaż (niskie własności wytrzymałościowe zmuszają poza tym do stosowania uzbrojenia kabla, zwiększającego jeszcze bardziej jego ciężar i ce-

technologie produkcji, brał pod uwagę inne materiały metaliczne na płaszczki; z nich najwięcej zainteresowania wzbudzały cynk, magnez i aluminium, ponieważ ich temperatura przeróbki plastycznej na gorąco jest zbliżona do temperatury przeróbki ołowiu i jego stopów, co umożliwiła wyzyskanie zainstalowanych pras kablowych.

Tablica I. Porównanie własności wytrzymałościowych ołowiu i jego stopów z własnościami wytrzymałościowymi aluminium

Własność materiału		Pb	Pb+0,6% Sb	Pb+1,0% Sn	Al 99,99 %	Al 99,5 %
Wytrzymałość na rozciąganie (kg/mm <sup>2</sup> )		1,34 — 1,5	1,9 — 2,1	1,7 — 1,9	4,0 — 5,0	7,0 — 9,0
Granica plastyczności 0,2 (kg/mm <sup>2</sup> )		—	—	—	1,5 — 2,5	3,0 — 5,0
Moduł sprężystości (kg/mm <sup>2</sup> )		1500 — 2000	1500 — 2000	1500 — 2000	7000	7000
Twardość (kg/mm <sup>2</sup> )		4,4	5,8	5,0	12 — 16	20 — 24
Liczba przegięć wielokrotnych przy $r = 2,5 d$		42	23	20	25 — 32	25 — 32
Wytrzymałość na zmęczenie (kg/mm <sup>2</sup> )		0,26 — 0,32	0,7	0,5	2,4	4,9
Wytrzymałość na pełzanie, 0,1%/rok (kg/mm <sup>2</sup> )		< 0,1	0,1	0,1	0,8	—

nę). Bardzo ważnymi wadami są także niska temperatura rekrytalizacji i mała wytrzymałość na przeginięcie wielokrotne, które wraz z małą wytrzymałością na zmęczenie i pełzanie są przyczynami kruchości międzykrystalicznej, tak często obserwowanej podczas pracy i montażu kabli w niekorzystnych dla nich warunkach oraz będącej głównym powodem uszkodzeń kabli. Nie mniejszą wreszcie wadą jest deficytowość ołowiu, którego zasoby światowe są ograniczone i na wyczerpaniu, w przeciwieństwie do niektórych innych surowców, mogących go w tym wypadku zastąpić.

## 2. Możliwości zastąpienia ołowiu i jego stopów w płaszczkach kablowych.

Powyższe wady ołowiu i jego stopów były właśnie podjętą do wielu prób, zmierzających w dwu kierunkach i mających na celu zastąpienie tych materiałów innym, bardziej odpowiednim surowcem.

Pierwszy z tych kierunków, dążący do zastosowania plastycznych tworzyw syntetycznych i wymagający zmiany technologii produkcji oraz przystosowania się w konstrukcji i zastosowaniu kabli do odmiennych własności materiałów termoplastycznych, doprowadził do konkretnych wyników dzięki użyciu związków organicznych o wysokim stopniu polimeryzacji. Wyniki te są jednakże często dość dla praktyki niewystarczające ze względu na nie-

W wyniku prób nad powyższymi materiałami stwierdzono jednak, iż zarówno cynk, jak i magnez, nie są do tego celu odpowiednie, gdyż cynk wykazuje złą tłoczność na gorąco, podatność do rekrytalizacji w niskiej temperaturze oraz niską granicę plastyczności, magnez zaś — złe własności plastyczne na zimno i podatność do korozji w niesprzyjających warunkach pracy. Natomiast własności aluminium, w przeciwieństwie do ostatnio wymienionych materiałów, zapowiadały znacznie większe możliwości jego zastosowania, które po wielu wysiłkach i próbach zostało rzeczywiście zrealizowane w praktyce — początkowo przy użyciu istniejących pras kablowych, a następnie przez wprowadzenie całkowicie odmiennych zasad wykonywania płaszczki.

## 3. Zalety aluminium jako materiału na płaszczki kablowe.

Istotną i najważniejszą zaletą aluminium jako materiału na płaszczki kablowe jest jego mały ciężar właściwy, ponad czterokrotnie mniejszy od ciężaru właściwego ołowiu. Zaleta ta pozwala na czterokrotne zmniejszenie ciężaru płaszczki przy tej samej jego średnicy i grubości ścianki (nie uwzględniając przy tym możliwości dalszego jej zmniejszenia dzięki lepszym własnościom wytrzymałościowym aluminium), co w rezultacie daje zmniejszenie ciężaru kabla o 25—60% w przypadku kabli nieuzbrojonych i o 20—35% w przypadku kabli uzbrojonych, przy czym, dzięki korzystniejszym własnościom wytrzymało-

Tablica II. Wytrzymałość płaszczki z ołowiu i aluminium w kablach telefonicznych (wg danych niemieckich)

Liczba par Średnica żyły (mm)	4 14,0		20 26,5		166 55,0	
	nieuzbr.	uzbr.	nieuzbr.	uzbr.	nieuzbr.	uzbr.
Rodzaj kabla						
Kabel z płaszczem z Pb: grubość ścianki płaszczka (mm) obciążenie zrywające (kg)	1,2 86	0,8 55	1,6 212	1,0 132	2,6 708	1,6 420
Kabel z płaszczem z Al o niezmnieszonej grubości ścianki grubość ścianki płaszczka (mm) obciążenie zrywające: dla Al 99,5 (kg) dla Al 99,99 (kg)	1,2 515 287	0,8 332 185	1,6 1270 706	1,0 792 440	2,6 4250 2360	1,6 5250 1400
Kabel z płaszczem z Al o zmniejszonej grubości ścianki grubość ścianki płaszczka (mm) obciążenie zrywające dla Al 99,5 (kg) dla Al 99,99 (kg)	0,9 380 210	0,6 248 138	1,2 940 520	0,75 580 322	2,0 3220 1790	1,2 1960 1000

absolutną wodoszczelność materiałów termoplastycznych oraz na ich znacznie gorsze własności mechaniczne, co ogranicza zastosowanie tego rodzaju kabli do specjalnych warunków pracy.

Drugi z tych kierunków dążący do stosowania w dalszym ciągu zwykłej izolacji papierowej oraz dotychczasowej

ściowym aluminium, stosowanie kabli nieuzbrojonych z płaszczem aluminiowym jest w dodatku znacznie częściej możliwe niż kabli nieuzbrojonych z płaszczem ołowianym.

Bardzo dużą zaletą są także, w porównaniu z ołowiem i jego stopami, znacznie lepsze własności wytrzymałościowe aluminium, co wynika z danych, przedstawionych w tabl.



I, II i III. Ta zaleta daje bowiem większy współczynnik bezpieczeństwa pracy kabli w obecności wydatnych naprężeń rozciągających (kable napowietrzne, morskie, szynowe), pewność pracy kabli narażonych na zmezczenie i pelzanie, możliwość zmniejszenia grubości ścianki płaszczu i uzbrojenia oraz bezpieczniejszy i tańszy montaż

wytrzymałościowe aluminium). W wyniku tego zmniejszenie grubości ścianki dla płaszczu aluminiowego może wynosić tylko ok. 10% grubości ścianki płaszczu ołowianego, odpowiedniego pod względem wymiarów kabla. To niewielkie nawet zmniejszenie grubości ścianki wpływa jednak bardzo korzystnie na obniżenie sztywności płaszczu i ciężaru

Tablica III. Własności wytrzymałościowe płaszczu z aluminium 99,5% w kablach energetycznych (wg danych angielskich)

Rodzaj kabla	Wymiary płaszczu		Obciążenie rozciągające wzdłużne		Ciśnienie wewnątrz kabla	
	Średnica zewnętrzna (mm)	Grubość najmniejsza (mm)	Obciążenie potrzebne dla uzyskania granicy plastyczności (kg)	Obciążenie zrywające (kg)	Ciśnienie potrzebne dla uzyskania granicy plastyczności (kg/mm <sup>2</sup> )	Ciśnienie rozrywające (kg/mm <sup>2</sup> )
Trójżyłowy, przekrój 26 mm <sup>2</sup> , napięcie 660 V	20,6	1,4	495	675	0,84	1,23
Trójżyłowy, przekrój 87 mm <sup>2</sup> , napięcie 3300 V	34,3	1,8	1080	1530	0,63	
Czterójżyłowy, przekrój 161 mm <sup>2</sup> , napięcie 660 V	43,5	2,3	1800	2475	0,63	0,91 0,91

kabli (lżejsze złącza i mniejsza ich liczba oraz mniejsze słupy i większe odstępy między nimi w przypadku kabli napowietrznych).

Zwiększeniu bezpieczeństwa pracy kabli sprzyja poza tym wyższa temperatura rekrytalizacji aluminium, która dla materiału o czystości 99,992% wynosi ok. 100° C, a dla materiału o czystości 99,5% — ok. 250° C, wobec czego wszelkiego rodzaju deformacja aluminium w temperaturze otoczenia jest deformacją na zimno, gdy dla ołowiu jest ona deformacją na gorąco. Dzięki temu właśnie gruboziarnistość struktury, sprzyjająca kruchości międzykrystalicznej charakterystycznej dla ołowiu, jest w przypadku płaszczu z aluminium zjawiskiem niespotykanym.

Ponieważ aluminium posiada wyższe własności wytrzymałościowe i wyższą temperaturę rekrytalizacji, może to wywołać obawę dodatkowego utwardzania się materiału płaszczu podczas wyginania kabla i tym samym — zwiększenia jego sztywności, co byłoby szczególnie niebezpieczne dla kabli cienkich lub nieuzbrojonych. Praktyka wykazała jednak, iż obawy te są nieuzasadnione, gdyż kable z płaszczem aluminiowym równie dobrze nawijają się na te same bębny, co i kable z płaszczem ołowianym, oraz nie utwardzają się przy tym w sposób wydatny. Tak samo dobrze poddają się kable z płaszczem aluminiowym próbom przeginanania, przewidzianym przez normy, nie ustępując bynajmniej pod tym względem kablom z płaszczem ołowianym wobec podobnej podatności na przeginananie wielokrotne aluminium i ołowiu. Dzięki temu nie ma żadnych poważniejszych trudności podczas instalowania kabli, poza potrzebnym większym wysiłkiem, wymagającym dodatkowych narzędzi pomocniczych do wyginania, gdy liczba wygięć jest zbyt duża lub miejsce do instalowania jest ograniczone.

Tablica IV. Grubości ścianek aluminiowych płaszczu kablowych (wg danych angielskich)

Średnica zewnętrzna kabla (mm)	Grubość ścianki płaszczu min. (mm)
do 23	1,4
23 — 26,7	1,5
26,7 — 34,3	1,8
34,3 — 41,9	2,0
41,9 — 50,8	2,3

Dla wszelkiego jednak bezpieczeństwa nie można pomimo wszystko lekceważyć naprężeń, powstających w czasie nawijania lub montażu kabla, co zmusza do ograniczenia w zmniejszaniu grubości ścianki płaszczu (na zmniejszenie grubości ścianki pozwalają większe własności

kabla. Grubości ścianek płaszczu aluminiowych wg danych angielskich przedstawia tabl. IV.

Oprócz dobrych własności wytrzymałościowych i podwyższonej temperatury rekrytalizacji aluminium posiada zupełnie zadowalającą odporność na korozję powodowaną wpływami atmosfery; odporność ta jest tym większa, im większa jest czystość aluminium. Swą dobrą odporność na korozję aluminium zawdzięcza ochronnemu działaniu bardzo cienkiej warstewki tlenku aluminium, wytwarzającej się na powierzchni materiału natychmiast po zetknięciu się jego z tlenem powietrza i charakteryzującej się doskonałą ścisłością, przyczepnością oraz nierozpuszczalnością w wodzie. Jakkolwiek więc dzięki tej ochronnej warstewce nie ma żadnych obaw korozji kabli napowietrznych, jednak pewne obawy jej istnieją w kablach podziemnych, kanałowych lub podwodnych, ponieważ niektóre reagenty, jak np. kwasy, alkalia, chlorki lub woda morska mogą atakować aluminium, podobnie jak to bywa w przypadku ołowiu dla pewnych reagentów. Wobec powyższego dla kabli z płaszczami aluminiowymi trzeba stosować dodatkowe pokrycie ochronne z papieru i juty, przesycone materiałami bitumicznymi, zabezpieczające, jak to wykazała praktyka, zadawalająco kabel przed długotrwałą i intensywną korozją gleby lub wody morskiej.

Tablica V. Własności cieplne i elektryczne aluminium w porównaniu z ołowiem

Własności materiału	Aluminium	Ołów
Temperatura topnienia (°C)	658	326
Pojemność cieplna, 0 — 200° C (cal/cm <sup>3</sup> .°C)	0,62	0,37
Ciepło utajone topnienia (cal/cm <sup>3</sup> )	250	70
Spółczynnik rozszerzalności liniowej, 0 — 100° (1/°C)	24 · 10 <sup>-6</sup>	29 · 10 <sup>-6</sup>
Oporność właściwa (Ω·cm)	2,84 · 10 <sup>-6</sup>	21,5 · 10 <sup>-6</sup>

O wiele niebezpieczniejsza od korozji, wywołanej bezpośrednim działaniem reagentów, jest dla aluminium korozja elektrolityczna, będąca wynikiem wpływu prądów błędzących, które powodują w płaszczu aluminiowym korozję zarówno katodową, jak i anodową, gdy w ołowiu powodują one tylko korozję anodową. Takie zachowanie się aluminium należy przypisać wtórnym reakcjom chemicznym na katodzie wskutek wytwarzania się wokoło niej alkalicznego odczynu, oddziaływającego na katodę.

Omawiając własności aluminium, nie można również nie wspomnieć o jego korzystnych własnościach cieplnych i elektrycznych, przedstawionych w tabl. V. Z porównania

tych własności aluminium i ołowiu oraz z uwzględnienia podwyższonej temperatury rekrytalizacji aluminium wynika, że w wypadku kabli z płaszczami aluminium będzie można prawdopodobnie zwiększyć do 80—85°C dopuszczalną temperaturę kabla, wywołaną trwałym obciążeniem prądowym, co ma szczególne znaczenie dla kanałowych kabli nieuzbrojonych, w których maksimum dopuszczalnej temperatury ustala się obecnie na 50°C. Przy zastosowaniu bowiem aluminium możliwości pęknięcia płaszczy kabli w kanałach są wyłączone, co usprawiedliwia poddawanie kabli nieuzbrojonych takim samym temperaturom, jak w wypadku kabli uzbrojonych. W rezultacie — dzięki lepszym własnościom cieplnym i elektrycznym aluminium — będzie można uzyskać w kablach nieuzbrojonych zmniejszenie przekroju żyły o ~ 25%, a w kablach uzbrojonych o 10—15%, czego nie można lekceważyć wobec otrzymywania poważnej oszczędności materiałowej.

#### 4. Zasady produkcji kabli z płaszczami aluminium według patentów niemieckich.

Pierwsze próby produkcji kabli z płaszczami aluminium rozpoczęto w Niemczech w 1928 r. w zakładach Siemens-Schuckertwerke na podstawie patentów<sup>1)</sup>, proponujących produkcję kabli z płaszczami aluminium drogą wytłaczania płaszczy na prasach kablowych, jak w wypadku kabli z płaszczem ołowianym.

Ponieważ próby te dały wyniki negatywne wobec niedysponowania wówczas prasami przystosowanymi do aluminium oraz wobec niedysponowania tym materiałem o dostatecznie dużej czystości, zwrócono wysiłki w kierunku produkcji płaszczy z taśm aluminium, stosując znane sposoby produkcji rur ze szwem lub owijanie żył taśmą i następnie spawanie jej<sup>2)</sup>.

Metody ostatnie, mimo wielu pomysłów usprawniających, nie dały jednak również zadawalających wyników i zostały wkrótce zaniechane na korzyść produkcji metodą wytłaczania na prasach, początkowo — pionowych, przy zastosowaniu wsadu ciekłego lub w postaci bloków. Pierwszy z tych sposobów, gwarantujący najlepszą jakość płaszczy dzięki dobremu zgrzaniu się szwa między dwoma kolejnymi wsadami oraz braku pęcherzy powietrznych, musiał być także zaniechany ze względu na atakowanie części prasy przez ciekłe aluminium od momentu napełnienia nim odbieralnika do czasu skrzepnięcia oraz ze względu na obniżenie własności mechanicznych części prasy wskutek długotrwałego działania wysokiej temperatury. Drugi sposób, to znaczy wytłaczanie przy użyciu bloków jako wsadu, dawał lepsze wyniki, zwłaszcza przy użyciu aluminium rafinowanego o czystości 99,99%, które — dzięki niskim własnościom wytrzymałościowym, dobremu wydłużeniu i dobrej podatności do przeróbki plastycznej na gorąco oraz małemu utlenianiu się — umożliwiało wykonywanie kabli przy zachowaniu dotychczasowych zasad technologicznych i urządzeń do produkcji płaszczy z ołowiu<sup>3)</sup>.

Ponieważ sposób płynięcia materiału w prasie pionowej wymagał jednak pomimo wszystko przy zastosowaniu aluminium znacznie większych nacisków, względnie zwiększonej temperatury prasowania albo zmniejszonej jego szybkości, oraz ponieważ występowały podczas tego sposobu produkcji inne trudności (ograniczenie długości kabla wielkością bloku, tworzenie się cienkich pierścieni bambusowych na płaszczu wskutek odkształcania się elastycznego odbieralnika, zużywanie się części pras i klejenie się ich do aluminium), prasy pionowe miały być w Niemczech pod koniec wojny do tego celu zarzucone i zastąpione prasami poziomymi o jednokierunkowym płynięciu materiału w czasie tłoczenia, w których tarcie jest znacznie mniejsze niż w prasach pionowych. Prasę tę, zamówioną przez szereg niemieckich firm kablowych w firmie Schloeman A. G. i przystosowaną do kabli o średnicy zewnętrznej 9—25 mm, względnie 40 mm, przy użyciu aluminium rafinowanego, nie zostały jednak wprowadzone w praktyce wobec niewykonania ich przed zakończeniem działań wojennych przez dostawcę pras.

#### 5. Zasady produkcji kabli w płaszczach aluminium wg patentów angielskich.

Jakkolwiek wysiłki nad produkcją kabli z płaszczami aluminium drogą tłoczenia doprowadziły w Niemczech do konkretnych wyników, których odzwierciedleniem jest np. wykonanie 150 km kabla telefonicznego o średnicy 15—30 mm z płaszczem z aluminium 99,99% na zamówienie ministerstwa poczt, wyniki produkcji drogą tłoczenia nie mogą być uważane jako zadowalające wobec wyżej omówionych trudności produkcyjnych oraz małej długości odcinków kabli, wynoszącej dla kabla 10-parowego zaledwie 100—300 m. Powyższe, raczej negatywne, doświadczenia skłoniły kablówce firmy angielskie do opracowania całkiem innych metod produkcji, z których dwie dały wyniki nadzwyczaj obiecujące.

Pierwsza z tych metod, opracowana przez firmę Johnson i Phillips, polega na wciąganiu izolowanej żyły do uprzednio wykonanej aluminiowej rury bez szwu z aluminium 99,5% i poddaniu jej dodatkowej przeróbce plastycznej drogą przeciągania przez matrycę dla uzyskania odpowiedniego przylegania płaszcza do żyły (zmniejszenie średnicy rury wynosi przy tym 30% lub więcej). Tą metodą, wymagającą jednoczesnego opracowania wielu zawiłych problemów mechanicznych, można produkować obecnie wszelkiego rodzaju kable o średnicy do 50 mm i długości 180—400 m (w zależności od wymiaru i typu kabla), których firma dostarczyła do końca 1949 r. w ilości ponad 160 km po cenie częstokroć niższej od ceny kabli z płaszczami ołowianymi.

Druga metoda opracowana została przez firmę General Electric Company na podstawie całkiem nowego i rewelacyjnego sposobu łączenia aluminium, który można by nazwać spawaniem na zimno (cold pressure welding) ze względu na brak wszelkiego nagrzewania podczas łączenia. Spawanie na zimno przedstawia niezmiernie interesujące korzyści, zwłaszcza w stosunku do produkcji kabli z płaszczem aluminium, ponieważ umożliwia ono tę produkcję w sposób szybki i ekonomiczny, bez używania spoiwa, topników, chemikaliów lub gazów technicznych, stosowanych zwykle przy wytwarzaniu spoiny taśmy innymi metodami łączenia. Połączenie drogą spawania na zimno uzyskuje się przy tym dzięki użyciu specjalnych narzędzi (matryce), które powodują przy zastosowaniu ciśnienia zaledwie ok. 1,4 kg/cm<sup>2</sup> powierzchniowe zgrzewanie materiału drogą zachodzącej dyfuzji atomów metalu między łączonymi powierzchniami materiału; zgrzewanie gwarantuje wytrzymałość spoiny zaledwie o 20% mniejszą od wytrzymałości łączonego materiału.

Dzięki zastosowaniu tego właśnie sposobu łączenia aluminium udało się firmie Pirelli-General Cable Works skonstruować proste urządzenie, umożliwiające w skali technicznej produkcję kabli z płaszczem aluminium z taśm aluminium o czystości 99,5%. Proces produkcji tą metodą składa się z następujących operacji: ukształtowanie poziomych kołnierzy, przygotowanie powierzchni kołnierzy do łączenia, wprowadzenie kabla i ukształtowanie rury, spawanie na zimno oraz usunięcie kołnierzy. Ukształtowanie kołnierzy osiąga się przy pomocy pary rolek, do których wchodzi taśma z urządzenia odwijającego. Powierzchnie przygotowuje się do łączenia przez szcztokowanie kołnierzy przy pomocy dwu szybko obracających się szcztok stalowych, usuwających tlenek aluminium i nadających chropowatość powierzchni potrzebną do spawania na zimno (powstający przy szcztokowaniu pył aluminiowy usuwa się przy pomocy wyciągu). Po przygotowaniu powierzchni do łączenia wprowadza się żyły do utworzonego z taśmy korytka i następnie przepuszcza się żyły z taśmą znowu przez dwie rolki poziome, wytwarzające tym razem z taśmą rurę. Z kolei rzeczy następuje spawanie na zimno kołnierzy przy pomocy specjalnych narzędzi, usunięcie nadmiaru materiału z kołnierzy oraz kalibrowanie kabla w dwu pionowych rolkach. Pokrywanie płaszczem tą metodą jest ciągłe, gdyż kręgi taśmy aluminiowej mogą być spawane między sobą. Metoda opisana nadaje się dla wszelkiego rodzaju kabli energetycznych i telekomunikacyjnych o średnicy do ~ 35 mm oraz do kabelków instalacyjnych zarówno płaskich, jak i okrągłych. Istotą jej powodzenia jest dokładne usunięcie tlenku aluminium, czystość łączonych powierzchni i odpowiedni kształt narzędzi.

W ostatnich miesiącach oprócz firmy Johnson i Phillips oraz Pirelli-General Cable Works również firma British

<sup>1)</sup> Pat. bryt. 300920 z prawem pierwszeństwa w Niemczech z dn. 19. 11. 1927; DRP 613611 z 12. 1. 1928.

<sup>2)</sup> DRP 613835 (aneks do patentu DRP 521139) z 19. 6. 1931; DRP 61445 z 15. 6. 1932; DRP 616659 z 26. 7. 1931; DRP 727743; DRP 614315 z 19. 6. 1929; DRP 611037 z 12. 1. 1930; pat. włoski 388326.

<sup>3)</sup> DRP 740915; DRP 737027.



Insulated Callender's Cables rozpoczęła produkcję kabli z płaszczami aluminiowymi. Firma ta, stosując metodę produkcji firmy Johnson i Phillips oferuje kable gazowe z płaszczami aluminiowymi na napięciu 33 kV o długości do 300 m, wytrzymałe ciśnienie azotu wewnątrz kabla ok. 14 kg/cm<sup>2</sup> bez dodatkowego uzbrojenia stalowego.

#### 6. Uwagi końcowe.

Jakkolwiek dopiero ostatnie lata przyniosły technice kablowej rozwiązanie praktyczne omawianego zagadnienia, znajduje ono już za granicą wielkie zainteresowanie wśród użytkowników kabli wobec dużych korzyści, które przedstawiają kable z płaszczami aluminiowymi.

Oczywiście, i dla naszego przemysłu zagadnienie to jest równie interesujące i wymagające rozpoczęcia prób nad jego realizacją. Przewidując, iż rozwiązanie to nie będzie ani proste, ani szybkie, nie należy tym zrażać się, gdyż cel, do którego dąży się, jest wart jak największych wysiłków.

#### LITERATURA

1. Frhr von Göler, G. A. Greff. Entwicklung der Pressverfahren und Legierungen für Bleikabelmäntel. — Metallwirtschaft 18, (1939), 945/50.
2. W. Deisinger. Herstellung von Aluminium-Kabelmänteln. — Z. Metallkunde 31, (1939), 305/10.
3. W. Deisinger. Herstellung und Eigenschaften von Aluminium-Kabelmänteln. — Metallwirtschaft 18, (1939), 963/8.
4. A. Czempiel, C. Haase. Zur Frage der Verwendung des Aluminiums als Kabelmantel-Werkstoff. — Aluminium 21, (1939), 521/8; AEG-Mitteilungen (1939), 347/53; Draht-Welt 32, (1939), 529/32, 541/4.
5. F. Hanff, G. Hosse, W. Deisinger. Aluminium als Baustoff für Kabelmäntel. — Siemens-Zschr. 19, (1939), 357/68.
6. W. Deisinger. Aluminium als Baustoff für Kabelmäntel. — ZVDI 84, (1940), 273/4.
7. E. Emmerich, K. Buss. Über den Einsatz von Aluminium als Werkstoff für Kabelmäntel. — ETZ 61, (1940), 1126/31.
8. P. Mentz. Bleisparende Kabelmäntel in der Fernmelde-technik. — ETZ 61, (1940), 1131/3.
9. W. von Zwehl. Stand der Verwendung von Aluminium in der Elektrotechnik. — ETZ 61, (1940), 1087/8.
10. G. Plum. Leichtmetall statt Blei für Kabelmäntel. — Metallwirtschaft 20, (1941), 740/1.
11. R. Schulze. Aluminium in der Elektrotechnik. — Metallwirtschaft 20, (1941), 727/31.
12. E. Herrmann. Neues aus dem Patentschriften. — Aluminium 20, (1936); 630; 22, (1940), 141; 24, (1942), 145/6.
13. G. Bauermeister. Neues aus dem Patentschriften. — Aluminium 25, (1943), 398/9; 26, (1944), 46.
14. G. A. Fritze. Kabelkorrosion. — Aluminium 26, (1944), 248/9.
15. W. A. Priwiezjencew, B. M. Tarejew. Proizwodstwo sjiłowych kabielej i obmotocznych przewodow. — Gose-nergoizdat — Moskwa, (1945), 110/1.
16. Anon. Cable sheathing in aluminium. — Light Metals 9, (1946), 474/98.
17. Anon. Use of aluminium for cable sheathing. — Light Metal Age 5, (1947), (11), 25 (wyciąg z raportu PB78274, Fabrication of aluminium in Germany. The Office of Technical Services, Dept. of Commerce, Washington).
18. Anon. Al-sheathed power cables. — Engineer 185, (1948), 398/9, 422/3.
19. Johnson and Phillips Ltd. Aluminium sheathed power cables (prospekt firmy Johnson and Phillips, London, str. 28).
20. Bios Final Report 375. The wrought light alloy industry in the Ruhr.
21. Bios Final Report 1550. Sheathing of cables with aluminium.
22. Anon. Aluminium-sheathed cables. Plumbing of joints now possible. Electrician 142, (1949), 289.
23. Anon. Plumbing on aluminium. A sample way of jointing aluminium-cables. — Electrical Times 115, (1949), 111.
24. Anon. N. W. Board test aluminium cable. — Electrical Times 115, (1949), 443.
25. J. Russell. Presidential address. — Trans. South African Inst. Electr. Engin. 40, (1949), 18.
26. Anon. Aluminium sheathed electric power cables. — Electr. Engin. and Merchand. (Melbourne) 25, (1949), 379/81.
27. Anon. Aluminium cable sheathing. — Wire Industry 16, (1949), 487.
28. Anon. Aluminium cable sheathing. Electrical Industries 48, (1948), 202.
29. Anon. Wiped joints on aluminium-sheathed electric cables. — Engineering 167, (1949), 93.
30. Anon. Aluminium-sheathed cables; manufacturing finally perfected. — Times Rev. Ind. 2, (1948), (16), 25.
31. C. C. Barnes. Power cable developments. — Electrician 144, (1950), 515/8.
32. Anon. G. E. C. cold pressure welding. — Electric. Manufact. 6, (1950), 45/6, 55.
33. Anon. Cold welding technique. — Aluminium News 3, (1950), (2).
34. Anon. Aluminium covering for the insulation of cables. — Achievement 10, (1950), (100), 18.
35. Anon. Pressure cables in aluminium. — Electrical Industries 50, (1950), 151.

INŻ. SYLWESTER JANKOWSKI

## Zastosowanie materiałów termoplastycznych w przemyśle kablowym

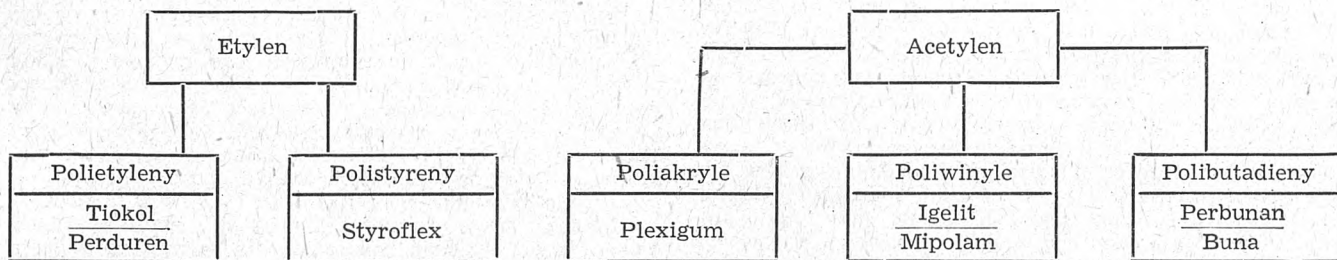
Treść. Z pośród tłoczyw syntetycznych, nadających się do zastosowania w przewodach elektrycznych i kablach, autor zatrzymuje się bliżej na zastosowaniu w tej dziedzinie polichloru winylu i to dla przewodów i kabli zarówno energetycznych, jak i telekomunikacyjnych.

### 1. Wstęp.

Termoplastyczne materiały syntetyczne znano już kilka lat przed wojną. Z punktu widzenia naukowego wzbudzały one coraz większe zainteresowanie. Niektóre z nich — w bardzo nielicznych przypadkach — zastosowano w przemyśle, lecz w charakterze raczej doświadczalnym. W przemyśle kablowym jednak nie znalazły one w owym czasie szerszego zastosowania. Powodem hamującym ich stosowanie były brak zaufania ze strony producentów i odbiorców oraz dostateczna podaż rynkowa surowców naturalnych. Dopiero czasy wojenne skłoniły przemysł do coraz szerszego zastosowania nowych tłoczyw zamiast gumy jako

let i własności, których nie można uzyskać w materiałach naturalnych, stosowanych do wyrobu pewnych typów przewodów np. linek i drutów połączeniowych, używanych w teletechnice.

Zdobyte za granicą doświadczenia z tłoczywami pozwalają sądzić, że masy te znajdują u nas coraz większe zastosowanie w przewodach i kablach jako izolacja i płaszcz. Zastąpimy nimi surowce deficytowe — kauczuk i ołów, co jest z punktu widzenia gospodarki państwowej bardzo ważne, i zdobędziemy własne doświadczenia. Rozwiązując zagadnienie technologii mas syntetycznych, zrealizujemy postęp techniczny w dziedzinie kablownictwa. Kraje bo-



Schemat I

Schemat II

izolacji, a także jako materiału na płaszcz ołowiane. Przekonano się, że tłoczywa nie tylko nie ustępują dotychczas stosowanemu materiałom, lecz wykazują nawet szereg za-

gat w surowce naturalne, jak ZSRR, USA i Anglia, produkują już znormalizowane typy przewodów i kabli z mas termoplastycznych.

## 2. Rodzaje mas syntetycznych.

Masy syntetyczne należy rozpatrywać jako osobną grupę materiałów o szeregu wybitnych własności fizycznych i chemicznych, które ponadto można zmieniać i udoskonalać.

## 3. Polichlorek winylu.

Jest to drobnoziarnisty biały proszek bez zapachu i niepalny, odporny na wpływy chemiczne, wrażliwy na wodę. Chlor nie występuje w stanie wolnym, lecz jest mocno

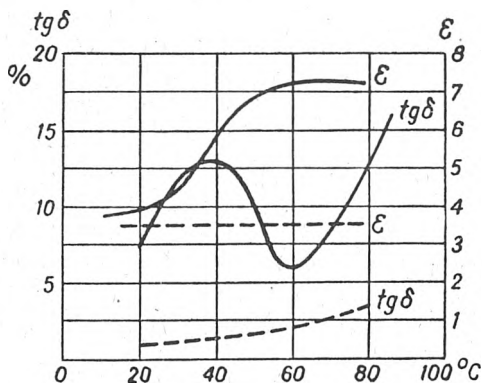
Tablica I

Nazwa zmiękczacza	Kąt stratności $\text{tg } \delta$	Stała dielektr. $\epsilon$	Wytrzym. na rozerwanie ( $\text{kg/cm}^2$ )	Oporność ( $\Omega\text{cm}^2/\text{mm}$ )	Wydłużenie (%)	Odporność na niskie temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )
1	2	3	4	5	6	7
Palatinol C	9,7	7,3	54	$8 \cdot 10^{10}$	185	- 15
Palatinol O	20,0	6,7	120	$7 \cdot 10^{10}$	220	- 15
Wulkanol B	1,5	3,1	120	$3 \cdot 10^{13}$	105	0
Olej T	2,3	4,3	230	$1 \cdot 10^{13}$	160	+ 5

łać zależnie od doboru składników, tworząc cały szereg pochodnych o żądanych własnościach.

Spośród szeregu znanych mas syntetycznych do najbardziej rozpowszechnionych, aczkolwiek nie wszystkie są jeszcze doskonałe, należą związki powstałe na drodze polimeryzacji pochodnych etylenu i acetyleny. Podstawowymi surowcami do ich otrzymania są węgiel, wapno, woda i powietrze.

Oznaczenie materiałów syntetycznych przy pomocy wzorów chemicznych mogłoby — ze względu na wielce skomplikowaną budowę tych materiałów — niechemikom raczej utrudnić orientację, ograniczymy się przeto do podania niektórych mas syntetycznych, pochodnych etylenu i acetyleny, znajdujących zastosowanie w przemyśle kablowym (ob. schematy I i II).



Rys. 1. Zależność stałej dielektrycznej  $\epsilon$  i stratności  $\text{tg } \delta$  od temperatury

Podane nazwy mas są niemieckimi oznaczeniami handlowymi. Zależnie od charakteru termoplastyczności powyższych mas syntetycznych można je podzielić na odwracalne i nieodwracalne:

1) materiały termoplastyczne odwracalne są te, które pod wpływem ciepła miękną, dają się wyprasowywać, przy czym po ostudzeniu przechodzą w masę mniej lub więcej twardą, a przy powtórznym ogrzaniu znowu miękną;

2) materiały termoplastyczne nieodwracalne — to te, które po przejściu procesu obróbki cieplnej przechodzą ze stanu plastycznego w stan elastyczny i dają się wulkanizować, a powtórne podgrzewanie nie powoduje plastyczenia.

Do grupy materiałów termoplastycznych odwracalnych należą polistyreny, poliakryle i poliwinyle, i te można by było nazwać właściwymi materiałami termoplastycznymi, natomiast pozostałe — polietyleny i polibutadieny — sztucznymi kauczukami. Do najbardziej znanych i rozpowszechnionych, a znajdujących do tej chwili największe zastosowanie w budowie kabli i przewodów z mas termoplastycznych, należy polichlorek winylu, znany pod niemiecką nazwą handlową jako igelit.

związany. Proszek po przejściu procesu plastyfikacji z odpowiednimi dodatkami zmiękczejacymi daje mieszanekę, którą można natryskiwać przewodniki. Przeróbka mieszanek może być — jak w przypadku gumy — dokonana na maszynach kablowych z tą różnicą, że wymaga do przeróbki odpowiednio wyższej temperatury. Natryskiwanie odbywa się w temperaturze — zależnie od rodzaju materiału zmiękczejącego — od 150 do 180 $^{\circ}\text{C}$ , przy czym regulacja temperatury powinna być samoczynna.

Właściwości, plastyczność i temperaturę mięknięcia otrzymuje się przez dobór odpowiednich zmiękczejaczy. Jak widać z tabl. I, własności zależą od zmiękczejacza, którego dobór jest więc sprawą ważną i trudną.

Wytrzymałości na rozerwanie i wydłużenie są stosunkowo duże, choć nie dorównują wartościom dla gumy. Zależność tych wielkości od temperatury zasługuje na specjalną uwagę. W niskich temperaturach rośnie wytrzymałość przy jednoczesnym zmniejszaniu się wydłużenia i wroście kruchości masy. Przy wzroście temperatury masa mięknie, co może wpłynąć na odkształcenie masy na przewodzie. Polichlorek winylu z odpowiednimi zmiękczejaczami, wyprasowany na przewod, znosi stałą temperaturę od - 60 $^{\circ}$  do + 70 $^{\circ}\text{C}$  po ułożeniu. Granice są więc dość rozległe.

Do podanych zmian własności dochodzi jeszcze pogorszenie się własności elektrycznych, wzrost strat dielektrycznych, względnie spadek oporności izolacji przy wzroście temperatury. Zmiękczejacze, które dla polichloru winylu mają dobre własności zmiękczejące i dużą odporność na niskie i wysokie temperatury, ogólnie źle wpływają na własności elektryczne ze zmianą temperatury. Dla przy-

Tablica II

Materiał	Współczynnik dyfuzji $\times 10^{-8}$
Wosk ziemny	0,06
Parafina	0,08
Celofan	500,00
Jedwab sztuczny trójocian.	104,00
Jedwab sztuczny octan.	16,00
Polistyren	2,80
Polichlorek winylu	0,8—1,1
Guma miękka	2—8
Tiokol	0,20
Oppanol B 200	0,20

kładu rys. 1 pokazuje przebieg krzywych strat dielektrycznych i stałej dielektrycznej w zależności od temperatury dla polichloru winylu przy 40% zmiękczacza (linie ciągłe). Dla porównania pokazano (liniami przerywanymi) dane dla mieszanki gumowej 33 $\frac{1}{3}$ % naturalnego kauczuku.

Oporność izolacji, mierzona na przewodzie, wykazała przy wzroście temperatury od 20 $^{\circ}$  do 50 $^{\circ}\text{C}$  spadek:

dla polichloru winylu z 3000 na 6  $\text{M}\Omega/\text{km}$   
dla gumy z 3000 na 150  $\text{M}\Omega/\text{km}$



Rozważając zalety izolacji termoplastycznej należy pamiętać, że nie zawsze musi ona spełniać warunki mieszanki gumowych, tym bardziej, że tam, gdzie stosuje się izolację termoplastyczną, nie dopuszcza się wysokich temperatur.

Tablica III

Typ normalny wg PNE-5	Nowy typ izolowany polichlorkiem winylu	Zakres przekrojów (mm <sup>2</sup> )	Liczba żył	Materiał żył
DG	DY	1—10	1	Cu
LG	LY	1—185	1	„
LGg	LYg	1—185	1	„
ADG	ADY	1,5—16	1	Al
ALG	ALY	1,5—240	1	„

Napięcie przebicia w temperaturze pokojowej dla omawianego przykładu wynosiło dla masy 32,5 kV/mm, dla gumy zaś 22 kV/mm.

Jak zaznaczono w wstępie, polichlorek winylu jest wrażliwy na wodę. Posiada on pewną chłonność wody i wskutek tego nie zawsze mógłby zastąpić dotąd stosowany szelny płaszcz ołowiany. Dotyczy to jednak tylko tych wypadków,

Tablica IV

Typ normalny wg PNE-5	Nowy typ izolowany polichlorkiem winylu	Zakres przekrojów (mm <sup>2</sup> )	Liczba żył	Materiał żył
KGo	a) YKGo	1—4	1,2,3 i 4	Cu
	b) KYGo	1—4	1,2,3 i 4	Cu
AKGo	a) AYKGo	1,5—6	1,2,3 i 4	Al
	b) AYKGo	1,5—6	1,2,3 i 4	Al
KGp	a) YKGp	1—4	2 i 3	Cu
	b) KYp	1—4	2 i 3	Cu
AKGp	a) AYKGp	1,5—6	2 i 3	Al
	b) AYKp	1,5—6	2 i 3	Al

kiedy wilgoć stale działa na powłoki, tj. kiedy kabel ułożony jest w wodzie, w mokrym gruncie lub w pomieszczeniach stale wilgotnych. W innych wypadkach, gdy kable tylko przejściowo narażone są na działanie wilgoci, powłoki ochronne z masy polichlorku winylu okazały się wystarczającą ochroną.

Tabl. II podaje przepuszczalność wilgoci niektórych materiałów syntetycznych i naturalnych. Z tablicy tej widać, że z podanych materiałów syntetycznych najmniejszy współczynnik dyfuzji posiada tiokol (etyleno-wielosiarczek) oraz oppanol (poliizobutylen). Tiokol posiada jeszcze tę bardzo ważną zaletę, że jest odporny na oleje i tłuszcze

Tablica V

Typ normalny wg PNE-5	Nowy typ izolowany polichlorkiem winylu	Zakres przekrojów (mm <sup>2</sup> )	Liczba żył	Materiał żył
Niestosowany	a) YDGp	1—2,5	2 i 3	Cu
	b) YDYp	1—2,5	2 i 3	Cu
Niestosowany	a) AYDGp	1,5—2,5	2 i 3	Al
	b) AYDYp	1,5—2,5	2 i 3	Al

zwierzęce oraz roślinne, jak również na benzen (tiokol A). Chłonność wody dla tiokołu jest 5 razy mniejsza niż dla najmniej chłonnej gumy. Wykonane próby z tiokolem u nas nie dały jeszcze zadowalających wyników, sam produkt jako surowiec dla przemysłu kablowego nie jest jeszcze u nas doskonały, nie posiada jeszcze żądanych własności. Oppanol zaś posiada tę zasadniczą wadę, że jest materiałem mało wytrzymałym i jest używany raczej jako zmiekcacz do mas termoplastycznych.

#### 4. Zastosowanie polichlorku winylu w przewodach i kablach.

Polichlorek winylu może zastąpić w przewodach nie tylko gumę, lecz z lepszym wynikiem izolację włóknistą, jak np. w przewodach schematowych, dzwonekowych, strzelni-

czych, instalacyjnych itp., w kablach zaś i przewodach silnoprądowych niskonapięciowych do 500 V — izolację papierową nasyconą, a gumową tam, gdzie kable układane są w pomieszczeniach suchych i zamkniętych. W takich wypadkach można całkowicie lub częściowo zrezygnować z dotąd stosowanego płaszczu ołowianego lub też zastąpić go płaszczem z polichlorku winylu. Przy kablach słaboprądowych w izolacji papierowej suchej, przy stosowaniu płaszczu z polichlorku winylu lub innych mas termoplastycznych, należy zachować pewną ostrożność ze względu na wrażliwość izolacji na wilgoć.

Poniżej podane są przewody i kable z polichlorku winylu, mogące zastąpić stosowane dotąd normalne typy.

#### Przewody energetyczne

1) Do układania na stałe w rurkach, pod tynkiem lub na tynku, na izolatorach lub wewnątrz maszyn (tabl. III).

Tablica VI

Przekrój (mm <sup>2</sup> )	Grubość izolacji na żyłach (mm)	Grubość płaszczu (mm)	Wymiary zewnętrzne (mm)
2 × 1	0,8	0,8	4,3 × 12,5
3 × 1	0,8	0,8	4,3 × 20,0
2 × 1,5	0,8	0,8	4,6 × 13,0
3 × 1,5	0,8	0,8	4,6 × 21,0
2 × 2,5	0,9	0,9	5,4 × 14,5
3 × 2,5	0,9	0,9	5,4 × 23,0

Budowa: drut miedziany goły lub aluminiowy, izolowany polichlorkiem winylu o grubości ścianki, jak dla typów normalnych DG w gumie, zgodnie z PNE-5.

2) Przewód instalacyjny do zakładania na stałe na tynku w pomieszczeniach suchych, zastępujący używany dotąd ciężki przewód kabelkowy w ołowiu, może być wykonany w dwóch alternatywach: a) żyły w gumie, a płaszcz z polichlorku winylu, b) żyły i płaszcz z polichlorku winylu (tabl. IV). Budowa: a) drut miedziany-ocynowany lub aluminiowy, izolowany gumą, jak DG; b) drut miedziany-goły lub aluminiowy, izolowany polichlorkiem winylu o grubości ścianki, jak dla typów normalnych DG w gumie, zgodnie z PNE-5. Płaszcz z polichlorku winylu o grubości ścianki, jak z ołowiu dla KGo i KGp, zgodnie z PNE-5.

3) Przewód instalacyjny płaski do zakładania na stałe pod tynkiem w pomieszczeniach suchych. Może być wyko-

Tablica VII

Typ normalny wg PNE-5	Nowy typ	Zakres przekrojów (mm <sup>2</sup> )	Liczba żył	Materiał żył
SMp (LSp)	YLSp	0,75—1,5	2	Cu

nany w dwóch alternatywach: a) żyły w gumie, a płaszcz z polichlorku winylu, b) żyły i płaszcz z polichlorku winylu (tabl. V i VI). Budowa: a) drut miedziany-ocynowany lub aluminiowy, izolowany gumą; b) drut miedziany-goły lub aluminiowy, izolowany polichlorkiem winylu. Dwie lub trzy żyły ułożone równolegle i wspólnie oprasowane płaszczem z polichlorku winylu tak, aby między żyłami po ułożeniu płaszczu pozostała cienka tasiemka, łącząca żyły. Szerokość tasiemki — 3,5 mm.

4) Sznur płaski do małych odbiorników ruchomych (tabl. VII i VIII). Budowa: linki miedziane-gołe, owinięte sztucznym jedwabiem lub bawełną, izolowane polichlorkiem winylu o grubości ścianki, jak w tabl. VIII. Dwie żyły ułożone równolegle i wspólnie oprasowane polichlorkiem winylu.

Tablica VIII

Przekrój (mm <sup>2</sup> )	Grubość izolacji na żyłach (mm)	Grubość płaszczu (mm)	Wymiary zewnętrzne (mm)
2 × 0,75	0,6	0,6	3,8 × 6,4
2 × 1	0,6	0,6	4,0 × 6,8
2 × 1,5	0,8	0,8	4,7 × 7,8

Tablica IX

Typ normalny wg PNE-5	Nowy typ w polichloroku winylu	Zakres przekrojów (mm <sup>2</sup> )	Liczba żył	Materiał żył
OM	YOM	0,5—0,75	2, 3 i 4	Cu

5) Przewód oponowy mieszkaniowy do małych odbiorników ruchomych (tabl. IX). Budowa jak normalny OM, lecz zamiast opony gumowej nałożona jest opona z polichloroku winylu o tej samej grubości ścianki.

Tablica X

Typ normalny wg PNE-5	Nowy typ w polichloroku winylu	Zakres przekrojów (mm <sup>2</sup> )	Liczba żył	Materiał żył
OW	YOW	0,75—16	2, 3 i 4	Cu

6) Przewód oponowy warsztatowy do odbiorników ruchomych (kuchenki, urządzenia w gospodarstwie rolnym i w warsztatach). Budowa jak normalny OW, lecz zamiast

Tablica XI

Typ normalny wg PNE	Nowy typ w polichloroku winylu	Zakres przekrojów (mm <sup>2</sup> )	Liczba żył	Materiał żył
LGs	LYs	0,5 — 1 1,5 — 16	1 1	Stal - Cu Cu

opony gumowej nałożona jest opona z polichloroku winylu o tej samej grubości ścianki (tabl. X).

7) Przewody oświetleniowe do zakładania na stałe w sa-

72551). Budowa: linka miedziana-goła lub stal.-miedziana, izolowana polichlorkiem winylu o grubości ścianki, jak w tabl. XII.

## Kable energetyczne

1) Kable energetyczne wewnętrzne, bez ołowiu, na napięcie do 500 V, do układania w pomieszczeniach suchych,

Tablica XIV

Przekrój (mm <sup>2</sup> )	Najmniejsza liczba drutów	Grubość izolacji żył do wykonania a) i b) (mm)	
		1-żyłowe	wielżyłowe
1,5	1	—	0,7
2,5	1	—	0,7
4	1	1,3	0,8
6	1	1,3	0,8
10	1	1,5	1,0
16	1	1,5	1,0
25	7	1,7	1,2
35	19	1,7	1,2
50	19	1,8	1,4
70	19	1,8	1,4
95	19	2,0	1,6
120	19	2,0	1,6
150	37	2,2	1,8
185	37	2,2	1,8
240	49	2,4	2,0
300	49	2,6	2,2
400	49	2,8	—

wilgotnych, przesyconych kwasami (tabl. XIII). Kable wewnętrzne wykonuje się zasadniczo bez zewnętrznej osłony na pancerzu, jednak w zależności od rodzaju pomieszczenia (bardzo wilgotne lub przesycone kwasami) dla uodpornienia pancerza można stosować zewnętrzną osłonę.

Budowa: drut lub linka okrągła, izolowana jedną war-

Tablica XII

Przekrój mm <sup>2</sup>	Liczba drutów w lince			Średnica drutów (mm)	Grubość izolacji (mm)	Średnica zewnętrzna (mm)
	miedzianej	stalowo — miedzianej				
		stal	miedź			
0,5	—	6	6	0,30	0,6	2,5
0,75	—	5	10	0,30	0,6	2,6
1	—	6	13	0,30	0,6	2,7
1,5	21	—	—	0,30	0,6	2,8
2,5	35	—	—	0,30	0,6	3,3
4	56	—	—	0,30	0,6	3,8
6	19	—	—	0,64	0,6	4,4
10	19	—	—	0,80	0,6	5,2
16	37	—	—	0,75	0,6	6,5

mochodach, motocyklach i rowerach, nie mające bezpośredniego sąsiedztwa z benzyną, olejami i wysoką temperaturą

stwą polichloroku winylu o grubości ścianki podanej w tabl. XIV. żyły w odpowiedniej liczbie skręcone. Dalsza budowa może być wykonana w dwóch alternatywach:

Tablica XIII\*)

Typ normalny wg PNE-6		Nowy typ w polichloroku winylu	Zakres przekrojów (mm <sup>2</sup> )	Liczba żył	Materiał żył
w papierze	w gumie				
AKFt	AKGFt	AKYFt	1,5 — 400	1, 2, 3, 4	Al
AKFpd	AKGFpd	AKYFpd	1,5 — 400	„	„
AKFod	AKGFod	AKYFod	1,5 — 400	„	„
AKFtA	AKGFtA	AKYFtA	1,5 — 400	„	„

\*) Dla kabli z żyłami miedzianymi w oznaczeniu typów odpada pierwsza litera A.

(tabl. XI). Przekroje 0,5 — 16 mm<sup>2</sup>, przy czym przekroje od 0,5 do 1 mm<sup>2</sup> dla zwiększenia wytrzymałości mechanicznej żyły posiadają linkę stalowo-miedzianą (wg DIN

Tablica XV

Średnica po skręcenie (mm)	Grubość płaszczka do wykonania a) (mm)
do 15	1,2
20	1,4
25	1,6
30	1,8
35	2,0
40	2,2
45	2,4
50	2,6
55	2,8
60	3,0
65	3,2
70	3,4



Tablica XVI

Średnica pod osłoną (mm)	Grubość osłony wewnętrznej (mm)	
	Wykonanie a)	Wykonanie b)
do 35	2,0	2,8
powyżej 35	2,3	3,3

a) na całość naprasowany jest płaszcz z polichlorku winylu tak, aby wolne szczeliny były nim wypełnione (tabl. XV); owinięcie taśmą bawełnianą nasyconą (może być nagumowana); nałożenie osłony wewnętrznej, składającej się z kilku warstw papierowych oblewanych masą asfaltową o łącznej grubości podanej w tabl. XVI; na całość nałożony jest pancierz (tabl. XVII);

Tablica XVII

Średnica pod pancierzem (mm)	Wykonanie a) i b)	
	Grubość taśm stalowych (mm)	Grubość osłony zewnętrznej (mm)
Do 15	0,3	2,0
Powyżej 15	0,5	2,5

b) szczeliny wypełnione papierem nasyconym, owinięte taśmą bawełnianą nasyconą i na całość nałożona jest osłona wewnętrzna (tabl. XVI), jak w wykonaniu a), lecz wzmocniona, i pancierz (tabl. XVII).

2) Kable energetyczne, bez ołowiu, na napięcie do 500 V, do układania w ziemi. Budowa i oznaczenie identyczne, jak dla kabli wewnętrznych z warunkiem, że kable ziemne zawsze będą wykonane z zewnętrzną osłoną. Kable te nie mogą być stosowane przy prądzie stałym i w kopalniach. Próbę napięcia w gotowym kablu przeprowadza się prądem zmiennym. Kabel winien wytrzymać doprowadzone napięcie między żyłami 2000 V, a między żyłą i pancierzem — 4000 V, w czasie określonym przepisami.

#### Przewody telekomunikacyjne

1) Druty i linki połączeniowe, schematowe. Budowa: drut lub linka miedziana-goła, izolowana polichlorkiem winylu o grubości ścianki od 0,3 do 0,5 mm, w zależności od wymiaru drutu gołego. Oporność izolacji — minimum 5 M $\Omega$ /km (po 4-dniowym leżeniu w atmosferze o wilgotności 80% i przy 20°C). Napięcie próby — min. 2000 V.

2) Przewód sygnałowy lub telefoniczny, zastępujący dotąd wykonywany drut dzwinkowy, w izolacji bawełnianej nasycionej, oraz przewód telefoniczny (plecionka) w izolacji gumowej, w oplocie bawełnianym nasyconym. Budowa: drut miedziany-goły, izolowany polichlorkiem winylu o grubości ścianki 0,5 mm. Wykonanie 1-, 2-, 3- i 4-żyłowe, przy czym żyły różnią się kolorami izolacji. Własności — jak dla drutów schematowych.

3) Przewody wewnętrzne (tabl. XVIII).

a) Przewody instalacyjne w izolacji włóknistej do telefonów, przyrządów pomiarowych i sygnalizacyjnych, mogące zastąpić dotąd stosowane przewody wg PNT typu TKI, TKW, lecz do układania w pomieszczeniach suchych. Budowa: drut miedziany-goły, owinięty 2 razy papierem, 1 raz bawełną; odpowiednia liczba par skrecona w rdzeń, owinięta 2 razy papierem, całość nasycona, owinięta raz taśmą nasyconą (nagumowaną) i oprasowana płaszczem z polichlorku winylu. Oporność izolacji jednej żyły względem pozostałych min. 20 M $\Omega$ /km. Napięcie próby 800 V.

b) Przewody instalacyjne sygnałowe w izolacji i płaszczu w polichlorku winylu, zastępujące kable w izolacji gumowej i płaszczu ołowianym. Budowa: drut miedziany-goły w izolacji w polichlorku winylu o grubości ścianki 0,5 mm. Odpowiednia liczba żył — skrecona, owinięta taśmą nasyconą i otoczona płaszczem z polichlorku winylu. Oporność izolacji jednej żyły względem pozostałych min. 5 M $\Omega$ /km. Napięcie próby 1200 V.

#### Kable telekomunikacyjne

W kablach w izolacji suchej polichlorek winylu może zastąpić częściowo płaszcz ołowiany jak dla kabli kanałowych, tak i dla podziemnych. Stosunkowo gruby płaszcz ołowiany, szczególnie przy kablach kanałowych, można zre-

dukować do bardzo małej grubości, podyktowanej względami fabrykacyjnymi i szczelnością ołowiu, a bezpośrednio na ołów — celem jego wzmocnienia — można nałożyć drugi płaszcz z polichlorku winylu. Praktycznie można otrzymać przy kablach grubszych (ok. 30 mm pod ołowiem) grubość ścianki ołowiu 0,8 mm. Należy przy tym jednak zachować jak największą ostrożność przy transporcie wewnętrznym kabla, aby nie uszkodzić cienkiego płaszcza ołowianego. W kablach nasyconych w izolacji papierowej, papierowo-bawełnianej lub gumowej ołów można całkowicie zastąpić płaszczem z polichlorku winylu jak przy kablach silnopiędowych, omówionych wyżej.

#### 5. Żądane własności polichlorku winylu wg VDE 0275.

Próba cieplno-naciskowa izolacji. Żył przewodów w izolacji należy zawiesić na poziomo położonym sworzniu, końce przewodów zwisające pionowo w dół należy obciążyć ciężarkami według tabl. XIX. Po 48-godzinnym nagrzewaniu żył silnopiędowych w temperaturze 70°C, żył sygnalizacyjnych (slabopiędowych) do 50°C, grubość izolacji nie może się zmniejszyć więcej niż o 50%. Próbę napięciową przeprowadza się na próbce bezpośrednio po nagrzewaniu jej w temperaturze 70°C, wzgl. 50°C, w ciągu jednej godziny. Dany typ przewodu lub kabla powinien wytrzymać przewidziane napięcie w ciągu 1/2 godziny.

Próba na wytrzymałość cieplną płaszcza. Próbkę przewodu w płaszczu o długości 20 cm należy zawiesić na drucie aluminiowym miękkim tak, aby pół obwodu próbki gładko przylegało do drutu. Obydwa końce próbki należy obciążyć ciężarkiem równym w gramach 25-krotnej średnicy próbki w mm. Zawieszenie ciężarków musi być pionowe w dół. Przygotowaną w ten sposób próbkę należy ogrzewać w termostacie przy temperaturze dla przewodów energetycznych 70°C, dla przewodów instalacyjnych (telekomunikacyjnych) 50°C, przez 48 godzin. Po

Tablica XVIII

Średnica pod płaszczem (mm)	Grubość płaszcza z polichlorku winylu dla przewodów wewnętrznych (mm)
do 10	1,0
15	1,2
20	1,4
25	1,6
30	1,8
35	2,0
40	2,2

wyjęciu i ochłodzeniu oraz zdjęciu obciążenia i drutu, na którym próbka była zawieszona, grubość ścianki płaszcza w miejscu zawieszenia nie powinna być mniejsza niż 50% grubości normalnej ścianki. Grubość ścianki mierzy się grubą mikrometryczną w 5 minut po zdjęciu z drutu.

Próba na zerwanie. Izolacja przewodu winna wytrzymać 50 kg/cm<sup>2</sup> na długości pomiarowej 2 cm, przy temperaturze 20°C, przed próbą i po próbie starzenia. Pró-

Tablica XIX

Średnica przewodu w izolacji (mm)	Średnica sworznia (mm)	Ciężar (kg)
do 1,0	25	0,25
1,5	30	0,50
2,0	30	0,60
2,5	40	1,00
3,0	40	1,20
4,0	50	1,80
5,5	50	2,00

bę starzenia przeprowadza się w czasie 7×24 godzin w temperaturze 70 ± 2°C. Badania dokonywa się po 24 godzinach po wyjęciu z termostatu. Próbę na zerwanie płaszcza przeprowadza się w ten sam sposób.

Próba na niskie temperatury. a) Próba uderzeniowa: próbki poddane uprzednio próbie starzenia pozostawia się przez 2 godziny w temperaturze  $-5^{\circ}\text{C}$ ; bezpośrednio po wyjęciu z chłodziarki izolacja nie może się łamać ani pękać pod uderzeniem młotka o wadze 0,2 kg, spadającego z wysokości 0,2 m na płytę stalową, na której leży próbka. — b) Próba nawijania: próbki poddane starzeniu pozostawia się przez 2 godziny w temperaturze  $-5^{\circ}\text{C}$ . Bezpośrednio po wyjęciu z chłodziarki izolacja nie może pękać i łamać się przy nawijaniu na sworzeń metalowy o tej samej temperaturze co przewód i o średnicy równej 5-krotnej średnicy żyły.

Próba oporności izolacji. Żyłę w izolacji długości 5 m pozostawia się w wodzie o temperaturze  $25^{\circ}\text{C}$  przez 24 godziny. Po tym czasie żyły energetyczne kładzie się do wody o temperaturze  $60^{\circ}\text{C}$ , telekomunikacyjne o temperaturze  $30^{\circ}\text{C}$  i mocy się przez 30 minut. Opór izolacji, mierzony prądem stałym 100 V między żyłą a wodą, winien wynosić dla żył energetycznych najmniej  $0,5 \text{ M}\Omega/\text{km}$ , a dla żył telekomunikacyjnych  $1 \text{ M}\Omega/\text{km}$ .

#### 6. Wnioski końcowe.

Ponieważ masy termoplastyczne (polichlorek winylu) znalazły szerokie zastosowanie w przemyśle kablowym za

granicy i w niektórych wypadkach zastąpiły stosowane dotąd surowce, należy się spodziewać, że i u nas przewody i kable w izolacji z polichloru winylu znajdą szersze niż dotychczas zastosowanie, szczególnie w tych wypadkach, gdzie nie jest konieczne stosowanie cennych surowców importowanych (kauczuk, cyna, ołów, bawełna). Procesy technologiczne z materiałami plastycznymi są prostsze, a wydajność maszyn do ich przeróbki jest większa.

#### LITERATURA

- Nowak P. i Hofmeier H. Synthetische Hochpolymere als Werkstoffe im Kabel- und Leitungsbau (Kunststoffe, 1938, z. 3)  
 Brzozowski T. i Bładowski S. Materiały syntetyczne w budowie kabli i przewodów (Przegl. Elektr., 1938, z. 7)  
 Bładowski S. Powłoki kabli podziemnych z materiałów syntetycznych (Przegl. Elektr., 1949, z. 4/5/6)  
 AMIP 20/21 b. Verarbeitung von Weichmipolam zum Isolieren und Ummanteln von Drähten, Leitungen und Kabeln  
 VDE, 0890/XII, 43. Merkblatt über den Aufbau und die Verwendung vereinheitlichter isolierter Leitungen und Kabeln in Fernmeldeanlagen  
 Houwink R. Chemie und Technologie der Kunststoffe  
 VDE 0270. K-Vorschriften für Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 500 V für feuchte Räume  
 VDE 0271. K-Vorschriften für Starkstromkabel ohne Bleimantel bis 500 V für Erdverlegung

**Wykonajmy zadania drugiego roku planu 6-letniego!  
 Produkujemy więcej, szybciej, taniej i lepiej!**

INŻ. MARKUSZEWICZ MIECZYSLAW  
 Instytut Metalurgii, Gliwice

## Materiały magnetyczne miękkie ze szczególnym uwzględnieniem blach transformatorowych

Treść. Wymagane własności materiałów magnetycznie miękkich. Przegląd głównych materiałów — żelaza, stali krzemowych i stali o dużej zawartości składników stopowych (Ni, Co i in.).

### 1. Wstęp.

Materiały magnetycznie miękkie, stosowane szeroko przy budowie maszyn i aparatów elektrycznych, powinny posiadać przy możliwie niskiej cenie następujące własności:

- 1) dużą indukcję przy danym natężeniu pola (dużą przenikalność magnetyczną),
- 2) małe natężenie powściągające (koercyjne),
- 3) małe straty energii przy magnesowaniu prądem zmiennym,
- 4) odporność przeciw starzeniu,
- 5) odpowiednie własności technologiczne.

Jednoczesne zaspokojenie w największej mierze wszystkich wymagań jest niemożliwe i z konieczności musimy stosować rozwiązania kompromisowe.

Materiały magnetycznie miękkie opierają się zasadniczo na dwóch grupach tworzyw: 1) żelazo i stopy Fe-Si (ew. z Al); 2) materiały stopowe, zawierające w większych ilościach Ni, Co i inne pierwiastki. Punkt ciężkości zagadnienia leży niewątpliwie w grupie pierwszej, jakkolwiek obecnie do pewnych celów materiały drugiej grupy są niezastąpione.

Otrzymanie dobrych własności magnetycznych związane jest nie tylko z zastosowaniem odpowiedniego metalu lub stopu o najkorzystniejszej zawartości składników stopowych. Na własności magnetyczne bardzo duży wpływ wywierają również zanieczyszczenia (węgiel, siarka, tlen i in.), wielkość ziaren, odkształcenia siatki przestrzennej i tekstura krystalograficzna.

W krótkim przeglądzie materiałów magnetycznie miękkich, szczególnie o podstawie żelaza, zwrócimy specjalną uwagę na wyżej wymienione czynniki, co pozwoli na wyciągnięcie wniosków, dotyczących możliwości poprawy własności materiałów przy współdziałaniu zarówno wytwórcy tworzywa, jak i jego użytkownika.

### 2. Żelazo.

Do początku obecnego stulecia żelazo było prawie jedynym stosowanym w skali przemysłowej materiałem magne-

tycznie miękkim. W dalszym ciągu stosuje się je na rdzenie magnesowane prądem stałym, gdzie straty na prądy wirowe są nieistotne, oraz do wytwarzania rdzeni z mieszaniny żelaznego proszku z materiałem izolacyjnym, co pozwala na jego zastosowanie przy prądach zmiennych. Fakt, że czyste żelazo posiada duże nasycenie magnetyczne oraz dużą przenikalność, stawia zagadnienie przemysłowe otrzymywania czystego żelaza jako niezmiernie ważne praktycznie, zwłaszcza, że może ono zastępować do pewnych celów deficytowe stopy o dużej zawartości niklu.

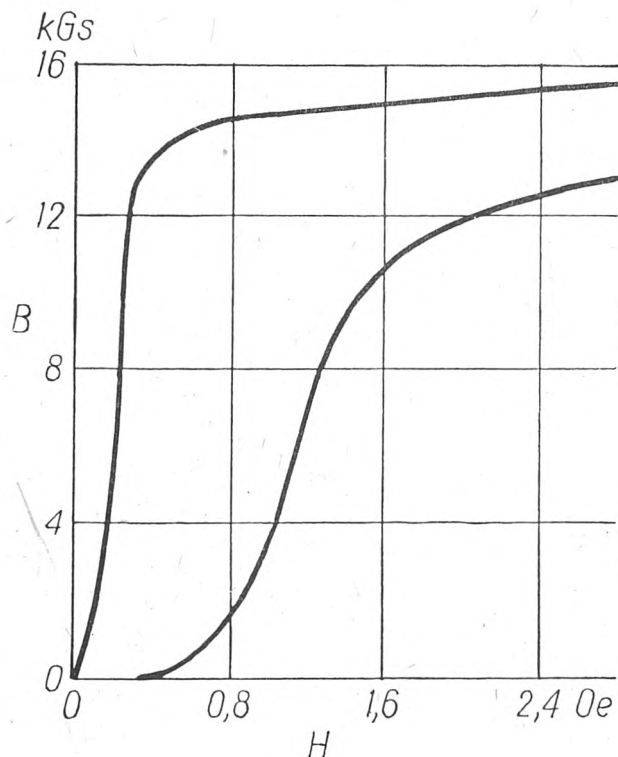
Żelazo z punktu widzenia własności magnetycznych jest materiałem wyjątkowo wrażliwym na zanieczyszczenia. W ciągu kilkudziesięciu lat udało się laboratoryjnie, zwiększając czystość materiału, obniżyć straty z histerezy z  $5000 \text{ erg. na cm}^3$  i na 1 okr. przy  $10\,000 \text{ Gs}$  do  $100 \text{ erg/cm}^3$  i okres, powiększając jednocześnie przenikalność  $\mu_{\text{max}}$  z 2000 do  $340\,000 \text{ Gs/Oe}$ . Rys. 1 przedstawia krzywe magnesowania próbek o zawartości 99,99% Fe i 99,90% Fe według Yensena [1]. Jak widać, różnica w setnych częściach procentu zawartości zanieczyszczeń ma znaczny wpływ na własności magnetyczne żelaza.

Zanieczyszczeniami najbardziej szkodliwymi są: węgiel, siarka oraz gazy, a zwłaszcza tlen. Badaniem wpływu tych domieszek zajmowało się wielu badaczy, między innymi Yensen [2], Eilender i Oertel [3], Strauss [4], Yensen i Ziegler [5], Köster [6], Messkin i Morgolin [7], Esser [8]. Z badań tych wynika, że zanieczyszczenia wpływają na wzrost natężenia powściągającego i strat z histerezy oraz na obniżenie przenikalności magnetycznej.

Znanych jest wiele sposobów otrzymywania żelaza o dużym stopniu czystości, jednak są to na ogół drogi uciążliwe, kosztowne i nie zawsze celowe. Np. wytapianie stali miękkiej o jak najmniejszej zawartości węgla (typu „armco“) połączone jest z jednoczesnym wzrostem zawartości tlenu, wpływającym ujemnie na własności magnetyczne. Dlatego wybór metody i stopień czystości muszą być ściśle dostosowane z jednej strony do wymagań, stawianych materiałowi zależnie od jego zastosowania, a z drugiej strony do możliwości technicznych i kalkulacji handlowej.



Uzyskanie np. własności, odpowiadających warunkom CGS2, tzn. natężeniu powściągającemu  $H_k < 2 \text{ Oe}$  i  $\frac{B_r}{H_k} > 3500 \text{ Gs/Oe}$ , nie wymaga stosowania żelaza armco lub kosztownych dodatkowych obróbek, a może być osiągnięte znacznie prostszym i tańszym sposobem. Własności te uzyskuje się z powodzeniem na zwykłej stali miękkiej (o zawartości ok. 0,08% C) stosując specjalną obróbkę cieplną, opracowaną przez inżynierów Feilla, Mierzyjewskiego i autora referatu [9]. Fakt, że stal ta ma większą zawartość węgla jest raczej korzystny, ponieważ w czasie przeróbki i żarzenia następuje jednocześnie odwęglanie i oddlenianie stali wskutek reakcji między węglem i tlenem w tworzywle.



Rys. 1

Najlepsze warunki oczyszczania można osiągnąć przez żarzenie w wysokich temperaturach w wodorze. Obróbka ta, powodująca usuwanie szeregu zanieczyszczeń (jak węgiel, tlen, siarka), będzie zdobywać niewątpliwie coraz szersze zastosowanie przy produkcji materiałów magnetycznie miękkich. Tą drogą Cioffi [10, 11] uzyskał na próbkach żelaza „armco“ rekordowe własności magnetyczne ( $\mu_p = 20\,000 \text{ Gs/Oe}$ ,  $\mu_{\max} = 340\,000 \text{ Gs/Oe}$ ;  $H_k = 0,03 \text{ Oe}$ ), a więc przekraczające własności „permalloyu“.

Duży wpływ na własności magnetyczne ma wielkość ziaren, jednak prawdopodobnie głębszą przyczyną są tu również zanieczyszczenia, wydzielające się na granicach ziaren i utrudniające ich rozrost. Badanie własne prętów i platyn ze stali MEF Huty Batory wykazały, że małe ziarna, jak i gorsze własności magnetyczne, są związane zawsze ze strefą zwiększonej likwacji.

Wpływ zgniotu na własności magnetyczne żelaza jest bardzo duży; np. zgięcie i wyprostowanie próbki z materiału MEF powoduje wzrost natężenia powściągającego o 100% i więcej. Stwierdzono również ujemny wpływ zgniotu, wywołanego obróbką mechaniczną (skrawaniem, szlifowaniem).

Jak wiadomo, pojedynczy kryształ żelaza jest z punktu widzenia własności magnetycznych anizotropowy. Kierunek najłatwiejszego magnesowania jest zgodny z krawędzią sześciianu [100], trudniej magnesuje się kryształ w kierunku przekątnej ściany [110], a najtrudniej wzdłuż przekątnej sześciianu [111]. Z tego względu otrzymanie korzystnej tekstury krystalograficznej może polepszyć w pewnych kierunkach własności magnetyczne układu polikrystalicznego. Prawdopodobnie w związku z teksturą

własności magnetyczne blach ze stali MEF (w kierunku walcowania) są lepsze niż uzyskiwane na prętach (z tego samego wytopu, podobnie obrabiane cieplnie). Produkcja materiału o wybitnie kierunkowych własnościach magnetycznych znalazła szerokie zastosowanie w przypadku stopów żelaza z krzemem; w przypadku czystego żelaza przemiana alotropowa  $\alpha - \gamma$ , zachodząca w temperaturze ok. 900° utrudnia powstanie tekstury.

Obróbka cieplno-magnetyczna, polegająca na studzeniu z wysokich temperatur w polu magnetycznym, jak wykazały badania Dahla i Pawleka [12], nieznacznie powiększa początkową i największą przenikalność, nie zmieniając prawie zupełnie natężenia powściągającego.

### 3. Stopy Fe-Si.

Przez wprowadzenie do żelaza krzemu, jako dodatku stopowego, uzyskano materiał o bardzo dobrych własnościach magnetycznych i małym przewodnictwie elektrycznym. Stale te (o zawartości 0,4—4,5% Si) są obecnie najbardziej rozpowszechnionymi materiałami magnetycznie miękkimi i prawie wszystkie blachy elektrotechniczne są wytwarzane z tych materiałów.

Wpływ krzemu na własności zaznacza się:

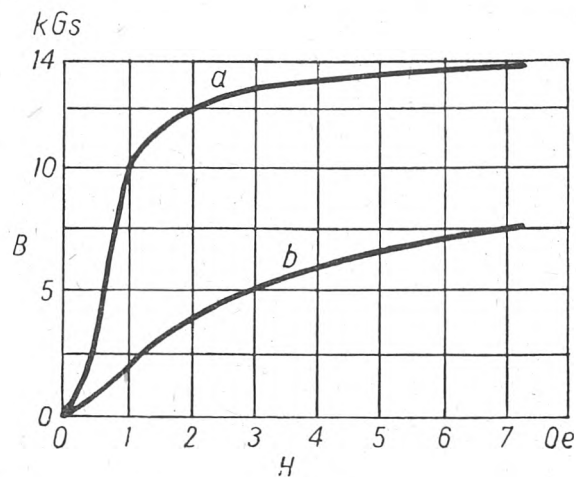
- 1) w powiększeniu oporu właściwego stali i — co za tym idzie — w obniżeniu strat z prądów wirowych,
- 2) w zmniejszeniu natężenia powściągającego i strat z histerezy magnetycznej,
- 3) w powiększeniu przenikalności początkowej i największej,
- 4) w zmniejszeniu skłonności do starzenia.

Z drugiej strony krzem powoduje:

- 1) spadek nasycenia i tym samym obniżenie indukcji w silnych polach,
- 2) podwyższenie twardości i kruchości, a więc pogorszenie własności technologicznych stali.

Z tych względów wpływa konieczność ograniczania zawartości krzemu, zarówno dla uzyskania dużej indukcji (np. w silnikach indukcyjnych), jak i celem umożliwienia obróbki mechanicznej. Ponieważ kruchość jest w dużym stopniu zależna od temperatury, korzystne jest, jeżeli zachodzi potrzeba, wytłaczanie lub wycinanie w temperaturze podwyższonej. Np. Pomp [13] radzi stosować temperaturę 100 ÷ 250°. Niejednokrotnie wystarcza temperatura niższa. Porównanie liczby przegięć blachy transformatorowej jednej z hut w temperaturze 22° i temperaturze 60° dało średnio siedmiokrotny wzrost liczby przegięć (z 2½ na 15).

Zanieczyszczenia w stali krzemowej działają podobnie na własności magnetyczne jak w żelazie; różnice występują raczej natury ilościowej ze względu na odmienny



Rys. 2

skład chemiczny stali. Najbardziej szkodliwe są węgiel, siarka i tlen. Jak wynika z badania Yensena [2], szczególnie korzystne jest, ze względu na stratność, obniżenie zawartości węgla w blachach poniżej 0,01%, co jest obecnie stosowane przy produkcji tych stali za granicą. Również zawartość siarki powinna być w wysokich gatunkach stali krzemowych jak najniższa. Na skutek dużego

powinowactwa tlenu do krzemu, ilość tlenu w stalach krzemowych, występująca w stanie wolnym lub jako FeO, jest znacznie mniejsza niż w żelazie. Jednak sam fakt, że stal zawiera krzem, nie zmniejsza w niczym ujemnego wpływu tlenu na własności magnetyczne.

Stal musi być tak wytapiana i odlewana, aby ilości tlenków Si lub Al były jak najmniejsze. Podobnie jak w przypadku żelaza, przy odpowiednich zawartościach węgla i tlenu w stali, jest wynikliwe częściowe usunięcie tych domieszek w postaci CO i CO<sub>2</sub> przez odpowiednie żarzenie. Najbardziej jednak celowe dla zmniejszenia ilości węgla, siarki i tlenu jest żarzenie w wysokich temperaturach w wodorze.

W sprawie wpływu wielkości ziarna na własności magnetyczne należy mieć na uwadze, że jakkolwiek większe ziarno jest na ogół związane z lepszymi własnościami, jednak może ono być wynikiem małej ilości zanieczyszczeń lub zgniotu i rekryształizacji; z tego powodu jednakowym wielkościom ziaren mogą odpowiadać różne własności magnetyczne.

Wszelki zgniot działa w kierunku pogorszenia własności magnetycznych.

Rys. 2 przedstawia krzywe magnesowania próbki stali transformatorowej żarzonej (a) i tej samej próbki po wydłużeniu jej o 4% (b).

Stwierdzono wrażliwość stali krzemowych na cięcie, wytłaczanie, prostowanie, szlifowanie, nieostrożne transportowanie, nieodpowiednie magazynowanie.

Np. według danych Epifanova [14] prostowanie blach w badanych warunkach ruchowych prowadzi do obniżenia indukcji do 30% (w słabych polach). Cole [15], badając wpływ wytłaczania na straty z histerezy oraz na przenikalność stali o różnej zawartości krzemu w zależności od szerokości i grubości tłoczonych pierścieni, stwierdził, że ze zmniejszeniem szerokości i powiększeniem grubości następuje zarówno wzrost strat, jak i spadek przenikalności, przy czym zależności te ujął liczbowo. Np. przy szerokości pierścienia 15 mm wzrost strat wynosi ponad 23%. Najbardziej wrażliwą okazała się stal o zawartości 4% Si. Wpływ cięcia badali Zajmowski i Kondorski [16] i doszli do wniosku, że przy szerokości paska poniżej 10 mm wpływ odkształcenia jest znaczny, przy większych szerokościach — bardzo mały. Autorzy ci stwierdzili również ujemny wpływ szlifowania pasków na własności magnetyczne.

Szczególnie ciekawe z punktu widzenia teoretycznego i bardzo ważne ze względów praktycznych jest zagadnienie usuwania ujemnego wpływu zgniotu. Według Cazauda [17] przywrócenie wyjściowych własności magnetycznych (przenikalność, straty z histerezy) następuje już w temperaturze regeneracji, a więc poniżej temperatury rekryształizacji. Również Tammann i Rocha [18] stwierdzili, że poprawa indukcji do poziomu wyjściowego (przed zgniotem) następuje poniżej temperatury rekryształizacji. Z nowszych badań, dotyczących wpływu zgniotu i żarzenia na własności magnetyczne stali transformatorowej (4% Si), należy wspomnieć pracę Drożdżyny, Łużyńskiej i Szura [19]. Próbki wycinano z blach o grubości 0,35 ÷ 0,4 mm, poddawano rozciąganiu od 0 do 7%, a następnie żarzone w ciągu 1 godz. w temperaturze 820 i 950°. Otrzymane wyniki co do natężenia powściągnięcia, obrotu histerezy i przenikalności świadczą, że dopiero w warunkach rekryształizacji materiał odzyskuje wyjściowe własności magnetyczne (przed zgniotem). Zgodnie z prawami rekryształizacji im mniejszy zgniot, tym wyższa musi być temperatura żarzenia. Autorzy stwierdzili istnienie dla każdej temperatury pewnego progu deformacji, powyżej którego dopiero następuje odzyskanie własności magnetycznych. Np. dla temperatury 950° C próg ten stanowi ok. 4% odkształcenia. Na podstawie przeprowadzonych badań autorzy doszli do wniosku, że wytłaczać należy blachy walcowane surowe, a następnie gotowe kształtki żarzyć, tylko bowiem wówczas można mieć pewność, że ogólny zgniot, któremu poddana będzie blacha (zgniot z walcowania oraz z obróbki mechanicznej), przekroczy próg odkształcenia. Wykonano 25 szt. próbnych transformatorów energetycznych na 50 kVA i stwierdzono obniżenie stratności do 18%, a prądu biegu jałowego do 35%. Niestety, autorzy nie przeprowadzili prób żarzenia w temperaturach wyższych, co wpłynęłoby niewątpliwie na przesunięcie progu odkształcenia w kierunku mniejszych zgnio-

tów, lub praktycznie na zupełne jego wyeliminowanie. Wyników tej pracy nie można uważać za ostateczne rozwiązanie zagadnienia, ponieważ:

1) nie wzięto pod uwagę, że żarzenie, oprócz usunięcia wpływu zgniotu, ma za zadanie zmniejszenie ilości zanieczyszczeń, otrzymanie ziarna odpowiedniej wielkości itd., oraz

2) nie uwzględniono wpływu obróbki cieplnej na podatność materiału do wytłaczania.

Celowe tzw. krytyczne odkształcanie na zimno stali transformatorowej i następne odpowiednie żarzenie jest od dawna stosowane przez różnych producentów stali krzemowych. Obróbka ta wpływa na rozrost ziaren, a co za tym idzie i na poprawę własności magnetycznych. W sprawie stali o małej zawartości krzemu wszyscy są zgodni, że przez zgniot krytyczny i odpowiednie żarzenie można uzyskać duże ziarno. Natomiast w przypadku stali o zawartości ok. 4% Si zdania są podzielone. Przy obecnych tendencjach do żarzenia w wysokich temperaturach sprawa ta staje się mniej istotna, ponieważ w temperaturze powyżej 1000° następuje nagły wzrost ziaren bez względu na wielkość uprzedniego zgniotu na zimno.

Pojedyncze kryształy stopu Fe-Si, podobnie jak kryształy żelaza, posiadają, zależnie od kierunku badania, różne własności magnetyczne. Według Williamsa [20] wartości natężenia powściągnięcia, przenikalności początkowej i największej są zależnie od kierunku krystalograficznego takie, jakie podaje tabl. I.

Tablica I

Kierunek krystalograficzny	H <sub>k</sub>	μ <sub>p</sub>	μ <sub>max</sub>
[100]	0,028	6000	624000
[110]	0,043	3100	64000
[111]	0,11	1900	19300

Jasne jest, że uzyskanie w układzie polikrystalicznym wyraźnie zaznaczonej tekstury takiego typu, aby w większości kryształów oś łatwego magnesowania przypadła wzdłuż pewnego kierunku, musi wpłynąć na poprawę własności magnetycznych w tym kierunku. Goss [21] pierwszy przeprowadził próby wyprodukowania stali transformatorowej z silnie zaznaczoną teksturą, zbliżoną do monokryształu. Technologia procesu polega na dwukrotnym silnym zgnioście na zimno z międzyoperacyjnym i końcowym żarzeniem. Dla tej stali uzyskano wzdłuż walcowania Z<sub>10</sub> = 0,9 W/kg, lecz w poprzek stratność wynosiła Z<sub>10</sub> = 1,4 W/kg (a więc średnio 1,15 W/kg tj. tyle, ile wynosi stratność wyższych gatunków blachy walcowanej na gorąco). Od 1937 r. przemysł amerykański produkuje stal transformatorową tzw. „hipersil“ o jeszcze niższej stratności Z<sub>10</sub> = ok. 0,65 W/kg (wzdłuż walcowania), co osiąga się przez uzyskanie odpowiedniej tekstury i niskiej zawartości szkodliwych domieszek. Około 30% większy strumień magnetyczny, w stosunku do stali o niekierunkowych własnościach, osiąga się w „hipersilu“ przy tym samym natężeniu pola [22]. Obecnie duża część, prawdopodobnie więcej niż połowa, ogólnej produkcji amerykańskiej rdzeni transformatorowych jest wykonywana ze stali krzemowej anizotropowej, walcowanej na zimno. W tym procesie walcuje się na zimno taśmę o zawartości około 3,25% Si i grubości 2,5 mm do grubości 0,35 mm, z międzyoperacyjnym żarzeniem. Następnie taśmę żarzy się w wodorze w temperaturze ok. 1100° C, osiągając końcową zawartość węgla ok. 0,005 % [23].

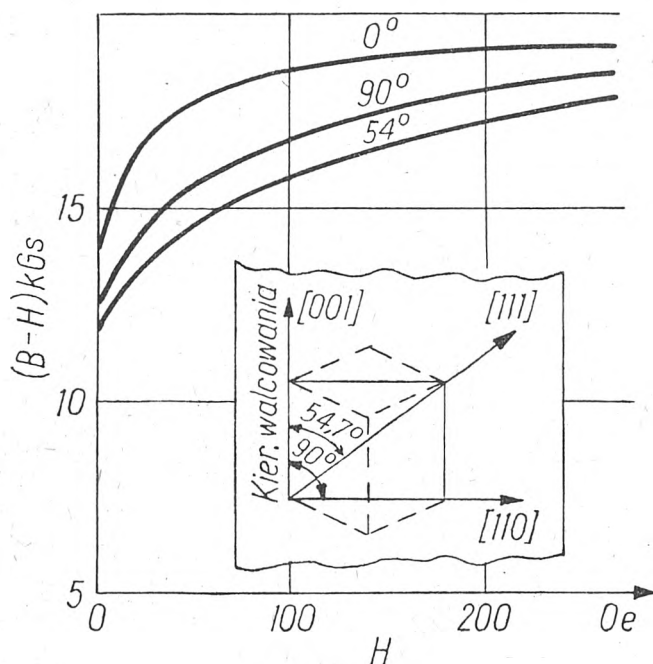
Na rys. 3 przedstawiono krzywe magnesowania stali walcowanej na zimno w zależności od kierunku pobrania próbki. Rys. 4 przedstawia krzywą stratności wzdłuż kierunku walcowania dla walcowanej na gorąco stali angielskiej o zawartości 4,25% Si (krzywa a) i dla walcowanej na zimno stali amerykańskiej o zawartości 3,25% Si (krzywa b).

Stal, walcowana w specjalny sposób na zimno, na skutek swych kierunkowych własności nie nadaje się do produkcji maszyn elektrycznych, natomiast może być całkowicie odpowiednia na rdzenie transformatorowe.

Blachy „hipersil“ o grubości 0,18, 0,13 i 0,05 mm stosuje się do urządzeń wielkiej częstotliwości. W Związku



Radzieckim również rozwinięto produkcję stali transformatorowej o wyraźnie anizotropowych własnościach magnetycznych [24], osiągając [25] w kierunku walcowania



Rys. 3

stratność 0,65 W/kg (Zakład Wierch-Isjetski). Produkuje się tam poza tym [26] stal walcowaną na gorąco o grubości 0,2 i 0,1 mm, stosowaną do generatorów większej częstotliwości, oraz stal cienką taśmową o grubości 0,08 mm (Zakład im. Mołotowa).

Ciepłno-magnetyczna obróbka stali transformatorowej, jak w przypadku czystego żelaza, polepsza bardzo nieznacznie własności magnetyczne.

Ostatnio do urządzeń wielkiej częstotliwości znalazły zastosowanie, ze względu na dużą przenikalność i duży opór właściwy, materiały o większej zawartości krzemu, np. stop „sendust“ (9,5% Si, 5,5% Al), z którego można otrzymywać rdzenie lane lub wykonywane metodami metalurgii proszków.

#### 4. Stale o dużej zawartości składników stopowych.

Znacznie większe nasycenie (o 10 ÷ 12% większe niż w żelazie) można osiągnąć w stopach Fe-Co o zawartości 35 ÷ 50% Co, jednak ze względu na wysoką cenę kobaltu zastosowanie tych stopów jest ograniczone.

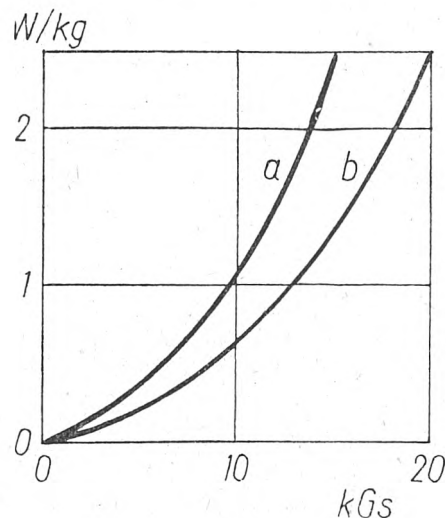
Wśród materiałów magnetycznie miękkich ważną rolę grają stopy Fe-Ni; stosuje się je zwłaszcza tam, gdzie wy-

magana jest duża przenikalność w słabych polach. Pierwszym stopem, który uzyskał szerokie zastosowanie był „permalloy“ o zawartości 78,5% Ni. Stop ten, specjalnie obrabiany cieplnie, daje  $\mu_p = 10\ 000 \div 20\ 000$ ,  $\mu_{max} = 100\ 000 \div 200\ 000$  Gs/Oe;  $H_k = 0,02$  Oe. Duża wrażliwość „permalloyu“ na zgniot, skomplikowana obróbka cieplna, trudności przy przeróbce plastycznej oraz wysoka cena spowodowały powstanie całego szeregu stopów żelazo-niklowych o zawartościach Ni od 36% z dodatkami Mn, Co, Cu, Cr, znanych pod nazwami: „permalloy C“, „mumetal“, „megaperm“, „hipernik“, „permenorm“ i inne (tabl. II). Nowszym w tej dziedzinie jest „supermalloy“ o zawartości 79% Ni, 5% Mo i 0,5% Mn, który przy grubości 0,35 mm pozwala osiągnąć  $\mu_p = 50\ 000 - 150\ 000$  i  $\mu_{max} = 600\ 000 - 1\ 200\ 000$  Gs/Oe. W pewnym zakresie składu chemicznego stopy Fe - Ni mogą być skutecznie obrabione cieplno-magnetycznie, przy czym poprawa własności magnetycznych w jednym kierunku jest połączona z jednoczesnym pogorszeniem własności w innych kierunkach.

Proszki ze stopów Fe-Ni stosuje się, podobnie jak w przypadku żelaza i stopów Fe-Si, również przy produkcji rdzeni do urządzeń wielkiej częstotliwości w przemyśle tele- i radiotechnicznym.

#### 5. Wnioski.

Dalszy postęp i rozwój materiałów magnetycznie miękkich będzie prawdopodobnie dotyczyć głównie materiałów



Rys. 4

o podstawie żelaza ze względu na jego niską cenę. Szczególnie dla nas, wobec trudności zaopatrzenia w nikiel, oparcie się na tej bazie w najszerszym zakresie (zarówno przy materiałach jednolitych jak i proszkowych) jest naj-

Tablica II. Własności magnetyczne niektórych materiałów magnetycznie miękkich

Nazwa i skład materiału	$\mu_p$ (Gs/Oe)	$\mu_{max}$ Gs/Oe	$B_m$ (Gs)	$H_k$ (Oe)	$B_r$ (Gs)	$\Omega \cdot \text{mm}^2$
						m
Fe „armco“	300	5 000	21 500	1	10 000	0,12
Fe elektr. przetop. w próżni	500	15 000		0,36	10 500	
Fe karbonylkowe	3 000	20 000	22 000	0,08		
Fe „armco“ żarz. 18 g. w wodorze w 1480° i 18 g w 880°	20 000	340 000		0,03		0,55
Fe, 4% Si	500	7 000	19 600	0,5	6 000	
MEF H. Batory		2 000		1,4	8 000	
BS 40		2 500		1	5 000	0,8
„Sendust“, 9,5% Si, 5,5% Al	30 000	120 000	10 000	0,05		
„Permalloy C“ 78,5% Ni, 3% Mo	10 000	100 000	9 000	0,035	4 500	
„Permenorm“ 4801 0, 5% Mn, 48% Ni	2 700	19 000	14 000	0,20	4 500	0,58
„Mumetal“, 76% Ni, 5% Cu, 2% Cr	12 000	45 000	8 000	0,030	4 000	0,45
„Megaperm“ 4510, 45% Ni, 10% Mn	3 300	68 000	9 300	0,053	5 000	0,97
„Megaperm“ 6510, 65% Ni, 10% Mn	4 800	26 000	8 500	0,08	2 000	0,58
„Hipernik“, 50% Ni	5 000	56 000	16 000	0,037	2 800	0,41
„Supermalloy“, 79% Ni, 5% Mo	100 000	800 000		0,004		

bardziej racjonalne z punktu widzenia gospodarczego. Analizując bliżej możliwości światowego rozwoju tych materiałów należy przypuszczać, że nastąpi dalsze, na skalę przemysłową, osiągnięcie coraz lepszych własności magnetycznych czystego żelaza; odnośnie blach ze stali krzemowych — stopniowe przejście na walcowanie ciągłe na zimno, które ma przewagę nad dotychczasowym sposobem produkcji nie tylko w poprawie własności magnetycznych, ale również w osiąganiu większej równomierności wymiarów, lepszym stanie powierzchni itd.

Dalsza przyszłość tym bardziej należy do blach walcowanych na zimno, że znacznie gorsze własności magnetyczne, otrzymywane w stali anizotropowej w kierunku poprzecznym do kierunku walcowania, mogą ulec radykalnej poprawie jeśli uda się utrzymać w blachach tych korzystniejszy układ kryształów (kierunek [001] wzdłuż walcowania, kierunek [100] w poprzek), co teoretycznie jest zupełnie możliwe.

#### 6. Uwagi końcowe.

Nakreślenie linii rozwoju materiałów magnetycznie miękkich u nas na najbliższą przyszłość musi się oprzeć na konkretnych wymaganiach przemysłu elektrotechnicznego z jednej strony i możliwości przystosowania się do nich przemysłu hutniczego z drugiej strony, przy uwzględnieniu w szerokim zakresie doświadczeń i osiągnięć krajów silnie uprzemysłowionych. Następujące grupy zagadnień powinny być szczegółowo przedyskutowane i następnie opracowane:

1) zagadnienia dotyczące jak najwłaściwszego wyzyskania materiałów obecnie produkowanych (wyeliminowanie zgniotu w pracujących, magnetycznie czynnych częściach maszyn i aparatów elektrycznych; wycinanie elementów tak, aby strumień magnetyczny przebiegał zgodnie z kierunkiem łatwego magnesowania itd.);

2) zagadnienia, związane z polepszeniem własności produkowanych materiałów magnetycznie miękkich (produkcja żelaza według warunków CGS1, polepszenie własności blach transformatorowych itd.);

3) opracowanie nowych asortymentów stali Fe-Si o specjalnych własnościach (blachy o grubości poniżej 0,35 mm, blachy typu Tran-Cor, materiał na rdzenie na przekątniki itd.);

4) wprowadzenie produkcji stali o dużej zawartości składników stopowych;

5) dalsze ulepszanie produkcji rdzeni proszkowych (szczególnie o podstawie żelaza otrzymanego tanim sposobem i stopów Fe-Si); oraz związane ze wszystkimi, wyżej wymienionymi zagadnieniami;

6) opracowanie metod i urządzeń pomiarowych.

Osiągnięcie tych celów nie jest łatwe, wymaga intensywnych badań i niejednokrotnie poważnych inwestycji, przede wszystkim jednak konieczne jest znalezienie wspólnej płaszczyzny porozumienia wszystkich zainteresowanych stron, ustalenia wymagań i na ich podstawie określenia planu działania. Ścisła współpraca przemysłu hutniczego, elektrotechnicznego i odpowiednich placówek naukowo-badawczych jest konieczna.

#### LITERATURA

- [1] Yensen T. D. Trans. Am. Soc. Met. 27 (1939), str. 809
- [2] Yensen T. D. Electrician 103 (1929), str. 103
- [3] Eilender W. i Oertel W. Stahl u. Eisen 47 (1927), str. 1558; Stahl u. Eisen 54 (1934), str. 409
- [4] Strauss B. Stahl u. Eisen 50 (1914), str. 1814
- [5] Yensen T. D. i Ziegler N. A. Trans. Am. Soc. Met. 33 (1935), str. 556
- [6] Köster W. Arch. f. d. Eisenhüttenw. 6 (1930), str. 637
- [7] Messkin W. i Margolin J. Arch. f. d. Eisenhüttenw. 33 (1932), str. 399
- [8] Esser H. Nature 126 (1930), str. 200
- [9] Feill, Markuszewicz, Mierzyjewski, Pat. 33577
- [10] Cioffi P. P. Phys. Rev. 39 (1932), str. 363, Phys. Rev. 45 (1934), str. 742
- [11] Elmen G. W. Electr. Eng. 54 (1935), str. 1292
- [12] Dahli Pawlek. Zs. f. Phys. 94 (1935), str. 504
- [13] Pomp A. Stahl u. Eisen 44 (1924), str. 1694
- [14] Epifanow. Elektrizestwo 7 (1926), str. 381
- [15] Cole G. H. Electr. Journ. 21 (1924), str. 55
- [16] Zajmowski i Kondorski. Teoriet. i eksp. elektrotechn. 4 (1932), str. 44
- [17] Cazaud M. R. Rev. Metall. 8 (1924), str. 473
- [18] Tammann G. i Rocha H. J. Ann. d. Physik 16 (1933), str. 861
- [19] Drożdżyna, Łużyńska i Szur. Z. Techn. Fiz. 18 (1948), str. 167
- [20] Williams H. J. Phys. Rev. 52 (1937), str. 747
- [21] Goss. Trans. Am. Soc. Met. 23 (1935), str. 1107
- [22] Harstman C. C. i Bartlett C. H. Steel Proc. 33 (1947), str. 603
- [23] Brailsford F. Eng. 16 (1949), str. 293
- [24] Goldman, Czernobrowskina, Grobman. Stal 3 (1947), str. 231
- [25] Wonsowski i Szur. Ferromagnetyzm 1943, str. 714
- [26] Messkin B. C. Stal 11 (1947), str. 1016

INŻ. HENRYK MARCINIAK

## Oświetlenie ulic

Treść. Artykuł zawiera zwięzły opis warunków pracy wzrokowej na ulicy, czynników zewnętrznych, wpływających dodatnio lub ujemnie na spostrzeganie przeszkód na jezdni, oraz oceny jakości oświetlenia.

Уличное освещение. В статье кратко описаны: условия работы зрительного органа на улице; внешние факторы, влияющие в положительном либо отрицательном смысле на способность замечать препятствия на улице; оценка качества освещения.

Street lighting. The article contains a condensed description of vision in the street, of outside factors positively or negatively influencing the detection of obstacles in the roadway, as well as an evaluation of the quality of illumination.

#### 1. Wstęp.

Nowe założenia urbanistyczne, według których realizowana jest obecnie przebudowa i rozbudowa naszych miast oraz dokonany w ostatnich latach postęp naukowy i techniczny, muszą znaleźć swój wyraz zarówno w koncepcjach, jak i w środkach realizacji oświetlenia ulic.

Wiele problemów, które wiążą się z oświetleniem ulicznym, jak: sposoby rozmieszczania źródeł światła na ulicach, opracowanie i typizacja słupów i opraw, możliwości zastosowania (obecnie lub w przyszłości) innych poza żarówkami źródeł światła, rozmieszczenie stacji transformatorowych i sieci elektrycznej wysokiego i niskiego napięcia, automatyzacja zapalania i gaszenia, konserwacja urządzeń itp., należy ponownie przestudiować, aby znaleźć rozwiązania odpowiednie dla zmienionych założeń i potrzeb.

Badania naukowe, dotyczące widzenia na ulicy sztucznie oświetlonej, stanowią podstawę wyboru typu opraw oświetleniowych, sposobu ich rozmieszczania, jak również ustalenia właściwego kryterium oceny jakości oświetlenia ulic.

#### 2. Widzenie przy sztuczным oświetleniu ulicy.

Jeżeli porównujemy sztuczne oświetlenie ulicy z oświetleniem dziennym, to uderza nas przede wszystkim ogromna różnica poziomów jasności (10—15 lx wobec 6000—11 000

lx). Podobnie wielką różnicę obserwujemy w równomierności jaskrawości występującej w polu widzenia obserwatora na ulicy. Stosunek poziomu adaptacji oka do największej wartości jaskrawości wynosi w dzień 1:2—12, gdy przy świetle sztucznym — przy źródłach światła osłoniętych kloszami mlecznymi — stosunek ten wynosi 1:20 000, a przy żarówkach nie osłoniętych 1:8 000 000.

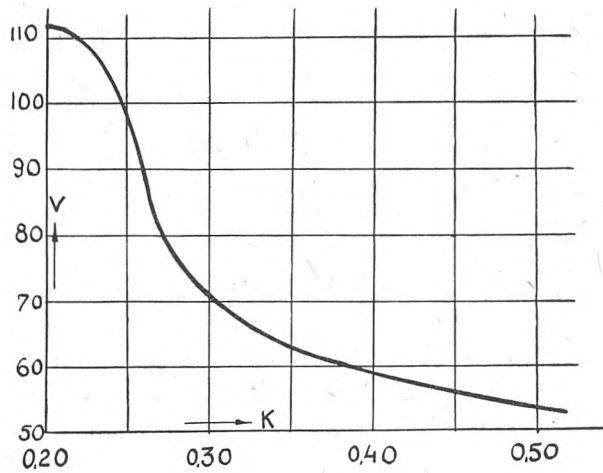
Tak wielkiego spadku poziomu jasności oraz równomierności jaskrawości nie spotykamy na ogół nigdzie poza dziedziną oświetlenia zewnętrznego. Oko przystosowuje się do tak niskich poziomów jasności, lecz przy tym odbierane przez nas wrażenia wzrokowe ubożają i zdolność widzenia maleje.

Ostrość widzenia, dzięki której przy pełnym świetle dziennym widzimy nawet stosunkowo drobne szczegóły przedmiotów znajdujących się na ulicy i tym łatwiej i szybciej możemy je rozpoznać, znacznie maleje przy oświetleniu sztucznym.

Zdolność widzenia barw zanika częściowo lub całkowicie wskutek przesunięcia się krzywej czułości względnej oka w kierunku krótkich fal światła, jako rezultat przystosowania się oka do małych — w warunkach oświetlenia sztucznego — jaskrawości w polu widzenia. Nie można zatem liczyć tutaj na korzyści, które daje widzenie barw w spostrzeganiu i rozpoznawaniu przedmiotów.

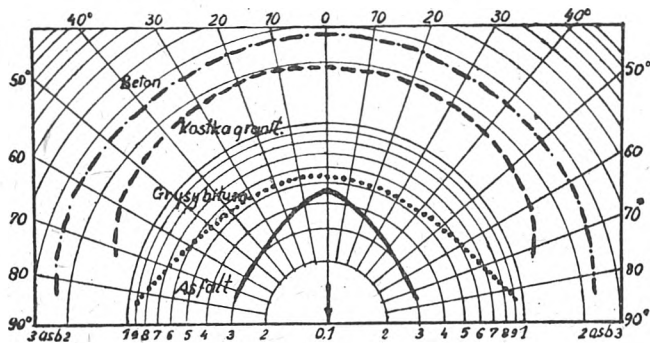


W konsekwencji przy sztucznym oświetleniu ulic przedmioty ukazują się nam prawie zawsze jako sylwetki bezbarwne, które widzimy tylko dzięki kontrastowi w zestawieniu z tłem.



Rys. 1. Zależność między najmniejszą wartością kontrastu  $K$  (zmierzonego przy pomocy „widzialnościomierza“ Philipsa) a prędkością jazdy samochodu  $v$ , uznaną przez kierowcę za bezpieczną (P. J. Bouma)

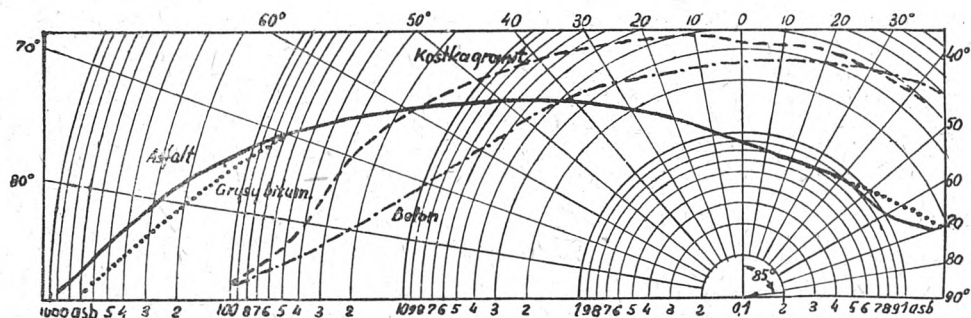
Jeśli dodamy, że czułość oka na kontrast szybko maleje przy małej jaskrawości tła, że dalszym powodem zmniejszania się naszej zdolności widzenia jest oślnienie, którego w oświetleniu ulic nie możemy całkowicie wyeliminować, a które w pewnych wypadkach może nawet całkowicie unie-



Rys. 2. Jaskrawość nawierzchni jezdni w stanie suchym przy kącie padania światła  $0^\circ$

możliwić spostrzeganie, zdamy sobie sprawę, że środki, które daje nam obecnie technika oświetlenia ulic, nie pozwalają na pełne wyzyskanie zmysłu wzroku i że są one nie wystarczające do zapewnienia bezpieczeństwa stale wzrastającego ruchu ulicznego.

Być może, technika oświetlenia uczyni kiedyś zasadniczy krok naprzód i obecne trudności będą mogły być radykalnie rozwiązane. Na razie musimy jak najdalej wykorzystać te ograniczone środki, którymi dysponujemy obecnie.



Rys. 3. Jaskrawość nawierzchni jezdni w stanie suchym przy kącie padania światła  $85^\circ$

### 3. Kontrast.

Bezpieczeństwo ruchu w takim stopniu, w jakim może zapewnić je oświetlenie, zależeć będzie przede wszystkim od łatwości czy szybkości, z którą kierowca może spostrzegać przeszkody znajdujące się na jezdni. Przeszkodami tymi z punktu widzenia kierowcy są przechodnie i pojazdy. Jeśli przedmiot o jaskrawości  $B_1$  ukazuje się nam na tle o jaskrawości  $B_0$ , to mówimy, że stanowi on kontrast z tłem  $K = \frac{B_0 - B_1}{B_0}$ . Im większy jest kontrast  $K$  w stosunku do najmniejszej, progowej, wartości kontrastu  $K_0 = \frac{\Delta B_0}{B_0}$ , przy której przedmiot ledwie może być dostrzeżony, tym łatwość i szybkość widzenia może być większa.

Próby dokonane w laboratorium wykazały, że przy takiej jaskrawości tła  $B_0$ , jaką zwykle osiągamy na jezdniach, najmniejszy progowy kontrast wynosi 4–5%. Wartość ta określa również czułość oka na kontrast w tych warunkach. Wielkość użytego do prób testu określona została kątem  $28'$ , co odpowiada kątowi widzenia przechodnia z odległości ok. 200 m (dziecka z odległości około 100 m).

Pomiary wykonane bezpośrednio na jezdni przy pomocy tzw. „widzialnościomierza“ Philipsa wykazały, że w warunkach oświetlenia, które określono jako dobre, kontrast musi wynosić co najmniej 10–15%, aby przedmiot mógł być spostrzeżony.

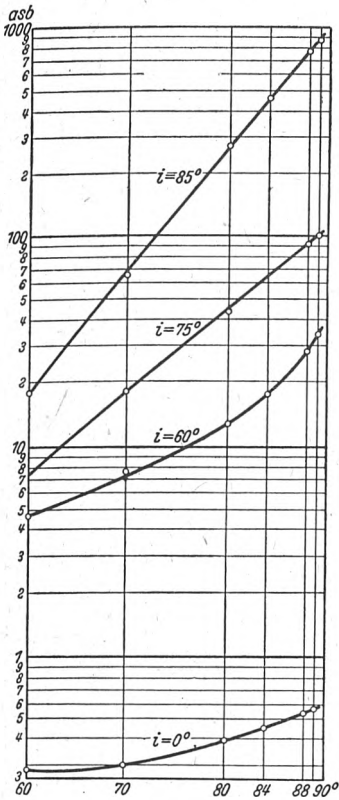
To zwiększenie się najmniejszej wartości kontrastu potrzebnego, aby przedmiot mógł być spostrzeżony na jezdni, w stosunku do wartości uzyskanej w warunkach laboratoryjnych, tłumaczy się przede wszystkim nierównomiernie rozłożoną jaskrawością w polu widzenia, co zmniejsza czułość oka na kontrast. Podobne próby, wykonane w przypadku nieoświetlonych źródeł światła, wykazały, że oślnienie spowodowało wzrost wartości najmniejszego kontrastu aż do 30–40%.

Warunki, w których wykonywane są tego rodzaju próby, zwykle różnią się od rzeczywistych warunków obserwacji kierowcy pojazdu. Uwaga kierowcy jest częściowo zaabsorbowana prowadzeniem pojazdu, a przeszkody mogą ukazywać się w miejscach i w czasie, które nie są kierowcy z góry wiadome. Stąd wartości najmniejszego kontrastu według oceny kierowcy będą zwykle większe. Będą one ponadto wzrastać wraz ze wzrostem szybkości jazdy, gdyż szybkość spostrzegania musi również odpowiednio wzrastać. Zależność najmniejszego kontrastu od szybkości jazdy została określona doświadczalnie (rys. 1). Kontrast wymagany przez kierowcę, aby mógł on określić jazdę jako bezpieczną, wynosi dla danych warunków, jak widać z wykresu, 0,25 przy szybkości 100 km/h. W warunkach miejskich szybkości są mniejsze, jednak utrudnienia, wynikające np. z wielkości ruchu, powiększają ze swej strony wartości wymagane kontrastu.

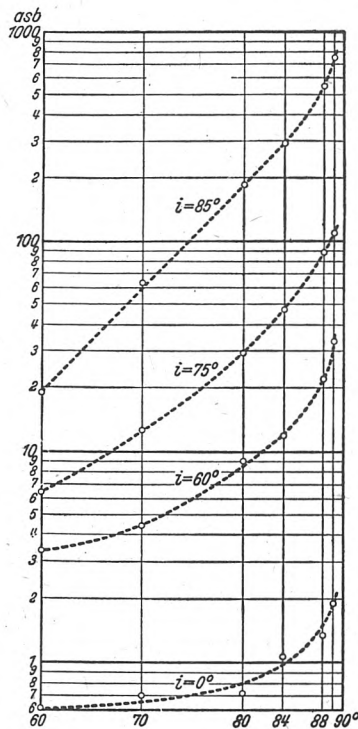
Wynikające z tych rozważań wymagania, którym powinno odpowiadać urządzenie oświetleniowe ulicy, będą zatem następujące:

- 1) Urządzenie powinno w jak najmniejszym stopniu powodować obniżanie się czułości oka na kontrast (wynikające z oślnienia lub zbyt małej jaskrawości tła). Wartość najmniejszego (progowego) kontrastu, mierzonego na ulicy, powinna być możliwie mała.
- 2) Przedmioty i jezdnia powinny być tak oświetlone, aby kontrast, z którym te przedmioty ukazują się kierowcy pojazdu, był większy od wartości kontrastu progowego. Kontrast ten powinien być tym większy, im większa jest wy-

magana łatwość widzenia (szybkość spostrzegania), określona warunkami jazdy.



Rys. 4. Jaskrawość suchej nawierzchni asfaltowej przy kątach padania światła 0°, 60°, 75° i 85°



Rys. 5. Jaskrawość suchej nawierzchni z grysów bitumowanych przy kątach padania światła 0°, 60°, 75° i 85°

Wymagania te powinny być spełnione w każdym punkcie jezdni, a przynajmniej w tych miejscach, które są ważne z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu.

#### 4. Jaskrawość przedmiotów widzianych na jezdni.

Jaskrawość przedmiotu zależy od współczynnika odbicia światła oraz od jasności, z którą przedmiot jest oświetlony.

W wielu krajach badano szczegółowo współczynniki odbicia odzieży przechodniów. Na przykład badania przeprowadzone w Anglii wykazały, że w 63 wypadkach na 100 współczynnik ten nie przekracza 5%, w 14 wypadkach wynosi 5–10%, a tylko w 6 wypadkach przekracza 20%. Podobne badania współczynników odbicia światła pojazdów wykazały, że dla ~ 80% pojazdów współczynnik ten wynosi średnio 18%.

Odzież przechodniów odbija światło w sposób rozproszony i można przyjąć, że jaskrawość w apostilbach będzie równa iloczynowi współczynnika odbicia i jasności pionowej w luksach.

Jasność, z którą dany przedmiot jest oświetlony, zmienia się w zależności od jego położenia w stosunku do źródła światła. Jaskrawość tego przedmiotu również będzie się odpowiednio zmieniać i może zdarzyć się, że ten sam przedmiot w jednym miejscu jezdni będzie widziany jako ciemny na jasnym tle, w innym zaś jako jasny na ciemnym tle. W położeniu pośrednim jego jaskrawość może tak mało różnić się od jaskrawości tła, że przestanie być widzianym. Przeważająca część przeszkód pojawiających się na jezdni ma jednak tak mały współczynnik odbicia światła, że prawie zawsze przeszkody te będą się nam ukazywać jako sylwetki ciemne, jeżeli jaskrawość jezdni będzie wystarczająco duża.

#### 5. Jaskrawość jezdni.

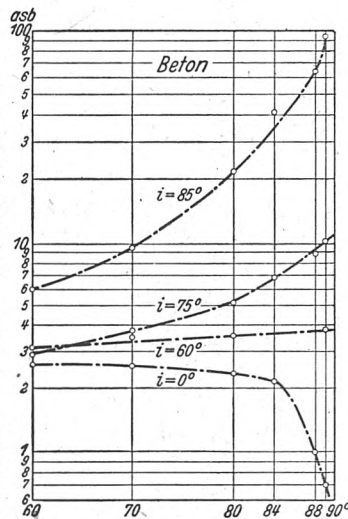
Najistotniejszym zadaniem urządzenia oświetleniowego jest stworzenie takich warunków, aby tło, na którym przeszkody ukazują się kierowcy pojazdu, było wystarczająco jasne, to znaczy, aby jaskrawość jezdni oraz sąsiadujących z nią powierzchni (np. chodników) była wystarczająca.

Warunki widzenia polepszają się ze wzrostem jaskrawości jezdni, jednak zbyt duża (w stosunku do stanu adaptacji oka) nierównomiernie rozłożona jaskrawość powoduje olśnienie i pogarsza warunki widzenia. Dolna granica, poniżej której następuje raptowne pogarszanie się zdolności widzenia, wynosi, jak wykazały badania, ok. 0,25 asb.

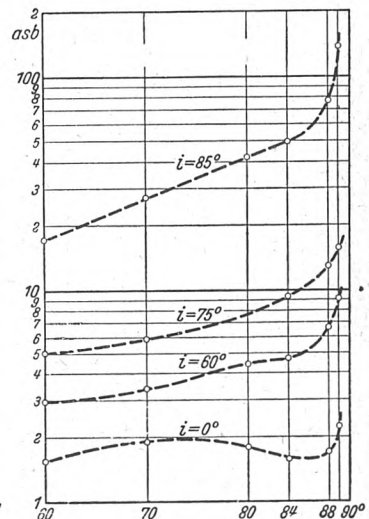
Jakość oświetlenia ulicy określana bywa zwykle wartościami jasności poziomej i współczynnikami równomierności oświetlenia. Wielkości te nie charakteryzują jednak bezpośrednio subiektywnego wrażenia wzrokowego, które odbiera obserwator, spoglądający na jezdnię; miarą tego wrażenia jest jaskrawość. Na ogół odbicie światła od jezdni nie jest rozproszone, a często bardzo daleko odbiega od odbicia rozproszonego i dlatego jasność danego elementu jezdni zależy nie tylko od jaskrawości poziomej, ale również od kątów padania światła i kąta, pod którym element ten jest widziany. Jedynie w wypadku nawierzchni bardzo dobrze rozpraszającej (jak np. sucha niewyjeżdżona nawierzchnia betonowa) można przyjąć, że jaskrawość jezdni będzie jednakowa niezależnie od kątów padania światła i niezależnie od kąta obserwacji. Z biegiem czasu wszystkie jezdnie polerują się, a ich sposób odbicia światła odbiega mniej lub więcej od odbicia rozproszonego.

Rys. 2–10 przedstawiają (Weigel i Schlüssler, Licht, 1935) sposoby odbicia światła przez nawierzchnię betonową, z kostki granitowej, asfaltową i z grysów bitumowanych w stanie suchym oraz mokrym, przy kątach padania światła: 0°, 60°, 75° i 85°. Odczytane z wykresów wartości jaskrawości w apostilbach odnoszą się do jasności poziomej — 10 luksów. Wykresy w biegunowym układzie rzędnych (rys. 2 i 3) lepiej uwypuklają różnicę między charakterystykami poszczególnych rodzajów nawierzchni.

Kąty padania światła na jezdnię zawarte są w szerokich granicach: od kierunku prostopadłego do 60° (licząc od pionu) w wypadku opraw o kącie ochronnym wynoszącym 30° i praktycznie aż do 87° — w wypadku opraw o tzw. „nieograniczonym wypromieniowaniu”. Natomiast zakres interesujących nas kątów obserwacji jezdni jest bardzo wąski. Kierowca pojazdu spogląda zwykle na jezdnię pod kątem 80–90° (licząc od pionowej). Przy takich kątach obserwacji jaskrawość nawierzchni z połyskiem zwiększa się raptownie ze wzrostem kąta padania światła. Szczególnie jaskrawość jezdni mokrej o odbiciu światła zbli-



Rys. 6. Jaskrawość suchej nawierzchni betonowej przy kątach padania światła 0°, 60°, 75° i 85°



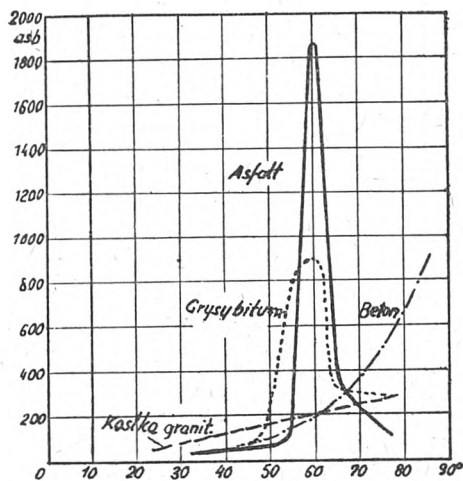
Rys. 7. Jaskrawość suchej nawierzchni z kostki granitowej przy kątach padania światła 0°, 60°, 75° i 85°

żonym do kierunkowego może wzrosnąć kilkaset razy w stosunku do jaskrawości tej samej jezdni w stanie suchym, przy kątach obserwacji zbliżonych do kąta padania światła.

Podane wykresy dotyczą tylko tego przypadku, kiedy oko obserwatora, źródło światła i dany element nawierzchni znajdują się w jednej płaszczyźnie prostopadłej do tej nawierzchni. Im bardziej płaszczyzna ta odchyła się od prostopadłej, jaskrawość elementu maleje i to tym



szybciej, im sposób odbicia światła odbiega bardziej od odbicia rozproszonego.



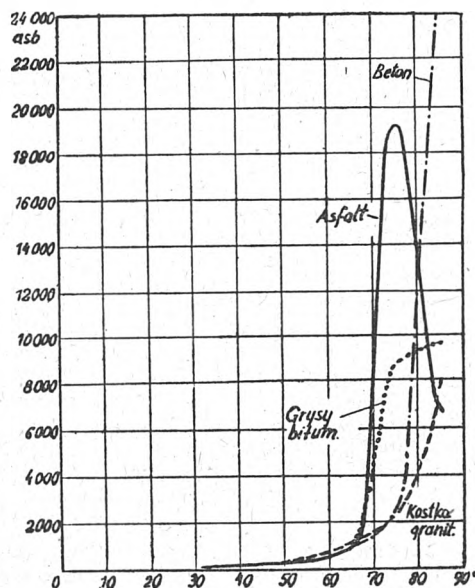
Rys. 8. Jaskrawość nawierzchni jezdni w stanie mokrym przy kącie padania światła 60°

Jaskrawość każdego elementu jezdni dla danego kąta obserwacji można zatem obliczyć, znając:

- 1) światłość oprawy w kierunku danego elementu (z wykresu światłości oprawy),
- 2) kąt padania światła (określony przez wysokość źródła światła i odległość danego elementu jezdni od latarni),
- 3) sposób odbicia światła przez nawierzchnię (zależny od jej rodzaju i stanu).

Obliczenia takie, mające np. za zadanie wykreślenie krzywych izostilbów, jest jednak bardzo uciążliwe.

Znaczne uproszczenie zawdzięczamy metodzie polegającej na fotografowaniu jezdni przy ustawieniu aparatu na miejscu obserwatora. Ulica na zdjęciu jest w takim samym skrócie perspektywicznym, w jakim widzi ją obserwator. Aby określić wartości jaskrawości, występujących w polu widzenia obserwatora, pozostawia się na tej samej kliszy

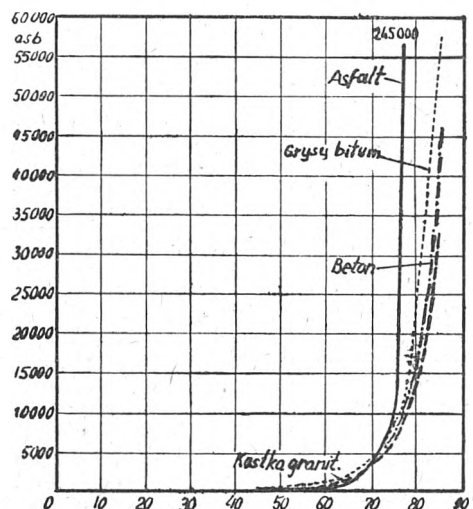


Rys. 9. Jaskrawość nawierzchni jezdni w stanie mokrym przy kącie padania światła 75°

wąski pasek nienaświetlony, a następnie fotografuje się na nim wzorce jaskrawości. Na kliszy otrzymujemy w ten sposób jednocześnie skalę jaskrawości, z którą możemy porównywać zdjęcia jezdni przez pomiary zaciemnienia kliszy. Metoda ta posłużyła do dokładniejszego zbadania wpływu, który mają poszczególne typy opraw oraz rodzaje i stany nawierzchni na wartości jaskrawości i sposób jej rozłożenia na jezdni.

Interesujące nas wyniki tych badań można streścić, jak następuje.

1) Oprawa o nieograniczonym wypromieniowaniu (tj. oprawa o takim rozsyle światła, uzyskanym przez układ reflektorów lub szkieł dioptrycznych, przy którym światłość największa skierowana jest w pobliżu lub powyżej kąta 80°, zwykle asymetrycznie wzdłuż jezdni) powoduje na jezdni z połyskiem pole jaskrawe, które — widziane w zwykłej perspektywie obserwatora — ma kształt litery T. Pole to składa się z paska poprzecznego, prostopadłego do kierunku obserwacji, powstałego w miejscu jezdni silnie oświetlonej w pobliżu latarni, oraz z jaskrawej smugi podłużnej, powstającej dzięki odbłyском światła na nierównościach nawierzchni, podobnej do tej, którą obserwujemy patrząc np. na lekko pomarszczoną powierzchnię wody w kierunku słońca. Smuga jest bardzo długa, jeśli światłość oprawy w kątach 82—86° jest jeszcze dostatecznie duża (1/2—1/3 światłości największej), rys. 11. W wy-



Rys. 10. Jaskrawość nawierzchni jezdni w stanie mokrym przy kącie padania światła 85°

padku opraw podobnych, lecz o kącie wypromieniowania ograniczonym do 80° (kąć ochronny 10°) smuga podłużna jest już znacznie krótsza.

2) Oprawy o ograniczonym kącie wypromieniowania, np. do 60 czy 70°, nie powodują powstawania smug podłużnych. Pozostaje tylko jasny pasek poprzeczny przy stopie latarni.

3) W wypadku jezdni mokrej jaskrawość odbłyском jest bardzo duża, a ich kontury ostre (rys. 12).

4) Na jezdniach z połyskiem pola jaskrawe, spowodowane przez poszczególne latarnie, powstają tylko po jednej stronie latarni (od strony obserwatora) i nie sięgają na ogół poza jej stopę; jezdnie za latarnią wydaje się ciemna.

W niektórych krajach wykonano próby ulepszenia nawierzchni asfaltowych przez odpowiednie ich wygładzanie w celu otrzymania — właściwego dla danego systemu oświetlenia — połysku jezdni. Badano również wpływ rowkowania nawierzchni asfaltowej rowkami podłużnymi, równoległymi do osi jezdni. Spowodowało to rozszerzenie się podłużnej smugi świetlnej i uzyskano w ten sposób bardziej równomierny rozkład jaskrawości. Współpraca oświetleniowca w rozwiązywaniu zagadnień związanych z rodzajem i sposobem wykonania nawierzchni, może zatem być celowa.

## 6. Rozmieszczenie źródeł światła.

Znajomość wielkości i kształtu pola jaskrawego pojedynczej latarni znacznie ułatwia właściwe rozmieszczenie opraw, mające na celu osiągnięcie możliwie największej równomierności jaskrawości jezdni. Należy dążyć, aby pola jaskrawe poszczególnych latarni pokryły jak największą część jezdni i aby między tymi polami nie tworzyły się zbyt ciemne plamy, przynajmniej w miejscach ważnych z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu. Odstęp między latarniami, ustawionymi w jednym rzędzie, powinien być taki, aby pole jaskrawe każdej latarni (rozciągające się od

stopy tej latarni) sięgało stopy następnej latarni, stojącej bliżej obserwatora.

Oprawy o kącie wypromieniowania ograniczonym, np. do 60° czy 70°, które — jak widzieliśmy — nie tworzą wydłużonych smug jaskrawych, muszą być rozmieszczane w małych odstępach nie przekraczających na ogół 30 m przy zwykłych wysokościach zawieszenia oprawy.

Oprawy o większym kącie wypromieniowania, np. do 80°, pozwalają już na stosowanie znacznie większych odstępów, wynoszących ok. 50 m w każdym rzędzie. Wreszcie oprawy, których światłość jest jeszcze dość znaczna w kącie 85—86°, pozwalają na stosowanie odstępów dochodzących nawet do 100 m.

Zakrety i skrzyżowania ulic stanowią zwiększone niebezpieczeństwo dla ruchu ze względu na ograniczoną widoczność oraz wielokierunkowy ruch na skrzyżowaniach i dlatego zapewnienie odpowiedniej jaskrawości jezdni w tych miejscach jest szczególnie ważne. Stosowanie takiego samego rozmieszczenia źródeł światła, jak to, które przyjęto dla odcinków prostych, nie prowadzi do zadawalającego rozwiązania. Zagadnienie to należy rozwiązywać indywidualnie, biorąc pod uwagę różne możliwe kierunki obserwacji. Właściwe rozmieszczenie latarni wynika z określenia największego kąta, pod którym obserwator może zobaczyć sąsiadujące ze sobą w perspektywie latarnie, aby dostateczna równomierność jaskrawości jezdni była zachowana, a pola jaskrawe pokryły ważne dla ruchu części jezdni. W warunkach miejskich zrealizowanie takiego idealnego ustawienia latarni jest szczególnie utrudnione przez różnego rodzaju przeszkody naziemne i podziemne i ostateczny wybór miejsca ustawienia latarni musi być najczęściej wynikiem kompromisu.

## 7. Olsnienie.

Zjawisko to może być spowodowane bezpośrednio przez źródła światła, bądź pośrednio przez odbłyски o zbyt dużej jaskrawości, powstające np. na jezdni mokrej.

Olsnienie bezpośrednie źródłami światła określono wzorem:

$$C = 1 + \frac{K}{B} \left( \frac{I_1}{d_1^2 \Theta_1^n} + \frac{I_2}{d_2^2 \Theta_2^n} + \dots + \frac{I_p}{d_p^2 \Theta_p^n} \right)$$

gdzie  $B$  oznacza jaskrawość tła, na którym źródła światła są widziane,

$I_1, I_2, \dots, I_p$  — światłości poszczególnych opraw znajdujących się w polu widzenia obserwatora, w kierunku jego oka,

$d_1, d_2, \dots, d_p$  — odległości tych opraw od oka,

$\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_p$  — kąty, które tworzą proste, łączące źródła światła i oko obserwatora, z kierunkiem jego wzroku.

Wartości stałych  $K$  i  $n$  zostały określone doświadczalnie:  $K = 11$ , a  $n = 2,1$ . We wzorze przyjęto dla uproszczenia, że oprawy oświetleniowe są punktami świetlnymi.

Ze wzoru wynika, że olsnienie będzie mniejsze, jeśli oprawy są widziane na jasnym tle, np. na tle oświetlonych fasad domów, że będzie ono tym mniejsze, im mniejsza jest światłość opraw w kierunku obserwatora oraz im wyżej oprawy są zawieszane.

Jeśli stosujemy oprawy o ograniczonym kącie wypromieniowania, np. do 60 czy 70° (kąta ochronny 30—20°), to źródłem olsnienia może być tylko jedna latarnia, a mianowicie ta, która znajduje się najbliżej obserwatora. Żadna z opraw, których odległość od obserwatora przekracza kilkanaście metrów (przy zwykłej wysokości zawieszenia) nie może już stanowić źródła olsnienia, gdyż kąt, pod którym widzi ją obserwator, jest mniejszy od kąta ochronnego oprawy. W miarę, jak zbliżamy się do tej najbliższej latarni (która może przyczyniać się do olsnienia), wzrasta kąt  $\Theta$ , pod którym ją widzimy. Wielkość tego kąta zmniejsza, jak wynika ze wzoru, niebezpieczeństwo olsnienia. Pole widzenia kierowcy jest zwykle ograniczone od góry dachem samochodu i wówczas olsnienie bezpośrednie kierowcy jest przy tym systemie oświetlenia całkowicie usunięte.

W wypadku opraw o nieograniczonym wypromieniowaniu, o bardzo dużej światłości w kątach 80—85°, wszystkie latarnie znajdujące się w polu widzenia przyczyniają się do olsnienia.

Należy zauważyć, że ta sama część strumienia świetlnego, wypromieniowana pod dużymi kątami, która głównie

powoduje olsnienie, jest jednocześnie, jak to widzieliśmy poprzednio, najskuteczniejsza i najkorzystniejsza pod względem wartości i rozkładu jaskrawości na jezdni.

## 8. Systemy oświetlenia.

W wypadku opraw o nieograniczonym lub dużym (np. 80°) kącie wypromieniowania odstęp między latarniami mogą być znacznie większe. Obniża to koszty inwestycyjne, a często również koszty eksploatacyjne urzędzenia. Poza tym rzadkie rozstawienie latarni byłoby dogodniejsze na ulicach miejskich, gdzie różnego rodzaju urządzenia naziemne i podziemne, liczne wjazdy do budynków, częste skrzyżowania ulic, wymagania symetrii itd. bardzo utrudniają ustawienie latarni w małych odstępach. Gęste ustawienie latarni wpływa ponadto niekorzystnie na wygląd urządzenia w dzień.

Pomimo niewątpliwych korzyści, które wynikają z rzadkiego rozmieszczenia źródeł światła i które skłoniły niektóre kraje (głównie anglosaskie) do szerokiego stosowania tego systemu, wydaje się, że do oświetlenia ulic miejskich należy zalecać przede wszystkim oprawy o ograniczonym kącie wypromieniowania np. do 60—70°, a to z następujących względów.

1. Oświetlenie powinno zapewnić wszystkim użytkownikom ulicy wrażenie wygody i komfortu, którego nie można uzyskać przy rażących wzrok źródłach światła. Korzyści, wynikające dla kierowcy pojazdu z wyższego poziomu jaskrawości jezdni, co łatwiej jest osiągnąć przy pomocy opraw o nieograniczonym wypromieniowaniu, zniweczone są w znacznej mierze olsnieniem, które obniża zdolność widzenia.

2. Przy niezbyt dużych odległościach między latarniami łatwiej jest osiągnąć dużą równomierność jaskrawości chodników (szczególnie na ulicach zadrzewionych); również oświetlenie fasad domów jest w tym wypadku bardziej równomierne.

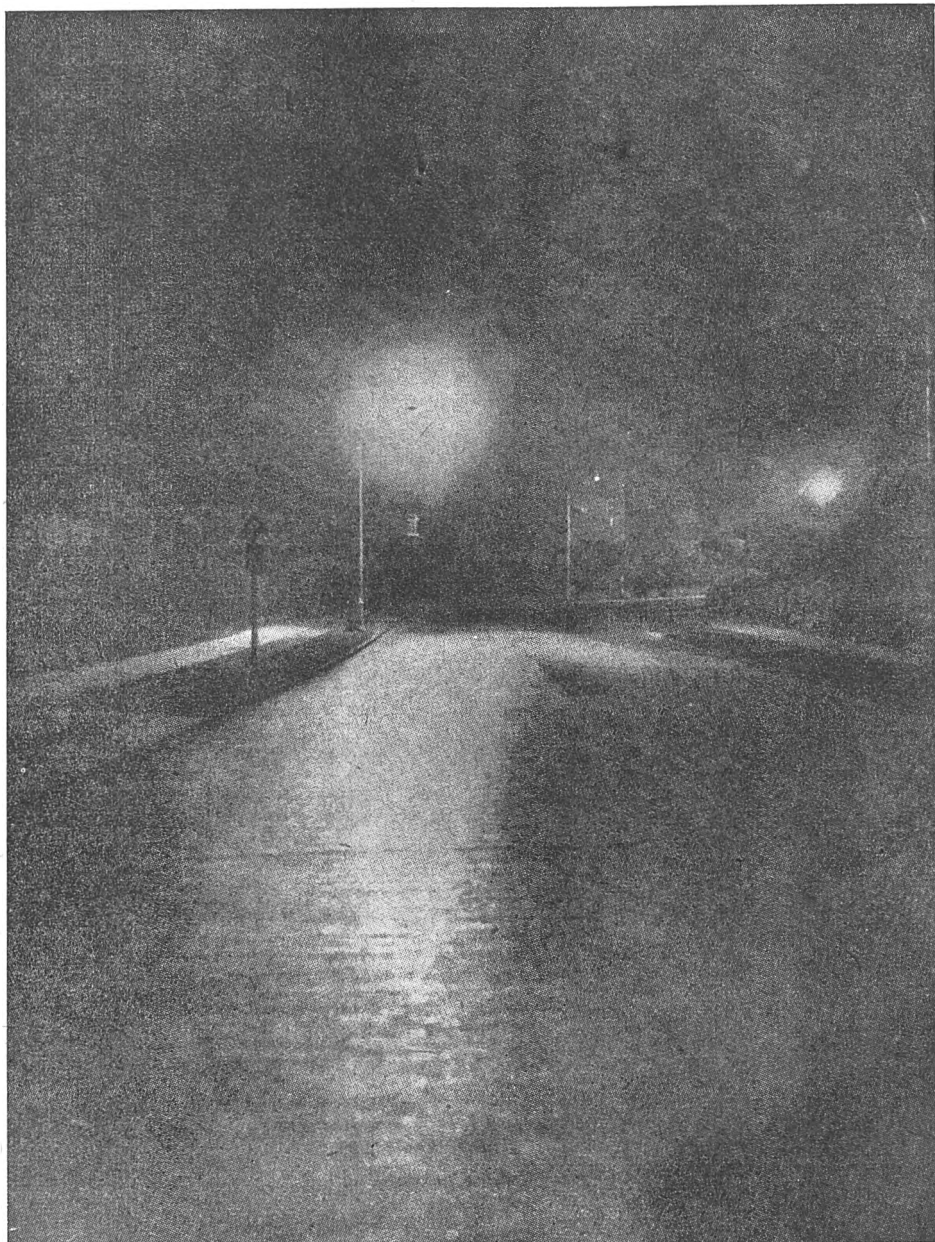
3. Często stosowane w miastach nawierzchnie z kostki granitowej oraz nawierzchnie betonowe, dają dzięki rozproszonemu odbiciu światła oraz stosunkowo dużemu współczynnikowi odbicia szczególnie korzystne rezultaty przy oświetleniu oprawami o ograniczonym kącie wypromieniowania; natomiast oświetlenie oprawami o nieograniczonym wypromieniowaniu nie zapewnia w tym wypadku korzyści, które daje światło padające bardzo skośnie na jezdnię.

4. Na ulicach, przez które przebiegają linie tramwajowe lub trolejbusowe, słupy służące jako podpory sieci trakcyjnej mogą być, po przystosowaniu, wykorzystane również do zawieszenia opraw oświetleniowych; odstęp słupów trakcyjnych, wynoszący zwykle 25—30 m, jest właściwy dla opraw o ograniczonym kącie wypromieniowania do 60—65°.

Funkcje, które w mieście spełniają poszczególne ulice, są różnorodne i wynikają np. z wielkości ruchu pojazdów, ruchu pieszych, gęstości zamieszkania, względów reprezentacyjnych itp. Pomimo zrozumiałej tendencji stosowania możliwie jednolitego sprzętu oświetleniowego niezbędne jest w niektórych wypadkach zastosowanie urządzeń specjalnych, które najlepiej odpowiadają danej ulicy ze względu na jej funkcje lub strukturę. Np. w wypadku wylotowych arterii komunikacyjnych, wybiegających często poza miasto, mogą okazać się najbardziej wskazane oprawy o większym kącie wypromieniowania np. 75°, a nawet 80° z kierunkiem największej światłości zbliżonym do tych kątów granicznych. Ze względów ekonomicznych rozsył światła tego typu opraw powinien być niesymetryczny (większa część strumienia świetlnego skierowana wzdłuż jezdni przy pomocy asymetrycznych reflektorów lub szkieł dioptrycznych).

Trudne zagadnienie polepszenia warunków widzenia przy mokrych jezdniach nie może być w sposób zadawalający rozwiązane przy pomocy zwykłych typowych urządzeń oświetleniowych. Znaczną poprawę tych warunków można byłoby uzyskać przez zastosowanie, jako źródeł światła, wielkich powierzchni świecących, lecz o niezbyt dużej jaskrawości, których odbicie w mokrej jezdni tworzyłoby równomierną i nie powodującą olsnienia jaskrawość (rys. 10). Rozwiązania takie (np. oświetlenie fasady domu) mogłyby mieć przynajmniej zastosowanie w miejscach o zwiększonym niebezpieczeństwie jak skrzyżowania, za-





Rys. 11. Pole jaskrawe od latarni z oprawą o nieograniczonym wypromieniowaniu  
(C. C. Paterson, F. C. Smith, J. M. Waldram)  
Strumień świetlny lampy 9000 lm; wysokość zawieszenia 7,5 m; odległość obserwacji ok. 90 m;  
nawierzchnia asfaltowa wyjeżdżona

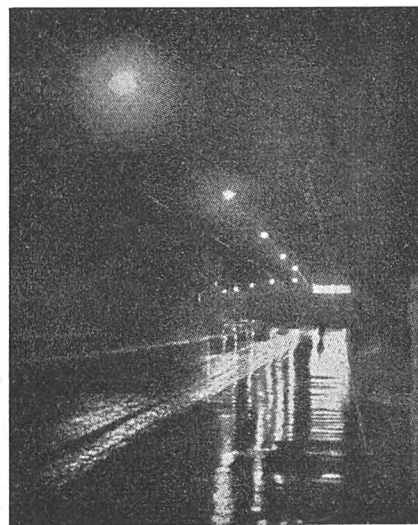
kręty itp. Wymagałyby one ścisłej współpracy oświetleniowca i architekta.

Próby oświetlenia ulic przy pomocy opraw z lampami fluoryzującymi dały pod tym względem korzystne rezultaty. Jednak duże koszty inwestycyjne, a szczególnie trudność opanowania wpływu temperatury otoczenia na pracę lamp, nie pozwalają jeszcze na ich stosowanie w szerszym zakresie.

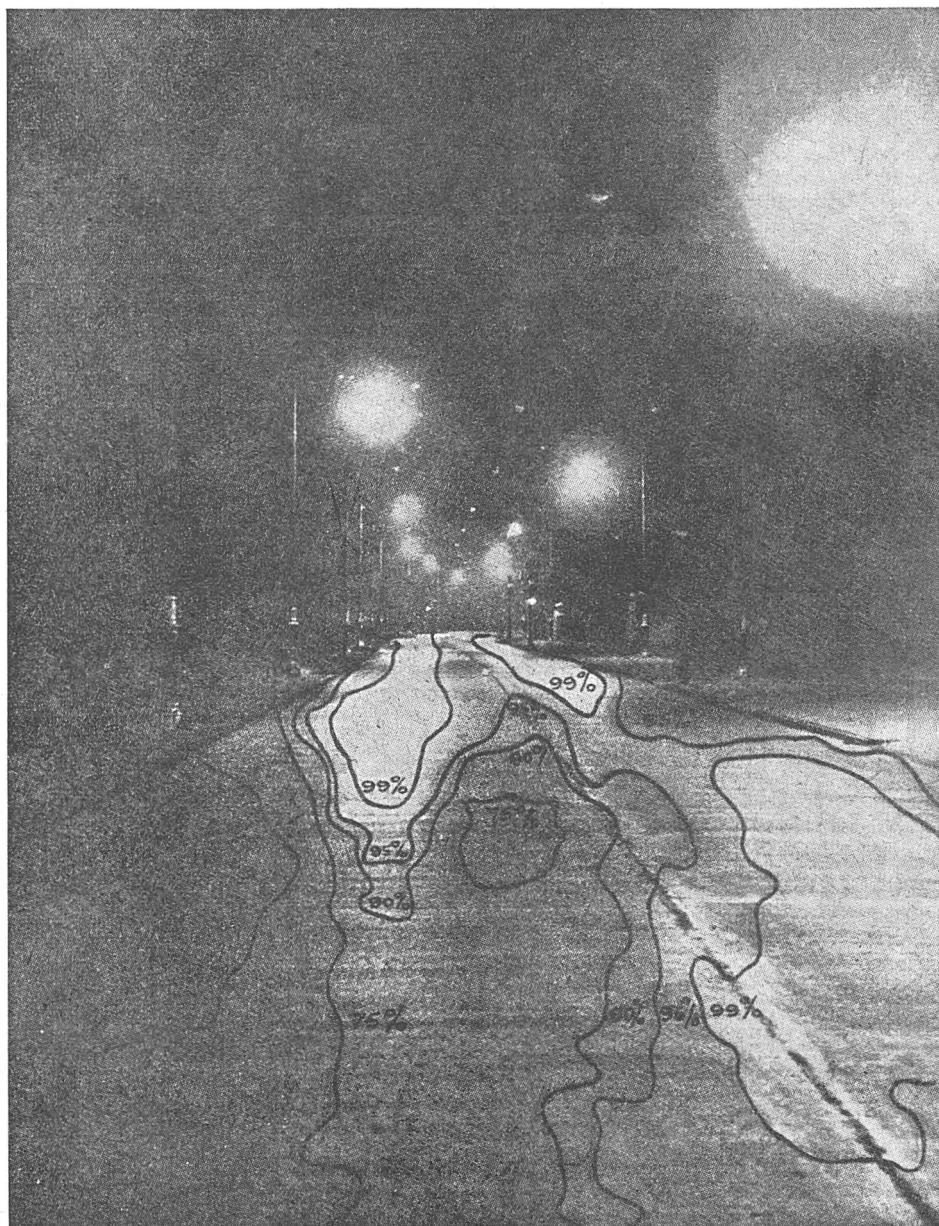
#### 9. Ocena jakości oświetlenia.

Urządzenie oświetleniowe ulicy można oceniać z różnych punktów widzenia: bezpieczeństwa ruchu, ogólnego wyglądu ulicy oświetlonej, wyglądu urządzenia oświetleniowego w dzień itp. Ocena, w jakim stopniu dane urządzenie oświetleniowe spełnia swe zadania, jest z natury rzeczy subiektywna i tym bardziej trudna, że zadania te są różnorodne, a znaczenie ich jest uzależnione od funkcji, które spełnia dana ulica.

Najważniejszym zadaniem oświetlenia ulic o znaczeniu komunikacyjnym jest zapewnienie bezpieczeństwa ruchu. Ponieważ decydującą o tym bezpieczeństwie czynnością jest prowadzenie pojazdów, najważniejsze będzie takie kryterium oceny, które pozwoli ocenić skuteczność danego



Rys. 12. Wygląd ulicy o gładkiej i mokrej nawierzchni  
(Trappen: Licht, 1935)



Rys. 13. Przykład analizy skuteczności urządzenia oświetleniowego  
( C. C. Paterson, F. C. Smith, J. M. Waldram)

Strumień świetlny lamp 3800 lm (początkowy); wysokość zawieszenia opraw 7,5 m;  
rozstawienie „w miankę” co 36 m; oprawy o nieograniczonym wypromieniowaniu;  
nawierzchnia betonowa wyjeżdżona

urządzenia z punktu widzenia zdolności rozpoznawania przeszkód przez kierowcę pojazdu.

Kryterium takim może być wartość najmniejszego kontrastu, który w danych warunkach oświetleniowych jest konieczny, aby przeszkoda (np. przechodzień widziany z odległości ok. 200 m) mogła być dostrzeżona. Wartość ta może posłużyć do porównywania różnych urządzeń między sobą, jeżeli metoda i warunki pomiaru będą takie same. Ponadto wartość ta może być porównywana z wartościami wymaganego kontrastu według oceny kierowcy pojazdu (jak np. według krzywej podanej na rys. 1). Pomiary wartości najmniejszego kontrastu mają za zadanie ująć cyfrowo wpływ czynników wynikających z oświetlenia, a mianowicie: oślnienia, rozkładu jaskrawości jezdni, poziomu jaskrawości. Nie mogą one ograniczać się, oczywiście, do jednego punktu jezdni, gdyż warunki oświetleniowe i warunki widzenia różne są dla różnych punktów jezdni.

Badania polegające na obserwacji testów ustawionych na jezdni są uciążliwe i często niemożliwe do wykonania bez wstrzymania ruchu na ulicy. Pomiary najmniejszego

progowego kontrastu można wykonać najłatwiej przy pomocy specjalnych przyrządów tzw. „widzialnościomierzy”. Aby warunki pomiaru były zbliżone do rzeczywistych warunków obserwacji, obraz ulicy, widziany przy pomocy przyrządu, nie może być zniekształcony. Wartości jaskrawości muszą pozostać niezmienione, gdyż inaczej wpływ oślnienia byłby wadliwie oceniony.

Badania polegające na pomiarach najmniejszego kontrastu oddają bardzo cenne usługi, jeśli chodzi o ocenę poszczególnych czynników, wpływających na warunki widzenia: rodzaj nawierzchni jezdni i jej stan, zadrzewienie ulicy, oślnienie, barwa światła itp.

Metody, polegające na pomiarach wartości najmniejszego kontrastu, określają w pewnym stopniu warunki widzenia i mogą służyć do porównywania ze sobą podobnych urządzeń oświetleniowych, ale nie dają jeszcze pełnej odpowiedzi, jaka jest skuteczność danego urządzenia. Określają one tylko granicę, poniżej której przeszkody scharakteryzowane przez kontrast przestają być widziane, ale nie wskazują, które z tych przeszkód, znamienych nie kontrastem, lecz współczynnikiem odbicia światła, są widziane.



Aby zatem zdać sobie sprawę ze skuteczności urządzenia oświetleniowego, konieczne byłoby przeanalizowanie widzialności wszystkich przedmiotów typowych o różnych współczynnikach odbicia światła, uwzględniając względną częstotliwość, z którą one występują na jezdni. Analiza taka może być wykonana bezpośrednio przez obserwację serii testów ustawionych na jezdni albo przez obliczenia, na podstawie pomiarów najmniejszego kontrastu, wykonanych np. przy pomocy „widzialnościomierza”. Znając jasność danego punktu jezdni oraz jasność pionową w tym miejscu, można obliczyć kontrast, który tworzą z tłem przeszkody o różnych współczynnikach odbicia światła, i określić, czy i w jakim stopniu są one widzialne. Rys. 13 pokazuje wynik analizy skuteczności oświetlenia jezdni. Liczba przeszkód, które mogą być widziane przez obserwatora, wyrażona jest w procentach dla różnych punktów jezdni.

Badania, oparte na pomiarach wykonanych bezpośrednio na ulicy i polegające na grubotnej analizie warunków widzenia i spostrzegania, stanowią właściwą metodę oceny jakości urządzenia oświetleniowego. Metody te zaczęto stosować stosunkowo niedawno i niewątpliwie będą one jeszcze ulegać udoskonaleniom i uproszczeniom. Są one obecnie żmudne i uciążliwe, jednak biorąc pod uwagę waż-

ność zagadnienia bezpieczeństwa ruchu oraz wielkość kosztów, ponoszonych na oświetlenie ulic, musimy uznać badania takie za opłacalne i konieczne, gdyż prowadzą one najkrócej do postępu w technice oświetlenia ulic.

#### LITERATURA

- Cohu M. i Frequigneaux A. Étude de la brillance des revêtements des chaussées humides (Rev. Gén. de l'Électr., 1938, 12)
- Hagemann W. Beleuchtung von Strassen und Autobahnen und deren Planung (Handbuch der Lichttechnik, 1938, II)
- Lossagk H. Fehlwirkung der Beleuchtung als Unfallursache (Handbuch der Lichttechnik, 1938, II)
- Rapport 23a du Comité d'études sur l'éclairage des voies publiques (Commission Intern. de l'Éclair., X, 1939)
- Paterson C. C., Smith F. C., Waldram J. M. The outlook on street lighting with particular reference to practice in Great Britain (Commission Intern. de l'Éclair., X, 1939)
- Dickerson A. F. Modern american street and highway lighting practice (Commission Intern. de l'Éclair., X, 1939)
- Bouma P. J. The Philips visibility meter: its construction, applications and use
- Seeger B. L'éclairage public en Europe (Rev. Gén. de l'Électr., 1939, 5)
- Cohu M. Rayonnement, photométrie et éclairage, 1949
- Davson H. The physiology of the eye (London, Churchill, 1949)
- Waldram J. M. Les idées actuelles anglaises sur l'éclairage des rues (Bull. de la Soc. Franç. des Électr., 1949, 90)
- Rutherford I. R. What of fluorescent street lighting (Electr. World, 1950, III)

DR INŻ. A. MYŚLICKI  
MGR INŻ. Z. SKOCZYŃSKI

## Analizator prądu zmiennego Głównego Instytutu Elektrotechniki

Treść. Autorzy omawiają zastosowanie różnych modeli sieci i podają opis analizatora prądu zmiennego Głównego Instytutu Elektrotechniki.

Анализатор переменного тока Главного Электротехнического Института. Авторы обсуждают вопросы, связанные с применением различных моделей сети, и описывают анализатор переменного тока, построенный для нужд Главного Электротехнического Института.

Alternating current analyser of the Chief Electrotechnical Institute. The authors deal with the application of various network models and describe an alternating current analyser at the Chief Electrotechnical Institute.

### I. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA I ZASTOSOWANIE ANALIZATORÓW

Dopóki układy elektroenergetyczne były proste i małe i miały często postać sieci promieniowej zasilanej w jednym punkcie, dopóty analityczne badanie warunków pracy tych układów nie nastreczało zasadniczych trudności. Z biegiem lat rosły jednak wymagania stawiane ciągłości dostawy energii, rosło zapotrzebowanie tej energii. Rozwój przemysłu i szerokie zastosowanie energii elektrycznej stawiały przed elektroenergetyką zadania, które wymagały zasadniczej zmiany podstawowych koncepcji układów i bardziej szczegółowej analizy ich warunków pracy. Szeroko rozbudowana współpraca elektrowni i sprężanie układów oraz ogromny zakres zagadnień, które na tle tym powstawały, przekształciły analizę tych układów w istotny i żywotny problem, którego rozwiązanie wymagało bądź przyjmowania zasadniczych uproszczeń zbytnio zniekształcających otrzymane wyniki, bądź też stosowania pewnych pomocniczych urządzeń w postaci modeli sieci.

W zakresie analizy układów elektroenergetycznych najważniejszą niewątpliwie rolę odgrywają następujące modele:

- 1) analizator prądu stałego,
- 2) analizator prądu zmiennego,
- 3) analizator różniczkowy,
- 4) model sieci z maszynami wirującymi.

#### 1. Analizator prądu stałego.

Zakres zastosowania tego przyrządu — aczkolwiek bardzo pomocnego przy obliczeniach — jest jednak stosunkowo niewielki, jeśli chodzi o tematykę zagadnień, które można rozwiązać z jego pomocą. Tematyka ta dlatego może być ograniczona, że analizator prądu stałego nastrecza trudności, których można uniknąć przy korzystaniu z innych modeli. Wspomnieć tu można np. o występowaniu funkcji iterowanych przy uwzględnianiu oporności czynnych w sieci, bądź też przy obliczaniu niektórych zwarć niesymetrycznych (schematy zastępcze dla składowej zerowej). Nie znaczy to jednak, aby cele, do których analizator taki

zazwyczaj jest stosowany (prądy zwarciowe, sieci prądu stałego), wyczerpywały możliwości, które on daje (np. przepływ ciepła, rozkład temperatury, przepływ cieczy).

#### 2. Analizator prądu zmiennego.

Konieczność bliższej analizy warunków pracy układów elektroenergetycznych zarówno w stanie ustalonym, jak i w stanie nieustalonym, doprowadziła do daleko posuniętej doskonałości i łatwości w obsłudze analizatora prądu zmiennego. Trudno byłoby wyliczyć wszystkie możliwości zastosowania tego urządzenia. Nawet w zakresie samych tylko zagadnień elektroenergetycznych bogactwo tematyki jest ogromne. Tematyka ta jednak stanowi jedynie wycinek ogólnej zupełnie tematyki badań doświadczalnych nad zjawiskami, których przebiegi i własności można odtworzyć na podstawie właściwej interpretacji związków analitycznych badając zachowanie się obwodów elektrycznych o skupionych opornościach. Jak daleko poza ramy najbardziej nawet skomplikowanych zagadnień elektroenergetycznych wzbiegają możliwości stosowania analizatora prądu zmiennego, świadczyć może fakt, że odgrywa on niepoślednią rolę przy analizie zagadnień, wymagających rozwiązania równań Schrödingera, czy nawet występujących w ramach uogólnionej teorii tensorów w przestrzeni Riemanna. Metodę klasycznych składowych symetrycznych można ująć w ramach przekształceń bądź równań tensorowych, a jako takie mogą te składowe określać rzeczywisty stan fizyczny układu i można z nich korzystać odtwarzając ten stan na modelu. Najprostsza postać przestrzeni — przestrzeń Euklidesa — odtworzona na analizatorze prądu zmiennego pozwala badać na modelu rozchodzenie się fal elektromagnetycznych drogą analizy równań Maxwella. Te ogromne możliwości badań laboratoryjnych, które daje analizator prądu zmiennego, są jednak w wielu przypadkach niewystarczające nawet przy badaniu warunków pracy układów elektroenergetycznych. Ciekawy jest fakt, że uzasadnienia możliwości korzystania z analizatora prądu zmiennego szukać należy w ogólnej teorii względności Einsteina, choć korzystanie z tego analizatora uważamy za rzecz tak oczywistą.

### 3. Analizator różniczkowy.

Dążność do najbardziej ekonomicznej eksploatacji układów elektroenergetycznych oraz konieczność wyeliminowania poważnych wielokrotnych następstw, wywołanych chwilowymi zakłóceniami, wymaga coraz częściej stosowania urządzeń, za pomocą których można powiększyć moc graniczną (w stanie nieustalonym) — zwarciovą bądź łączeniową. Równowaga w stanie nieustalonym w razie stosowania różnego rodzaju układów wzbudzających oraz zachowanie się maszyn synchronicznych po pierwszym wychyleniu magnesu są to typowe problemy, których rozwiązanie staje się znacznie prostsze lub w ogóle możliwe, gdy dysponujemy analizatorem różniczkowym. Można wprawdzie uwzględnić zmianę liczby skojarzeń magnetycznych czy też wpływ nasycenia magnetycznego (w ograniczonym okresie trwania drgań układu) również i w przypadku korzystania z analizatora prądu zmiennego, obliczenia jednak, które wymagają jednoczesnego uzależnienia od siebie dwóch krzywych wyznaczanych metodą kolejnych punktów, są tak skomplikowane, że nie można ich uważać za możliwe do przeprowadzenia w ogólnym przypadku. Uwzględnienie wpływu nasycenia magnetycznego przy wyznaczaniu mocy granicznej w stanie ustalonym na analizatorze prądu zmiennego nie następuje przy pewnych upraszczających założeniach specjalnych trudności.

Zastosowanie analizatora różniczkowego pozwala drogą elektromechaniczną rozwiązywać układy równań różniczkowych z uwzględnieniem wpływu przede wszystkim takich czynników, jak bieguny wydatne, nasycenie magnetyczne, pułap i stromość napięcia wzbudzającego, własności tłumiące układu i maszyn oraz moment działający na wał maszyny, a pochodzący od składowej przeciwnej prądu. Możliwość uwzględnienia wpływu tego rodzaju czynników daje również analizator prądu zmiennego, choć metoda badań tego rodzaju jest zupełnie inna i mniej bezpośrednia. Analizator różniczkowy pozwala przedyskutować otrzymane rozwiązania równań różniczkowych, ustalić moce graniczne zwarciove i łączeniowe w najogólniejszym przypadku oraz określić nowe kryteria równowagi, z których nie można korzystać w przypadku analizatora prądu zmiennego.

Stosowanie analizatora różniczkowego jedynie w zakresie zagadnień elektroenergetycznych do wyznaczania mocy granicznych w stanie nieustalonym nie jest, oczywiście, jedyną możliwością jego wykorzystania. Wspomnieć tu należy o możliwościach badania warunków pracy silników synchronicznych przy ruchu i przy synchronizacji. Należy pamiętać, że analizator prądu zmiennego nie pozwala, ze względu na zasadę przeprowadzania obliczeń uproszczoną metodą kolejnych punktów, badać warunków powstających wskutek chwilowego wytrącenia układu ze stanu równowagi, ani ustalać sposobów ułatwiających samorzutną synchronizację powtórna.

### 4. Analizator z maszynami wirującymi.

Możliwość korzystania z analizatora prądu zmiennego i z analizatora różniczkowego znacznie rozszerzyła zakres zagadnień, które można było rozwiązać bez trudności zasadniczej natury, a które występują w teorii równowagi w stanie nieustalonym. Przy pomocy analizatora różniczkowego można przede wszystkim badać zachowanie się maszyn synchronicznych po pierwszym wychyleniu magnesu i ustalić wpływ różnorodnych czynników na warunki, w których możliwy jest powrót układu do stanu równowagi nawet po chwilowym jej utraceniu, a więc przejście do równowagi w stanie ustalonym. Ze wzrostem liczby równań różniczkowych, które muszą być jednocześnie spełnione, rośnie oczywiście nakład pracy, którego wymaga uzyskanie ostatecznych wyników na analizatorze różniczkowym. Analizator różniczkowy pozwolił wyeliminować zasadnicze trudności i ograniczenia, które narzucała zasada pomiarów na analizatorze prądu zmiennego ze względu na dopuszczalny okres czasu, w ciągu którego można było badać drgania układu dla uzyskania wystarczająco dokładnych wyników. Ani jednak analizator prądu zmiennego, ani analizator różniczkowy nie wyeliminowały zasadniczej trudności, sprowadzającej się do konieczności uprzedniego teoretycznego rozwiązania badanego zagadnienia drogą uzyskania takiego czy innego analitycznego ich ujęcia, bądź też właściwego schematu zastępczego. Oba analizatory są więc jedynie pewnego rodzaju maszynami do liczenia o większym lub mniejszym stopniu doskonałości.

Koncepcja analizatora z maszynami wirującymi jest oparta na zasadniczo innym założeniu, jeśli chodzi o odwzorowanie maszyn synchronicznych. Polega ona mianowicie na odtworzeniu zasadniczych własności elektrycznych i mechanicznych tych maszyn bez ustalania związków funkcjonalnych, określających przebieg drgań w czasie w zależności od charakterystycznych stałych prądnic synchronicznych.

Drogą odpowiedniej konstrukcji mikrogeneratorów i mikroturbin występujących w odtworzonym układzie można uzyskać model, w którym będą występowały maszyny o takich samych, jak w układzie rzeczywistym, własnościach elektrycznych (oporności, stałe czasu, charakterystyki magnesowania) i o takich samych własnościach mechanicznych (stałe bezwładności i charakterystyki momentu napędowego w funkcji obrotów). Nie należy jednak zapominać, że odpowiedniość tych wielkości w układzie rzeczywistym i miniaturowym nie wymaga bynajmniej równości ich wartości bezwzględnych. Możliwość posługiwania się tego rodzaju modelem daje ogromne korzyści, pozwala bowiem badać w prosty sposób wpływ wielu czynników, które są zazwyczaj pomijane przy obliczeniach przeprowadzanych na analizatorach prądu zmiennego i na analizatorze różniczkowym. Model taki daje poza tym wielkie oszczędności, jeśli chodzi o nakład pracy i czasu niezbędnego do uzyskania ostatecznych wyników.

### 5. Części składowe analizatora prądu zmiennego.

Trudno byłoby oczywiście przeprowadzić w ramach krótkiego artykułu dokładną analizę porównawczą rozwiązania przyjętego dla analizatora prądu zmiennego przez Zakład Wielkiej Mocy GIElu na tle rozwiązań dotychczas stosowanych. Nie wnosiłoby również nic nowego dyskusja i analiza przyjętych współczynników odwzorowania czy też przyjętej częstotliwości (500 c/s), choć generatory lampowe stwarzały możliwości stosowania większej częstotliwości. Z wielu przyczyn częstotliwość 500 c/s okazała się w ramach możliwości, którymi dysponował Zakład Wielkiej Mocy, najbardziej właściwą przy przyjętych ogólnych założeniach projektowych. Spośród częstotliwości stosowanych w analizatorach prądu zmiennego wymienić należy:

- 50 c/s — Związek Radziecki, Niemcy,
- 200 c/s — Związek Radziecki,
- 400 — 500 c/s — Związek Radziecki, Stany Zjednoczone Ameryki, Anglia, Francja,
- 10 000 c/s — Stany Zjednoczone Ameryki.

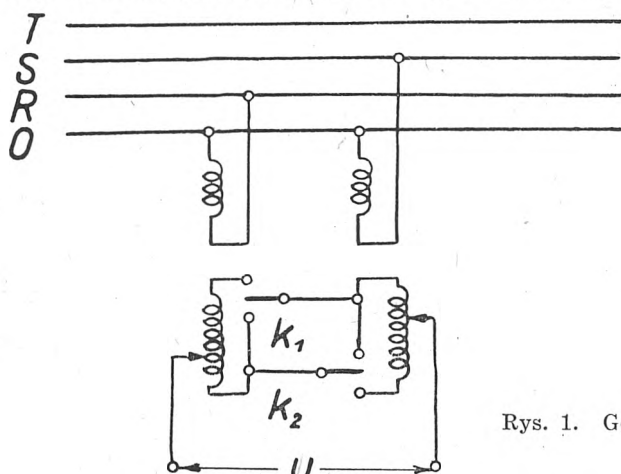
Wybór odpowiedniej częstotliwości wpływa w zasadniczy sposób na konstrukcję przede wszystkim oporności indukcyjnych, które zachowywałyby odpowiednią wartość stosunku  $R/X$  (zwłaszcza dla oporności indukcyjnych, odtwarzających oporności prądnic) o wystarczającej stałości w funkcji obciążenia. Należy jednak wspomnieć, że stosowanie w tym celu cewek bezrdzeniowych — aczkolwiek byłoby pożądane — nie jest nieuniknioną koniecznością, chociaż cewki takie były stosowane zarówno przy 500 jak i przy 10 000 c/s. Za wzrostem częstotliwości wzrastają, oczywiście, trudności związane z ograniczeniem wpływów pojemności szkodliwych oraz sprzężeń pojemnościowych i indukcyjnych, co wymaga stosowania specjalnych środków zaradczych. Przy 10 000 c/s trudności te dają się jednak opanować. Również z punktu widzenia wzmacniaczy w układzie pomiarowym częstotliwość odgrywa poważną rolę. Stosowanie częstotliwości większej od 500 c/s, choć posiada niewątpliwie zalety, nie może być jeszcze w chwili obecnej uznane za zagadnienie całkowicie rozwiązane, jakkolwiek zasadnicze trudności dało się opanować.

Najistotniejszymi częściami składowymi analizatora prądu zmiennego są niewątpliwie: 1) jednostki generatorowe, 2) układ sterowniczy, 3) układ pomiarowy, 4) urządzenia pomocnicze.

W zakresie tych części składowych spotkać można różnorodne i zasadniczo odmienne rozwiązania. Koncepcja i podstawowe założenia techniczne dla układu zasilającego zależą przede wszystkim od przyjętych współczynników odwzorowania oraz od częstotliwości. Ale nawet przy zbliżonych współczynnikach i mało różniących się, a nawet równych częstotliwościach układy zasilające mogą być bardzo różne. Podamy pokrótce zwięzłe charakterystyki różnorodnych jednostek generatorowych, które w zadowalający sposób spełniają zasadniczy warunek możliwości regulacji faz i modułów napięć w punktach zasilania w sposób ciągły



i w wystarczających granicach oraz pozwalają utrzymać wystarczającą stałość zarówno napięcia, jak i częstotliwości. Zwrócimy przede wszystkim uwagę na zasadę regu-



Rys. 1. Generator dwutransformatorowy

lacji modułu i fazy napięcia w miejscu włączenia jednostki generatorowej.

Wśród stosowanych najczęściej rozwiązań dla jednostek generatorowych spotkać można dwa zasadniczo różne układy (pomijamy analizatory pracujące przy częstotliwości większej od 500 c/s): 1) transformatorowy i 2) przesuwnikowo-regulatorowy.

Zasadniczym warunkiem, który musi spełniać układ napięć zasilających jednostki generatorowe, jest zupełna jego symetria (składowe przeciwna i zerowa napięcia nie powinny występować), co często wymaga stosowania (zarówno w przypadku jednostek transformatorowych, jak i przesuwnikowo-regulatorowych) odpowiednich urządzeń wyrównawczych, aby wyeliminować wpływ jednofazowych zasadniczo obciążeń. Zasada jednostki generatorowej dwutransformatorowej jest podana na rys. 1, przy czym konieczne jest stosowanie dwóch jednofazowych transformatorów regulacyjnych z odpowiednimi przełącznikami  $k_1$  i  $k_2$ . Zasada działania wynika bezpośrednio z układu połączeń oraz z wykresu wektorowego podanego na rys. 1. Tego rodzaju układ (jak zresztą i inne układy transformatorowe) wymaga jednak koordynacji między regulacją fazy i modułu.

W jednostkach generatorowych trójtransformatorowych (transformator trzeciej fazy zastępuje częściowo przełączniki  $k_1$  i  $k_2$ ) uzwojenia wtórne każdego transformatora posiadają szereg zaczepek, które są między sobą tak połączone, że możemy otrzymać dowolną liczbę napięć (po stronie wtórnej) o jednakowych modułach, ale przesuniętych w fazie o jednakowe kąty  $\alpha$ , przy czym

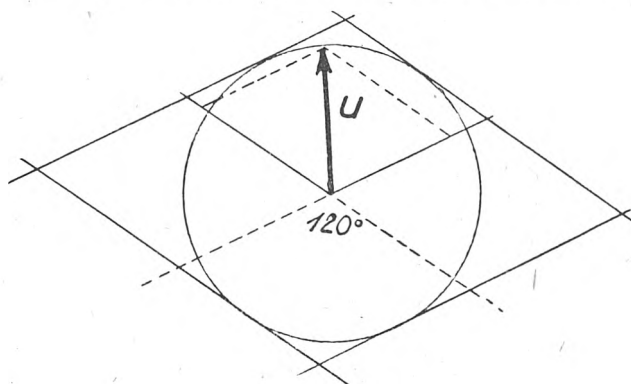
$$\alpha = \frac{180^\circ}{(n-1)},$$

gdzie  $n$  jest liczbą wektorów napięć o różnych przesunięciach fazowych. Zasada otrzymywania tego rodzaju układu napięć jest podana na rys. 2 (dla  $n = 19$ ). W układzie takim istnieje również również drugi stopień regulacji fazy w granicach kąta  $\alpha$  za pomocą odpowiednio włączanego autotransformatora<sup>1)</sup>.

Dwustopniowa regulacja modułu jest dokonywana za pomocą dwóch przekładników napięciowych, których uzwojenia pierwotne są połączone obocznie, w połączonych zaś posobnie uzwojeniach wtórnych można zmieniać liczbę czynnych zwojów. Stosowane są także wspólne dla wszystkich jednostek generatorowych autotransformatory trójfazowe wielozaczepekowe, przy czym każda jednostka posiada oddzielny trójstopniowy układ regulacji fazy i modułu napięcia<sup>2)</sup>.

Inny rodzaj jednostek generatorowych są to jednostki generatorowe, w których regulację fazy i modułu uzyskujemy za pomocą przesuwników fazowych i regulatorów indukcyjnych. Również i przy takim rozwiązaniu istniała

współzależność regulacji fazy i modułu w analizatorach, w których stosowano jeden tylko regulator indukcyjny trójfazowy oraz jeden przesuwnik fazowy. Trudność tę



można jednak opanować uzyskując niezależną regulację fazy i modułu za pomocą dwóch regulatorów indukcyjnych trójfazowych i jednego przesuwnika fazowego. Trójfazowe uzwojenia wtórne regulatorów połączone są posobnie, wirniki zaś sprzężone mechanicznie w taki sposób, że przy regulacji obracają się w przeciwnie strony. Napięcie pobierane z obu regulatorów nie zmienia dzięki temu fazy przy regulacji modułu. Zasada takiej regulacji podana jest na rys. 3. Napięcie  $U$  przesuwane jest następnie w fazie za pomocą przesuwnika fazowego.

W jednostkach generatorowych innego rodzaju współpracuje przesuwnik fazowy z jednym regulatorem indukcyjnym jednofazowym. Przesuwnik fazowy posiada trójfazowe uzwojenie stojana oraz jednofazowe uzwojenie wirnika. Regulator zasilany jest z przesuwnika napięciem o stałym module i zmiennej fazie. Obie regulacje są od siebie zupełnie niezależne, a moduł i faza napięcia niezależnie zależą od obciążenia. Oporność indukcyjna jednostki generatorowej może być kompensowana opornością pojemnościową.

Uzyskanie możliwie małego spadku napięcia w jednostkach generatorowych jest szczególnie korzystne przy badaniu równowagi w stanie nieustalonym metodą kolejnych punktów.

W jednostkach generatorowych lampowych ani ustalenie napięcia i częstotliwości, ani też uzyskanie płynnej regulacji w zakresie niezbędnych kątów przesunięcia fazowego nie następują poważniejszych trudności i spełnienie tych warunków można nawet uzyskać prostszą drogą niż w jednostkach generatorowych innego rodzaju.

Jednym z zasadniczych ulepszeń, jakie można było wprowadzić w analizatorach prądu zmiennego, było centralne sterowanie układem pomiarowym. Możliwość włączania całego układu pomiarowego w jeden z kilkuset punktów badanego układu elektroenergetycznego drogą prostych manipulacji na kilku przyciskach uprościło znacznie obsługę analizatora. Zagadnienie uzyskania tego rodzaju układu sterowniczego sprowadza się zasadniczo do właściwego zaprojektowania i wyboru układu przekaźnikowego. Drogą prostych stosunkowo ulepszeń można znacznie zredukować liczbę niezbędnych przekaźników, która jest niemal równa liczbie punktów pomiarowych. Centralne sterowanie układem pomiarowym wymaga daleko posuniętych środków ostrożności i daleko posuniętej kontroli pracy urządzenia przekaźnikowego drogą odpowiedniej sygnalizacji świetlnej. Należy zwrócić baczną uwagę, aby włączenie układu pomiarowego wprowadzało jak najmniejszą pojemność dodatkową w punkcie pomiarowym. Można to uzyskać zmniejszając liczbę par układów sprężyn równolegle przyłączonych w punkcie pomiarowym.

Najpoważniejsze może trudności napotyka się przy projekcie i realizacji właściwego układu pomiarowego. Wymagania stawiane układowi pomiarowemu są dwójakiego rodzaju. Z jednej strony wymagania te wiążą się z samą techniką pomiarowo-eksploatacyjną, z drugiej zaś strony — z wymaganiami, które narzuca metoda pomiaru polega-

<sup>1)</sup> A. C. network analysis (Electrician, 1950, str. 111).

<sup>2)</sup> Azariew D. I. Modeli elektriceskich sjsistem (Elektrichestwo, 1947, str. 17).

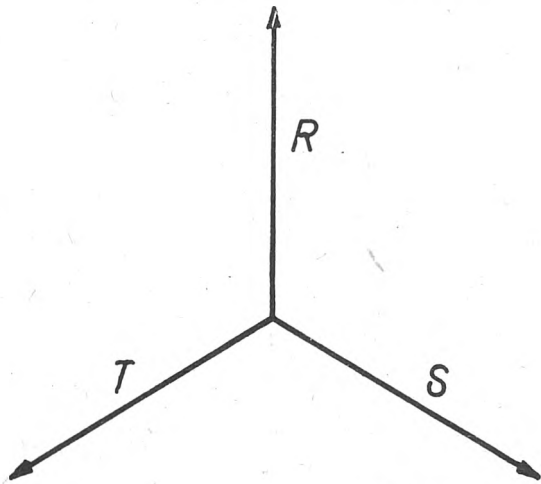
jąca na włączaniu układu pomiarowego do różnych punktów układu badanego. Układ pomiarowy analizatora prądu zmiennego powinien spełniać trzy zasadnicze wymagania:

1) powinien zapewniać możliwość włączania wszystkich przyrządów pomiarowych w dowolny punkt układu, nie zmieniając w widoczny sposób stanu elektrycznego tego układu;

2) odczyt powinien być prosty i szybki, przyrządy pomiarowe powinny zatem mieć odpowiednią konstrukcję przede wszystkim z uwagi na charakterystykę ruchu ich części ruchomych;

3) przyrządy powinny umożliwiać odczyt wszystkich niezbędnych wielkości elektrycznych.

Pobór mocy przez układ pomiarowy w poważnym stopniu wpływa na wartość przyjętej mocy podstawowej analizatora. Przyrządy powinny w zasadzie umożliwiać pomiar mocy czynnej i biernej, modułów oraz przesunięć fazowych prądów i napięć. Pożądana jest możliwość odczytu i pomiaru składowych wektorów prądów i napięć wzdłuż osi prostokątnych, związanych z pewnym kierun-



Rys. 2. Generator trójtransformatorowy

kiem podstawowym. Jedną z bardzo zasadniczych części układu pomiarowego są wzmacniacze o właściwie zaprojektowanym sprzężeniu zwrotnym, dzięki którym można wyeliminować trudności wywołane między innymi ruchem przyrządów pomiarowych.

#### 6. Urządzenia pomocnicze.

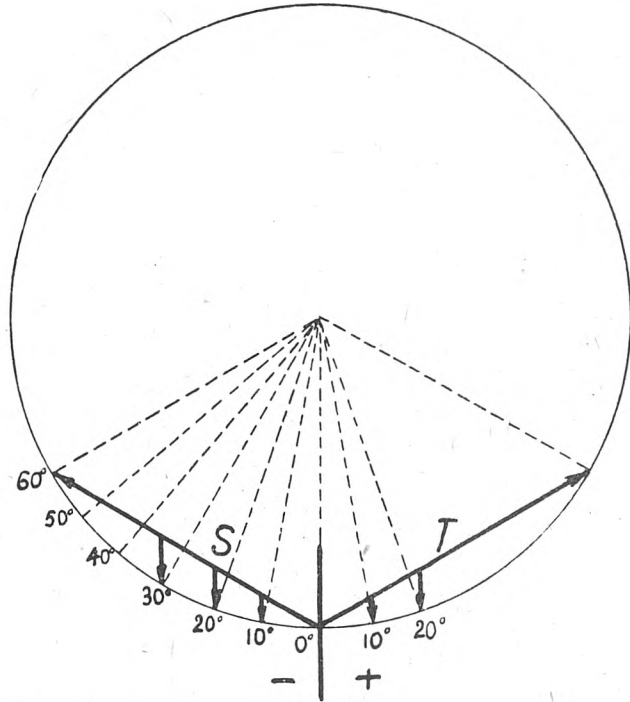
Urządzenia pomocnicze stosowane w analizatorach prądu zmiennego są dwójakiego rodzaju:

1) urządzenie, które może stanowić część składową analizatora i ułatwia obliczanie przede wszystkim prądów zwarciovych;

2) urządzenie ułatwiające obliczenia przeprowadzane zgodnie z metodą kolejnych punktów (badanie równowagi w stanie nieustalonym) na podstawie wyników otrzymanych przy pomiarach<sup>3)</sup>.

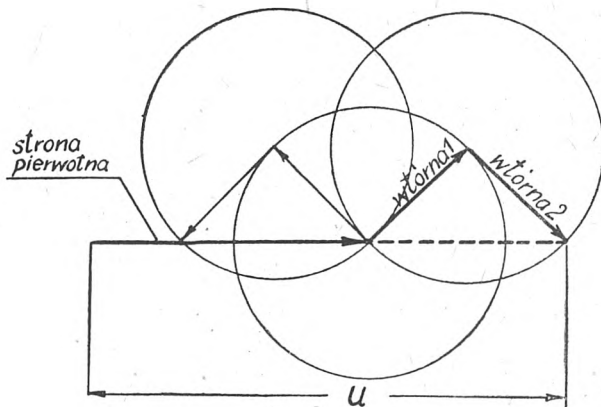
Jako pierwsze urządzenie należy wymienić przyrząd, służący do samoczynnego sumowania wektorowego składowych symetrycznych skojarzonych. Zasada działania tego przyrządu jest niesłychanie prosta; pozwala on drogą trzech manipulacji (przełączanie przełącznika obrotowego) wyznaczyć od razu trzy prądy przewodowe, płynące w dowolnym punkcie sieci w razie niesymetrycznego zwarcia w jednym punkcie układu. Wszak wiadomo, że jeżeli w układzie występują wielokrotne źródła zakłócenia (np. zwarcie doziemne w dwóch punktach), to między sieciami poszczególnych składowych symetrycznych występują sprzężenia, które komplikują obliczenia utrudniając bezpośredni pomiar prądów przewodowych bądź napięć fazowych. Zasada tego przyrządu oparta jest na własności macierzy określającej przekształcenie liniowe, dzięki któremu możliwe jest przejście od prądów przewodowych (napięć fazowych) do składowych symetrycznych prądu (napięcia). Własność ta, wynikająca z istnienia tensora przekształcającego pozwala zastąpić operator wektorowy  $e^{\pm j120^\circ}$

operatorem  $e^{\pm j90^\circ}$ , eliminując konieczność kłopotliwego sumowania liczb zespolonych. Drogą wykorzystania składowych symetrycznych skojarzonych można zredukować układ zastępczy układu rzeczywistego, w którym występuje pojedyncze zwarcie niesymetryczne, do odpowiednio (do rodzaju zwarcia) połączonych schematów dla składowej symetrycznej zgodnej i zerowej. Zasadniczy warunek, który musi być spełniony, aby uproszczenie takie było możliwe, sprowadza się do równości oporności układu dla składowej symetrycznej zgodnej i przeciwnej. Warunek taki jest zazwyczaj w rzeczywistych układach elek-



tromagnetycznych w dostatecznym stopniu spełniony. Posługiwanie się składowymi symetrycznymi skojarzonymi, aczkolwiek wymaga dokonania pomiarów w dwóch stanach układu, a mianowicie przed zwarciem i w czasie zwarcia, pozwala w prosty sposób uwzględnić wpływ zarówno obciążenia przed zwarciem jak i prądu ładowania. Wyzyskanie w tych warunkach wspomnianego przyrządu pozwala wielokrotnie skrócić czas niezbędny do uzyskania ostatecznych wyników.

Dругi rodzaj urządzenia to urządzenie, skracające czas i upraszczające wyznaczanie charakterystyk drgań metodą kolejnych punktów. Zasada tych obliczeń, opierająca



Rys. 3. Generator z dwoma regulatorami indukcyjnymi

się na przyjęciu upraszczających założeń dla zmian w czasie kąta rozchylenia, szybkości katowej i przyspieszenia, polega na wyznaczaniu stanu układu na końcu każdego

<sup>3)</sup> Mortlock J. R. (J. I. E. E., grudzień 1948 r., str. 751).



przedziału czasowego, który to stan przyjmujemy jako stan początkowy dla przedziału następnego. Im mniejsze będą przedziały czasowe, tym większa będzie dokładność obliczeń. W okresie czasu, w ciągu którego konfiguracja sieci nie ulega zmianie, bądź też w ciągu którego przedziały czasowe są takie same, obliczenia przeprowadzane są dla każdego przedziału w jednakowy sposób. Jeżeli jeden z tych warunków nie jest spełniony, tzn. jeżeli występuje zmiana konfiguracji sieci, bądź też jeżeli zmieniamy przedział czasowy, to należy uwzględnić w obliczeniach odpowiednie poprawki. Wybór przedziału czasowego o tyle tylko można uważać za dowolny, o ile nie wpływa on na zbytne zmniejszenie dokładności otrzymanych wyników. Istnieją wprawdzie analityczne metody sprawdzenia, czy przyjęty przedział czasowy jest odpowiedni, jako praktyczną wskazówkę można jednak przyjąć, że kąt rozchylenia w ciągu przedziału nie powinien wzrastać o więcej niż 20—30°. W wielu przypadkach powstaje konieczność przyjmowania przedziałów mniejszych od 0,05, wskutek czego liczba etapów w obliczeniach metodą kolejnych punktów wzrasta. Przy wzroście liczby współpracujących maszyn obliczenia stają się bardzo uciążliwe i łatwo jest przy ich przeprowadzaniu popełnić błąd. Trudności tego rodzaju można uniknąć stosując przyrząd, który do pewnego stopnia samoczynnie przeprowadza kolejne etapy obliczeń i daje po odpowiednim wyskalowaniu bezpośredni wynik w postaci wzrostu kąta rozchylenia w ciągu przedziału czasowego. Konstrukcja tego przyrządu jest prosta, a jego zasadniczymi częściami są transformator i potencjometry. Transformator posiada trzy uzwojenia wtórne o odpowiedniej liczbie zwojów, zasilające oporniki pracujące w układzie potencjometrycznym. Korzystając z odpowiedniego układu przełączników, przeprowadzamy obliczenia przełączając układy uzwojeń wtórnych i potencjometrów i odczytując wyniki z odpowiednio nastawionych i wyskalowanych potencjometrów.

W konstrukcji analizatorów prądu zmiennego można by niewątpliwie dopatrzeć się pewnych kierunków rozwojowych mierzących przede wszystkim:

- 1) do najdalej idącego uproszczenia i zmechanizowania pomiarów;
- 2) do ograniczenia do minimum błędów, wynikających z zasady odtworzenia rzeczywistego układu oraz konieczności wprowadzenia pewnych zmian do układu odtworzonego w trakcie wykonywania pomiarów;
- 3) do zmniejszenia wymiarów części składowych.

Ulepszenia — w wielu przypadkach zasadnicze, które można było wprowadzić, uzyskano jednak dzięki zdobyczom i postępowi nowoczesnej techniki na znacznie szerszym polu niż budowa analizatorów. Rozwój ich konstrukcji i osiągnięcia w tej dziedzinie to przede wszystkim właściwe przystosowanie i wyzyskanie osiągnięć w dziedzinie elektroniki, materiałoznawstwa i techniki pomiarowej.

## 7. Zastosowania analizatora prądu zmiennego.

Wspomnieliśmy poprzednio pokrótce o nieograniczonych wprost możliwościach, które daje w dziedzinie badań i obliczeń korzystanie z analizatora prądu zmiennego. Nawet w zakresie analizy układów elektroenergetycznych możliwości te są ogromne. Krótki przegląd tematyki prac badawczych w ich zupełnej ogólnym ujęciu pozwoli się zorientować, jak wiele żywotnych problemów można dziś rozwiązać bez wprowadzania zasadniczych uproszczeń, wypaczających z jednej strony sens techniczny otrzymanych wyników, a stanowiących z drugiej strony warunek „sine qua non” możliwości rozwiązania tych zagadnień. Ograniczmy się tutaj wyłącznie do krótkiego omówienia tych problemów, których rozwiązanie stało się możliwe dzięki analizatorowi prądu zmiennego i które są zagadnieniami najczęściej na nim rozwiązywanymi. Pominiemy więc chwilowo takie problemy z zakresu badania warunków pracy układów elektroenergetycznych, które dają się wprawdzie rozwiązać na analizatorze prądu zmiennego, lecz nadają się coraz bardziej do badania za pomocą przede wszystkim analizatora różniczkowego.

Obszerną tematykę tych zagadnień można podzielić na następujące zasadnicze grupy:

- 1) rozptył mocy czynnej i biernej w normalnych warunkach ruchowych i przy zakłóceniach, łącznie z ustalaniem metod regulacji napięcia, kompensacji mocy biernej, sprzęgania układów;

- 2) badanie równowagi układów w stanie ustalonym;

3) analiza warunków zwarciowych oraz warunków pracy zabezpieczeń przekaźnikowych przy zwarciach symetrycznych i niesymetrycznych (pojedynczych bądź wielokrotnych);

- 4) badanie równowagi układów w stanie nieustalonym.

Wszystkie te badania wchodzą w zakres laboratoryjnej analizy warunków pracy układów elektroenergetycznych w przypadkach, w których decydującą rolę odgrywa mała częstotliwość robocza (rozptył mocy), lub w których szybkości zmian występujących w układzie można przypisać częstotliwość małą w stosunku do częstotliwości roboczej (drżania elektromechaniczne w układzie, kołysanie maszyn synchronicznych). Oprócz tej obszernej grupy zagadnień ważną rolę odgrywają w analizie warunków pracy układów elektroenergetycznych badania zjawisk, których szybkość przebiegów w czasie, określona częstotliwościami własnymi układu, jest duża w porównaniu z szybkością zmian, określoną częstotliwością roboczą. Tego rodzaju zagadnienia można analizować posługując się specjalnymi modelami lub analizatorem prądu zmiennego, który jest wyposażony w specjalne urządzenia pomocnicze. Możemy więc laboratoryjnie badać zjawiska, które występują przy powtórnych zapłonach w obwodach o rozłożonych opornościach bądź o elementach, które posiadają nieliniową charakterystykę, itp.

Trudno byłoby omówić w krótkim artykule wszystkie zagadnienia, które mogą występować w ramach poszczególnych wymienionych grup. Z tego też powodu ograniczymy się jedynie do zwrócenia uwagi na pewne charakterystyczne założenia i własności typowych obliczeń tego rodzaju.

W ramach zagadnień występujących w normalnych warunkach pracy układów elektroenergetycznych do najciekawszych może zagadnień, których rozwiązanie z pomocą analizatora prądu zmiennego nie nastęrcza trudności, zaliczyć należy:

- 1) sterowanie rozptyłem mocy za pomocą regulacji fazy i modułu napięcia;
- 2) rozptył mocy w obwodach elektrycznie otwartych, tzn. tych, w których iloczyn przekładni wektorowych transformatorów w obwodzie zamkniętym określony jest liczbą zespoloną  $(a + jb)$ , przy czym  $a \neq 1$  i  $b \neq 0$ ;
- 3) badanie rozptyłu wyższych harmonicznych prądu i rozkładu wyższych harmonicznych napięć, których źródłem są transformatory i prostowniki; analiza tego rodzaju odgrywa zasadniczą rolę w zagadnieniach koordynacji linii energetycznych i telekomunikacyjnych.

Wyznaczanie mocy granicznych w stanie ustalonym dla układu wielu współpracujących maszyn jest tak skomplikowane nawet przy obliczeniach na analizatorze prądu zmiennego, że najczęściej rezygnujemy z wyznaczenia a priori marginesu mocy bądź stopnia stateczności układu w danych warunkach obciążeniowych. Sprawdzamy jedynie, czy przy założonych obciążeniach nie są przekroczone moce graniczne w stanie ustalonym i póty zwiększamy te obciążenia, póki nie będą osiągnięte moce graniczne. Należy zaznaczyć, że przy obliczeniach tych można ustalić proste bardzo kryterium równowagi współpracy każdej pary zastępczych prądnic. Badanie równowagi układów w stanie ustalonym opiera się na założeniu, że każdą maszynę synchroniczną można zastąpić odpowiednią opornością równoważną (która uwzględnia wpływ nasycenia magnetycznego), określoną przez oporność synchroniczną podłużną, oporność Potiera oraz kształt krzywej magnesowania. Często się zdarza, że wspomniane proste kryterium równowagi jest niewystarczające i zachodzi konieczność stosowania kryterium bardziej ścisłego, przy którego ustalaniu analizator jest bardzo pomocny. Istotną rolę przy badaniu warunków pracy układów elektroenergetycznych w stanie ustalonym odgrywa możliwość odwzorowania całych obszarów zasilania jedną opornością pozorną. Do odwzorowania takiego niezbędna jest znajomość:

- a) zależności mocy biernej i czynnej poszczególnych odbiorów od napięcia;
- b) podziału obciążenia całkowitego między poszczególne rodzaje obciążeń.

Możliwość stosowania składowych symetrycznych skrajonych  $(\alpha, \beta, 0)$  do obliczania prądów zwarciowych za pomocą analizatora prądu zmiennego znacznie upraszcza te obliczenia i pozwala uwzględnić wpływ szeregu czynników (obciążenie, oporność czynna, prąd pojemnościowy), które przy obliczaniu metodą klasycznych składowych sy-

metrycznych najczęściej są pomijane. Analizator prądu zmiennego pozwala w prosty sposób wyznaczyć prądy, napięcia i przesunięcia fazowe w dowolnym punkcie sieci przy dowolnego rodzaju zakłóceniach. Dzięki temu uzyskujemy wyczerpującą charakterystykę stanów, w których należy wymagać, aby działały zabezpieczenia, jak również i tych stanów, w których działaniu przełączników należy zapobiec. Wyniki uzyskane z pomiarów na analizatorze są szczególnie cenne przy projektowaniu i ustalaniu warunków pracy zabezpieczeń ziemnozwarciowych, które zależą przede wszystkim od rozplywu składowych zerowych prądów oraz od rozkładu składowych zerowych napięcia. Przy projektowaniu i koordynacji linii energetycznych i telekomunikacyjnych (w zakresie częstotliwości podstawowej) dane tego rodzaju są niezbędne. Możliwość ustalenia największych i najmniejszych prądów zwarciovych w różnych punktach układu najbardziej nawet skomplikowanego (i to bez konieczności pomijania wpływu zasadniczych czynników) pozwala ustalić prawidłowy sposób stosowania ochronników wydmuchowych, jak i określić ich niezbędne charakterystyki i własności. Uzupełnienie tych danych stanowią charakterystyki napięć powrotnych zdejmowane za pomocą analizatora prądu zmiennego (dostosowanego do bezpośredniego badania stanów nieustalonych) i porównywane z charakterystykami wytrzymałości powrotnej ochronnika. Metoda zdejmowania charakterystyk napięć powrotnych w różnych warunkach oraz analiza przepięć łączeniowych i ziemnozwarciowych wymaga specjalnych urządzeń dodatkowych. Bliższe omówienie zasad tego rodzaju specjalnych badań przeprowadzanych na analizatorze prądu zmiennego wykraczałoby jednak poza ramy niniejszego artykułu.

Zasada wyznaczania mocy granicznych w stanie nieustalonym drogą obliczeń na analizatorze prądu zmiennego jest taka sama, jak stosowana przy obliczeniach analitycznych w najprostszyc przypadkach, jednak przy warunku, że liczba współpracujących maszyn nie stanowi czynnika ograniczającego możliwości przeprowadzenia obliczeń. Założenia, które przyjmujemy przy takich obliczeniach przeprowadzanych za pomocą analizatora prądu zmiennego, nie odbiegają zazwyczaj od założeń przyjmowanych przy analitycznych obliczeniach metodą kolejnych punktów. Metoda składowych symetrycznych pozwala w prosty sposób uwzględnić wpływ charakteru zakłócenia na przebieg charakterystyki drgań układu. Na podstawie ustalonych metod obliczeń analitycznych można przy pomiarach na analizatorze prądu zmiennego uwzględnić wpływ takich czynników, jak pułapu i stromości napięcia wzbudzającego, uzwojeń tłumiących, regulatorów turbin itp. Możliwość stosowania teorii klasycznych składowych symetrycznych przy badaniu zalet i skuteczności powtórnego włączania jednofazowego i trójfazowego sprowadza te badania do najbardziej typowych pomiarów analizatorowych.

W ramach współpracy Centralnego Zarządu Energetyki z Zakładem Wielkich Mocy Głównego Instytutu Elektrotechniki zarysowała się wyraźna konieczność dysponowania analizatorami prądu stałego i zmiennego. Konieczność ta, wynikająca z bieżącej tematyki prac i zagadnień, które należało rozwiązać w możliwie szybkim czasie, wysuwała sprawę budowy analizatorów jako jedno z czołowych zadań Zakładu Wielkich Mocy. Umożliwią one dostarczenie Centralnemu Zarządowi Energetyki cennych danych, stanowiących podstawę do planowego i ekonomicznego dysponowania rozporządzalną mocą bez obawy poważnych w następstwie zakłóceń. Zaopatrzenie przemysłu w energię elektryczną w sposób zgodny z jego potrzebami i wymaganiami na podstawie ustalonych i sprawdzonych laboratoryjnie wytycznych zwiększyłoby do maksimum współczynnik bezpieczeństwa i zredukowałoby do minimum możliwość groźnych następstw chwilowego zakłócenia i wywołanej nimi niezbędnej zmiany konfiguracji współpracujących układów. Sprawdzenie założeń planowanej rozbudowy układów elektroenergetycznych i krytyczna ocena wyników uzyskanych z obliczeń analizatora umożliwiają w dużej mierze właściwą koordynację zadań i potrzeb przemysłu z zadaniami i potrzebami energetyki oraz pozwalają energetyce ustalić nawet perspektywiczne kierunki rozwojowe dostosowane do żywotnych potrzeb gospodarki narodowej. Rozumiejąc wagę i znaczenie tych zagadnień Zakład Wielkich Mocy Głównego Instytutu Elektrotechniki uruchomił w lutym 1951 roku analizator prądu zmiennego, którego opis techniczny jest podany w dalszej części niniejszego artykułu.

Pełne zrozumienia stanowisko władz nadrzędnych, jak i ofiarna i życzliwa współpraca zakładów naukowych i instytucji pozwoliły na szybkie zrealizowanie projektu pomimo wielu trudności. Założenia projektowe analizatora instytutowego, dla których dokumentację techniczną stanowią dostępne źródła literatury, wprowadzają jednak szereg oryginalnych rozwiązań oraz urządzeń, które zmniejszają do minimum czas potrzebny do uzyskania pożądanych wyników obliczeń.

## II. ANALIZATOR PRĄDU ZMIENNEGO GŁÓWNEGO INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI

### 8. Organizacja prac.

W styczniu 1950 r. wobec trudności uzyskania analizatora prądu zmiennego dla Głównego Instytutu Elektrotechniki w drodze dostawy zagranicznej postanowiono zaprojektować i wykonać analizator w kraju. Przy projekcie i budowie przyjęto następującą organizację pracy: pracownicy Zakładu Wielkich Mocy GIEI mieli opracować założenia projektowe i projekt wstępny analizatora. Projekty wykonawcze, budowa poszczególnych elementów oraz montaż miały być wykonane poza GIEIem, który nie rozporządza odpowiednią liczbą personelu i odpowiednim warszatem. Wszystkie materiały, potrzebne do budowy analizatora, miał dostarczyć GIEI. Koordynacja projektów i nadzór nad biegiem prac projektowych i wykonawstwem należeć miały do GIEIu.

Projekt. Założenia projektowe i projekt wstępny — w uzgodnieniu z wykonawcami i uwzględnieniem możliwości materiałowych — zostały opracowane przez Zakład Wielkich Mocy w marcu 1950. Projekty szczegółowe części elektrycznej dużej częstotliwości (generatory, elementy obciążeniowe, transformatory, oporniki, cewki i kondensatory w wykonaniu skrzynkowym, układ zasilający, układ pomiarowy) zostały opracowane przez Zakład Techniki Przenoszenia Przewodowego Politechniki Warszawskiej. Projekt części teletechnicznej (układ przełącznikowy do samoczynnego przyłączenia układu pomiarowego w dowolne miejsce sieci odwzorowanej) wykonał Zakład Techniki Łączenia Politechniki Warszawskiej. Projekt konstrukcji łącznicy analizatora wykonało Biuro Studiów i Projektów Łączności Min. P. i T., projekt konstrukcji obudowy analizatora został opracowany częściowo przez GIEI (pulpit sterowniczo-pomiarowy), częściowo poza GIEIem na podstawie zlecenia (pole łącznicy i pola elementów).

Wykonanie. Wszystkie części elektryczne (generator zasilający na 500 c/s, generatory, transformatory, obciążenia, oporniki, cewki i kondensatory w wykonaniu skrzynkowym, układ pomiarowy wraz z wzmacniaczami i układem kompensacyjnym do pomiaru fazy) zostały wykonane według projektu mgra inż. Mariana Łapińskiego przez Zakład Techniki Przenoszenia Przewodowego P. W. Montaż układu przełącznikowego, tablic gniazd i wtyczek łącznicy oraz okablowanie analizatora wykonało Przedsiębiorstwo Robót Telekomunikacyjnych Min. P. i T. Konstrukcję stalową wykonały Zakłady Wytwórcze Aparatów Wysokiego Napięcia, pulpitu pomiarowo-sterowniczego — warsztat GIEIu.

### 9. Założenia projektowe.

Podstawowymi parametrami analizatora prądu zmiennego są liczby jego elementów. Przy ustalaniu liczby poszczególnych elementów analizatora prądu zmiennego GIEIu oparto się na założeniu, że analizator powinien odwzorować projektowany układ elektroenergetyczny Polski oraz powiązania z układami państw sąsiadujących. Szczegółową analizę liczby elementów analizatora opracował w 1947 r. prof. K. Przanowski\*). Dla warunków polskich liczby poszczególnych elementów wynoszą:

generatory	15
oporności pozorne	136
odbiorcy	42
pojemności	33

W analizatorze prądu zmiennego GIEIu dla uniknięcia nadmiernego upraszczania sieci przyjęto nieco większą liczbę generatorów oraz uwzględniono kompensatory. Liczba odbiorów została nieco zmniejszona, liczba układów „pi”, które będą jednocześnie służyły do odwzorowania

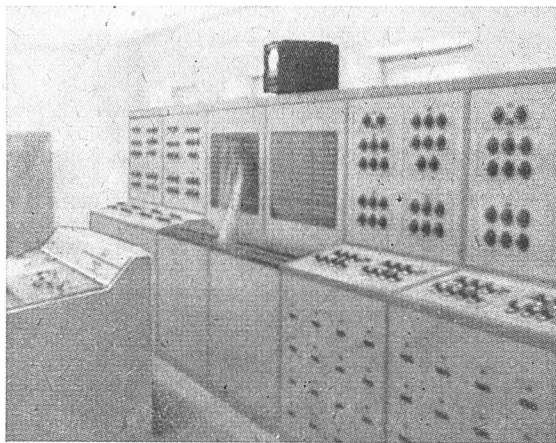
\*) Por. K. Zółciak. Analizator sieciowy i jego zastosowanie w warunkach polskich (Przegl. Elektr., 1947, z. 11/12, str. 354—356).



transformatorów, została powiększona. Ostatecznie przyjęto następujące liczby poszczególnych elementów:

generatory	20
kompensatory	10
układy „pi”	160
odbiory	40
transf. regulacyjne	10

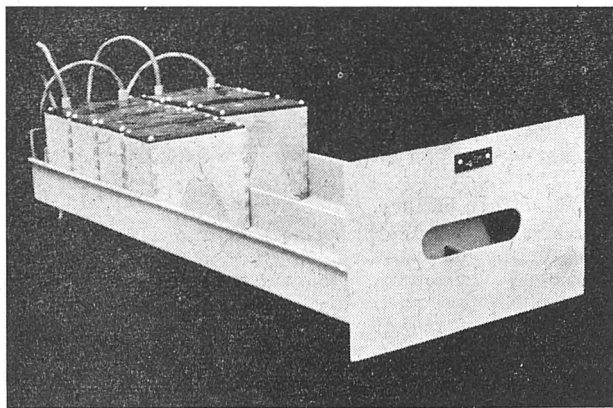
Elementy analizatora zostały rozmieszczone w typowych polach, co umożliwia częściowe uruchomienie oraz rozbu-



Rys. 4. Analizator prądu zmiennego Głównego Instytutu Elektrotechniki

downą analizatora i ułatwia jego obsługę. W każdym polu są umieszczone: 2 generatory, 1 kompensator, 1 transformator regulacyjny, 4 obciążenia oraz 16 układów „pi”. Analizator będzie posiadał 10 takich typowych pól. Cztery pola zostały już uruchomione.

Analizatory są budowane na różne częstotliwości pracy; pierwsze analizatory pracowały przy 50 c/s. Wadami ich były znaczne wymiary elementów. Dlatego nowsze rozwiązania analizatorów opierają się na częstotliwościach 200 do 500 c/s. Przy rozwiązaniach na wyższe częstotliwości natknięto się na trudności, związane ze sprzężaniem się obwodów przez indukcyjności i pojemności. Uwzględniając powyższe zdecydowano, że analizator sieciowy GIE1 będzie pracował na częstotliwości 500 c/s. Wartość tę obrano m. inn. ze względu na łatwość przeliczeń; przy 10-krotnie powiększonej częstotliwości modelu w stosunku do sieci rzeczywistej i współczynnikiem odwzorowania oporności rów-



Rys. 5. Szufladka z elementami układów „pi”

nym 10, jak przyjęto w analizatorze GIE1, wartości indukcyjności na modelu i w sieci rzeczywistej są sobie równe.

Współczynnik odwzorowania napięcia przyjęto równy  $k_v = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 1000}$ . Dobór tej wartości jest uzasadniony

tym, że na analizatorze będzie najczęściej odwzorowywana sieć na 110 kV, kondensatory zaś ograniczają napięcie pracy układu do  $\sim 75$  V. Przy badaniu sieci innych napięć można, oczywiście, stosować inny współczynnik od-

wzorowania napięcia tak, aby napięcie pracy modelu nie przekroczyło 75 V.

Współczynnik odwzorowania oporności czynnej, indukcyjnej i pojemnościowej przyjęto równy 10. Na ustalenie tej wartości wpłynęły przeciwdziałające sobie względy:

a) współczynnik odwzorowania oporności powinien być jak największy ze względu na wpływ oporów połączeń i oporów przejść oraz ze względu na zmniejszenie wartości pojemności;

b) współczynnik odwzorowania oporności powinien być możliwie mały ze względu na wartości indukcyjności (wymiary cewek);

c) współczynnik odwzorowania oporności powinien być przy ustalonej wartości współczynnika odwzorowania napięcia możliwie duży ze względu na moc zasilania oraz wartości natężenia prądu.

Przy obranym współczynnikiem odwzorowania napięcia

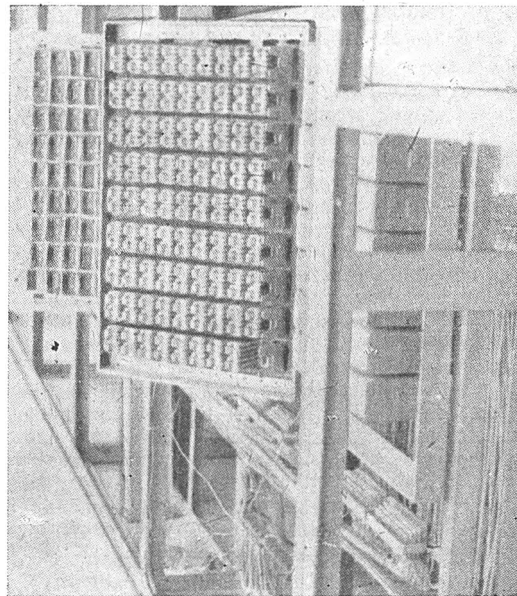
$$k_v = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 1000} \text{ oraz współczynnikiem odwzorowania oporności}$$

$k_r = 10$  otrzymujemy:

$$\text{współczynnik odwzorowania prądu: } k_i = \frac{k_v}{\sqrt{3} \cdot k_r} = \frac{1}{10000}$$

współczynnik odwzorowania mocy:

$$k_p = \frac{\sqrt{3} \cdot k_v \cdot k_i}{3} = \frac{1}{3 \cdot 10^7}$$



Rys. 6. Ramy przekąźnikowe

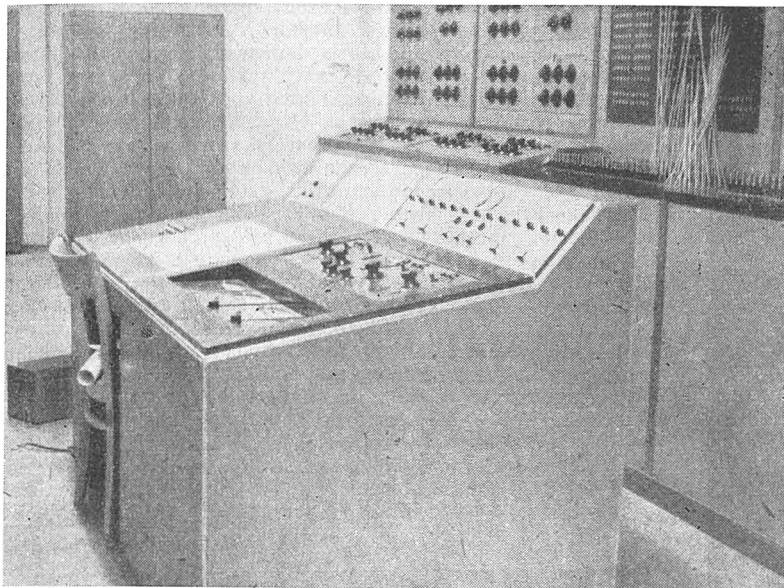
Tak więc:

mocy w sieci 100 MVA odpowiada na modelu	3,33 VA
napięciu międzyprzewodowemu sieci 110 kV,	
odpowiada na modelu	62,5 V
prądowi w sieci 500 A odpowiada na modelu	50 mA
oporności sieci 10 $\Omega$ odpowiada na modelu	100 $\Omega$

W znanych analizatorach, pracujących przy częstotliwościach 200—500 c/s generatory mogą być odwzorowywane przy pomocy małych prądnic synchronicznych lub też jednej prądnicy synchronicznej i odpowiedniej liczby przesuwników i regulatorów. W analizatorze prądu zmiennego GIE1u zdecydowano przyjąć rozwiązanie zaproponowane przez Zakład Techniki Przenoszenia Przewodowego Politechniki Warszawskiej, a odmienne od wyżej podanych. W rozwiązaniu tym generatory są odwzorowane przy pomocy mostkowych oporowo-pojemnościowych przesuwników fazy i regulatorów napięcia z wzmacniaczami o mocy 8 VA każdy, zasilanych z generatora lampowo-kamertonowego o częstotliwości 500 c/s. Rozwiązanie powyższe posiada następujące zalety: a) stałość częstotliwości, b) uniknięcie stosowania regulatora częstotliwości, c) małą moc zasilania, d) uniknięcie części wirujących w układzie, e) większą dokładność i łatwość w uzyskaniu płynnej regulacji fazy sem. generatora.

### 10. Opis techniczny analizatora sieciowego GIElu.

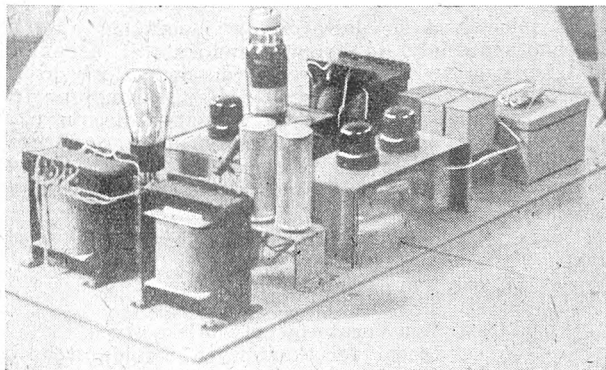
Analizator stanowi rodzaj szafy metalowej, składającej się z poszczególnych pól. Rys. 4 przedstawia fotografię analizatora sieciowego Głównego Instytutu Elektrotech-



Rys. 7. Pulpit pomiarowo-rozrządczy

niki. Boczne pola wykorzystane są do umieszczenia elementów generatorowych, obciążeń, kompensatorów, transformatorów regulacyjnych oraz zawierają szufladki, w których zestawia się z elementami skrzynkowych RLC układy „pi”. W górnej części pola umieszczone są płyty czołowe z elementami obciążeń, kompensatorów i transformatorów, płyty generatorów umieszczone są na pochylonym pulpicie pola, w dolnej części pola znajdują się szufladki. Rys. 5 przedstawia fotografię szufladki, w której zestawia się układy „pi”. Końcówki wszystkich elementów przyłączone są do listwy w środkowym polu. Pole środkowe stanowi łącznica, zawierająca na płycie czołowej dwie tablice z 700 gniazdami teletechnicznymi oraz pulpit, zawierający 480 wtyczek ze sznurami. W tylnej części pola łącznicy znajdują się 4 ramy, zawierające 525 przekaźników (rys. 6), służących do automatycznego przyłączania układu pomiarowego do dowolnego elementu odwzorowanej sieci.

Do pomiarów i sterowania służy pulpit pomiarowo-rozrządczy (rys. 7). Pulpit wykonany jest w postaci biurka, na którego płycie znajdują się przyrządy pomiarowe, przełączniki zakresów, przyciski do sterowania automatycznego przyłączania układu pomiarowego, lampki sygnali-

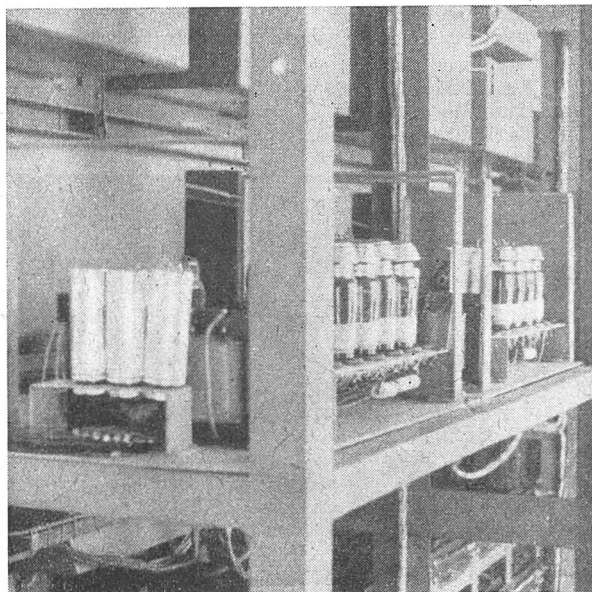


Rys. 8. Generator lampowo-kamertonowy

zacyjne, przyciski sterownicze wyłącznika głównego oraz wyłączniki i zabezpieczenia obwodów prądu zmiennego i stałego. W środkowej części pulpitu znajduje się podwójna płyta szklana, naświetlana od wewnątrz, służąca do umieszczania schematu układu badanego. Wewnątrz pulpitu umieszczono statecznik napięcia, generator lampowo-kamertonowy, wzmacniacze pomiarowe oraz prostownik.

Układ zasilający o częstotliwości 500 c/s składa się ze statecznika napięcia oraz generatora lampowo-kamertonowego (rys. 8). Generator kamertonowy umieszczony jest w obudowie z płyt wołkowych tłumiących. Każdy element generatorowy składa się z wzmacniacza mocy o mocy wyjściowej 8 VA, układu do regulacji amplitudy napięcia wyjściowego w granicach 0—90 V i układu do regulacji fazy w granicach 0—360°. Regulacja fazy jest dwustopniowa: skokami co 90° przez 0° — 90° — 180° — 270° oraz ciągią w granicach 0° — 90° dla każdego z zakresów stopnia pierwszego. Rys. 9 przedstawia wzmacniacz mocy generatora. Układy regulacyjne amplitudy i fazy generatora umieszczone są na płycie czołowej generatora. Na płycie tej zmontowane są również czterodekadowe układy indukcyjności o zakresie regulacji oporności indukcyjnej 0 do 400 Ω, służące do odwzorowywania oporności wewnętrznych generatorów. Oporności te mogą być zwierane specjalnym kluczem przerywowym, gdy nie zachodzi potrzeba ich stosowania. Płyta czołowa generatora przedstawiona jest na rys. 10. Pomiar napięcia mogą być wykonywane przed i za układem indukcyjności (pomiar  $E$  i  $U$  generatora).

Obciążenia są odwzorowywane przy użyciu oporników i cewek w układzie 3-dekadowym. Są one umieszczone na płytach. Rys. 11 przedstawia element obciążeniowy RL, rys. 12 — element obciążeniowy RLC (kompensator). Zakres regulacji oporności czynnych i biernych wynosi od 1000 do 13000 omów z położeniem przełącznika „nieskończoność”, odpowiadającym przerwie w ob-



Rys. 9. Wzmacniacz mocy generatora lampowego

wodzie. Elementy RLC posiadają dodatkowo dwudekadowy układ kondensatorów o zakresie regulacji  $10 \times 1000 + 10 \times 10\,000$  pF.

Podane zakresy oporności, indukcyjności i pojemności pozwalają przy podanych wyżej współczynnikach odwzorowania odwzorować obciążenia w zakresie 0—100 MW, 0—100 MVar i 0—50 MVar poj.

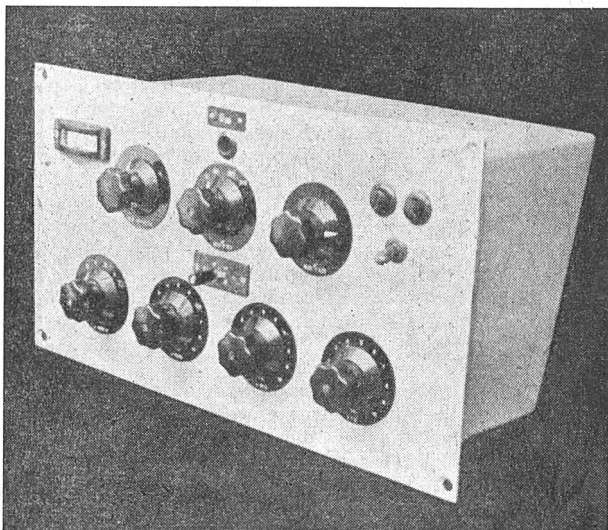
Transformatory regulacyjne (rys. 13) wykonane są jako transformatory dwuuzwojeniowe, nawinięte na rdzeniach permalojowych. Moc transformatorów wynosi 1,5 i 3 VA. Regulacja odbywa się przez zmianę położenia dwóch przełączników zaczepów w zakresie  $\pm 15 \times 1\%$ .

Oporności czynne i bierne linii są odwzorowywane przy pomocy elementów skrzynkowych RLC (rys. 14), zestawianych w szufladkach. Elementy te są łączone przy pomocy specjalnych łączówek-zwieraczy.



Oporniki są wykonane z drutu konstantanowego o nawinięciu bezindukcyjnym. Cewki są nawinięte drutem miedzianym w emalii na rdzeniach toroidalnych ferrokartowych.

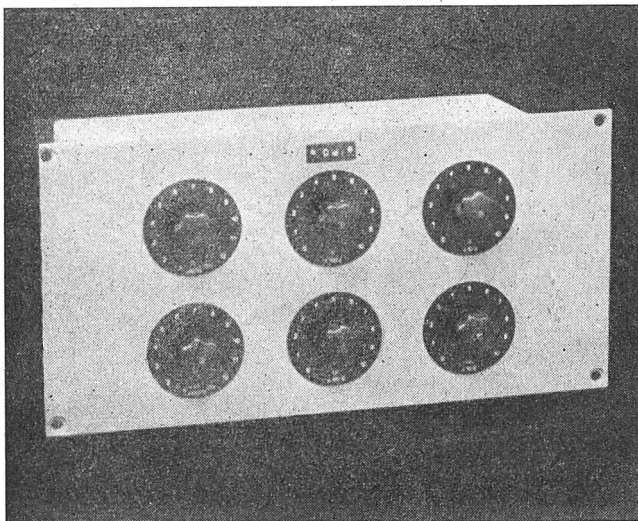
Układ pomiarowy składa się z miernika kompensacyjnego kąta przesunięcia fazy napięcia, wzmacniacza prądu, wzmacniacza napięcia, dzielników napięcia, boczników prądu oraz czterech przyrządów elektrodynamicznych klasy 0.2: amperomierza, woltomierza, watomierza i waromierza. Układ pomiarowy jest umieszczony na stałe w pulpicie pomiarowo-rozrządczym i może być przyłączany samoczyn-



Rys. 10. Płyta czołowa generatora lampowego

nie do dowolnego miejsca układu odwzorowanego przy pomocy wyborczego urządzenia przekaźnikowego.

Układ wyborczy składa się z 525 przekaźników, klawiatury 11-przyciskowej oraz 26 lampek sygnalizacyjnych. Zasada działania układu jest następująca: wszystkie elementy analizatora są ponumerowane liczbami trzycyfro-

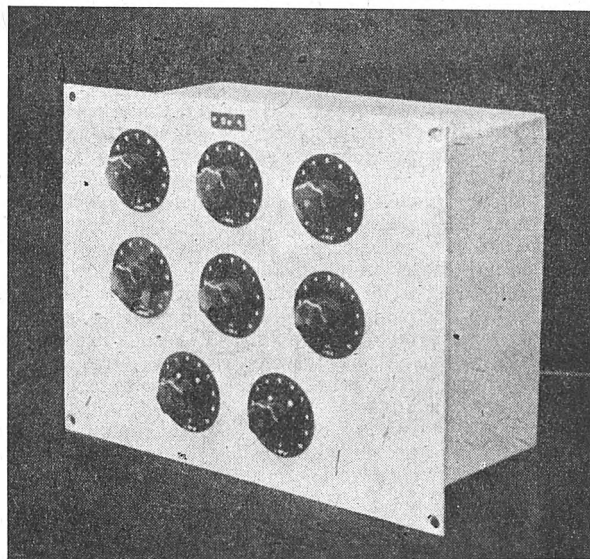


Rys. 11. Element obciążeniowy RL

wymi od 100 do 539; przez trzykrotne naciśnięcie przycisków klawiatury, odpowiadających cyfrom setki, dziesiątki i jednostki obranego numeru elementu, zaciski wejściowe i wyjściowe elementu podaje się przez odpowiednie przekaźniki na szyny układu pomiarowego. Przez odpowiednie nastawienie przełącznika zaciski wejściowe zwiera się, a zaciski wyjściowe przyłącza się do układu pomiarowego lub też przyrządy pomiarowe przyłącza się na wejście, a zaciski wyjściowe zwiera się. W ten sposób umożliwione jest dokonywanie pomiaru mocy, napięcia i prądu na wejściu i wyjściu każdego elementu. Schemat urządzenia uniemożliwia jednoczesne przyłączenie układu pomiarowego do więcej niż jednego elementu. Numer elementu

wyświetla się dopiero po rzeczywistym przyłączeniu układu pomiarowego do obranego elementu, a nie po naciśnięciu przycisków. Odłączenie układu odbywa się przez naciśnięcie przycisku kasującego.

Generatory, obciążenia, transformatory oraz układy „pi” mogą być dowolnie łączone przy pomocy sznurów łączeniowych na tablicy łącznicy. Przewody od wszystkich elementów analizatora doprowadzone są do listwy łączeniowej, znajdującej się w tylnej części łącznicy, i połączone są ze sznurami, zakończonymi wtyczkami. Pulpit łącznicy zawiera 320 wtyczek elementów „pi”, 40 wtyczek generatorów, 40 wtyczek transformatorów oraz 80 wtyczek obciążeń. Tablica łączeniowa składa się z dwóch pół, na których umieszczono gniazda czterospójne. Każde gniazdko posiada oznaczenie rzędu i kolejnego miejsca w rzędzie. Sprężyny gniazd są tak połączone, że przez wtknięcie wtyczki do gniazda otrzymuje się połączenie z sąsiednim gniazdem z lewej strony. W ten sposób dla przyłączenia elementów do jednego węzła należy wtykać wtyczki do kolejnych gniazd, a dla węzła następnego wystarczy opuścić jedno gniazdo. Sposób ten daje wielką oszczędność liczby gniazd, nie określa się bowiem z góry liczby gniazd w węźle i liczba ta może być dowolnie powiększana. W dolnej części pół znajdują się gniazda „zerowe” (gniazda szyn zerowych). Gniazda te są ułożone w 10 grupach, które mogą być wzajemnie łączone. Przez zastosowanie podziału gniazd zerowych można na analizatorze odwzorować i mierzyć jednocześnie kilka układów.



Rys. 12. Element obciążeniowy RLC

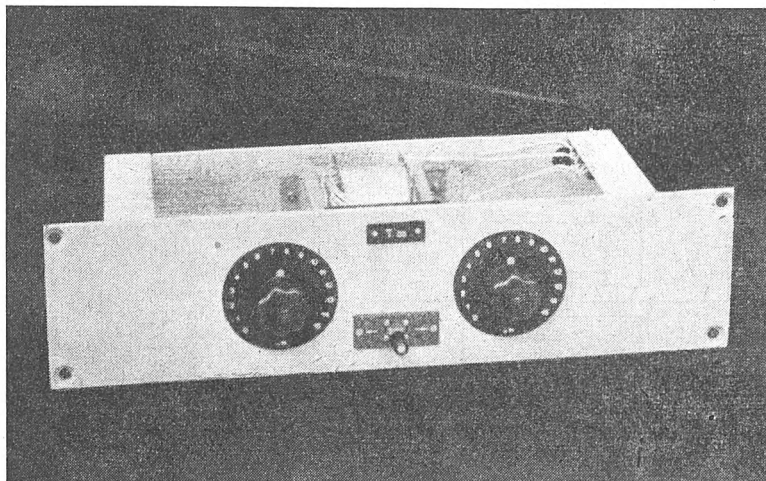
## 11. Zaopatrzenie materiałowe.

GIEI zobowiązał się dostarczyć wykonawcom wszystkie potrzebne materiały do budowy analizatora. Zadanie to było trudne do wykonania ze względu na rozległy asortyment zapotrzebowanych materiałów oraz z uwagi na fakt, że decyzja budowy zapadła już po zatwierdzeniu planu zaopatrzenia GIEIu. Większość materiałów dostarczona z bieżącej produkcji krajowej, częściowo oparto się na zasobach Centrali Zaopatrzenia Materiałowego Przemysłu Elektrotechnicznego.

W okresie budowy dostarczone wykonawcom między innymi:

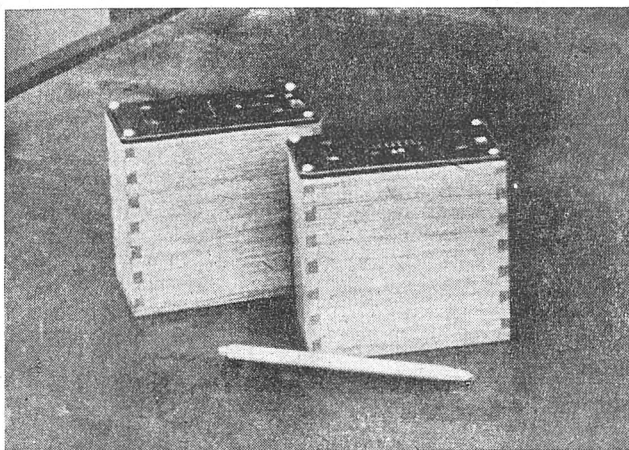
- 200 szt. lamp radiowych,
- 600 szt. przekaźników,
- 3000 szt. kondensatorów styrofleksowych,
- 400 kg rdzeni ferrokartowych toroidalnych,
- 100 kg rdzeni permalojowych,
- 300 kg drutu nawojowego miedzianego,
- 10000 mb schematowego,
- 100 kg materiałów izolacyjnych (taśma, ceratka),
- 200 kg płyt bakielitowych,
- 200 kg masy kablowej jasnej,
- 800 kg blach mosiężnych, miedzianych, brązowych, aluminiowych, duraluminiowych i stalowych,
- 800 szt. gniazd telefonicznych czterospójnych,
- 800 szt. wtyczek dwubiegunowych ze sznurami.

Rys. 13. Transformator regulacyjny



## 12. Okres realizacji analizatora.

Celem przyspieszenia rozpoczęcia badań na analizatorze budowa jego została podzielona na dwa etapy: w pierwszym etapie miała być uruchomiona łącznica i 4 pola ele-



Rys. 14. Elementy skrzynkowe RLC

mentów, stanowiące 40% pełnego wyposażenia analizatora, w drugim okresie ma być uruchomiona pozostała część analizatora.

Pierwsza część analizatora, obejmująca kompletną łącznicę, 8 generatorów, 4 transformatory regulacyjne, 16 obciążań, 4 kompensatory, 64 układy „pi” oraz układ zasilający, aparaturę pomiarową i kompletne urządzenie do samoczynnego przyłączania układu pomiarowego, została uruchomiona w lutym 1951 r. W 1951 r. będzie zrealizowana pełna rozbudowa.

### Od Dyrekcji Głównego Instytutu Elektrotechniki

*Analizator prądu zmiennego GIElu został wykonany w bardzo krótkim czasie, jeśli się zważy, że decyzja budowy zapadła w styczniu 1950 r., a kredyty uruchomiono w maju 1950 r. Wykonanie poważnej inwestycji specjalnej w tak krótkim terminie było możliwe tylko dzięki wielkiemu wysiłkowi i ofiarności wszystkich współpracujących instytucji.*

*Główny Instytut Elektrotechniki składa na tym miejscu gorące podziękowanie wszystkim współpracującym Zakładom za wzorowe i szybkie wykonanie części składowych analizatora, a w szczególności Zakładowi Techniki Przewodowego Politechniki Warszawskiej w osobach Kierownika Zakładu prof. dra Witolda Nowickiego, adiunkta mgra Mariana Łapińskiego, inż. J. Brzostka, technika Cz. Gieraka, mgra F. Michalskiego, mgra St. Bellerta, mgra J. Dudziewicza, mgra A. Boglewskiego i mgra T. Nowickiego oraz Zakładowi Techniki Łączenia Przewodowego w osobach kierownika Zakładu prof. dra Stanisława Kuhna, prof. mgra Antoniego Palczewskiego i inż. W. Dumaty.*

JAN PIASECKI  
Politechnika Gdańska

## Postępy techniki elektroenergetycznych instalacji przemysłowych

Treść. Na podstawie źródeł radzieckich artykuł podaje te cechy instalacji i stosowanego w nich sprzętu, które najbardziej odbiegają od dawnych zasad i rozwiązań. Wykazana jest doniosłość poruszanych zagadnień dla zadań realizacji planu sześcioletniego.

Успехи в области заводских электроэнергетических установок. Основываясь на советских источниках, автор указывает те особенности установок и применяемого в них оборудования, которыми современная техника больше всего отличается от прежних правил и методов. Отмечена важность затронутых проблем для выполнения 6-летнего плана.

Progress in the technique of industrial electric power installations. The article deals, on the basis of Soviet sources, with the features of installations and the equipment used therein, which show a considerable divergence from previous principles and solutions. The importance of the problems dealt with for the task of implementing the Six-Year Plan.

### 1. Wstęp.

Plan sześcioletni stawia nas wobec konieczności nie tylko opanowania zupełnie nowych zagadnień techniczno-gospodarczych, ale także wobec konieczności rewizji i nowelizacji zapatrywań na kwestie nie nowe. Do takich należy sprawa instalacji elektroenergetycznych w zakładach przemysłowych.

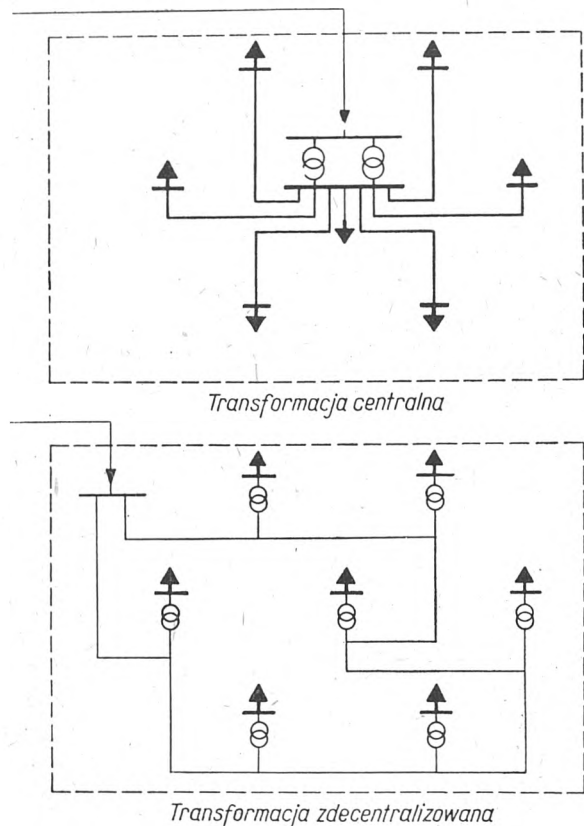
W referacie wygłoszonym na V Plenum KCPZPR w dniu 15. 7. 1950 minister Minc, podsumowując zamierzenia z rozdziału II Ustawy o 6-letnim planie rozwoju gospo-

darczego i budowy podstaw socjalizmu na lata 1951 do 1955, wymienił jako ogólną liczbę wielkich zakładów przemysłowych, które mają powstać w ramach wykonania planu 6-letniego, około 250.

250 wielkich zakładów przemysłowych nowoczesnych — a więc zelektryfikowanych w najszerzych granicach — stawia zadanie wyposażenia ich w instalacje elektroenergetyczne, jak na dotychczasowe pojęcia bardzo duże, czyniące zadość daleko idącym wymaganiom co do niezawodności w pracy.



Nasze praktyczne przygotowanie do prawidłowego rozwiązania takich instalacji nie jest najlepsze, jeżeli zważywszy następujące okoliczności:



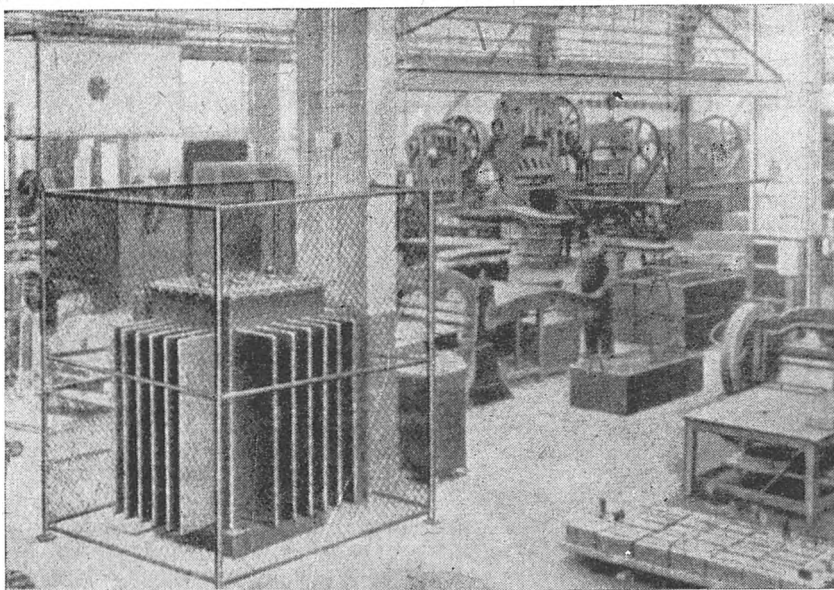
Rys. 1. Decentralizacja transformacji

1) nasze przedwojenne wielkie zakłady przemysłowe rosły przeważnie etapami, a ich instalacje elektryczne narastały stopniowo, nie tworząc zwartych, scharmonizowanych układów,

2) budowa wielkich zakładów od podstaw należała do rzadkości i nie uogólniła odpowiednich zagadnień instalacyjnych, a wzorowe, nowoczesne rozwiązania występowały jako rozproszone fragmenty,

3) w okresie okupacji hitlerowskiej byliśmy odcięci od tego rodzaju zagadnień i od postępu, który się wtedy dokonywał.

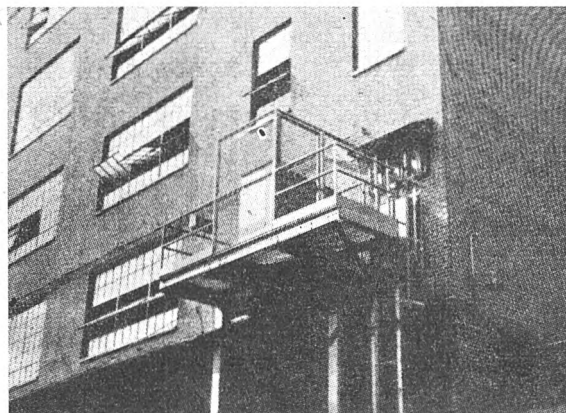
Okres realizacji planu trzyletniego wykazał, że na od-



Rys. 2. Transformator wypełniony klofenem\* w środowisku warsztatowym (1938 r.)

cinku dużych instalacji przemysłowych panuje u nas wielka rozbieżność, a bodaj nawet zamęt poglądów, w wyniku czego nie wszystkie osiągnięcia z tego okresu uważać za udane.

W tym stanie rzeczy krajowa produkcja sprzętu elektrycznego jest wciąż jeszcze zacofana i nie dostarcza wyposażenia pozwalającego na stosowanie nowoczesnych



Rys. 3. Transformator na balkonie zewnętrznym

układów instalacyjnych. Sprzęt obecnie produkowany nie zawsze pozwala nam sprostać wymaganiom, które wciąż wzrastają w związku z coraz większymi mocami zwarciovymi naszych intensywnie rozbudowywanych urządzeń elektryfikacyjnych i coraz częściej stosowanymi dużymi jednostkami transformatorowymi w urządzeniach odbiorczych.

Wobec wielkich a nagłych zadań, które wymagają trafnego ujęcia, nie ma czasu na szukanie własnych dróg opanowania sytuacji. Trzeba uciec się do wzorów z zewnątrz kraju i ze zrozumiałych, a bliższych nam względów trzeba oprzeć się przede wszystkim na wzorach i doświadczeniach Związku Radzieckiego.

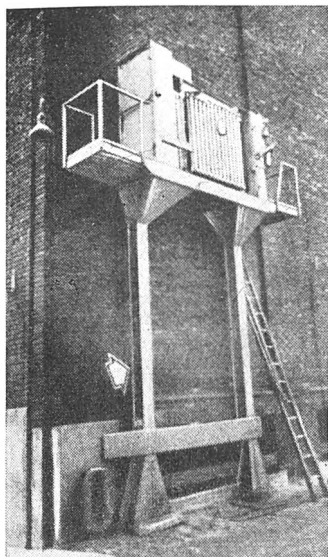
Niniejszy artykuł nie opiera się wprawdzie na bezpośredniej znajomości techniki instalacyjnej z terenu Związku Radzieckiego, ale jest usiłowaniem przedstawienia tamtejszego stanu rzeczy, jak on da się odtworzyć na podstawie rozporządzalnych źródeł.

Źródłami tymi były podręczniki radzieckie, radzieckie przepisy techniczne, katalogi i czasopisma techniczne. Najwięcej światła na kierunki i tendencje postępu radzieckiej techniki instalacji elektroenergetycznych rzuca dyskusja, tocząca się na łamach czasopisma „Elektryczestwo”, poczynając od zes. 11 z roku 1949, na tematy przepisów i normalizacji.

Najogólniejsze wnioski, które się nasuwają z przemyślenia wzorów radzieckich, można sformułować w dwóch punktach.

P o p i e r w s z e. Musimy sobie uprzytomnić, że zmienia się skala rozwiązywanych dziś zagadnień z zakresu instalacji przemysłowych. Instalacje obliczane na setki kilowatów spotykamy dziś równie często, jak dawniej kilkudziesięciokilowatowe, a instalacje obliczane w tysiącach kilowatów stają się teraz zjawiskiem częstszym, niż przed wojną instalacje z setkami kilowatów. Te przemiany ilościowe, wynikające z żywiołowego rozwoju naszego przemysłowienia, nie mogą być opanowane od strony techniki instalacyjnej samymi tylko środkami ilościowymi. Znaczący to, że przy dziesięciokrotnie większych mocach nie wystarcza zachowanie układów dawnego typu ze zdziesięciokrotnieniem mocy transformatorów, przekrojów przewodów i wymiarów aparatury. Znaczący to, że nowe środki muszą być jakościowo odmiennie, że musimy przyswoić sobie jakościowo inne koncepcje układów instalacyjnych.

P o d r u g i e. Musimy wyzbyć się nawyku traktowania zagadnień elektro-



Rys. 4. Transformator na rusztowaniu zabiera minimum miejsca na przejeździe między budynkami

energetycznych instalacji przemysłowych jako zagadnień gospodarczo odosobnionych. Jak uznajemy ścisłą współzależność techniczną między pracą instalacji i pracą zakładu, tak musimy uznać fakt gospodarczej współzależności między nakładami inwestycyjnymi na urządzenia produkcyjne zakładu i nakładami na jego wyposażenie elek-

mykając oczy na uzasadnione wymagania, możemy budować instalacje tanie i jeszcze tańsze. Ale tego nam czynić nie wolno. Natomiast spośród wszystkich możliwych rozwiązań instalacji odpowiadającej słusznym wymaganiom musimy wybierać najtańsze, musimy budować instalacje oszczędne.

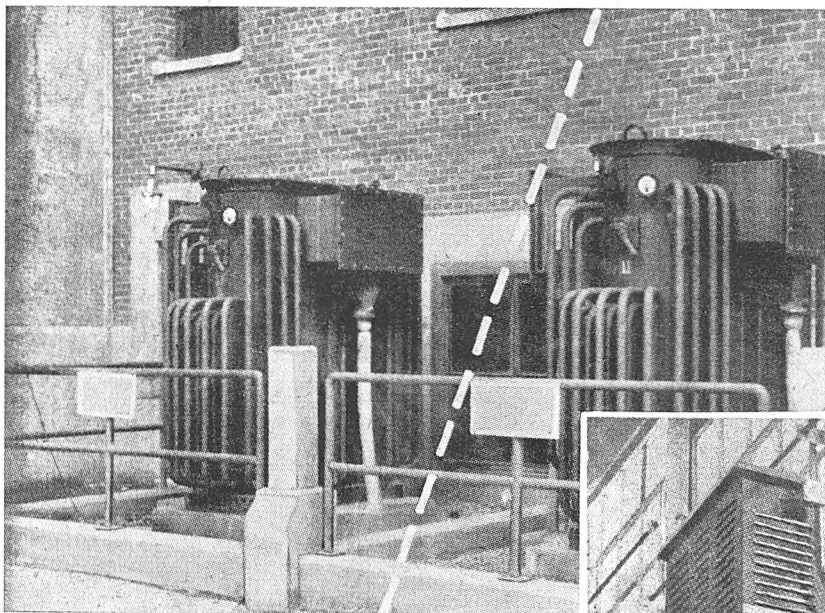
Instalacje nowocześniejsze niż nasze są rozwiązaniami oszczędniejszymi niż nasze i dlatego się ostały. Dążąc do oszczędności musimy walczyć o nowe metody podejścia do realizacji instalacji elektroenergetycznych w powstających zakładach przemysłowych, o metody godne upowszechnienia, gdyż opatrzone stemplem wysokiej próby doświadczeń radzieckich.

Oczywiście, nie można jednego dnia przestawić się na całkowicie odmienny sposób rozwiązywania instalacji przemysłowych w stosunku do rozwiązań, które wysuwaliśmy wczoraj. Jest to kwestia nie tylko punktu widzenia, ale i szeregu różnorodnych skrępowań, wynikających z zasobu rozporządzalnego sprzętu oraz z powodów organizacyjnych i formalnych. Nie może to jednak przeszkodzić wybiegnięciu myślą ponad te przeszkody, gdyż tylko przez uświadomienie sobie dalszych celów możemy utarować drogę do ich stopniowej realizacji.

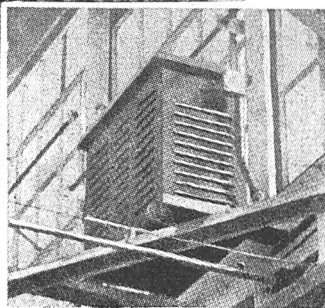
Z takim nastawieniem powinniśmy się interesować zdobyczami postępu, o których mowa będzie dalej.

## 2. Kryteria postępu.

W technice instalacji elektroenergetycznych — jak i gdzie indziej — za wyraz postępu uważamy wszelkie innowacje,



Rys. 5. Stoisko transformatorów na dziedzińcu fabrycznym



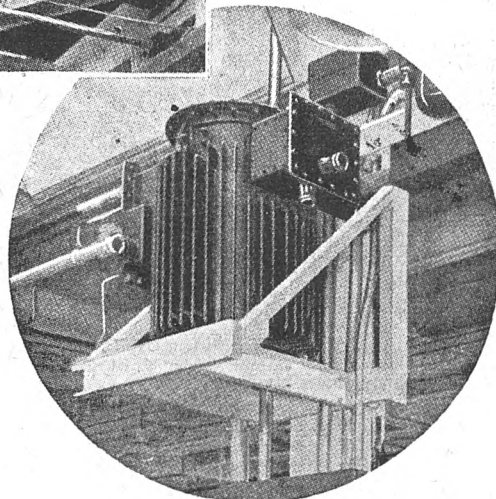
Rys. 6. Transformatory w hali fabrycznej, zawieszane nad poziomem pracy

tryczne. W takim świetle kosztorys instalacji nie jest pozycją oderwaną, którą można kształtować bez względu na zażebienia z innymi kosztami zainwestowania i eksploatacji zakładu. Rozwiązanie instalacji elektroenergetycznej musi uwzględniać mikrozerwalność i jedność całości zakładu zarówno pod względem technicznym jak i pod względem gospodarczym.

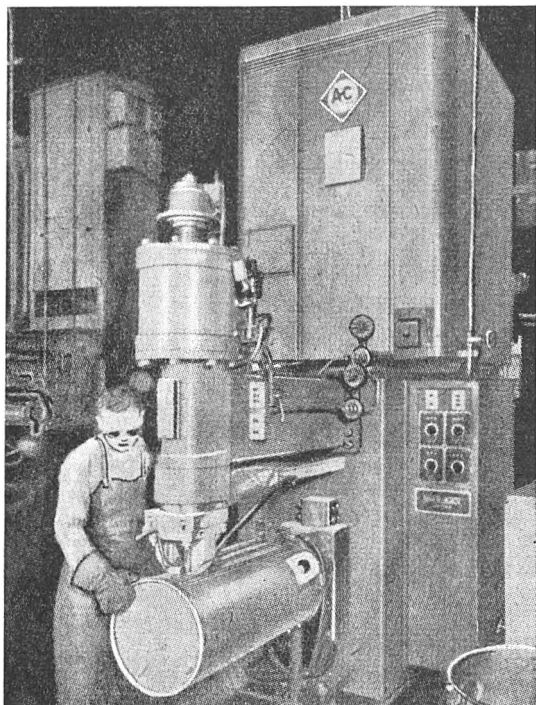
I jeszcze dalsze refleksje.

Jako spuścizna z okresu kapitalistycznego pokutuje wiele błędnych zapatrywań na pojęcia instalacji taniej i instalacji oszczędnej. Najpospolitszym obiegowym kryterium oceny projektu instalacji bywa pieniądze wysokość kosztorysu. W przeciwieństwie do tego każdy uświadomiony laik rozumie, że na przykład opona samochodowa musi kosztować nieco drożej, żeby w rezultacie ostatecznym być możliwie najtańszą. Podobne prawidła obowiązują i są przestrzegane we wszystkich niemal dziedzinach techniki i taki właśnie sposób myślenia i kalkulacji trzeba ustalić w stosunku do instalacji elektroenergetycznych — przede wszystkim w przemyśle.

Jeżeli instalacja ma wypełniać postawione jej zadanie, musi odpowiadać szeregowi uzasadnionych wymagań. Za-



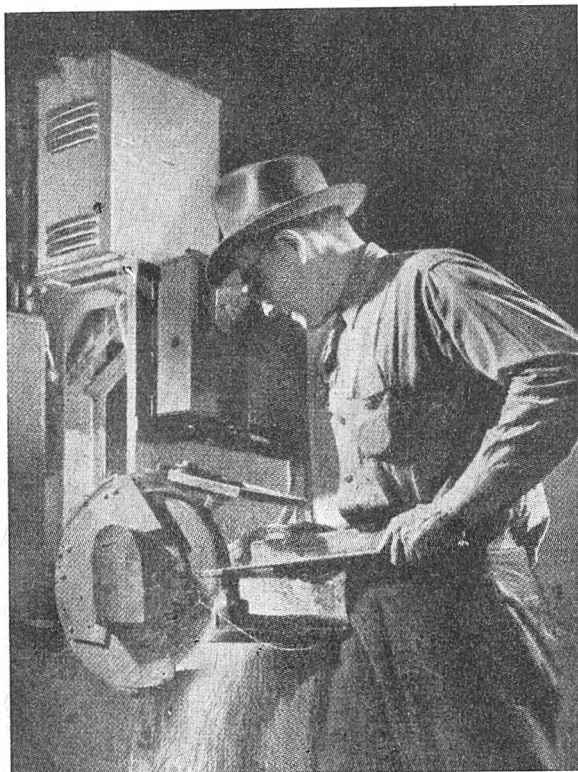




Rys. 7. Transformator suchy (300 kVA) umieszczony bezpośrednio na zasilanej zgrzewarce

pozwalające lepiej uczynić zadość wymaganiom, które stawiamy urządzeniu i jego elementom.

Od postępu należy odróżnić modę, od której technika nie zawsze jest wolna, a która chce nieraz być wyrazem postępu. Moda tym się różni od postępu, że podsuwa rozwiązania nie lepsze, ale tylko odmienne od poprze-

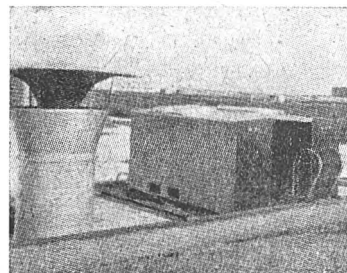


Rys. 8. Suchy transformator (25 kVA) przy odosobnionej grupie silników

dnich i ma zwykle na celu torowanie możliwości zbytu dla nowych artykułów. Moda w technice jest więc zjawiskiem typowym dla gospodarki kapitalistycznej. Stykając się z reklamą postępu w krajach kapitalistycznych, musimy bacznie rozgraniczać objawy postępu i mody.

Skoro za kryterium postępu przyjmie się warunek lepszego spełniania stawianych wymagań, należy zacząć od przypomnienia ogólnych wymagań stawianych przemysłowym instalacjom elektroenergetycznym. Oto one:

- 1) bezpieczeństwo;
- 2) niezawodność;
- 3) brak ujemnych oddziaływań na otoczenie i na poszczególne urządzenia;



Rys. 9. Transformatornia na dachu

- 4) trwałość;
- 5) przystosowalność do zmian:
  - a) rozmiarów obciążeń,
  - b) rozkładu obciążeń;
- 6) ekonomia pracy:
  - a) stałość napięcia,
  - b) umiarkowane straty energii,
  - c) wysoki współczynnik mocy,
  - d) dogodna konserwacja;
- 7) ekonomia budowy:
  - a) dogodny montaż,
  - b) łatwa rozbudowa,
  - c) dopełnienie stawianych wymagań przy minimum nakładów.

W samym sformułowaniu tych wymagań nie ma nic, co stanowiłoby rewelację. Ale za to dzisiejszy sposób interpretacji niektórych wymagań bardzo odbiega od dawniejszego i prowadzi do założeń i rozwiązań, które stanowią właściwy wyraz postępu.

### 3. Cechy szczególne instalacji nowoczesnych.

Nie umniejszając ważności cech będących spełnieniem klasycznych wymagań, które były i są stawiane instalacjom elektroenergetycznym, zajmijmy się tylko tymi cechami, które odpowiadają nowszym interpretacjom wymagań, opartym na szerszej i głębszej niż dotąd podbudowie gospodarczej.

Cechami tymi są:

- a) ściśle określony stopień niezawodności działania,
- b) właściwy stopień przystosowalności do zmiany rozmiarów i rozkładu obciążeń,
- c) właściwy poziom napięcia na zaciskach ważnych odbiorników,
- d) przydatność do planowej rozbudowy.

Niezawodność działania. Przepisy radzieckie klasyfikują przemysłowe odbiory energii elektrycznej według koniecznego stopnia niezawodności zasilania:

**Kategoria I (wymagania najwyższe).**

Następstwem przerwy zasilania jest:

- zniszczenie produktu,
- uszkodzenie środków produkcji,
- długotrwała przerwa procesów technologicznych produkcji,
- zagrożenie bezpieczeństwa ludzi.

**Kategoria II (wymagania przeciętne).**

Następstwem przerwy zasilania jest ilościowy ubytek produkcji.

**Kategoria III (wymagania skromne).**

W następstwie przerwy zasilania nie powstają poważniejsze straty.

Klasyfikacja ta pozwala przeciwstawić rozmiary strat, zagrażających w przypadkach przerwy zasilania, nakładom na podniesienie niezawodności działania instalacji, co decyduje o doborze rozwiązania zapewniającego właściwą klasę pewności ruchu.

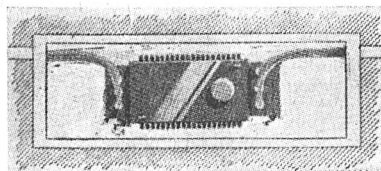
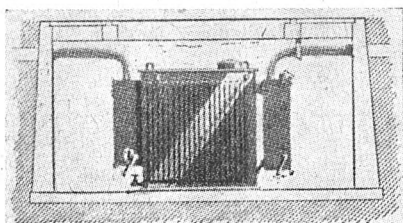
Tablica I. Wpływ warunków pracy montażowej na koszt robót instalacyjnych (wskaźniki orientacyjne bez uwzględnienia kosztu aparatury elektrycznej i odbiorników)

Równoważne prace	Robo- cizna	Materia- ły
W nowobudowanych obiektach	100	100
W budynkach istniejących, nie użytkowanych, przy równoczesnej małej przebudowie	200	120
To samo przy równoczesnej większej przebudowie	250	140
W budynkach użytkowanych przez załogę z utrzymaniem ograniczonego ruchu elektrycznego	300	150
W budynkach w pełni użytkowanych z utrzymaniem prawie pełnego ruchu elektrycznego	400	170

W ten sposób nakłady inwestycyjne na instalację użytkową gospodarczą proporcję w stosunku do wymagań co do jej niezawodności.

Elastyczność instalacji. Elektryk-instalator ma powody wyróżniać dwa krańcowe typy zakładów przemysłowych (lub działów w dużych zakładach): zakłady z ciężkim wyposażeniem elektrycznym i zakłady z lekkim wyposażeniem elektrycznym.

Oto charakterystyka zakładu z ciężkim wyposażeniem: odbiory energii elektrycznej są umiejscowione w sposób trwały, jako związane z ciężkimi urządzeniami produkcyjnymi, jak duże elektryczne piece przemysłowe, urządzenia do elektrolizy, napędy dużych sprężarek, dmuchaw, pomp, przenośników, pras, walców, wirówek itd.; wymiary tych odbiorów są tak związane z rozmiarami zakładu, że poważniejsze zmiany bez kapitalnej przebudowy całości nie wchodzi w rachubę; charakter wyzyskania odbiorników energii jest zbliżony do ciągłego, a wymagany stopień niezawodności zasilania — przeważnie kategorii I lub II.



Rys. 10. Transformator w celce podziemnej

W przeciwieństwie do tego w zakładach z lekkim wyposażeniem elektrycznym produkcja nie ma charakteru ani ciągłego, ani sztywnego i jest przestawiana bądź sezonowo, bądź zależnie od innych okoliczności, bądź też podlega przejściowym bardzo znacznym nasileniom w różnych ośrodkach odbioru.

Zakłady tego typu wymagają instalacji elastycznej. Elastyczność instalacji wyraża się w tym, że bez kłopotliwych przeróbek, bez większych nakładów i bez uciążliwych przerw ruchu elektrycznego jest możliwość przenoszenia odbiorników, przesuwania środka ciężkości odbioru energii, dodawania nowych odbiorników lub wymiany dawnych na odbiorniki pobierające większe moce.

Elastyczność instalacji jest oczywiście okupowana wyższymi nakładami inwestycyjnymi. Dobrze pojęta oszczędność nakazuje, by tam, gdzie cecha elastyczności jest rze-

Tablica II. Praca odbiorników przy różnych napięciach

Wskaźniki dla różnych odbiorników	Napięcie w % znamionowego		
	100	95	90
Silniki asynchroniczne: obciążalność	100	90	80
moment rozruchowy	100	90	80
trwałość izolacji	100	90	45
Grzejniki: wydajność ciepła	100	90	80
temperatura	norma	za niska	dużo za niska!
Zarówki: strumień świetlny	100	85	70
koszty roczne przy niezmiennym natężeniu oświetlenia*)	100	103	111

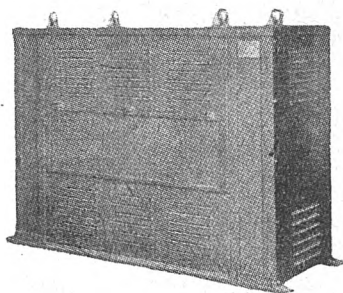
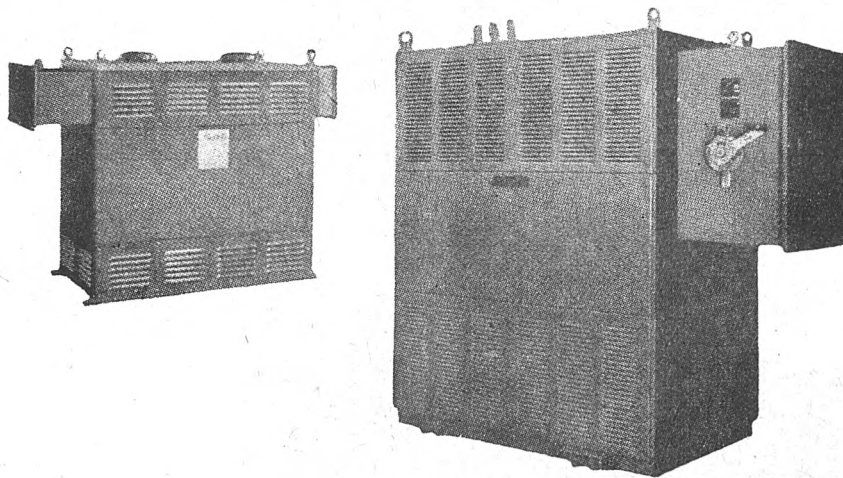
\*) Zarówka na 100 W — 7,50 zł, 1 kWh — 30 gr.

czywiście potrzebna, nadawać ją instalacjom od początku. Późniejsze przystosowania instalacji są niezmiernie kłopotliwe i niewspółmiernie kosztowne, jak to uwypukla tabl. I.

W przeciętnych warunkach odpowiednio rozwiązana instalacja pozwala na podwyższenie obciążeń w poszczególnych ośrodkach odbioru o 100% kosztem zwiększenia pierwotnego nakładu inwestycyjnego zaledwie o 25 do 30%.

Dostateczna elastyczność instalacji niezbędna jest też tam, gdzie w okresie budowy nowego zakładu brak jest jeszcze ścisłych preliminarzy rozmiaru i rozkładu obciążeń w czasie i w przestrzeni lub gdzie tego rodzaju preliminarz nie może być uważany za ostateczny.

Stołość napięcia. W okresie wojennego wysiłku produkcyjnego poczyniono w wielkich zakładach przemysłowych spostrzeżenia, które streściły się w zdaniu: „produkcja jest proporcjonalna do napięcia“. Mowa tu jest o przeciętnym poziomie napięcia na zaciskach odbiorników.

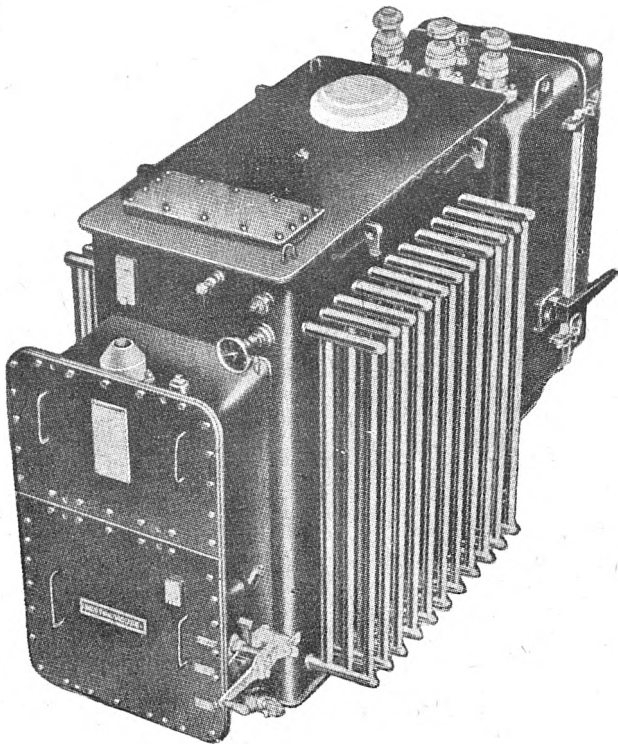


Rys. 11. Suche transformatory przemysłowe

W użyciu jednostki do 2000 kVA i do 15 kV

Jeżeli wszystkie inne czynniki stanowiące o rozmiarze produkcji są podciągnięte do należytego poziomu, to twierdzenie takie jest w zupełności przekonujące. Wystarczy zestawzić znane fakty zachowania się różnych odbior-





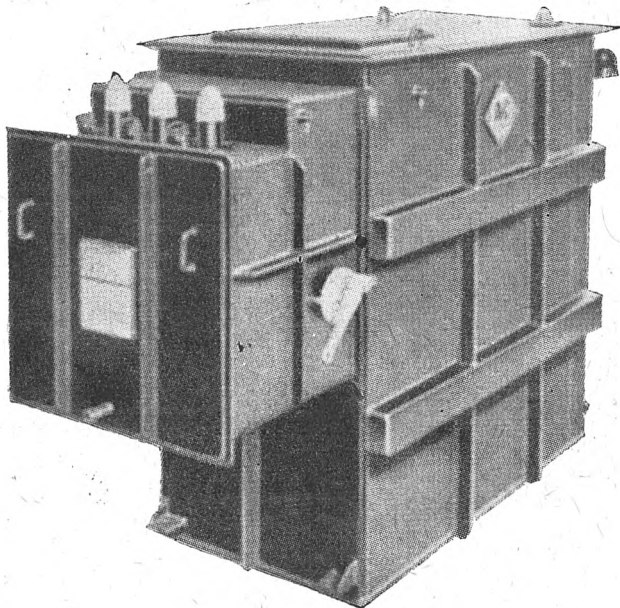
Rys. 12. Transformator z płynem izolującym niepalnym

ników przy zasilaniu ich napięciem odchylnym od znamionowego np. o 10% w dół (tabl. II).

Obciążalność silnika asynchronicznego spadnie okrągło o 20% i w tym samym stosunku spadnie wydajność operacyjna napędzanej obrabiarki. Uwzględniając, że czasy międzyoperacyjne zmianie nie ulegną, można oczekiwać 10-procentowego spadku przeciętnej produkcji tej obrabiarki.

Wydatek ciepła odbiorników termoelektrycznych, jak zgrzewarek, suszarni, wszelkich pieców itd., spada o 20%. Odpowiednie zwolnienie procesów technologicznych musi dać przynajmniej 10% ilościowego ubytku produkcji w danym czasie, nie mówiąc o wpływie ujemnym obniżonej temperatury na jakość wyrobu.

Strumień świetlny żarówek spada okrągło o 30% i w tym samym stopniu zmniejszają się jasności na oświetlanych powierzchniach roboczych. Dziś już powszechnie wiadomo, jaki wpływ ma właściwa jasność na wydajność



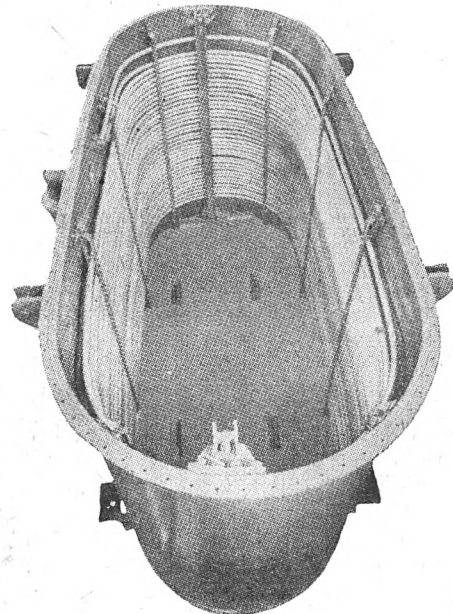
Rys. 13. Suchy transformator zamknięty w atmosferze azotu stalową obudową spawaną

pracy ludzkiej. Prof. Truchanow doszedł do sformułowania wzoru, wyrażającego związek ilościowy między jasnością i wydajnością pracy. Ze wzoru wynika, że wydajność pracy może być w licznych przypadkach proporcjonalna do napięcia na zaciskach żarówek. W znacznie mniejszym stopniu jest wrażliwe na odchylenia napięcia oświetlenie rurami fluoryzującymi.

Wykazanej zależności między napięciem a wydajnością zelektryfikowanych urządzeń produkcyjnych nie można nie uznawać. Wypływa z niej ważny wniosek, że instalacja, która zapewni na zaciskach odbiorników przeciętne napięcie, dajmy na to 95% znamionowego, obniża możliwości produkcyjne o 5%, czyli unieruchamia 5% nakładów zainwestowanych w danym zakładzie. Ze zrozumienia tych faktów wypływa ogromny nacisk, który kładziemy na kwestię właściwego poziomu napięcia w racjonalnie urządzonych zakładach przemysłowych.

W prasie fachowej radzieckiej widać żywe zainteresowanie zagadnieniami lokalnej regulacji napięcia, a wzmianki o forsowanej produkcji autotransformatorów regulacyjnych zdają się świadczyć, że na tej drodze odbywa się sanacja warunków napięciowych w starszych zakładach przemysłowych.

Łatwość rozbudowy. W przemyśle naszym, zresztą i w starszym przemyśle nie naszym, można znaleźć wiele pouczających przykładów chaotycznie rozbudowanych instalacji. Dziś planuje się instalacje elektroenergetyczne przystosowane do łatwej rozbudowy.



Rys. 14. Kadz transformatora z węzownicą chłodzenia wodnego

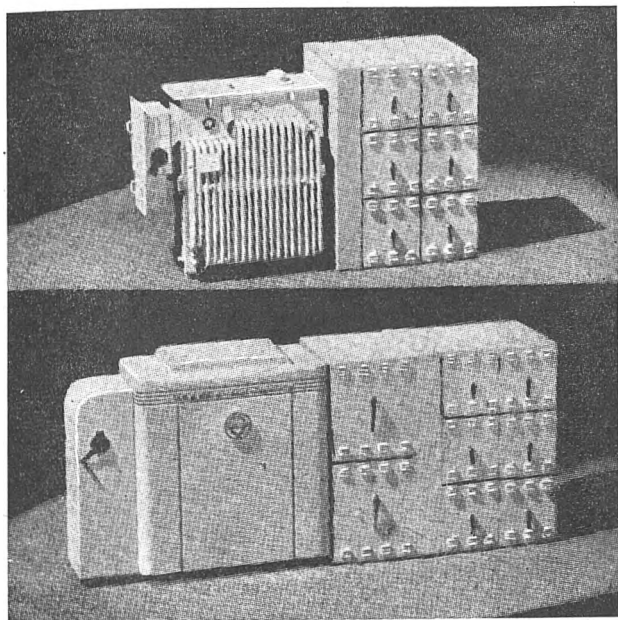
Jeżeli przy nowopowstającym zakładzie z góry rezerwuje się lub choćby upatruje się teren dla przyszłej rozbudowy, albo jeżeli początkowy obszar zakładu umożliwi pomnożenie środków produkcji, koncepcja instalacji zasilającej musi ogarniać przyszłą całość. Pod tym kątem widzenia dobiera się napięcia, sytuację węzłowych punktów energetycznych, trasy przewodowe.

Pierwsze stadium budowy instalacji jest więc fragmentem większej całości, ale fragmentem zdolnym do pełnowartościowej pracy. Przy rozbudowie żadne elementy podstawowe pierwotnej instalacji nie mogą stać się nieużytecznymi. Rozmiary koniecznych później adaptacji konstrukcyjnych, przystosowań budynku oraz wszelkich przeróbek — mają ograniczać się do minimum, a instalacja po rozbudowie ma nadal stanowić zwartą, logiczną i przejrzystą całość.

Umiejętne rozwiązanie projektu instalacji zdolnej do łatwej rozbudowy polega między innymi na tym, by nakłady natychmiastowe na rzecz późniejszych potrzeb były ograniczone do jak najmniejszych rozmiarów. Postulat ten najłatwiej daje się spełnić przy dwunapięciowym systemie wewnętrznego rozdziału energii.

## 4. Zewnętrzne wyrazy postępu.

Jak już wykazano, nowoczesne podejście do rozwiązań instalacji przemysłowych charakteryzuje się silnym gospodarczym umotywowaniem wymagań technicznych.

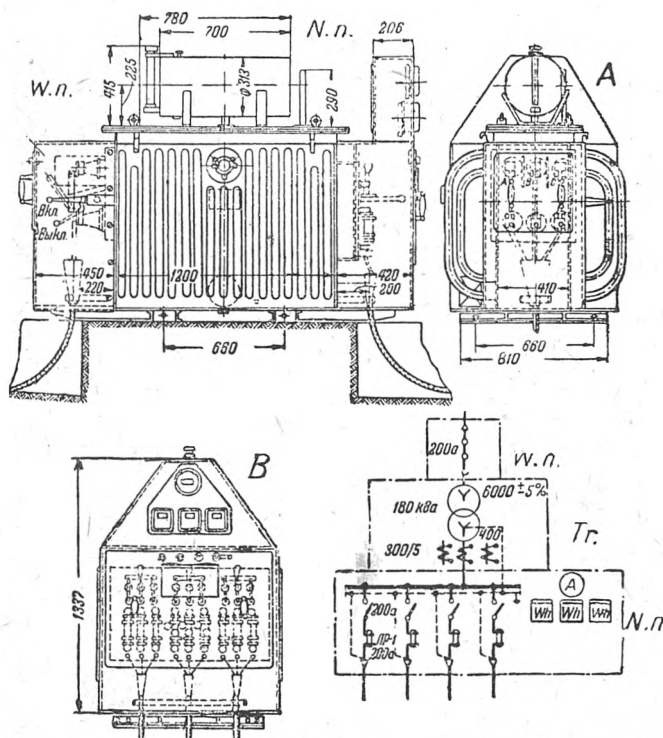


Rys. 15. Zespoły kostkowe

Odnosi się to do instalacji zarówno w wielkich, jak i w średnich czy mniejszych zakładach, jakkolwiek tak postawione wymagania przede wszystkim w wielkich zakładach przemysłowych prowadzą do rozwiązań technicznych, które odbiegają od starszych szablonów.

Najbardziej wyraziste odejście od dawnych form zaznacza się w czterech kierunkach:

a) rozpowszechnienie dwunapięciowego zasilania z decentralizacją transformacji,



Rys. 16. Przykład transformatorni budowy kostkowej o mocy 180 kVA (A. Jermiłow)

A — widok od strony wysokiego napięcia

B — widok od strony niskiego napięcia

b) stosowanie bardzo urozmaiconego i zróżniczkowanego doboru schematów układu zasilającego,

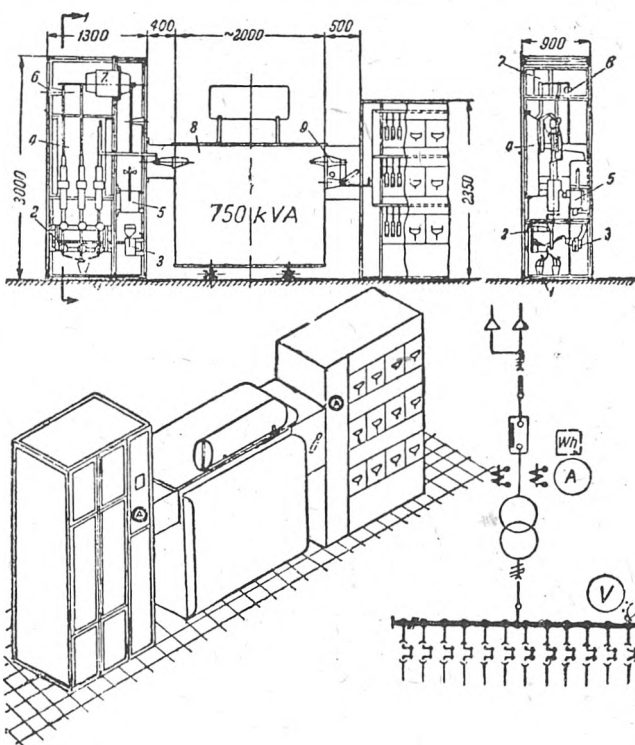
c) kostkowa budowa stacji transformatorowych i rozdzielni,

d) metody rozprowadzania przewodów w obiektach przemysłowych.

Pomijając na tym miejscu schematy instalacji, omówimy bliżej trzy pozostałe zagadnienia.

Decentralizacja transformacji. Stosowanie dwu napięć, wysokiego i niskiego, jest przeniesieniem na teren przemysłu doświadczeń i zdobyczy elektroenergetyki z dziedziny zasilania dzielnic wielkomiejskich. Nie idzie tu o nic innego, jak o dojście wysokim napięciem bezpośrednio do ośrodków odbioru energii, ośrodków reprezentujących moce rzędu setek kilowatów.

Rys. 1 przedstawia obiekt z 7 ośrodkami odbioru w alternatywach transformacji centralnej i zdecentralizowanej. Jak widać, w alternatywie drugiej, długie i ciężkie linie zasilające niskiego napięcia są zastąpione lżejszymi liniami wysokiego napięcia, eliminującymi w decydującym stopniu czynnik strat napięcia. Centralna stacja transformatorowa staje się tylko rozdzielnią wysokiego napięcia i może być usunięta poza centrum terenu. Duże transformatory ulegają rozdrobnieniu, łagodząc warunki zwarciove.



Rys. 17. Przykład transformatorni budowy kostkowej

- 1 — mufa kablowa
- 2 — odłącznik wys. nap.
- 3 — napęd drążkowy odłącznika
- 4 — wyłącznik olejowy
- 5 — napęd wyłącznika olejowego
- 6 — izolator wporczy
- 7 — przekładnik prądowy
- 8 — transformator energetyczny
- 9 — wyłącznik trzybiegunowy
- 10 — wyłącznik bezpiecznik (lub automat)

Decentralizacja transformacji daje maksimum korzyści, jeżeli transformatory uda się pomieścić bez wydzielania im cennej powierzchni warsztatów i bez kosztownych adaptacji budowlanych. Sprowadza się to do zastosowania typu transformatora, nadającego się do zainstalowania z mniejszymi trudnościami niż transformator olejowy.

Idea wprowadzenia transformatora do środowiska pracy fabrycznej nie jest nowa. Rys. 2 pochodzi z roku 1938. W międzyczasie kwestia pomieszczenia transformatorów bez uszczerbku dla najcenniejszych przestrzeni znalazła nieograniczone możliwości rozwiązań, jak to ilustrują rys. 3 do 9.

Do ustawienia wprost w miejscu pracy i wewnętrznej komunikacji w zakładach przemysłowych, bez osobnych pomieszczeń zamkniętych, stosuje się dziś trzy rodzaje transformatorów:

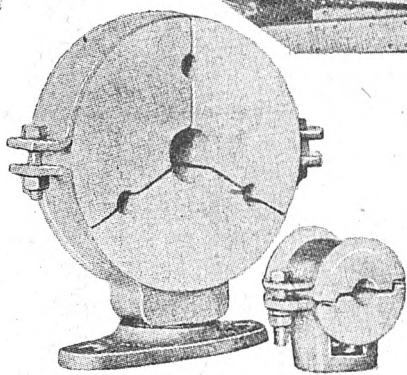
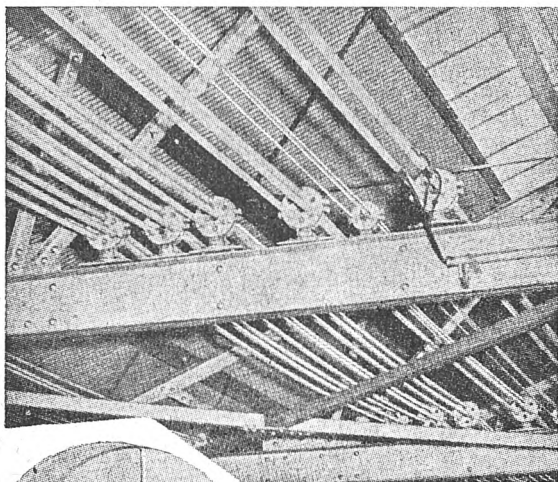


a) transformatory suche z odpowiednią osłoną, na ogół z izolacją klasy B (rys. 10),

b) transformatory z płynem izolującym nie palnym, jak radziecki „sowol“, jak klofen lub askarel (rys. 11 i 12),

c) transformatory suche, w szczelnej, mocnej obudowie, z izolacją klasy H, pracujące w atmosferze azotu i nadające się do ustawienia w najbardziej trudnych warunkach (rys. 13).

We wszystkich typach transformatorów przemysłowych zaciski po stronie obu napięć są umieszczone wewnątrz



Rys. 18. Układanie przewodów jednożyłowych wewnętrznych bez osłony (do 600 V)

obudowy, do której wprowadza się przewody i kable lub łączy się z obudową kostkowych elementów rozdzielczych.

Tam, gdzie chodzi o usunięcie z pomieszczeń fabrycznych ciepła od strat w transformatorach, mają zastosowanie transformatory płynowe z wbudowanymi wewnątrz kadzi węzownicami do chłodzenia wodnego (rys. 14).

Kostkowa budowa stacji transformatorowych. Wyzyskanie zalet daleko posuniętej decentralizacji transformacji nie jest do pomyslenia bez stacji transformatorowych budowy kostkowej. Zasada budowy kostkowej upowszechnia się w różnych gałęziach techniki. Wyraża się ona prefabrykacją znormalizowanych elementów skonstruowanych w ten sposób, że drogą prostych czynności montażowych można z nich tworzyć zespoły odpowiadające różnym potrzebom.

Kostkowa stacja transformatorowa obejmuje poza transformatorem konieczne zespoły rozdzielcze po stronie górnego i dolnego napięcia we własnych obudowach (rys. 15). Zespoły te są tak zharmonizowane konstrukcyjnie, że powstaje z nich zawsze zwarta całość, a części pracujące pod napięciem znajdują się wszystkie wewnątrz obudowy.

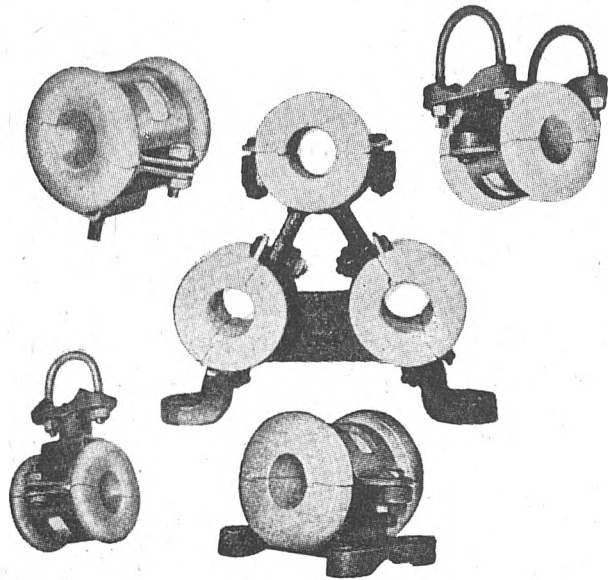
Rys. 16 i 17 przedstawiają kilka radzieckich rozwiązań. Korzyści płynące ze stosowania kostkowych stacji transformatorowych są następujące:

1) specjalne pomieszczenia są zbędne — osiąga się oszczędność czasu i kosztów na roboty budowlane;

2) montaż zespołów odbywa się w warunkach przystosowanych, w warsztatach wytwórni, pozostaje więc minimum zachodu przy ustawianiu stacji w miejscu pracy (niekiedy tylko przyłączenie); osiąga się niższe koszty i wyższą jakość montażu;

3) uelastyczenie instalacji wobec łatwości przenoszenia, przebudowy i rozbudowy stacji kostkowych;

4) w razie przebudowy — poszczególne zespoły nie ulegają zniszczeniu ani rozbiórce i są w pełni zdadne do dalszego zastosowania;

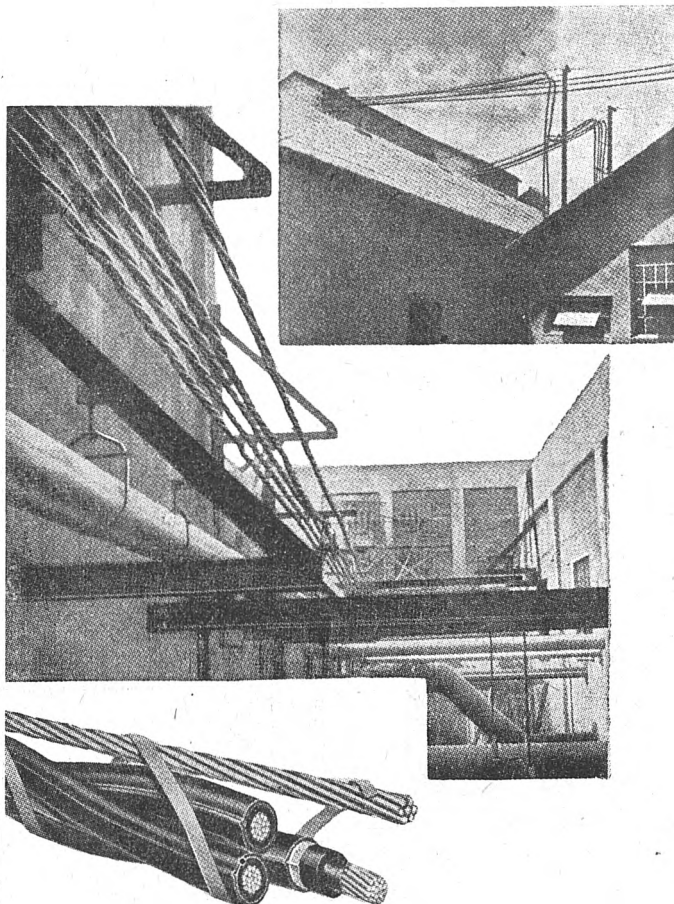


Rys. 19. Uchwyty stosowane do układania jednożyłowych przewodów wewnętrznych

5) łatwiejsza obsługa dzięki zwartości stacji, bezpieczniejsza — dzięki obudowie;

6) mniejszy nakład pracy na projektowanie i na budowę poszczególnych stacji;

7) uproszczona manipulacja zakupu i składowania (mało pozycji materiałowych).



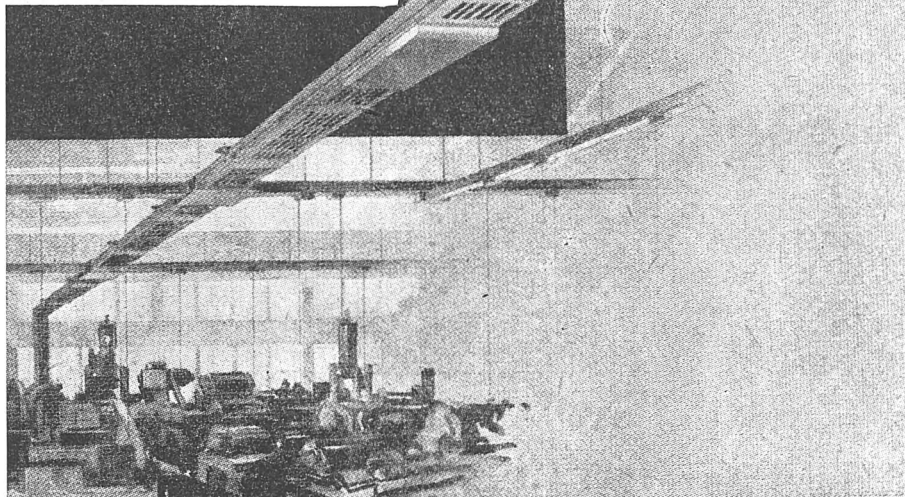
Rys. 20. Międzybudynkowe połączenia przewodowe niskiego napięcia

Warto zauważyć, że dla potrzeb kopalnictwa węglowego są u nas produkowane pojazdowe stacje transformatorowe, stanowiące typową odmianę stacji kostkowych. Świadczy to, że jesteśmy przygotowani do produkcji podobnego sprzętu dla najcięższych warunków pracy w przemyśle.

Linie przewodowe w obiektach przemysłowych. Troskliwy dobór rodzaju przewodów stosowanych w instalacjach wewnętrznych może być źródłem znacznych oszczędności, nie umniejszających w niczym technicznej wartości instalacji.

Przepisy radzieckie z roku 1943 dla urządzeń elektrycznych w zakładach przemysłowych (§ 218—222 i 227—233) zalecają stosowanie w wysokich pomieszczeniach i przy

Rys. 21. Wnętrzowa linia szynowa na duże natężenie prądu (niskie napięcie)



napięciach do 500 V przewodów gołych. Zalecenie to jest, oczywiście, ograniczone licznymi warunkami szczegółowymi, ale w rezultacie pozostaje szerokie pole do zastosowania gołych przewodów w liniach zasilających i w instalacji górnego oświetlenia wewnątrz.

Rys. 18 przedstawia typową trasę przewodów jednożyłowych. Na tymże rysunku i na rys. 19 pokazane są elementy służące do zawieszania przewodów gołych — odzia-nych lub izolowanych.

Nowoczesne przewody mają opony z materiałów syntetycznych o wielkiej odporności mechanicznej, jak również odpornych na działania agresywnej chemicznie atmosfery. Rys. 20 pokazuje dogodną możliwość wyzyskania takich przewodów do połączeń między budynkami.

Na duże natężenia prądu przy niskim napięciu są stosowane przewody w postaci szyn w osłonie metalowej (rys. 21). Szyny takie są przystosowywane do pracy we wnętrzach lub na zewnątrz budynków (rys. 22). Ograniczenie oporności indukcyjnej dłuższych tras szynowych osiąga się przez podzielenie przekroju i przeplecenia.

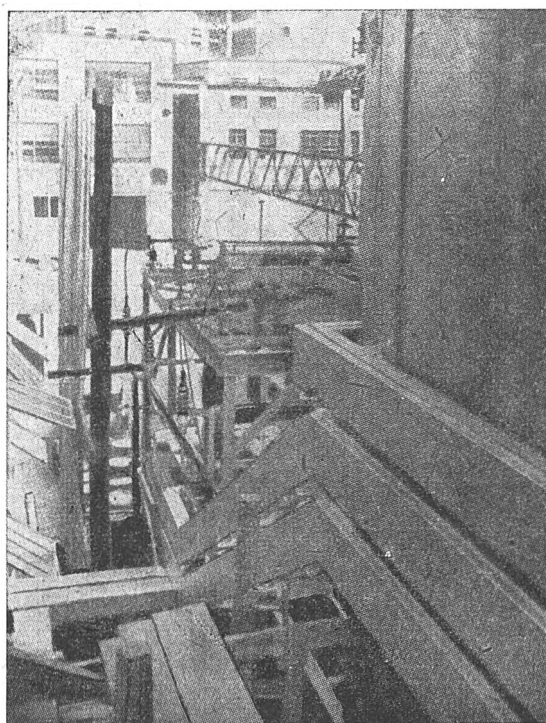
Szerokie rozpowszechnienie w pewnych gałęziach przemysłu znalazły szyny przewodowe w metalowej obudowie, składane z prefabrykowanych odcinków długości po 3 do 3,5 m i zaopatrzone w urządzenia wtykowe, rozłożone w odstępach co  $\sim 0,5$  m (rys. 23 do 26). Szyny takie są jakby wydłużeniem szyn zbiorczych rozdzielni niskiego napięcia, wybiegającym w teren i stanowiącym w ten sposób szyny rozdzielcze.

Szyny rozdzielcze zapewniają maksymalną elastyczność rozdziału energii i są przydatne do zasilania licznych odbiorników, skupionych na podłużnych trasach większych hal fabrycznych, systemem tak zwanego zasilania górnego.

Korzyści zasilania górnego za pośrednictwem szyn rozdzielczych „prefabrykowanych” są następujące:

- 1) rozmieszczenie punktów odbioru nie potrzebuje być z góry ustalone;
- 2) instalowanie w gotowych budynkach nie wymaga przystosowań elementów budowlanych;
- 3) części pod napięciem — całkowicie osłonięte;
- 4) łatwość instalowania pod napięciem dodatkowych — zabezpieczonych — odgałęzień;
- 5) brak elementów palnych;
- 6) łatwa i szybka budowa, rozbudowa i przebudowa; tani montaż;

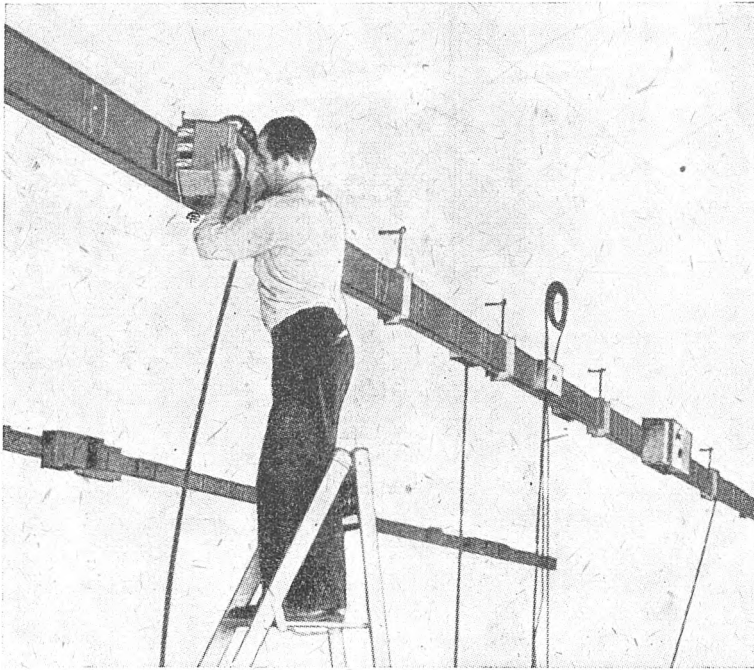
7) w razie przebudowy 100% elementów nadal nadaje się do zastosowania;



Rys. 22. Zewnętrzne linie szynowe niskiego napięcia

- 8) wyeliminowanie rozdzielnic obwodowych;
- 9) na dłuższych odcinkach bez wtyków — małe straty napięcia przy zastosowaniu dzielonych przekrojów (gdy niski  $\cos \varphi$ );
- 10) uproszczone projektowanie instalacji;
- 11) uproszczona manipulacja zakupem i składowaniem (mało pozycji materiałowych).





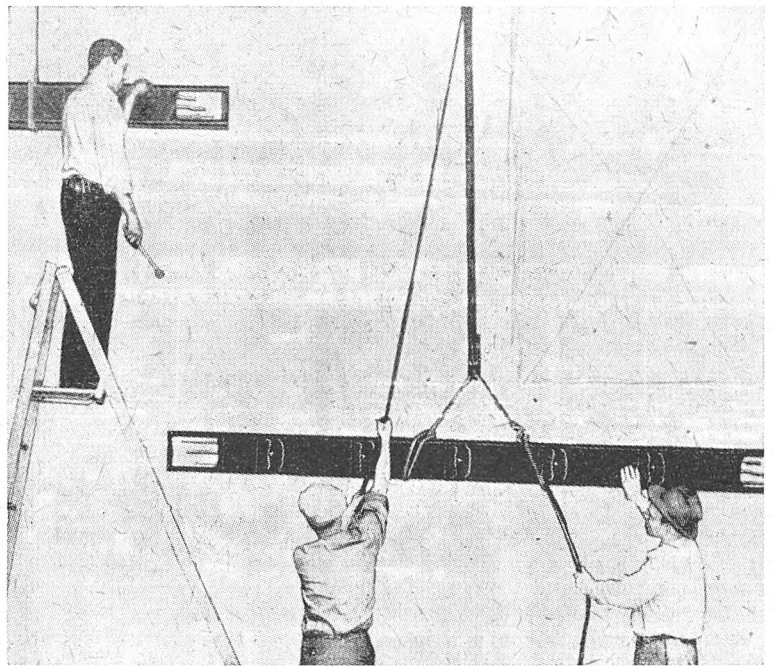
Rys. 23. Zasilanie górne z szyn rozdzielczych

### 5. Wnioski.

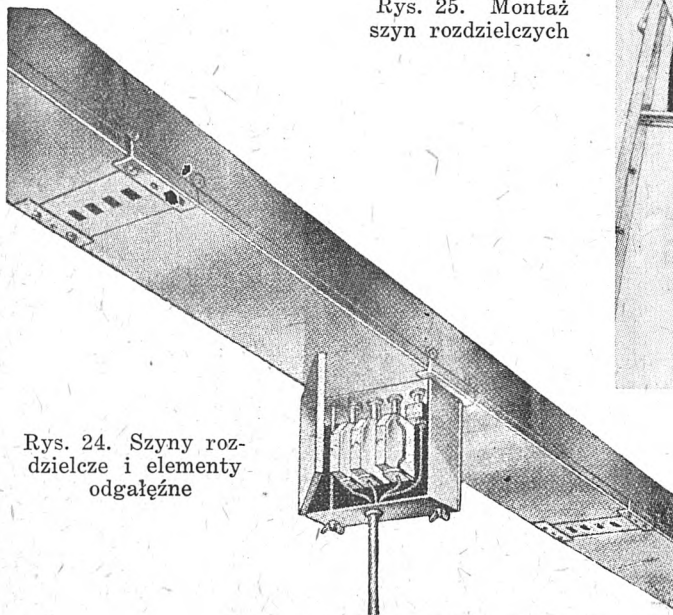
Dokonany przegląd najważniejszych momentów, stanowiących wyrazy postępu techniki przemysłowych instalacji elektroenergetycznych, zarysowuje kierunki, w których powinniśmy kroczyć w zakresie założeń i koncepcji rozwiązywania projektów instalacyjnych oraz w zakresie produkcji i przystosowania odpowiedniego sprzętu.

Charakter i cele zadań, które postawił przed nami Plan Sześcioletni, zobowiązują nie tylko do wypielegnowania rezultatów technicznie najdoskonalszych, ale i do najoszczędniejszego, najogólniejszego dysponowania zasobami, które trzeba będzie zainwestować. Dlatego wyposażając nowe zakłady przemysłowe będziemy mieli na oku jak najszerszy zakres nadających się do zastosowania rozwiązań, by nie pominąć okazji do oszczędności czynionych na właściwych miejscach. Wzmoczymy czujność, by wszelkie czynione oszczędności były realne, by żadna oszczędność w pewnej pozycji nie pociągała za sobą zaprzaczenia nakładów w innej pozycji generalnego kosztorysu tej samej budowy inwestycyjnej.

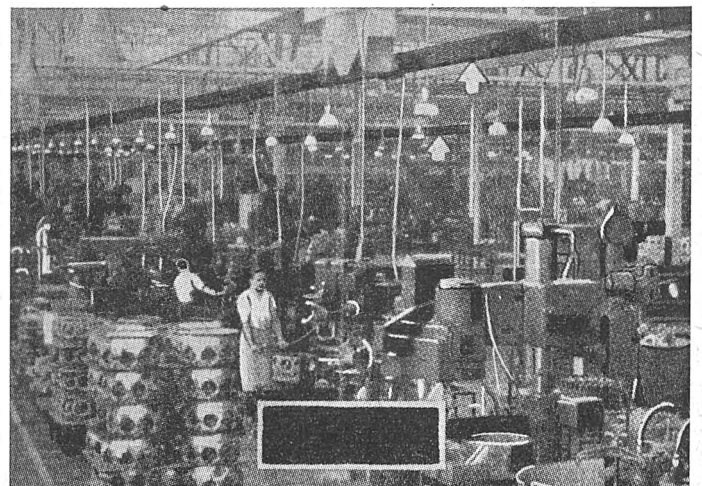
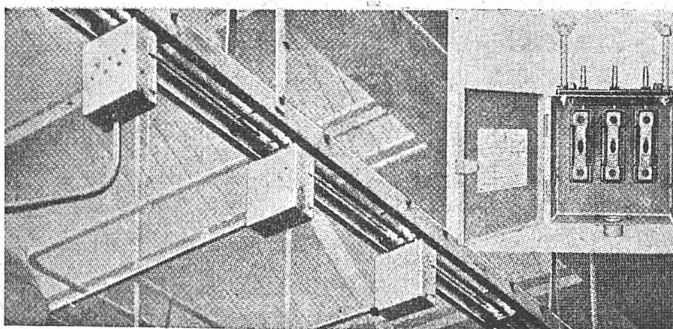
Wymaga to od elektryków i nieelektryków ściślejszego wniknięcia w ząbienia natury technicznej i gospodarczej, występujące między instalacją a resztą wyposażenia danego zakładu. Wymaga rozważnego formułowania założeń i wni-



Rys. 25. Montaż szyn rozdzielczych



Rys. 24. Szyny rozdzielcze i elementy odgałęźne



Rys. 26. Szyny rozdzielcze w hali lekkiej obróbki mechanicznej („Elektryczestwo“, 1950, z. 4)

kliwego motywowania ich od strony gospodarczej. Wymaga — jednym słowem — przestawienia się na metody myślenia właściwe dobie socjalizmu.

Ponad wszystko praca elektryków nie może nigdy pominąć kapitalnego pewnika, że żaden zelektryfikowany zakład

przemysłowy nie będzie mógł pracować lepiej, niż jego instalacje elektroenergetyczne. Na tym właśnie polega współodpowiedzialność instalacji elektroenergetycznych za osiągnięcie zamierzeń Planu Sześcioletniego.

MGR INŻ. ZDZISŁAW GRUNWALD  
Politechnika Warszawska

## Hamowanie i regulacja prędkości w elektrycznych napędach dźwigowych

**Treść.** Artykuł omawia metody hamowania i regulacji liczby obrotów, stosowane w nowoczesnych elektrycznych napędach dźwigowych, z uwzględnieniem ostatnich rozwiązań w tej dziedzinie. Wiąże się one bezpośrednio z zagadnieniem transportu wewnętrznego.

**Тормажение и регулирование скорости электрических приводов в подъемных устройствах.** Изложены методы торможения и регулировки числа оборотов, применяемые в современных электрических приводах подъемных машин, включая последние успехи в этой области. Методы эти непосредственно связаны с вопросами внутреннего транспорта.

**Braking and speed control in electric hoist drives.** The article deals with the methods of braking and controlling the speed in modern electric hoist drives, with due allowance for recent solutions of this problem. They are directly connected with the problem of indoor transportation.

### 1. Wstęp.

Szeroki zakres stosowania mechanizmów dźwigowych i stale rosnące wymagania, stawiane tym urządzeniom, doprowadzają do tego, że napędy elektryczne muszą zapewnić niezawodną, dokładną i taną metodę hamowania i regulacji liczby obrotów. Ma to znaczenie zwłaszcza przy mechanizmach podnoszenia, a w szczególności przy hamowaniu podczas opuszczania.

Wysiłki, zmierzające do otrzymania właściwego hamowania elektrycznego i regulacji liczby obrotów w urządzeniach prądu stałego i zmiennego, idą dwiema różnymi drogami:

1) w kierunku ustalenia odpowiedniego układu hamowania silnikiem elektrycznym, bądź doboru zespołu maszyn elektrycznych, zapewniających żadaną regulację i hamowanie;

2) w kierunku skonstruowania takiego urządzenia elektromechanicznego, które dostarczy potrzebnych momentów hamujących i umożliwi regulację poza silnikiem elektrycznym dzięki specjalnym luzownikom hamulca lub specjalnym sprzęgłom.

W warunkach krajowych spotykamy przeważnie urządzenia elektryczne dźwigowe prądu zmiennego, a wśród nich 80% napędów stanowią wyposażenia o silnikach indukcyjnych pierścieniowych; reszta to napędy silnikami indukcyjnymi zwartymi oraz nieznaczna liczba silników komutatorowych prądu zmiennego lub układów specjalnych. Z tego też powodu interesują nas tu szczególnie te rozwiązania elektryczne, które można zastosować w naszych urządzeniach dźwigowych. Jednak dodatkowe wprowadzenie prądu stałego do niektórych układów i wyposażenia może być nie do uniknięcia.

### 2. Układy hamowania elektrycznego.

Stosowane u nas dotychczas układy sterowania umożliwiają hamowanie silnikiem elektrycznym indukcyjnym pierścieniowym trzema następującymi metodami: a) hamowanie nadsynchroniczne, b) hamowanie przeciwprądowe, c) hamowanie podsynchroniczne (jednofazowe lub z fazą odwracalną). Układy nastawników zapewniają niejednokrotnie pracę silnika wg dwóch lub trzech z tych metod. Nie analizujemy zalet i wad powyższych metod, znanych zresztą od kilkunastu lat [10], notujemy natomiast kilka nowych, wprowadzanych ostatnio do napędów dźwigowych.

Rozwiązania regulacyjne opierają się zasadniczo na dwóch czynnikach, od których zależą obroty silnika indukcyjnego asynchronicznego: od częstotliwości i liczby biegunów. Inne metody bądź powodują znaczne straty, bądź wymagają większych i droższych maszyn czy układów, w których zatracą się prostota napędu silnikiem asynchronicznym. Regulacja oporem wirnikowym ma niemiłą zależność prędkości od obciążenia, co w napędach dźwigowych jest specjalnie kłopotliwe, ponieważ pożądana bywa mała prędkość przy biegu luzem lub stała prędkość przy b. zmieniającym momencie.

Śród spotykanych rozwiązań zastosowanie większe znalazły: układy niesymetryczne, maszyny dodawcze prądu stałego i zmiennego, dodawanie silnikowi asynchroniczne-

mu pola prądu stałego, osobna przetwornica częstotliwości itp.

Przetwornica częstotliwości [7]. Niektóre dźwigi — montażowe, odlewnicze, a zwłaszcza lotnicze — wymagają znacznie dokładniejszej regulacji liczby obrotów, niż to może zapewnić stosowany dotychczas układ podsynchroniczny jednofazowy. Chodzi przede wszystkim o dokładny dojazd i możliwość ostrożnego złożenia cennych przedmiotów. Poza tym pożądaną jest również, aby dźwigowy mógł na tym samym stopniu opuszczać z określoną prędkością zarówno duże, jak i małe ciężary. Mocne przyhamowanie elektryczne nabiera wagi zwłaszcza w nowoczesnych urządzeniach dźwigowych, w których duże masy poruszają się z znaczną prędkością. Hamowanie silnikiem pozwala na stosowanie mniejszych hamulców mechanicznych i ich luzowników, jak również niezależną pracę mechanizmu od stanu samego hamulca. Daje się tu poza tym uzyskać pracę zwrotną silnika na sieć podczas hamowania, co zmniejsza średni pobór mocy na każdą grę.

Zastosowana przetwornica częstotliwości stanowi odmianę konstrukcyjną silnika indukcyjnego pierścieniowego. Do zmiany częstotliwości służy komutator, połączony ze specjalnym uzwojeniem wirnika. Z sieci zasilane jest drugie uzwojenie wirnika, przyłączone do pierścieni ślizgowych, natomiast uzwojenie stojana pracuje jako wtórne. W przypadku zwarcia uzwojenia wtórnego silnik biegnie z prędkością znamionową jako asynchroniczny, zasilany od strony wirnika; w drugim uzwojeniu wirnika, przyłączonym do komutatora, wzbudza się wtedy prąd zmienny o małej częstotliwości (poślizgowej). W miarę wtrącania oporu w obwód stojana liczba obrotów wirnika maleje i wzrasta częstotliwość prądu, otrzymywanego z komutatora. Napięcie prądu o małej częstotliwości ma praktycznie stałą wartość, ponieważ wzbudzone zostaje przez pole wirujące synchronicznie, niezależnie od poślizgu samego wirnika. Jeśli stojan silnika napędowego przyłączymy do szczytów komutatora przetwornicy, to będzie ona pracowała jako prądnicą. Silnik napędowy zmieni swą liczbę obrotów proporcjonalnie do zmian częstotliwości prądu, dostarczanego przez przetwornicę; jeśli dostarczany jest prąd o częstotliwości np. 5 okr./sek., to liczba obrotów silnika wyniesie:

$$n_1 = n_n \cdot \frac{f_1}{f_n} = n_n \cdot \frac{5}{50} = n_n \cdot \frac{1}{10},$$

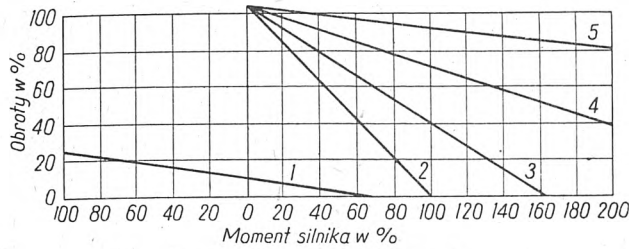
czyli 1/10 znamionowej liczby obrotów. W ten sposób przetwornica umożliwi osiągnięcie przez silnik napędowy żądanych niskich obrotów.

Wielkość zastosowanej przetwornicy częstotliwości zależy od wartości momentu obrotowego silnika napędowego oraz od wartości żądanej najmniejszej liczby obrotów (np. przy opuszczaniu pełnego ciężaru); poza tym uwzględnić należy wartość napięcia i procentowego czasu włączenia. W praktyce moment obrotowy w pierwszym położeniu regulacji osiąga w napędach dźwigowych wartość 60—80% momentu znamionowego, natomiast pożądana najmniejsza liczba obrotów przy opuszczaniu wynosi 10—15% obrotów znamionowych. Dla tych warunków, osiąganych jedynie w niektórych układach prądu stałego, moc przetwornicy wy-





Schemat połączeń dla układu dźwigarki przewiduje na pierwszym stopniu po stronie podnoszenia — zasilanie silnika przez przetwornicę, na następnych natomiast — przyłączenie do sieci, ze stopniowym zwieraniem oporu wirnikowego. W dwóch pierwszych położeniach po stronie opuszczania silnik zasilany jest z przetwornicy (na drugim wtrącony jest cały opór wirnikowy, czyli wystąpią większe obroty); na dalszych stopniach silnik przyłączany jest do sieci i odbywa się opuszczanie z hamowaniem nadsynchron-

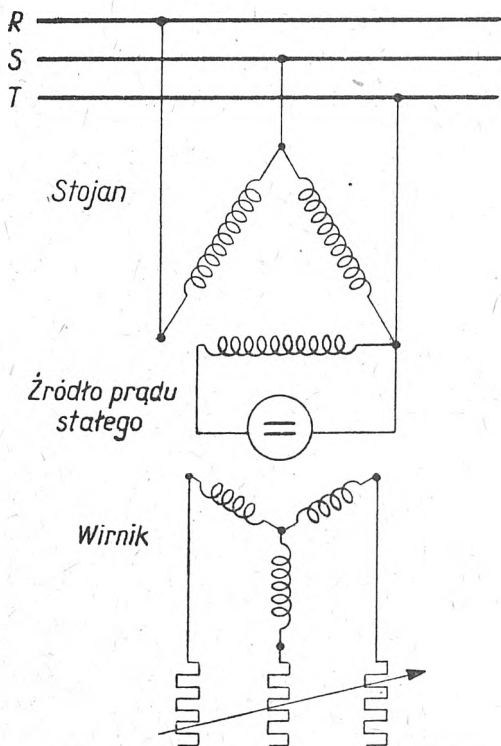


Rys. 2. Krzywe regulacyjne

nicznym. Opuszczanie ciężarów na pierwszym stopniu nastawnika odbywa się przy liczbie obrotów wynoszącej 10—15% obrotów znamionowych. Ponieważ przejście krzywej regulacyjnej z zakresu silnikowego na prądnicowy następuje w sposób ciągły, przeto dźwigowy może łatwo opuszczać zarówno pusty hak, jak i cały ciężar, posługując się najmniejszą prędkością. Nie stosuje się tu „zastrzyków” prądu przez dorywcze przyłączanie silnika, a więc oszczędza się aparaturę sterującą i przedłuża jej trwałość.

Przyłączanie silnika bądź do sieci, bądź do przetwornicy częstotliwości dokonywane jest przez szybko działające styczniki, dzięki czemu unika się położen przejściowych nastawnika, na których zanika moment obrotowy silnika.

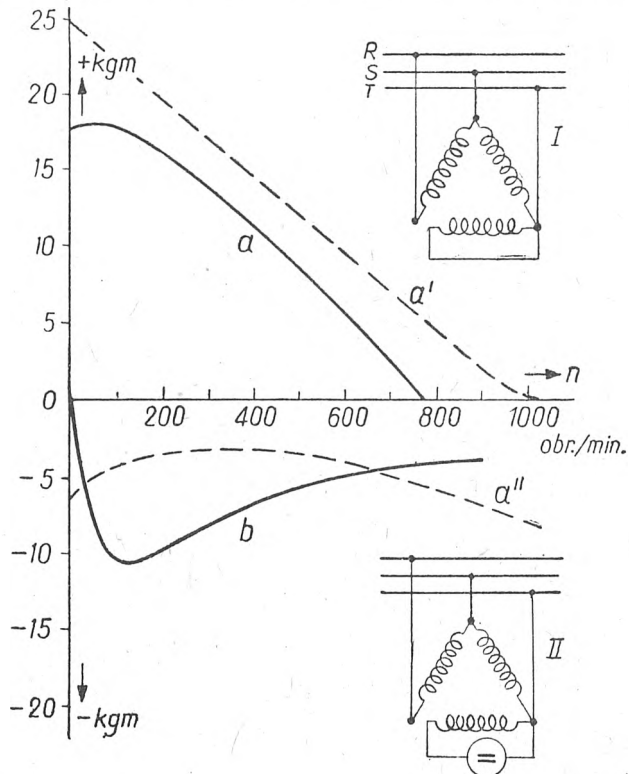
Układy ze ścisłą regulacją liczby obrotów znalazły w dźwigach przemysłowych duże zastosowanie i zdają egza-



Rys. 3. Układ „V” do regulacji obrotów dodatkowym zasilaniem prądem stałym

min w ciężkich warunkach ruchu. U nas np. zastosowano je w porcie gdańskim. Współpraca przetwornicy z silnikiem jest stateczna nawet w przypadkach dużych przyspieszeń i szybkich hamowań, od największej do najmniejszej liczby obrotów (w tych warunkach komutacja jej jest właściwa, lepsza niż w silniku prądu stałego), toteż układ ten może znaleźć zastosowanie w wielu napędach dźwigowych. Wadą jego jest jednak możliwość zasilania z jednej przetwornicy częstotliwości tylko jednego silnika napędowego.

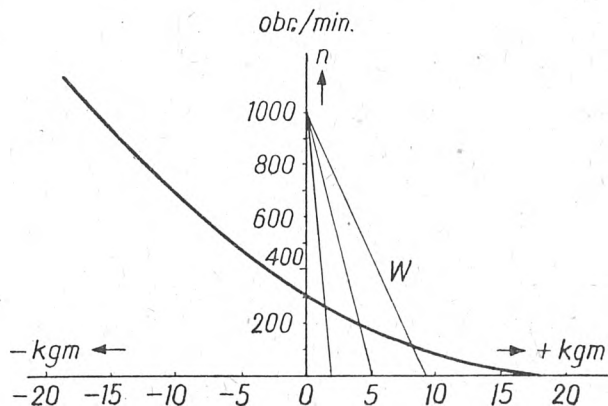
Układ tzw. otwarty („V”) z zasilaniem dodatkowym prądem stałym [8]. Wprowadzenie dodatkowego prądu stałego do stojana daje krótkotrwałą regu-



Rys. 4. Krzywe regulacyjne układu „V” dla prądu zmiennego i stałego

lację liczby obrotów, mało zależną od przyłożonego ciężaru. Układ połączeń pokazany jest na rys. 3. Gdy moment wytworzony przez prąd zmienny powoduje przyspieszenie, moment powstały z prądu stałego jest ujemny i działa hamująco; w rezultacie oba pola dają pewien moment wypadkowy. Ponieważ czynne dwie fazy w układzie „V” wytwarzają moment znacznie osłabiony w porównaniu z momentem znamionowym silnika, przeto mamy możliwość zwiększenia zakresu regulacji przy stosunkowo małym prądzie wzbudzenia (prąd stały).

Na rys. 4 krzywa *a* pokazuje przebieg momentu wypadkowego w zwykłym układzie „V”; krzywa ta jest wynikiem dodawania momentu dodatniego (*a'*) i ujemnego (*a''*).

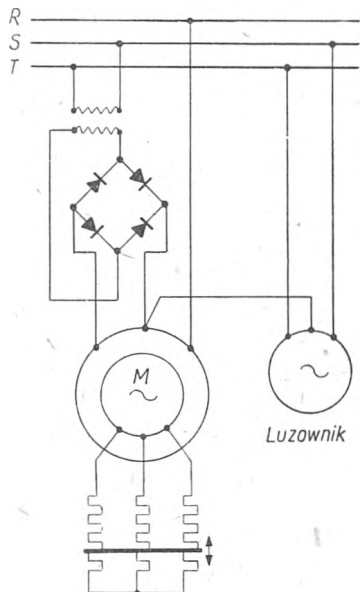


Rys. 5. Krzywe układu „V” przy zasilaniu prądem stałym, w porównaniu z krzywymi regulacji oporami wirnikowymi

(*a''*). Krzywa *b* na rys. 4 podaje przebieg momentu hamującego w przypadku, gdy silnik ma określone wzbudzenie prądem stałym i określony opór wstępny wirnikowy. Przez nałożenie się dwu wymienionych krzywych — *a* i *b* — otrzymamy w silnikach nienasyconych wypadkowy moment silnika.



Na rys. 5 podano przebieg krzywej regulacyjnej omawianego układu w porównaniu z krzywami układu o regulacji oporami wirnikowymi. W układzie tym można hamować silnik prądem stałym przy uprzednim odłączeniu stojana od sieci. Wzbudzenie prądem stałym daje prostą

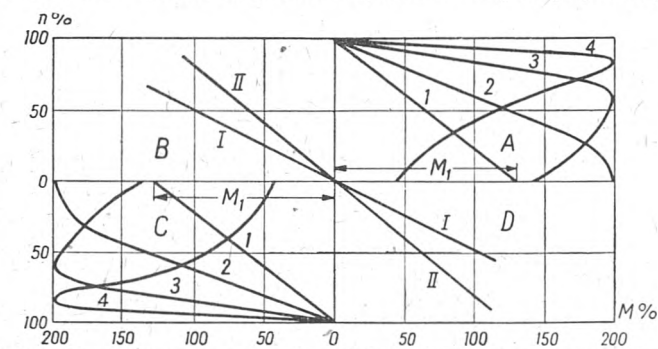


Rys. 6. Układ mechanizmu jazdy z hamowaniem prądem stałym

i ciągłą regulację obrotów, którą osiąga się w sterowaniu łatwymi środkami.

Pośrednie zasilanie dwóch faz silnika asynchronicznego pierścieniowego przy pomocy układu prostowniczego [8]. Dla mechanizmu jazdy układ ten jest pokazany na rys. 6. Spośród krzywych regulacyjnych układu dla jazdy w obu kierunkach (rys. 7) uwagę zwraca przebieg charakterystyk dla pierwszych dwóch stopni sterowania: I i II. Odpowiadają one dwu różnym oporom wirnikowym, wtrącanym podczas regulacji. Działka „A” odpowiada pracy silnika — jazda w prawo; działka „B” odpowiada hamowaniu przy ruchu — jazda w prawo; działka „C” obrazuje pracę przy jeździe w lewo; działka „D” odpowiada przypadkowi, kiedy maszyna pracuje jako hamulec, przy ruchu — jazda w lewo. Krzywe 1—4 nie wymagają wyjaśnienia, jako odpowiedniki stopni regulacyjnych przy hamowaniu podsynchronicznym.

Zastosowanie dwóch silników asynchronicznych pierścieniowych, połączonych wspólnym wałem mechanicznym, przy czym jeden z nich jest zasilany z sieci prądu stałego [1]. Schemat połączeń dla tej metody regulacyjnej pokazano na rys. 8. Układ zapewnia uzyskanie małych prędkości,

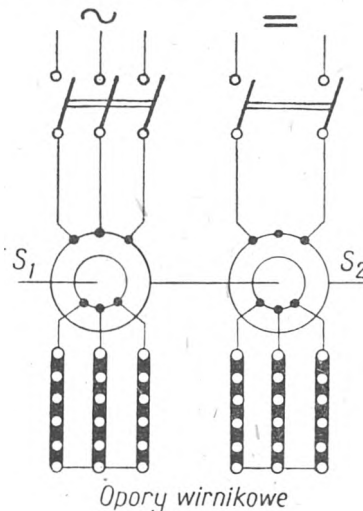


Rys. 7. Krzywe regulacyjne układu jazdy z hamowaniem prądem stałym

pożądanych przy dojazdach i zatrzymywaniu mechanizmu. Przebieg krzywych regulacyjnych przedstawia rys. 9, gdzie linią przerywaną pokazano przebieg ujemnego momentu powstałego w silniku zasilanym prądem stałym, jak i przebieg momentu silnika napędowego — dla trzech stopni oporu wirnikowego. Moment wypadkowy na wałe

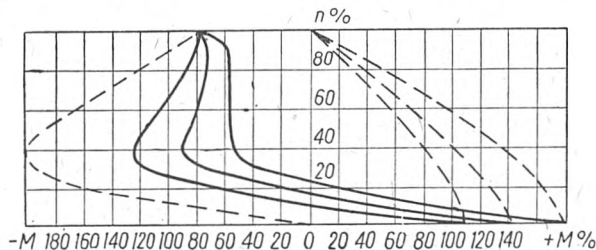
silników pokazują krzywe ciągłe, które w obrębie małych szybkości przebiegają płasko, zapewniając regulację mało wrażliwą na zmiany obciążenia.

Zastosowanie autotransformatora [1] jako jednego z rozwiązań układu niesymetrycznego zasilania



Rys. 8. Połączenie 2-ch silników asynchronicznych, z których jeden zasilany jest prądem stałym

stojana. Schemat połączeń napędu dźwigarki przedstawia rys. 10. Widzimy na nim sterownik włączający szereg styczników, silnik asynchroniczny pierścieniowy, luzownik hamulca, opornik wirnikowy i autotransformator. Po stronie podnoszenia autotransformator nie jest włączany przy sterowaniu i układ odpowiada regulacji oporem wirnikowym (z wyjątkiem położenia I, gdzie jest przerwane połączenie jednej fazy opornika wirnikowego). Po stronie opuszczania moment hamujący jest regulowany zarówno przez asymetryczne przyłączanie do sieci stojana, za pośrednictwem szeregu zaczepów autotransformatora, jak i przez wtrącanie kolejnych stopni oporu wirnikowego. Odpowiednie krzywe regulacyjne pokazuje rys. 11. Po-



Rys. 9. Krzywe regulacyjne układu 2-silnikowego o zasilaniu jednego silnika asynchronicznego prądem stałym

chylenie charakterystyk oraz ich układ mówią o możliwości regulacji i hamowania.

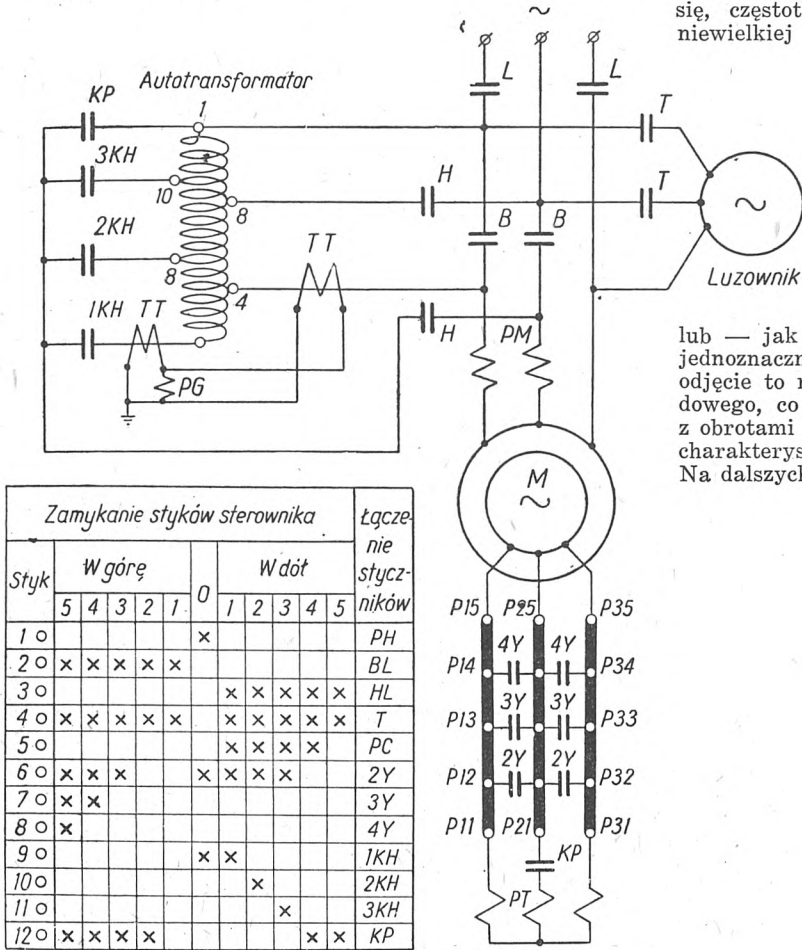
**3. Urządzenia elektromechaniczne do hamowania i regulacji prędkości.**

Rozwiązania elektromechaniczne stosowane w praktyce dotyczą na ogół dwóch rodzajów urządzeń: elektrycznych luzowników hamulców oraz sprzęgieł elektromagnetycznych.

Luzowniki hamulców w wykonaniu elektromagnetycznym współpracują zwykle z hamulcami tzw. stopowymi, powodującymi natychmiastowe zatrzymanie napędu, i nie nadają się do regulacji liczby obrotów. Wprowadzony do urządzeń dźwigowych przed kilkunastu laty typ luzownika elektrohydraulicznego pozwala na regulację hamowania w szerokich granicach — tak co do siły, jak i co do czasu hamowania, i bywa również stosowany przy współpracy z silnikiem indukcyjnym pierścieniowym jako samoczynny regulator prędkości. Dzięki takim cechom konstrukcyjnym, jak mały silniczek, elastyczna praca pompki wirowej oraz stosowanie sprężyn hamulcowych — wyrównawczych, bądź różnicowych, znalazł on szerokie zastosowanie jako dobry luzownik hamulca.

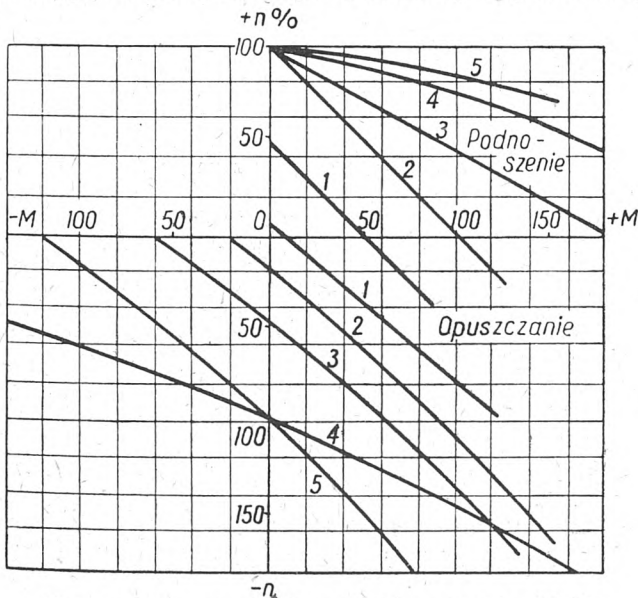
Budowę luzownika elektrohydraulicznego typu „Eldro“ pokazuje rys. 12. Charakterystyczną cechą tego przyrządu jest zależność siły luzującej od liczby obrotów pompy wi-

Jeden z układów przewiduje przyłączenie luzownika na pierwszym stopniu nastawnika do pierścieni wirnika silnika napędowego; w położeniu tym, czyli podczas ruszania silnika napędowego lub zwalniania przed zatrzymaniem się, częstotliwość w wirniku jest dość duża (wskutek niewielkiej liczby obrotów). Powoduje to pólzłuzowanie



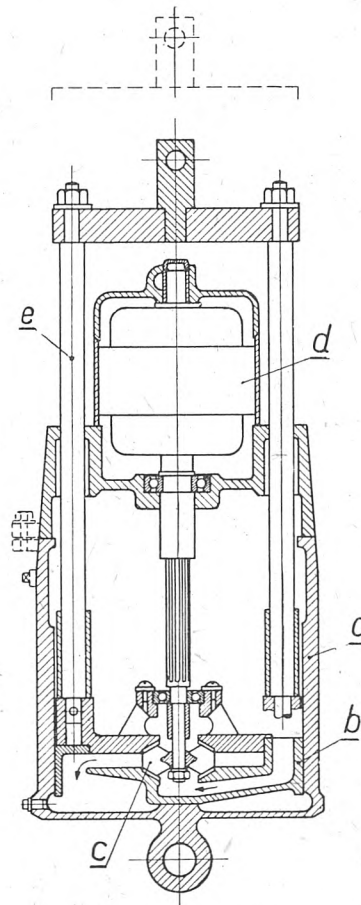
Rys. 10. Schemat napędu dźwigarki przy zastosowaniu autotransformatora

rowej, a więc również od liczby obrotów silniczka w luzowniku. Właściwość tę wyszukaną w niektórych układach, zasilać luzownik ze źródła o zmiennej częstotliwości;



Rys. 11. Krzywe regulacyjne  $M = f(n)$  układu z autotransformatorem

źródłem tym jest uzwojenie wirnika silnika napędowego indukcyjnego pierścieniowego podczas zmiany prędkości wirowania.



Rys. 12. Luzownik elektrohydrauliczny

- a — cylinder przyrządu, wypełniony płynem
- b — tłok unoszony parciem przepompowanego płynu
- c — pompa wirowa
- d — silnik elektryczny do napędu pompy
- e — jarzmo unoszone do góry i wykonujące ruch luzujący

łącza się do zacisków stojana silnika napędowego i występuje pełne zluźnienie hamulca. Układ powyższy, pokazany na rys. 13, wymaga małego transformatora 3-fazowego o przekładni: napięcie wirnika/napięcie stojana, aby za jego pośrednictwem luzownik (dostosowany do napięcia w stojanie) przyłączyć do zacisków wirnika.

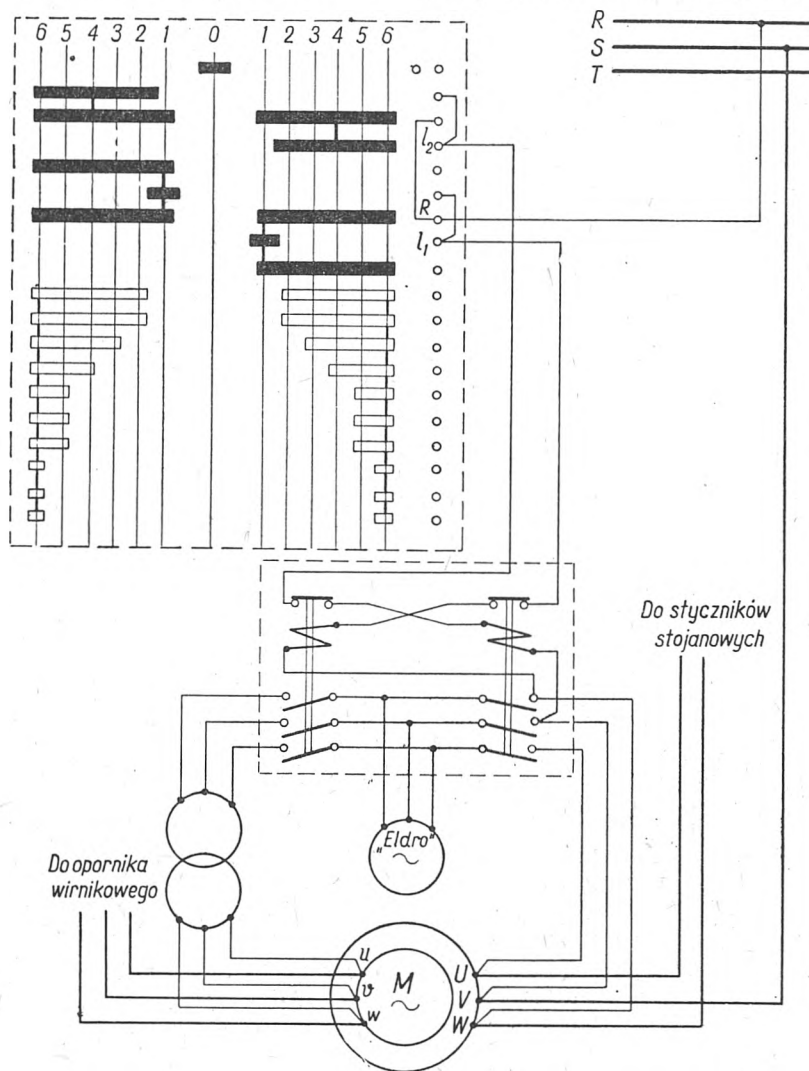
W innym układzie luzownik elektrohydrauliczny przyłączony jest na stałe do zacisków wirnika, a nie tylko na pierwszym stopniu nastawnika. Działa on wtedy jako samoczynny regulator prędkości: przy zahamowanym sil-



niku częstotliwość prądu wirnika jest duża (równa częstotliwości sieci), występuje całkowite luzowanie, silnik rusza; ze wzrostem liczby obrotów silnika maleje częstotliwość w wirniku, a więc i siła luzująca, co powoduje przyhamowanie; po przyhamowaniu spadają obroty, rośnie częstotliwość prądu wirnika i luzowanie, a zatem silnik przyspiesza; ustala się w ten sposób przy określonych obrotach pewna równowaga momentu obrotowego oraz mo-

niezależnie od ciągłego ruchu tarczy napędzającej. Mamy tu więc elektryczne sprzężenie i hamowanie dzięki tarczom sprzęgła cierne [3].

Koncepcja hamowania i regulacji prędkości w samym sprzęgle metodą czysto elektryczną znalazła zastosowanie w ostatnich czasach w sprzęgłach elektromagnetycznych, działających na zasadzie zgoła odmiennej. Znane są dziś dwa podstawowe typy tych sprzęgieł: 1) sprzęgła płynowe,



Rys. 13. Schemat sterowania silnika dźwigowego przy zastosowaniu luzownika elektrohydraulicznego

mentu luzującego i hamującego z drugiej strony. Luzownik działa jako samoczynny regulator prędkości.

W zastosowaniu do mechanizmów jazdy układ z luzownikiem elektrohydraulicznym pozwala na osiągnięcie małych prędkości dojazdowych, oraz stosowanie wstępnych wyłączników krańcowych, o czym była już mowa wyżej przy opisie układu z przetwornicą częstotliwości.

Przedstawione wyżej działanie luzownika jako przyrządu elektrycznego powoduje jedynie regulowanie pracy hamulca mechanicznego, tarcowego, toteż jest to metoda elektromechaniczna.

Sprzęgła elektromagnetyczne. Od dość dawna znane są sprzęgła cierne o napędzie elektromagnetycznym jednej z tarcz. Elektromagnes powoduje w nich dociskanie tarczy ciernej napędzanej do tarczy napędzającej. Konstrukcyjnie tarcza napędzająca stanowi jarzmo z wbudowaną cewką, zasilaną z pieścieni ślizgowych, natomiast tarcza dosprzężana stanowi zworę, przyciąganą do jarzma. Dalsze rozwiązanie konstrukcyjne takiego sprzęgła posiada trzy tarcze: 1) napędzającą (z uzwojeniem sprzęgającym), 2) napędzaną, uruchamiającą mechanizm, oraz 3) stałą, hamującą (z uzwojeniem hamującym). Trzecia tarcza (hamująca) przez dosprzężanie tarczy napędzanej powoduje hamowanie mechanizmu

2) sprzęgła poślizgowe, działające na zasadzie prądów wirkowych.

Sprzęgła płynowe [5] nie znalazły zastosowania w urządzeniach dźwigowych, rozpowszechniły się natomiast w napędach samochodowych. Ponieważ wprowadzona w nich nowa zupełnie zasada działania jest przejściowym rozwiązaniem między pierwotnymi sprzęgłami elektromagnetycznymi a współczesnymi sprzęgłami poślizgowymi, należy podać w skrócie opis budowy i pracy urządzenia.

Dwie tarcze ze stali niklowej — wewnętrzna i zewnętrzna — rozdzielone są niewielką szczeliną; zewnętrzna stanowi kadłub z nawiniętą cewką wzbudzącą. Szczelina wypełniona jest płynem magnetycznym, złożonym z 10% lekkiego oleju maszynowego i 90% żelaza karbonilowego. Z chwilą wytworzenia pola magnetycznego między tarczami cząstki sproszkowanego żelaza ustawiają się wzdłuż linii pola, łączą się i sztywnieją, stawiając opór ruchowi prostopadłemu do kierunku pola. Przy indukcji ok. 15 500 gausów naprężenie ścinające w obrębie pola wynosi ok. 1,4 kG/cm<sup>2</sup> powierzchni sprzęgła. Regulacja pola umożliwia w szerokim zakresie łatwe stopniowanie siły sprzęgającej. Olej przeciwdziała zbijaniu się sproszkowanego żelaza (zwłaszcza od sił odśrodkowych); przy wyłączonym sprzęgle istnieje niedogodność związana ze znaczną lepko-

ścią płynu. Szeroki zakres regulacji zależy przy najmniejszych obrotach od tej właśnie lepkości płynu, przy największych natomiast — od nasycenia żelaza. Przenoszony moment zależny jest nie od kwadratu prądu, lecz w znacznie mniejszym stopniu, a w stanie dalekim od nasycenia zależność jest prostoliniowa. Sprzęgło ma budowę prostą i nie posiada części przesuwnych poosiowo, działa łagodnie i nie wymaga dużej mocy elektrycznej; np. przy średnicy tarcz 15 cm i 3000 obr./min. może przenieść ok. 40 k. m. pobierając do wzbudzenia 50 W.

Drugim typem nowoczesnych sprzęgieł elektromagnetycznych, które z kolei znalazły zastosowanie w urządzeniach dźwigowych, są sprzęgła poślizgowe, działające na zasadzie prądów wirowych [4]. Działanie ich oparte jest na nieco odmiennej zasadzie niż opisanych wyżej sprzęgieł; mają też one inną budowę, stanowiąc urządzenie zwarte i mocne mechanicznie, pozbawione płynu magnetycznego.

Metoda polega na tym, że dzięki prądom wirowym, wzbudzonym w tarczy sprzęgła, uzyskuje się moment hamujący oraz żadaną regulację prędkości. Sposób powyższy wymaga stosowanie okładzin hamulca przy hamowaniu, wymaga jednak odprowadzenia ciepła wytworzonego przez prądy wirowe. Konieczne jest przy tym dysponowanie małym źródłem prądu stałego do zasilania uzwojenia wzbudzającego.

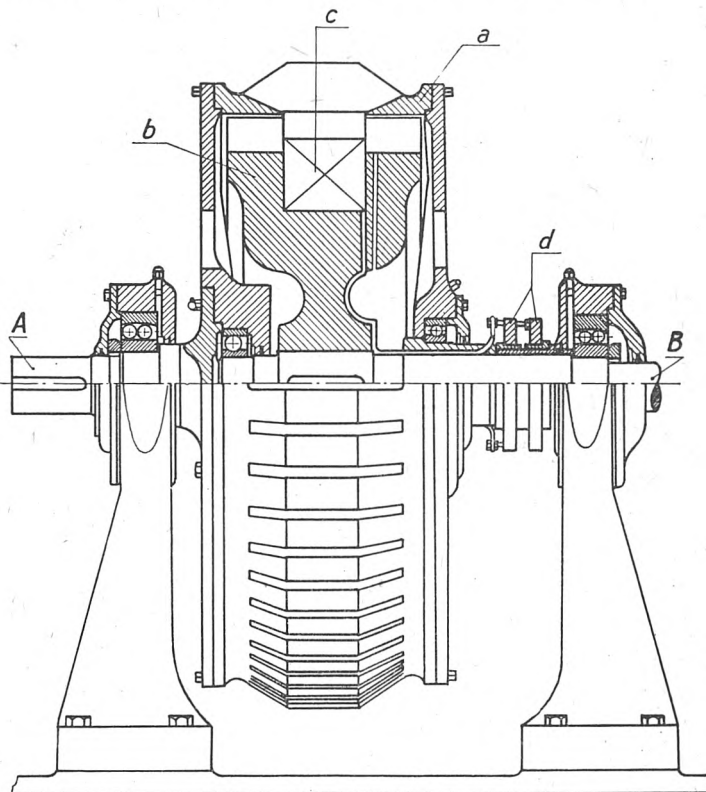
W jednym z układów stosuje się silnik napędzający klatkowy, biegnący ze stałą prędkością, oraz sprzęgło poślizgowe, regulujące prędkość mechanizmu napędowego. Zakres regulacji prędkości w warunkach roboczych, czyli zakres zmniejszania prędkości poniżej największej, ograniczony jest przez zdolność odprowadzania ciepła wytworzonego przez prądy wirowe, ponieważ zmniejszenie prędkości poniżej znamionowej powoduje wzrost strat poślizgu, a zatem i wzrost temperatury (w stosunku proporcjonalnym). Moc zastosowanego sprzęgła w tym układzie, podobnie jak moc silnika napędowego, ograniczona jest przez znamionową wartość momentu na wale mechanicznym, a to ze względu na możliwość długotrwałej pracy urządzenia przy zmniejszonej prędkości. Uzyskana regulacja prędkości jest mniej więcej w tych granicach, co podczas regulacji wzbudzenia przy zastosowaniu silnika prądu stałego.

Wprowadzone ulepszenia w konstrukcji powyższych sprzęgieł poślizgowych, mianowicie zastosowanie wzbudzenia prądem stałym, przyczyniły się w obcych krajach do szerokiego zastosowania ich w urządzeniach dźwigowych. W wyniku tego silnik napędowy stał się jedynie źródłem mocy; po uruchomieniu biegnie on przez cały czas pracy dźwigu, a moc przenoszona jest następnie przez sprzęgło poślizgowe działające na zasadzie prądów wirowych.

Budowę sprzęgła poślizgowego pokazuje rys. 14. Są to dwie współosiowo wirujące tarcze, oparte na łożyskach kulkowych lub rolkowych. Część zewnętrzną *a* obraca silnik, wewnętrzną natomiast *b* połączona jest za pośrednictwem przekładni z mechanizmem dźwigu. W części wewnętrznej znajduje się uzwojenie *c*, nawinięte na rdzeń kołowy, a zasilane przy pomocy szcetek i pierścieni ślizgowych *d* ze źródła prądu wzbudzającego o niewielkiej mocy, wynoszącej w zależności od wielkości sprzęgła 40—500 W; np. do przeniesienia przez sprzęgło mocy 30 k. m. wystarcza do wzbudzenia ok. 250 W.

Przy zasilaniu dwóch sprzęgieł (do dwóch kierunków ruchu) silnik nie potrzebuje zmieniać kierunku obrotów, ponieważ moment napędowy nie jest przenoszony bezpośrednio. Przy pionowym ruchu dźwigu do podnoszenia i opuszczania może być zastosowane tylko jedno sprzęgło, w którym przy opuszczaniu kierunku momentu hamującego zostaje odwrócony (w przypadku opuszczania małych ciężarów i pustego haka — sprzężenie musi być małe). Zasada regulacji momentu (sterowania) polega na tym, że zamiast układu sterowniczego do zmiany prędkości i zmiany kierunku obrotów silnika zapędowego reguluje się prędkość przez zmianę wzbudzenia samego sprzęgła. Aparatura sterująca zostaje sprowadzona do małego pulpitu z kilkoma przyciskami i uchwytami, zapewniając maksimum prostoty i łatwości manipulowania. Można osiągnąć pełną regulację ciągłą zmiany prędkości dla wszystkich kierunków ruchu, dla dowolnego obciążenia i niezależnie od tego, czy sprzęgła zasilane są prądem stałym, czy zmiennym. Poza tym nie jest konieczne stosowanie oddzielnego silnika dla każdego ruchu dźwigu, jeśli poszczególne me-

chanizmy znajdują się w pobliżu. Np. ten sam silnik służy do podnoszenia i opuszczania haka oraz do jazdy wózka (rys. 15); w tym celu wał silnika napędowego przechodzi przez skrzynkę przekładniową jazdy wózka, a dopiero potem łączy się z dźwigarką. Nie jest to jednak normalnie stosowana skrzynka przekładniowa, musi bowiem posiadać po stronie napędzanej (lub napędzającej) dwa wałki biegnące w przeciwnych kierunkach. Zastosowanie dwóch sprzęgieł do napędu każdego z powyższych dwóch mechanizmów umożliwia wprowadzenie w ruch tylko tego mechanizmu, który w danej chwili ma pracować i to w pożądanym kierunku. W podobny sposób może być rozwiązany napęd głównego i pomocniczego podnoszenia, bądź też napęd bębnowy 4-linowych dźwigarek chwytakowych; w dźwi-



Rys. 14. Sprzęgło elektromagnetyczne poślizgowe działające na zasadzie prądów wirowych

A — do silnika  
B — do mechanizmu

gach o zmiennym wysięgu można przy pomocy jednego silnika uzyskać podnoszenie ciężaru i jego ruch w płaszczyźnie poziomej.

Innym rozwiązaniem jest napędzanie bębna liny podnoszącej przez jeden silnik, ale za pośrednictwem skrzynki biegów o różnych przekładniach, np. 1 : 3, i zastosowaniu dla każdej prędkości osobnego sprzęgła; ciężary równe 1/3 znamionowych można podnosić z prędkością trzykrotnie większą.

Istnieją trzy metody regulacji wzbudzenia sprzęgła: a) sterowanie przy pomocy opornika — stosowane zarówno przy silnikach prądu stałego, jak i zmiennego; b) sterowanie elektronowe; c) sterowanie radiowe.

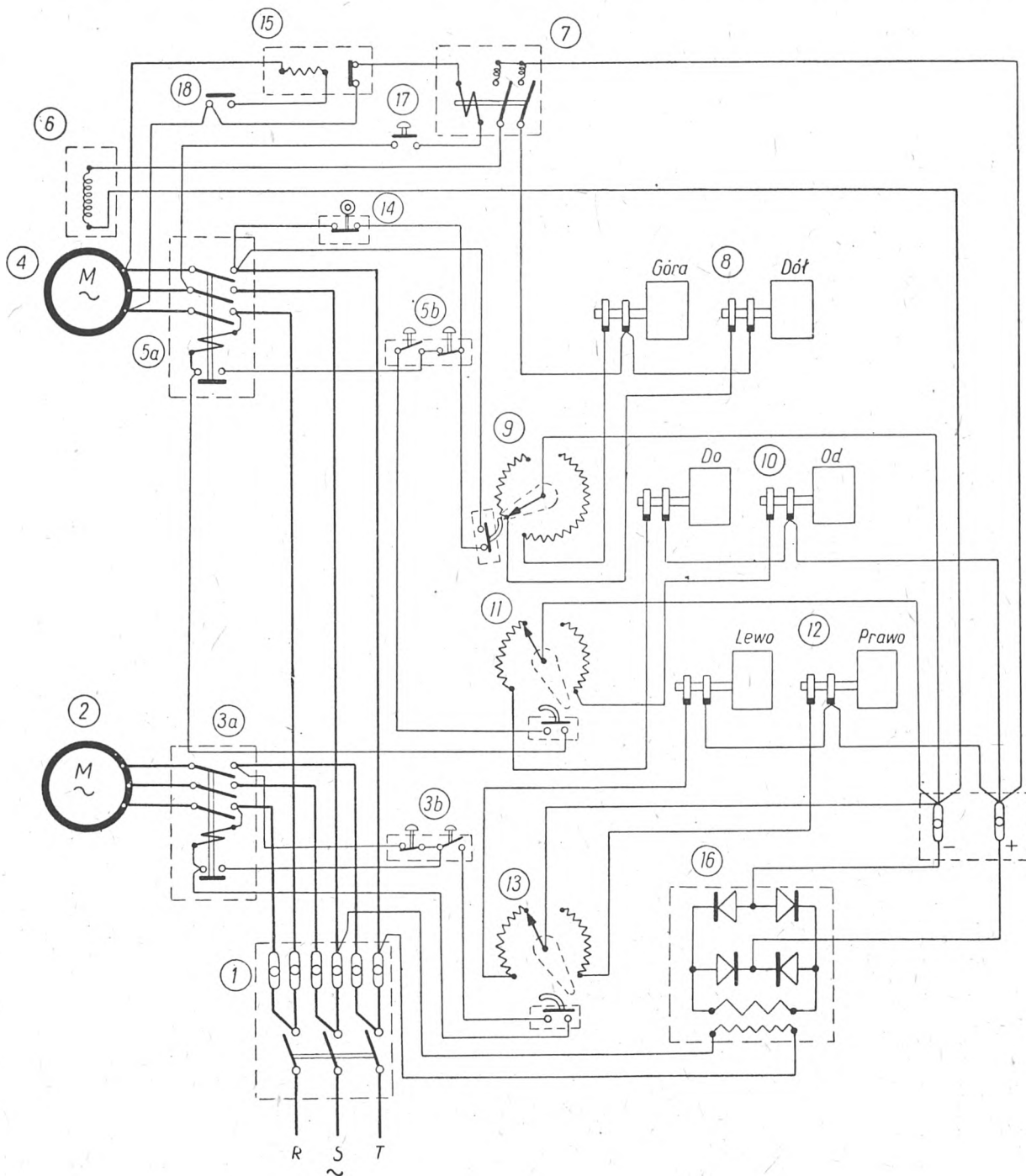
a) Przy bezpośrednim sterowaniu napędu dźwigu możliwość uzyskania w prosty sposób ciągłej regulacji prędkości i hamowania przy wszelkich kierunkach ruchu dają regulatory bębnowe. Dla dźwigarki nie ma określonego położenia „podnoszenia“, ponieważ równowaga (moment podnoszący równoważy siłę ciężaru) zależy od obciążenia haka. Przez naciśnięcie przycisku można natychmiast zatrzymać ruch haka przy każdym położeniu sterowania (przycisk *5b* na rys. 15). Prąd wzbudzenia każdego sprzęgła reguluje się bezpośrednio przy pomocy regulatora (regulatory *9, 11 i 13* na rys. 15).

b) Dzięki temu, że sprzęgła pobierają niewielką moc, mogą być sterowane przy pomocy lamp elektronowych (tyratrony) o podgrzewanej katodzie. Sterowanie to pozwala na wycechowanie skali regulatora w m/min. i prę-



kość haka jest proporcjonalna do nastawienia wskazówki na skali regulatora niezależnie od obciążenia haka. Obsługiwanie jest wygodne, ponieważ nawet największe dźwigi steruje się za pomocą małych uchwytych i przycisków. Do obserwacji obciążenia na haku przewiduje się mierniki, umieszczone w polu widzenia dźwigowego, aby usunąć

dźwigu z miejsca, znajdującego się w pobliżu obciążenia. Przekazywanie sygnału z ziemi od dysponującego do dźwigowego, znajdującego się w kabinie o 15—20 m wyżej, może być zapewnione przez radiowy układ sterowniczy wielkiej częstotliwości. Za granicą spotyka się pełne sterowanie dźwigiem z ziemi; przystosowane jest ono do



Rys. 15. Schemat elektryczny suwnicy sterowanej przy pomocy sprzęgieł poślizgowych

- |  |  |
|--|--|
| <p>1 — tablica rozdzielcza zasilana prądem zmiennym 3-fazowym<br/>         2 — silnik jazdy mostu (klatkowy)<br/>         3 — stycznik silnika jazdy mostu i przyciski sterujące<br/>         4 — silnik dźwigarki i jednocześnie jazdy wózka (klatkowy)<br/>         5 — stycznik silnika dźwigarki i przyciski sterujące<br/>         6 — luzownik hamulca (prądu stałego) do silnika dźwigarki<br/>         7 — stycznik luzownika i sprzęgieł dźwigarki<br/>         8 — sprzęgła poślizgowe do podnoszenia i opuszczania<br/>         9 — regulator wzbudzenia sprzęgieł dźwigarki<br/>         10 — sprzęgła jazdy wózka</p> | <p>11 — regulator wzbudzenia sprzęgieł jazdy wózka<br/>         12 — sprzęgła jazdy mostu<br/>         13 — regulator wzbudzenia sprzęgieł jazdy mostu<br/>         14 — wyłącznik krańcowy górnego położenia (dla dźwigarki)<br/>         15 — przełącznik czasowy układu dźwigarki<br/>         16 — transformator i prostownik do wzbudzenia sprzęgieł poślizgowych oraz do zasilania luzownika hamulca dźwigarki<br/>         17 — wyłącznik ręczny włączający stycznik "7"<br/>         18 — przycisk w regulatorze szybkości</p> |
|--|--|

obawę przeciążenia silnika podczas pracy przy dużych prędkościach; stosowany dodatkowo odśrodkowy regulator prędkości ze stykiem bezpieczeństwa chroni urządzenie od rozbiegania się.

c) Niekiedy zachodzi potrzeba sterowania mechanizmami

urządzeń z powyższymi lampami elektronowymi, jest przy tym urządzeniem przenośnym, łatwym w obsłudze (ma 3 regulatory do sterowania trzech ruchów), o zasięgu działania 70—100 metrów, z urządzeniem zabezpieczającym, zatrzymującym ruch przy zakłóceniu.

Schemat elektryczny typowego wyposażenia dźwigu o trzech mechanizmach, przy zastosowaniu sprzęgieł poślizgowych, pokazany jest na rys. 15.

Praca według tego schematu odbywa się w sposób następujący: po włączeniu wyłącznika 1 włącza się przyciskiem 3b stycznik 3a, czyli uruchamia silnik 2. Analogicznie przyciskiem 5b i stycznikiem 5a uruchamia się silnik 4. Włączenie styczników uzależnione jest od blokady zerowej w regulatorach. Silniki będą stale, a przez sprzęgła poślizgowe uruchamiamy poszczególne mechanizmy. Regulacją wzbudzenia (regulatorem 13) jednego ze sprzęgieł 12 regulujemy obroty mechanizmu jazdy mostu; zmiana kierunku regulacji powoduje wzbudzenie drugiego sprzęgła i zmianę kierunku obrotów mechanizmu. Podobnie dzieje się przy napędzie jazdy wózka, tj. przy wzbudzaniu sprzęgieł 10 regulatorem 11. Przy pracy silnika 4 do napędu dźwigarki należy przed regulowaniem sprzęgieł 8 regulatorem 9 włączyć wyłącznikiem 17 stycznik 7, doprowadzając prąd do sprzęgieł i luzując hamulec luzownikiem 6. Przekaznik czasowy 15 służy do wyłączenia mechanizmu dźwigarki w wypadku zbyt dużego wzrostu liczby obrotów; następuje to z chwilą zamknięcia się przycisku 18 w regulatorze prędkości.

Zastosowanie powyższego urządzenia do regulacji momentu napędowego w mechanizmach dźwigowych ma wiele zalet, jak usunięcie urządzeń sterujących silnik (w obwodzie prądu głównego), mianowicie nastawnika, opornika, wielu styczników, przez co oszczędza się na materiale i miejscu w dźwigu oraz osiąga znaczne ułatwienie konserwacji i uproszczenie instalacji dźwigowych. Zastosowanie tego rodzaju układów sterowniczych zaleca się w dźwigach chwytakowych, kafarowych, przeładunkowych i dźwigarkach z chwytakiem elektromagnetycznym.

Przy dźwigach ze sprzęgłami poślizgowymi ważną rolę spełniają urządzenia elektryczne pomocnicze, jak wyłączniki krańcowe i luzowniki hamulców. Luzowniki stosuje

się często elektrohydrauliczne lub elektromagnetyczne prądu stałego (nawet gdy silnik jest prądu zmiennego), na co pozwala istniejące źródło prądu stałego, służące do wzbudzenia sprzęgła. Wyłączniki krańcowe doznają również przemian konstrukcyjnych. Np. dla układów dźwigarek uzyskują czasem rozwiązania o hamowaniu dynamicznym niezależnie od stanu hamulca. Układy jazdy otrzymują znowu niekiedy wyłączniki o budowie zbliżonej do wyłączników kabinowych, stosowanych w dźwigach osobowych o ryglowaniu centralnym, a zatem wyposażone w elektromagnes, działający na ruchomy styk.

Opisane wyżej metody oraz przedstawione rozwiązania konstrukcyjne są obrazem osiągnięć w dziedzinie hamowania elektrycznego i regulacji prędkości w urządzeniach dźwigowych. Powinny one stać się bodźcem do dalszych ulepszeń i nowych koncepcji. Sprawa ta, związana z tak ważnym zagadnieniem transportu wewnętrznego jest warta zachodu, toteż powinna znaleźć zrozumienie i wzbudzić zainteresowanie dźwigowców — zarówno elektryków, jak i mechaników.

#### LITERATURA

- [1] Miekler A. G. Elektroprivod kranowych mehanizmov, 1947
- [2] Zdanow B. W. Elektrooborudowanje mostowych kranow, 1950
- [3] Hörnöverken A. B. Magnetkopplingar, 1946
- [4] Sadler C. V. Modern control gear for overhead electric travelling cranes, Mechanical Handling, May 1950
- [5] Rabinow J. The magnetic fluid clutch, Electr. Engineering, XII, 1948
- [6] New and old features of electric crane operation, ASEA, 1941
- [7] Weiler L. Die neuen Feinregelschaltungen des Drehstrom-Asynchronmotors mit Frequenzwandler für Hub- und Fahrhaltungen von Krananlagen, Siemens Zeitschr., 3, 1941
- [8] Schmitt W., Jordan H. Die Drehzahlregelung des Drehstrom-Asynchronmotors durch überlagerten Gleichstrom, AEG-Mitteilungen, XII, 1940
- [9] Gogolewski Z. Napędy elektryczne, 1949
- [10] Grunwald Z. Układy sterowania silnikiem dźwigowym, wyd. 717 firmy K. Szpotanski, 1940

MGR INŻ. T. MISSALA  
I INŻ. R. SICIŃSKI  
GIEI

## Projekt i analiza przepisów na gołe przewody grzejne z metalowych stopów oporowych\*)

Treść. Autorzy projektu, opracowanego w G. I. E. I., podają analizę pracy i przesłanki, na których są oparte sformułowania projektu, omawiają inne spotykane w literaturze ujęcia poszczególnych części zagadnienia i naświetlają punkty, które wymagają dalszej pracy i szerszej dyskusji.

Проект стандартизации голых нагревательных проводов. Авторы проекта, составленного в Главном Электротехническом Институте, дают анализ своей работы и предпосылки, на которых проект основан, обсуждают встречаемые в литературе случаи иного подхода к вопросу и освещают те пункты, которые требуют дальнейшей разработки и более широкого обсуждения.

Draft of regulations for bare heating conductors. The authors of the draft prepared in the Chief Electrotechnical Institute give an analysis of the work carried out and specify the hypotheses on which the formulations are based. Further, the authors deal with other conceptions, met with in literature, of individual elements of the problem and explain those points which require further investigation and more general consideration.

### 1. Potrzeba i cel przepisów.

Rozwijający się przemysł metalurgiczny i chemiczny zgłasza stale wzrastające zapotrzebowanie na elektryczne urządzenia grzejne, między innymi na urządzenia do nagrzewania oporowego. Podstawą rozwoju krajowego przemysłu budowy tych urządzeń jest wytwarzanie przez huty polskie przewodów grzejnych z metalowych stopów oporowych. Produkcja ta ma u nas niewielkie tradycje, nie mieliśmy dotąd żadnych przepisów na oferowanie, katalogowanie i odbiór przewodów grzejnych.

Ten stan, wynikający z naszej dotychczasowej struktury gospodarczej i braku krajowej produkcji przewodów grzejnych, stał się nie do zniesienia w momencie wkroczenia w realizację planu 6-letniego, który ma całkowicie zmienić oblicze naszego przemysłu i w jak największej mierze uzależnić go od dostaw zagranicznych. Wyłoniła się więc konieczność szybkiego uruchomienia krajowej produkcji przewodów grzejnych. Przemysł hutniczy, rozpoczynający ich produkowanie, musi znać wymagania, stawiane jego wyrobom ze strony elektrotermii, musi wiedzieć, jakie charakterystyki przewodu oporowego należy podawać w katalogu. Na te pytania mogą odpowiedzieć tylko przepisy.

Polski Komitet Normalizacyjny, w którego kompetencji leży opracowywanie tego typu zagadnień, nie mógł w krótkim czasie przygotować obowiązującej normy, wobec tego autorzy niniejszej pracy otrzymali polecenie jak najszybszego opracowania projektu przepisów.

Opracowanie projektu przedstawiało szczególne trudności. Przede wszystkim w dotychczas ogłoszonych przepisach P. N. E. zagadnienie powyższe nie było opracowane, nie było nawet dyskutowane w żadnych polskich publikacjach, wobec czego literatura nasza nie zawiera danych na ten temat.

Literatura zagraniczna, omawiająca zagadnienie, jest bardzo szczupła i ujmuje je raczej fragmentarycznie; kompletnie opracowanych przepisów na ten temat i ta literatura nie podaje. Poza tym omawiane fragmenty przepisów są traktowane z różnych punktów widzenia, a wyniki wykonanych badań i wnioski z nich wyciągane są nieraz zgoła sprzeczne.

Wobec powyższego opracowane przepisy z konieczności wykazują szereg usterek jak np.:

1) w sformułowaniu pojęć, które może ulec zmianie w miarę dalszej pracy oraz w miarę osiągania coraz większego doświadczenia w dziedzinie produkcji przewodów grzejnych ze stopów metalowych;

\*) Projekt normy wewnętrznej opracowanej przez GIEI.



2) w doborze szeregu wartości przyjętych na podstawie posiadanych materiałów i wobec tego wymagających sprawdzenia na drodze nieraz żmudnych i długotrwałych doświadczeń.

Z wyżej podanych względów oraz ze względu na to, że przepisy niniejsze mają służyć jako materiał do przyszłego opracowania przez P.K.N. obowiązującej normy i ułatwić dalsze prace nad zagadnieniem, celowe jest postawienie sprawy jak najszerszej. Oto dlaczego autorzy podają wraz z opracowaną przez siebie normą:

1) przebieg rozumowania i przesłanki, na których podstawie podejmowano decyzje przy opracowywaniu tego pierwszego w Polsce projektu przepisów na gołe przewody grzejne z metalowych stopów oporowych;

2) omówienie uwag i zastrzeżeń, które nasuwały się przy i po opracowaniu projektu przepisów;

3) zaznaczenie punktów i wartości, które wobec braku danych na ten temat w normach P.N.E. zostały przyjęte na podstawie literatury obcej, ale wymagają sprawdzenia na drodze doświadczeń i prób.

To krytyczne omówienie dokonanej pracy jest możliwe dzięki temu, że po upływie pewnego czasu od jej zakończenia autorzy przeprowadzili szczegółową analizę opracowanych przez siebie przepisów.

W pracy niniejszej nie omówiono tych punktów projektu przepisów, które zawierają dane zaczerpnięte wprost z P.N.E., lub nie nasuwały przy formułowaniu żadnych zastrzeżeń ani uwag.

Należy wyjaśnić, dlaczego zagadnienie normalizowania przewodów oporowych stawia się przed uruchomieniem ich produkcji, kiedy nie mamy jeszcze własnego doświadczenia w tej dziedzinie, gdy normalnie przebieg jest odwrotny: normalizuje się wyroby znane, których metody produkowania są opracowane i opanowane i które przeszły już próbę życia.

Przyjęta droga tłumaczy się tym, że choć nasze huty nie mają doświadczenia w produkcji przewodów oporowych, lub mają je w bardzo skromnym zakresie, to jednak przemysł elektrotechniczny ma już wieloletnie doświadczenie w budowie urządzeń grzejnych, w których przewód grzejny jest podstawowym elementem konstrukcyjnym. Przemysł elektrotechniczny może więc łatwo sprecyzować w formie wyraźnej swoje wymagania w stosunku do uruchamianej produkcji przewodów grzejnych, opierając się na wieloletnim doświadczeniu z wyrobami zagranicznymi. Wymagania te będą łącznie ze sprawdzającymi próbami odbiorczymi wskaźnikami poziomu, do którego huty muszą doprowadzić swoją produkcję, by ją można było uznać za zadawalającą.

Przepisy na gołe przewody grzejne z metalowych stopów oporowych mają więc za cel stać się podstawą porozumienia przemysłu elektrotechnicznego, jako użytkownika, i huty, jako wytwórcy, co do jakości wyrabianych przewodów grzejnych, co do ich asortymentu wymiarowego i profilowego oraz co do sposobu ich odbierania.

Żnacny wpływ na opracowanie projektu przepisów przed uruchomieniem produkcji ma też czynnik planowania, który nakazuje, aby przed przystąpieniem do produkcji opracować — na podstawie doświadczeń z eksploatacji analogicznych produktów obcego pochodzenia — warunki techniczne, którym musi odpowiadać produkt, jak również asortyment jakościowy (np. skład, temperatura pracy) oraz asortyment wymiarowy zgodny z zapotrzebowaniem przemysłu.

## 2. Projekt i analiza przepisów.

### 1. PRZEPISY OGÓLNE

#### 1.1. Przedmiot przepisów.

Przepisy niniejsze dotyczą przewodów gotych, wykonanych ze stopów metalowych i przeznaczonych do stosowania jako elementy oporowe w piecach elektrycznych, przyrządach elektrotermicznych itd. Wyłączone są przewody do oporników precyzyjnych, do przyrządów pomiarowych i kontrolnych oraz materiały o oporności właściwej mniejszej niż  $0,7 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ .

Przepisy posiadają więc określoną granicę stosowności. Stosują się przede wszystkim do tych przewodów,

których zadaniem jest przemiana energii elektrycznej w ciepłą (przewody grzejne), oraz do tych, które mogą być użyte do wyrobu oporników suwakowych typu szkolnego (oporniki nieprecyzyjne), do rozruszników maszyn elektrycznych. Właściwym obszarem stosowania przewodów, objętych omawianymi przepisami, są te urządzenia, w których bądź ze względu na krótkotrwałą pracę (rozruszniki) wzrost oporu w funkcji temperatury może nie być brany pod uwagę, bądź też wzrost ten nie wprowadza dodatkowych zaburzeń, które należałoby specjalnie zwalczać. Stąd wynika wyłączenie przewodów na oporniki precyzyjne i wzorcowe, których materiał musi się odznaczać stałością oporu w funkcji temperatury.

W związku z powyższym określona została granica  $0,7 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  dla oporności właściwej, powyżej której przewód oporowy podlega omawianym przepisom. Oporności właściwe stopów na oporniki precyzyjne, jak manganin, konstantan itp., wahają się ok.  $0,4 \div 0,6 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ . Stopy o oporności powyżej  $0,7 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  to chromonikielina, stopy żelazo-chromoniklowe lub żelazo-chromoalumiiniowe itp., odznaczające się właśnie stosunkowo znacznym współczynnikiem wzrostu oporu w funkcji temperatury.

#### 1.1. Cel przepisów.

Celem niniejszych przepisów jest podanie wskazówek do produkcji, opracowania ofert i zamówień oraz ustalenie obowiązującego sposobu badania i odbioru materiałów wymienionych w punkcie 1.1.

Cel przepisów został naświetlony we wstępie.

#### 1.3. Termin ważności.

Przepisy niniejsze wchodzą w życie w dniu . . . . .

#### 1.4. Określenia.

1.4.1. Przewód grzejny — drut lub taśma przeznaczona do wyrobu elementów grzejnych. PNE 50 § p. 2.

1.4.2. Główny składnik stopu — pierwiastek chemiczny, którego zawartość w stopie jest nie mniejsza niż ok. 1%.

Przyjęcie tego określenia będzie uzasadnione niżej przy omawianiu punktu 2. Klasyfikacja.

1.4.3. Przybliżony procentowy skład chemiczny stopu — procentowy skład chemiczny stopu w odniesieniu do jego głównych składników.

1.4.4. Graniczna temperatura robocza — najwyższa temperatura przewodu, przy której może się pracować w sposób ciągły (temperatura podana przez wytwórcę w katalogu lub w ofercie).

Pojęcie tej temperatury łączy się ściśle z pojęciem trwałości podanym w punkcie następnym. Ponieważ pojęcie ciągłości pracy jest niejasne, punkt ten należało by sformułować: „Najwyższa temperatura przewodu, przy której wykazuje on jeszcze trwałość dostateczną do eksploatacji w warunkach podanych przez wytwórcę w katalogu lub ofercie“.

1.4.5. Trwałość. Trwałością w granicznej temperaturze roboczej nazywamy czas, który upłynie od osiągnięcia przez przewód temperatury roboczej do chwili jego przepalenia przy obciążeniu ciągłym lub przerywanym.

Pojęcie trwałości jest bardzo złożone i stąd napotkano na trudności w jego ścisłym i jednoznacznym sformułowaniu.

Według intencji przepisów trwałość należy rozumieć jako liczbę godzin od chwili osiągnięcia przez przewód określonej temperatury do chwili jego przepalenia, odniesioną do określonej i stałej temperatury i do określonego rodzaju ruchu, tj. do tego, czy pomiar trwałości jest wykonywany przy obciążeniu nieprzerywanym, czy też prze-

rywany i jaki jest rodzaj ruchu przerywanego (np. dwie minuty włączony prąd, a dwie wyłączony). Dopiero zestawienie tych trzech podstawowych wielkości — liczby godzin do przepalania, temperatury i rodzaju ruchu, uzupełnionych innymi jak np. średnica przewodu — dają pełne pojęcie o jego trwałości.

Należy wyraźnie podkreślić, że używany w niniejszej pracy termin „trwałości“ oraz liczba godzin, będąca jej miarą, są w odniesieniu do próby o ruchu przerywanym wyłącznie wskaźnikami do porównania różnych stopów; w żadnym wypadku nie należy ich utożsamiać z czasem pracy przewodu w urządzeniu grzejmym. Natomiast wyniki próby trwałości o ruchu ciągłym dają liczby zbliżone do czasu pracy przewodu w urządzeniu grzejmym. Na wzajemny stosunek tych wartości mają jednak wpływ warunki pracy przewodu, a przede wszystkim atmosfera otaczająca i wspornik ceramiczny. Oddziaływanie jakościowe atmosfery na trwałość przewodu zostało uwzględnione w tabl. I, gdzie podano rodzaje atmosfer, w jakich powinny pracować przewody wykonane z proponowanych stopów. Dokładne dane na ten temat można będzie uzyskać na podstawie specjalnych badań, które będą mogły być przeprowadzone po opracowaniu próby trwałości.

Tak rozumianej trwałości, jako wielkości oderwanej od istotnych własności przewodu grzejmego, jak np. wzrost oporu w funkcji czasu jego grzania, zmiany własności mechanicznych w tym czasie itp., niektórzy autorzy przeciwstawiają tzw. „trwałość użyteczną“, określaną jako czas, w ciągu którego opór przewodu osiągnie wartość równą 1,1 wartości oporu wyjściowego w stanie nagrzanym. To pojęcie łączy już dwie cechy przewodu: trwałość i wzrost oporu w miarę starzenia się. Inni autorzy (H. Nolte-Hanower) wprowadzają zamiast trwałości użytecznej „pojęcie dobroci“ przewodu, jako iloczynu z trwałości,

z fizycznego punktu widzenia pojęcie trwałości wiąże się z pojęciem czasu.

### 1.5. Cecha.

1.5.1. Treść cechy: cecha winna obejmować następujące znamiona:

- a) znak wytwórni,
- b) oznaczenie i nazwę stopu,
- c) średnicę znamionową drutu, bądź wymiary znamionowe taśmy,
- d) oporność elektryczną w  $\Omega$  mm<sup>2</sup>/m,
- e) ciężar netto,
- f) całkowitą długość przewodu w szpulce lub krążku,
- g) liczbę odcinków przewodu w szpulce lub krążku.

1.5.2. Sposób umieszczenia cechy. Cecha powinna być umieszczona:

- a) przy dostawie w szpulkach — na jednej z jej podstaw tak, by ją można było rozpoznać po nałożeniu szpulki na wałek;
- b) przy dostawie w krążkach — na kartce umocowanej na krążku.

## 2. KLASYFIKACJA

### 2.1. Podstawy klasyfikacji.

Klasyfikację oparto na składzie chemicznym w odniesieniu do głównych składników, na oporności właściwej i na największej temperaturze roboczej.

### 2.2. Oznaczenia.

Grzejny stop oporowy jest oznaczony:

- a) literą „g” wskazującą, że mowa o stopie na przewody grzejne,
- b) symbolami głównych składników chemicznych da-

Tablica I

Grupa	skład	Stop			
		oporność właściwa w 20°C ( $\Omega$ mm <sup>2</sup> /m)	graniczna temperatura pracy °C	oznaczenia	nazwa
Stopy chromo-niklowe dla atmosfery redukującej	80% Ni + 20% Cr	1,03	1 100	gNiCr 1,03	nichrom
	65% Ni + 15% Cr + 20% Fe	1,06	900	gNiFeCr 1,06	fernichrom I
	35% Ni + 10% Cr + 55% Fe	1,00	700	gFeNiCr 1,00	fernichrom II
	25% ÷ 27% Cr + 18 ÷ 20% Ni + 1,5 ÷ 2,5% Si + 49 ÷ 54% Fe	0,95	1 000	gFeCrNiSi 0,95	fernichrom III
Stopy żelazo-chromowe dla atmosfery utleniającej	70 ÷ 71% Fe + 22 ÷ 23% Cr + 4,5% Al + 1% Co	1,39	1 300	gFeCrAlCo 1,39	ferchromal I
	72 ÷ 73% Fe + 21 ÷ 22% Cr + 4% Al + 0,7% Co	1,35	1 150	gFeCrAlCo 1,35	ferchromal II

określonej przez czas do przepalania się próbki, i z czasu, w którym następuje wzrost oporu o 1% w stałej temperaturze.

Pojęcie trwałości użytecznej ma zasadniczą wadę w postaci nieuzasadnionej logicznie i łatwej do kwestionowania granicy 10% dla dopuszczalnego wzrostu oporu przewodu grzejmego. Ponadto, podobnie jak i „miara dobroci“, nie daje w istocie pełnego pojęcia o dobroci przewodu, gdyż nie uwzględnia innych — poza dwiema — własności przewodu, np. zmiany wytrzymałości mechanicznej w funkcji czasu pracy, o której wspomniano już wyżej.

„Miara dobroci“ wyraża się nadto w wielu przypadkach jako liczba b. duża, sięgająca powyżej miliona (np. 1 185 480 — dane z pracy H. Noltego).

Ze względu na te wady pojęcia „trwałości użytecznej“ oraz „miary dobroci“ nie znalazły się w projekcie omawianych przepisów. Mimo to kwestia wprowadzenia do przepisów tych pojęć lub innego pojęcia miary dobroci, wnikającego lepiej we własności przewodu, pozostaje otwartą do dyskusji. Należy przy tym podkreślić, że jako wskaźnik trwałości przyjęto czas, a nie ilość włączeń, gdyż

nego stopu, uporządkowanymi wg procentowej ich zawartości,

- c) liczbą równą wartości oporności właściwej stopu.

U w a g a. Zalecone stopy, ich nazwy, oznaczenia i własności pozaje tabl. I.

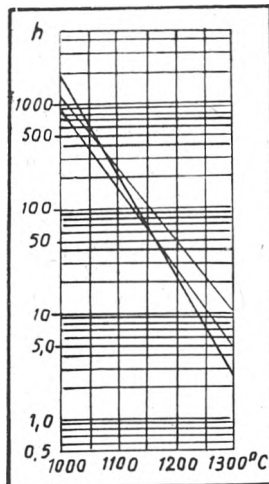
Nazwy i oznaczenia. Zaproponowane nazwy stopów (nichrom, fernichrom i ferchromal) oparte są na ich składzie chemicznym. Ma to na celu uniknięcie tworzenia nazw według nazwy huty lub nazwiska osób, gdyż nazwy takie nie mówią o samych stopach. Ostatnio daje się zauważyć w szeregu krajów tendencję do takiego właśnie sposobu tworzenia nazw na stopy np. radziecki „fechral“. Ponieważ jednak tworzenie nazw zgodnych z procentową zawartością składników doprowadziłoby do poważnych niezręczności językowych, jak np. „ferchromnisi“ (zamiast fernichrom III), przyjęto jednakową nazwę (fernichrom) dla trzech stopów o zbliżonym składzie chemicznym, uzupełniając równocześnie nazwy stopów oznaczeniami zawierającymi informacje o procentowej zawartości składników, wartości oporności właściwej i literą „g“, wskazującą, że chodzi o stop grzejny podlegający omawia-



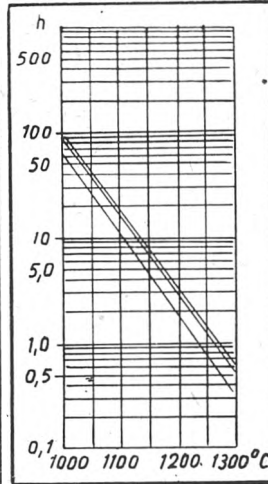
nym przepisom. Oznaczenie to jest zbudowane wg postanowień punktu 2.2. tych przepisów.

Ażeby jednak oznaczenie klasyfikacyjne z jednej strony nie zawierało zbyt wielkiej liczby chemicznych symboli składników stopu, a z drugiej nie ujawniało tajemnic fabrykacyjnych hut, wprowadzono pojęcie głównych składników stopu (punkt 1.4.2. przepisów), których symbole chemiczne wchodzi do oznaczenia stopu. Wprowadzona jako granica liczba 1% wynika stąd, że pierwiastki, któ-

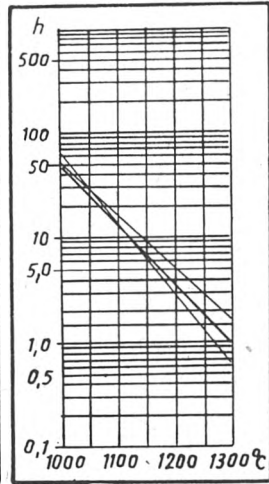
stopów można przyjąć jako jednakową, to w temperaturach wyższych, np. 1300°C, trwałość przewodów ze stopów typu FeCrAl jest rzędu pięćdziesięciu godzin, natomiast trwałość przewodów ze stopów typu NiCr dla tej temperatury wynosi zaledwie od 4 do 10 godzin. Wobec tego przyjęto graniczną temperaturę pracy 1300°C dla przewodów typu FeCrAl, a dla przewodów typu NiCr temperaturę 1100°C, w której trwałość ich osiąga wartość około 100 godzin. W ten sam sposób rozumując, na podstawie wy-



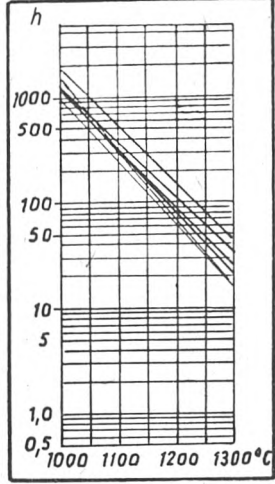
Rys. 1. NiCr  
(80% + 20%)



Rys. 2. NiCrFe  
(65% + 15% + 20%)



Rys. 3. NiCrFe  
(35% + 10% + 55%)



Rys. 4. FeCrAl

Rys. 1—4. Trwałość w funkcji temperatury, wykreślona na podstawie wyników próby trwałości (porównaj niżej objaśnienia do punktu 4.4)

rych zawartość jest mniejsza niż 1% stanowią wprawdzie z reguły istotne składniki ze względu na własności przewodu, lecz nie są zwykle ujawniane przez producentów, a ponadto składników tych jest nieraz kilka lub kilkanaście.

Własności oraz kryteria, które zdecydowały o wyborze stopów zaleconych w przepisach. Przy wyborze stopów na gołe przewody oporowe kierowano się przede wszystkim potrzebami przemysłu elektrycznego z punktu widzenia temperatur pracy oraz względami gospodarczymi, mianowicie wybierano materiały o składach, zawierających jak największy procent składnika taniego i łatwo dostępnego, jakim jest żelazo.

Zależnie od rodzaju zastosowania przewodów grzejnych ze stopów metalowych ustalono dla stopów zaleconych na przewody następującą klasyfikację według granicznej temperatury pracy:

- 1) do pieców przemysłowych, w których elementy grzejne pracują w temperaturach do  $\sim 1300^{\circ}\text{C}$ ;
- 2) do pieców przemysłowych i urządzeń grzejnych warsztatowych, w których elementy pracują w temperaturach do  $\sim 1100^{\circ}\text{C}$ ;
- 3) do pieców przemysłowych i grzejników domowych, w których elementy grzejne pracują w temperaturach do  $\sim 900^{\circ}\text{C}$ ;
- 4) do suszarek, cieplarek itp. aparatów, w których elementy grzejne pracują w temperaturach do  $\sim 700^{\circ}\text{C}$ .

Z podziału tego wynika zastosowanie poszczególnych zaleconych stopów. Ustalony w ten sposób asortyment stopów został uzupełniony stopem będącym już w opracowaniu przemysłowym (fernichrom III). Jak wynika z dalszego omówienia, przy doborze temperatur pracy dla poszczególnych stopów kierowano się przede wszystkim trwałością.

Natomiast przy ustalaniu asortymentu kierowano się także wpływem, który mogą wywierać na trwałość przewodów grzejnych wykonanych z tych stopów różne atmosfery, stykające się z przewodem w czasie pracy.

Wyniki z przyspieszonych prób trwałości, wykonanych w Instytucie Hanowerskim w latach 1937—1940 przez H. Noltego dla przewodów ze stopów typów NiCr oraz FeCrAl, przedstawione na rys. 1 i 4, wskazują na to, że choć w temp.  $1000^{\circ}\text{C}$  trwałość przewodów wykonanych z tych

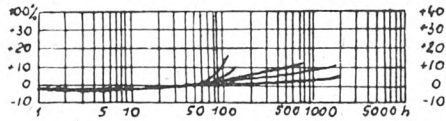
ników prób przedstawionych na rys. 2 i 3 przyjęto dla przewodów, wykonanych ze stopu NiCrFe — ferenichrom I — o składzie Ni-65%, Cr-15%, Fe-20%, jako graniczną temperaturę pracy  $900^{\circ}\text{C}$ , oraz dla przewodów wykonanych ze stopu NiCrFe — ferenichrom II — o składzie Ni-35%, Cr-10%, Fe-55% temperaturę  $700^{\circ}\text{C}$ . Oba te rodzaje przewodów w przyjętych temperaturach wykazują trwałość około 100 h. Taki dobór granicznych temperatur pracy dla przewodów, wykonanych z zaleconych w przepisach stopów, ustala ich trwałości na jednakowym poziomie, a więc umożliwi jednakowe ich wyzyskanie.

Drugą charakterystyczną cechą zaleconych stopów oporowych jest ich odporność na różne rodzaje atmosfery, z którymi mogą się stykać w czasie pracy przewody z nich wykonane. Na przykład, stopy typu FeCrAl są odporne na działanie utleniające, gdyż mocno przylegająca warstwa tlenków glinu, która, tworząc się na powierzchni przewodu w początkowym okresie jego pracy, chroni wewnętrzną masę od utleniania; natomiast przewody z tego stopu nie mogą pracować w atmosferze redukującej. Odwrotnie, przewody typu NiCr i NiCrFe są odporne na działanie atmosfery redukującej, a nie powinny być używane w atmosferze utleniającej. Dlatego zalecono dwa różne stopy dla granicznej temperatury pracy ok.  $1100^{\circ}\text{C}$ . Temperatury pracy przewodów wykonanych ze stopów typu ferenichrom I oraz ferenichrom II zostały ograniczone do wartości  $900^{\circ}\text{C}$  i  $700^{\circ}\text{C}$ , chociaż obydwa typy przewodów mogłyby pracować w temperaturach nieco wyższych. Ograniczenie to wprowadzono nie tylko w celu utrzymania trwałości przewodów na jednym poziomie, ale także ze względu na duże zmiany oporności tych przewodów wskutek starzenia. Duży wzrost oporu przewodu grzejnego w miarę jego starzenia się wpływa na znaczne zmniejszenie mocy urządzenia przy stałym napięciu zasilania. Pociąga to za sobą obniżenie temperatury przewodu (zmniejszenie obciążenia powierzchniowego —  $\text{W}/\text{cm}^2$  — przy stałej powierzchni promieniowania przewodu), a więc i zmiany warunków regulacji oraz zwiększenie czasu rozgrzewania pieca do temperatury roboczej. Przy bardzo dużym wzroście oporu może nawet wystąpić obniżenie temperatury roboczej urządzenia, co prowadzi do zniekształcenia przebiegu procesów przemysłowych.

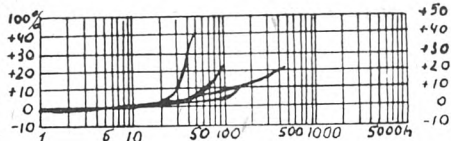
Jak widać z rys. 5 i 8, zmiany oporu przewodów typu FeCrAl i NiCr w funkcji czasu pracy sięgają 10% w granicach przyjętej trwałości, natomiast zmiany te dla sto-

pów typu fernichrom I, jak widać z rys. 6, sięgają 20%, a dla stopów typu fernichrom II (rys. 7) są jeszcze większe; dlatego jako graniczną temperaturę roboczą przyjęto dla stopu fernichrom I wartość większą niż dla stopu fernichrom II.

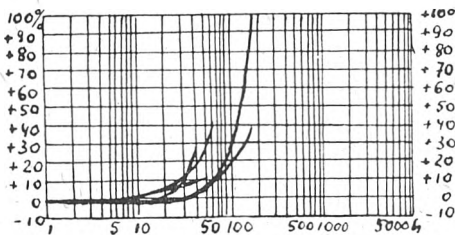
Należy zaznaczyć, że na rys. 5, 6, 7, 8 podane są wyniki prób wykonanych przy stałej temperaturze wynoszącej



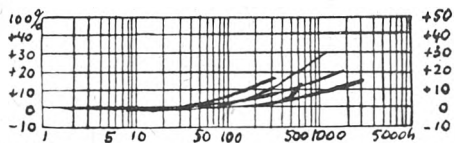
Rys. 5. NiCr (80% + 20%)



Rys. 6. NiCrFe (65% + 15% + 20%)



Rys. 7. NiCrFe (35% + 10% + 55%)



Rys. 8. FeCrAl

Rys. 5—8. Procentowy wzrost oporu przewodności w funkcji czasu pracy przy stałej temperaturze 1000°C

1000°C. Ponieważ jednak zmiany oporu przewodności grzejnego w funkcji czasu pracy rosną gwałtownie ze wzrostem temperatury roboczej, należy uznać, że temperatury przyjęto w słuszny sposób.

2.3. Asortyment wymiarowy.

2.3.1. Wymiary drutów. Dla stopniowania średnic drutów przyjmuje się ciąg normalny (Renarda) R-20, tj. ciąg o ilorazie  $\sqrt[20]{10} = 1,12$ . Temu ciągowi średnic odpowiada dla przekroju ciąg R-10, tj. ciąg o ilorazie  $\sqrt[10]{10} = 1,255$ . Przekrój następny wzrasta więc w stosunku do poprzedniego o 25,5%.

Wymiary normalne średnic będą:

- 0,05; 0,056; 0,063; 0,071; 0,08; 0,09; 0,10; 0,112; 0,125;
- 0,140; 0,157; 0,176; 0,197; 0,221; 0,248; 0,278; 0,312;
- 0,350; 0,392; 0,443; 0,5; 0,56; 0,63; 0,71; 0,80; 0,90; 1,0;
- 1,12; 1,25; 1,40; 1,57; 1,76; 1,97; 2,21; 2,48; 2,78; 3,12;
- 3,50; 3,92; 4,43; 5,0; 5,6; 6,3; 7,1.

W razie potrzeby można wprowadzić większe zagęszczenie wymiarów przyjmując dla średnic ciąg R-40, tj. o ilorazie  $\sqrt[40]{10} = 1,0593$ , dzięki czemu pomiędzy każde dwa dotychczasowe wymiary zostanie wstawiony jeden nowy.

2.3.2. Wymiary taśm. Grubość taśm stopniuje się wg ciągu R-10. Szerokość stopniuje się wg ciągu R-20.

Wymiary taśm:

1,6×1,00;	1,8×1,00;	2,0×1,00;	2,24×1,00;	2,5×1,00
0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
0,315	0,315	0,315	0,315	0,315
0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

2,8×1,00; 3,15×1,00; 3,50×1,0

0,80	0,80	0,80
0,63	0,63	0,63
0,50	0,50	0,50
0,40	0,40	0,40
0,315	0,315	0,315
0,25	0,25	0,25

4×1,25; 4,5×1,25; 5×1,25; 5,6×1,25; 6,3×1,25; 7,1×1,25

1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
0,315	0,315	0,315	0,315	0,315	0,315

8,0×1,60; 9,0×1,60; 10,0×2,00; 11,2×2,00; 12,5×2,00

1,25	1,25	1,60	1,60	1,60
1,00	1,00	1,25	1,25	1,25
0,80	0,80	1,00	1,00	1,00
0,63	0,63	0,80	0,80	0,80
0,50	0,50	0,63	0,63	0,63

14,0×2,50; 16,0×2,50; 18,0×3,15; 20,0×3,15; 22,1×3,15

2,00	2,00	2,50	2,50	2,50
1,60	1,60	2,00	2,00	2,00
1,25	1,25	1,60	1,60	1,60
1,00	1,00	1,25	1,25	1,25
0,80	0,80	1,00	1,00	1,00
0,63	0,63	0,80	0,80	0,80

25,0×3,15; 28×3,15; 31,5×3,15; 35,0×3,15; 40,0×3,15

2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

44,0×3,15; 50,0×3,15

2,50	2,50
2,00	2,00
1,60	1,60
1,25	1,25
1,00	1,00
0,80	0,80

Normalny ciąg średnic i przekrojów. Przy ustalaniu sposobu stopniowania średnic drutów i wymiarów taśm zgodnie z ogólną tendencją PN zarzucono dawny system oparty na arytmetycznym ciągu liczb, a wprowadzono stopniowanie oparte na ciągach geometrycznych normalnych o ilorazach  $\sqrt[10]{10}$  i  $\sqrt[20]{10}$ . Spowodowane to stało ogólnym dążeniem techniki do przeprowadzenia normalizacji uzasadnionej praktycznie i ekonomicznie.

Przy dobieraniu wymiarów przewodów według ciągu arytmetycznego różnice jego nie były stałe dla całego zakresu wymiarów, lecz tylko w pewnych przedziałach. W wyniku otrzymywało się, że większym średnicom odpowiadały większe różnice, a mniejszym mniejsze, np. dla drutów wg katalogu kanthalu mamy przedziały od średnicy 6,5 do 3,0; 3,0 — 2,6; 2,6 — 1,3 mm itd. W związku z tym wyłania się wątpliwość, dlaczego wybrano dla war-



tości krańcowych przedziałów średnice np. 1,3 mm, a nie 1,2 mm lub 1,4 mm. Z drugiej strony taka skokowa zmiana różnic ciągu arytmetycznego wprowadza duże nieregularności procentowej zmiany wymiarów poprzecznych przewodu, a — co za tym idzie — także procentowej zmiany przekroju oporu na metr długości przewodu, powierzchni promieniowania, obciążenia powierzchniowego w  $W/cm^2$  itd. Wybierając natomiast stopniowanie według ciągu geometrycznego unikamy tych wszystkich nieregularności i otrzymujemy ciągłość w stopniowaniu wielkości, charakteryzujących przewód grzejny i jego pracę.

Ważną zaletą ciągu normalnego, jak każdego ciągu geometrycznego, jest stałość stosunku między dwiema sąsiednimi wielkościami.

Wybierając dla średnic ciąg o ilorazie  $\sqrt[20]{10} = 1,12$  otrzymujemy np. stopniowanie przekroju o  $\sim 25\%$ , a stopniowanie powierzchni promieniowania o  $\sim 12,0\%$  itd. Dogodność zastosowania ciągu normalnego jest więc w pełni widoczna. Należy zastanowić się tylko, czy otrzymane z rachunku średnice np. 0,312; 0,392 itp. będą możliwe do wykonania i wygodne przy projektowaniu. Według opinii hut wykonanie tych wymiarów jest możliwe. Jeśli zaś chodzi o niedogodność zastosowania tych wymiarów przy projektowaniu z uwagi na ich ułamkowość, to przejście od ciągu arytmetycznego nie wprowadza żadnych zmian na gorsze. Przy obliczaniu bowiem elementów grzejnych używa się z reguły wartości oporności, powierzchni promieniowania itp. na metr długości przewodu, które to wielkości w obu przypadkach wyrażają się liczbami niecałkowitymi.

Jeżeli w eksploatacji okaże się, że stopniowanie według ciągu o ilorazie  $\sqrt[20]{10}$  jest niedość drobne, można będzie wprowadzić między każde dwa wymiary trzeci, przechodząc na stopniowanie średnic według ciągu o ilorazie  $\sqrt[40]{10}$  (jak zaznaczają zresztą przepisy).

### 3. PRZEPISY DOTYCZĄCE KATALOGOWANIA OFERT I DOSTAW

#### 3.1. Wskazówki do katalogowania.

W katalogach i ofertach na produkowane przewody grzejne winny być podawane następujące dane:

- przybliżony procentowy skład chemiczny materiału;
- informacja, czy przewód jest dostarczony w stanie czystym (nieutlenionym), czy też nie;
- ciężar właściwy materiału w  $g/cm^3$ ;
- punkt topności materiału w  $^{\circ}C$ ;
- najwyższa dopuszczalna temperatura robocza przewodu w  $^{\circ}C$ ;
- atmosfera otaczająca, w której przewód może pracować;
- substancje chemiczne, z którymi stykanie się jest dla przewodów szczególnie szkodliwe;
- średnia oporność właściwa materiału w  $\Omega mm^2/m$  przy  $20^{\circ}C$ ;
- oporność właściwa materiału przy temperaturach co  $100^{\circ}C$ ;
- najmniejsza średnica wałka, na którym może być nawinięty przewód;
- temperatura, przy której może nastąpić wyraźne pogorszenie własności mechanicznych przewodu;
- współczynnik rozszerzalności liniowej dla przewodu;
- własności przewodu pod względem spawalności.

#### 3.2. Sposób pakowania.

3.2.1. Pakowanie drutów na szpulki i w krążkach. Druty o średnicy mniejszej niż 1 mm winny być przy dostawie nawinięte na szpulkach. Druty o średnicy 1 mm i większej winny być dostarczane w krążkach.

3.2.2. Liczba odcinków drutu na szpulkach i w krążkach. Druty o średnicy mniejszej niż 0,10 mm winny być dostarczane w jednym odcinku na szpulce.

Przy większych średnicach szpulka lub krążek może zawierać więcej odcinków; w tym przypadku druty powinny być łączone bez spawania; w punkcie złączenia powinien

być umieszczony kawałek papieru tak, ażeby końce odcinków były dobrze widoczne przy odwijaniu drutu.

3.2.3. Sposób pakowania taśm. Taśmy winny być z reguły zwinione w krążkach.

3.2.4. Wytrzymałość szpułek. Szpulki winny być dostatecznie mocne odpowiednio do własności drutu, który jest na nie nawijany.

Przepisy dotyczące katalogowania, ofert i dostaw. Podstawowym czynnikiem, umożliwiającym konstruowanie wszelkich urządzeń, jest posiadanie katalogów, które podają możliwie szczegółowo dane dotyczące elementów, wchodzących w skład projektowanej konstrukcji. W wypadku braku katalogów pewnych elementów lub materiałów rolę ich muszą spełniać oferty producentów.

Dlatego w projekcie przepisów położono duży nacisk na możliwie dokładne katalogowanie przewodów grzejnych. Tak więc przepisy przewidują umieszczenie w katalogu lub ofercie:

- wielkości charakteryzujących własności fizyczne stopów na przewody grzejne, np. punkty a, c, d, h, i, l;
- wielkości charakteryzujących przewód pod względem możliwości zastosowania do określonych procesów, np. punkty: e, f, g, k;
- wielkości warunkujących możliwości zastosowania różnych rozwiązań konstrukcyjnych, np. punkty: b, j, k, l, m.

Wymienione w punkcie 3.1., a omówione powyżej dane, winny być uzupełnione wielkościami, ułatwiającymi obliczanie elementów grzejnych, jak np. oporność, ciężar, powierzchnia promieniowania na metr przewodu, które omyłkowo opuszczono w projekcie przepisów.

## 4. WYMAGANIA TECHNICZNE

### 4.1. Wygląd zewnętrzny.

Powierzchnia drutu lub taśmy nie powinna wykazywać pęknięć, łusek, nadmiernych zmarszczek, pęcherzy itp. usterek, mogących wpłynąć ujemnie na stosowanie przewodów do wyrobu elementów grzejnych.

Taśmy winny mieć brzegi zaokrąglone.

Wymaganie powyższe zostało podyktowane znacznym wpływem, który na własności przewodu grzejnego w wysokich temperaturach posiadają wszelkie zmarszczki, łuski, pęknięcia itd. Wymienione uszkodzenia: a) zwiększają powierzchnię zetknięcia materiału przewodu z tlenem i ewentualnie z parą wodną, a więc powiększają korozję i utlenianie; b) mogą wywoływać miejscowe przegrzanie przewodu; oba te czynniki wpływają na znaczne zmniejszenie trwałości przewodu.

### 4.2. Tolerancja wymiarów.

Dla drutów o średnicy mniejszej niż 1,0 mm	$\pm 5\%$
„ „ „ 1,0 mm i większej	$\pm 3\%$
Dla grubości taśmy mniejszej niż 1,0 mm	$\pm 5\%$
„ „ „ 1,0 mm i większej	$\pm 3\%$
Dla szerokości taśmy mniejszej niż 6,0 mm	$\pm 3\%$
„ „ „ 6,0 mm i większej	$\pm 2\%$

Wszystkie tolerancje odnoszą się do wartości znamionowych.

Ustalenie tolerancji wymiarów ma na celu zwięźlenie do minimum granic wahań oporu na metr pomiędzy różnymi odcinkami tego samego przewodu. Tolerancji tych nie można jednak zbyt ściśle zacieśniać, gdyż dokładność przeciągania jest ograniczona.

Jako rezultat kompromisu tych założeń wysunięto umieszczone w omawianym punkcie przepisów liczby 5%, 3%, 2%.

Tolerancje większe odnoszą się do mniejszych wymiarów, jako trudniejsze do uzyskania.

### 4.3. Tolerancje oporności.

Tolerancje są podane w tabl. II.

Tablica II

	Wymiary w mm	Tolerancje
Druty	$0,05 \leq d \leq 0,1$	$\pm 8\%$
	$0,1 \leq d \leq 1,0$	$\pm 6\%$
	$d > 1,0$	$\pm 5\%$
Taśmy	$d \leq 1,0$	$\pm 10\%$
	$d > 1,0$	$\pm 8\%$

U w a g i.

a) Dla taśm „d” jest średnicą drutu o takim samym przekroju jak przekrój taśmy.

b) Tolerancja odnosi się do oporności na metr, liczonej jako iloraz z poznał znamionowej oporności właściwej przez przekrój znamionowy.

Podane wyżej oporności powinny wynikać z tolerancji oporów i tolerancji oporności właściwej. Ta ostatnia tolerancja jest miarą jednorodności materiału oporowego.

Ze wzoru na oporność przewodu

$$R = \frac{\rho \cdot l \cdot 4}{\pi d^2}$$

przy założeniu, że długość ( $l = 1$  m) jest obciążona tylko błędem pomiaru, który przy obliczaniu tolerancji na  $R$  nie gra żadnej roli, otrzymamy

$$\Delta R = (\Delta \rho) + 2(\Delta d),$$

gdzie  $\Delta R$  — największy możliwy uchyb oporu przewodu od wartości znamionowej (tolerancja wartości oporu na metr),

$\Delta \rho$  — największa dopuszczalna tolerancja dla oporności właściwej,

$\Delta d$  — największa dopuszczalna tolerancja dla średnicy przewodu.

Tak rozumując dla drutów o średnicy np. do 1,0 mm przy  $d = 5\%$  (zgodnie z punktem 4.2.) otrzymamy:

$$\Delta R = \Delta \rho + 2 \cdot 5\% = 10\% + \Delta \rho.$$

W przepisach dopuszczalne wartości tolerancji oporu dla przewodu o tej średnicy są podane jako 8% lub 6%, a więc mniejsze niż wyżej obliczona. Tę niezgodność, wynikającą z zaciernięcia danych co do tolerancji z przepisów zagranicznych, należy zaliczyć do usterek projektu przepisów. Usunięcie jej możliwe jest na dwóch drogach:

- 1) przez złagodzenie wymagań co do oporności na metr, tj. przez powiększenie tolerancji oporności,
- 2) przez zaostrzenie warunków dla wymiarów, tj. przez zmniejszenie tolerancji dla średnic.

Decyzję w sprawie wyboru jednej z tych dróg można będzie powziąć w porozumieniu z zainteresowanymi przemysłami.

#### 4.4. Trwałość.

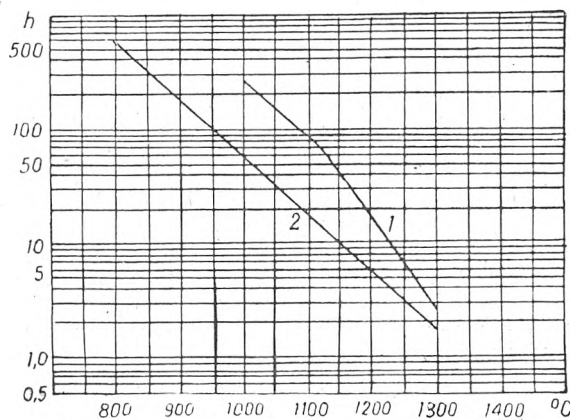
Przewody grzejne winny wykazywać trwałość 500 godzin przy granicznej temperaturze pracy.

Punkt ten musi być omówiony wspólnie z próbą trwałości (punkt 5. 4. 5.). Należy tu zauważyć, że próba trwałości może być zasadniczo wykonywana dwoma różnymi sposobami: 1) w sposób ciągły tj. bez wyłączenia badanego przewodu spod napięcia (ciągła próba trwałości); 2) w sposób przerywany tj. przy okresowym włączaniu przewodu pod napięcie i wyłączaniu go (próba przerywana). Próbę tę można w obu przypadkach wykonywać przy stałej temperaturze próbki, albo też przy stałym napięciu na jej zaciskach.

Przy opracowywaniu omawianych przepisów przyjęto jako punkt wyjścia przeprowadzenie próby trwałości przy stałej temperaturze, albowiem przy stałym napięciu wpływ niejednakowego wzrostu oporności w czasie i niejednakowej wytrzymałości mechanicznej w stanie nagrzanym dla różnych stopów jest przyczyną niejednakowego obniżenia temperatury próbek, a więc i zwiększenia otrzymanej w wyniku badań liczby charakteryzującej trwałość. Natomiast próba wykonana przy stałej temperaturze daje wyniki niezależne od tych czynników, a więc jest porównywalna dla różnych stopów.

Ponieważ próba trwałości nie została dotychczas nigdzie ostatecznie sprecyzowana, a wskazywane w literaturze zagranicznej sposoby jej przeprowadzania są bardzo rozbieżne i podawane z zastrzeżeniami, problem ten wymaga oddzielnych badań i uzgodnienia z przemysłem. Zwłaszcza dla próby przerywanej należy szczegółowo opracować i przedyskutować wybór szeregu parametrów, gdyż zależnie od ich ustalenia można otrzymać dla analogicznych próbek zupełnie różne wyniki. Stąd przed wykonaniem niniejszej pracy samej próby przerywanej nie można było przyjąć za podstawę normalizacji. Pozostało jedynie oprzeć się tymczasowo na ciągłej próbie trwałości. Dlatego na podstawie wyników badań wykonanych we Włoszech i Niemczech przyjęto 500 h jako minimalną trwałość przy próbie ciągłej. Ponieważ jednak zasadniczą wadą próby ciągłej jest zbyt długi czas jej trwania, liczonej się od początku z potrzebą przejścia na badania trwałości w próbie przerywanej.

Jak wynika z wyżej wspomnianych badań i jak ilustruje rys. 9, podana liczba 500 h dla próby ciągłej jest w przybliżeniu równoważna trwałości ok. 100 h, otrzymanej przy jednym z rodzajów próby przerywanej \*). Wyniki tej wła-



Rys. 9. Trwałość w funkcji temperatury

- 1 — przy próbie ciągłej
- 2 — przy próbie przerywanej

śnie próby stanowiły najkompletniejszy z dostępnych materiałów doświadczalnych i dlatego oparto się na nich przy ustalaniu granicznych temperatur pracy dla stopów zaleconych w tabl. I.

#### 4.5. Współczynnik wydłużenia liniowego.

Współczynnik nie może odbiegać od wartości podanej w katalogu więcej niż o  $\pm 5\%$ .

Co do tego punktu należy stwierdzić, że konstruktor oporowych urządzeń grzejnych musi znać z dostateczną dokładnością współczynnik cieplny wydłużenia liniowego przewodu, aby mógł np. przewidzieć odpowiednie luzy przy projektowaniu elementów grzejnych. Wydaje się, że tolerancja  $\pm 5\%$  wartości podanej w katalogu jest największą, jaką można dopuścić, a z drugiej strony nie jest zbyt trudna do uzyskania. Jednakże kwestia ta jest otwarta do dyskusji.

#### 4.6. Współczynnik cieplny wzrostu oporu.

Zaleca się, by współczynnik cieplny wzrostu oporności materiału na przewody grzejne był możliwie jak najmniejszy.

### 5. PRÓBY I BADANIA

#### 5.1. Próba typu.

Próby, którym podlegają grzejne przewody oporowe w celu ustalenia zgodności ich wykonania z wymaganiami niniejszych przepisów, są następujące:

- a) oględziny zewnętrzne i sprawdzenie wymiarów,

\*) Próba przerywana o parametrach: próbka spiralna 28 zwojów, skok 2,5 mm, średnica drutu 0,5 mm, średnica wnętrza spirali 3 mm, stała temperatura próby 1000° C; próbka zawieszona poziomo. Próbę przeprowadził w Instytucie Hanowerskim H. Nolte w latach 1937—1940 r. (por. objaśnienia do p. 2.2).



- b) sprawdzenie wytrzymałości mechanicznej,
- c) sprawdzenie oporności elektrycznej,
- d) sprawdzenie współczynnika wydłużenia,
- e) próba trwałości.

Próby typu wykonuje specjalne laboratorium probiercze w celu stwierdzenia przydatności stopu i wykonywanych zeń przewodów do budowy elementów grzejnych. Próba winna być wykonana co najmniej na 5 próbkach. Wynik próby uznaje się za dodatni, jeżeli co najmniej 4 próbki odpowiadają niniejszym przepisom.

Powyżej sformułowany punkt przepisów należy jeszcze zaopatrzyć następującymi uwagami:

1) zadaniem próby typu jest również wyznaczenie tych spośród wielkości charakteryzujących przewód, które muszą być podane w katalogu, a mogą być znalezione jedynie doświadczalnie; należą tu: graniczna temperatura robocza oraz najmniejsza dopuszczalna średnica wałka, na który można nawijać przewód. Wyznaczenie tych wielkości będzie się mogło odbywać: a) przez wyznaczenie takiej temperatury, w której trwałość przewodu będzie równa trwałości wymaganej przez przepisy — będzie to graniczna temperatura pracy; b) przez wyznaczenie takiej najmniejszej średnicy wałka do nawijania spiral, by przewód wytrzymał próbę przewidzianą w punkcie 5. 4. 2.;

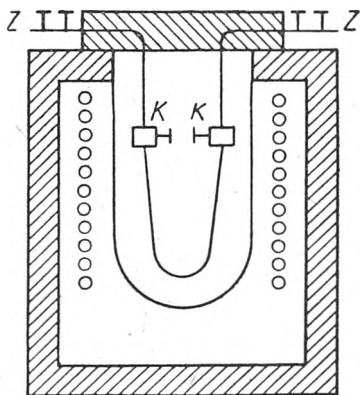
2) próba typu winna być przeprowadzana okresowo jako kontrola jakości produkcji przewodów grzejnych z danego stopu; ważność tej kontroli wynika stąd, że: a) próby odbioru nie będą mogły obejmować sprawdzenia szeregu czynników istotnych dla przewodu grzejnego, a mianowicie tych, których wyznaczenie wymaga bardzo żmudnych badań; nie będą one więc stanowić właściwej kontroli jakości produkcji; b) okresowa kontrola produkcji jest konieczna, gdyż uzyskanie dobrych wartości przewodu pod względem trwałości, wytrzymałości mechanicznej w stanie gorącym itp. wymaga specjalnie przeprowadzonego procesu hutniczego; małe niedokładności w przeprowadzeniu tego procesu, zawsze możliwe, mogą zmienić kompletnie najważniejsze własności przewodu mimo pozorów zewnętrznych, iż żadne zmiany nie zaszły.

### 5.2. Postanowienia ogólne.

5.2.1. Wahania temperatury przewodu grzejnego w czasie prób nie powinny przekraczać  $\pm 2\%$ .

5.2.2. Temperatura otoczenia w czasie prób winna wynosić  $20^\circ \pm 5^\circ\text{C}$ .

Podane w tych punktach wartości na dopuszczalne tolerancje dla temperatury przewodu i temperatury otoczenia, jak również wartości temperatury otoczenia przyjęto na



Rys. 10. Układ do sprawdzenia oporności elektrycznej (p. 5.4.3.)

N — zaciski zewnętrzne  
K — końcówki dla przewodu badanego

podstawie PNE 50, § 63, p. 2 i 3, przy czym ze względu na znaczny wpływ, który temperatura przewodu ma na wszystkie przeprowadzane próby, przyjęto dla niej węższe tolerancje tj.  $\pm 2\%$ , a nie  $\pm 5\%$ .

Należy zaznaczyć, że tolerancje wahań temperatury przewodu przy próbie trwałości, gdzie szczególnie zależy na utrzymaniu jej stałej wartości, będą podane osobno, łącznie z projektem tej próby, przy okazji specjalnego jej opracowania.

Postanowienia ogólne należy ponadto uzupełnić przepisami, dotyczącymi sposobu pobierania próbek. Próbkę zarówno dla próby typu, jak i próby odbiorczej powinny być pobierane systemem wyrwykowym, każda próbka z innej sztuki (tj. z innego krawca lub innej szpuli z nawiniętym przewodem); wymagania co do wymiarów i ilości próbek dla prób typu będzie podawał producentowi laboratorium wykonujące badania, opierając się na wymaganiach prób szczegółowych — punkt 5. 1., który podaje, że próba szczegółowa ma się odbyć co najmniej na 5 próbkach. Dla prób odbiorczych wyrwykowy sposób pobierania próbek odnosi się do każdej z grup, na które podzielono odbieraną partię przewodów (p. 5. 3.). Liczbę próbek potrzebnych dla przeprowadzenia każdej ze szczegółowych prób odbiorczych podają punkty 5.4.2. i 5.4.3.

Wszystkie jednak podane wyżej zalecenia, zarówno co do sposobu pobierania próbek, jak i co do ich liczby, powinny być uzgodnione z wytycznymi P. K. N.

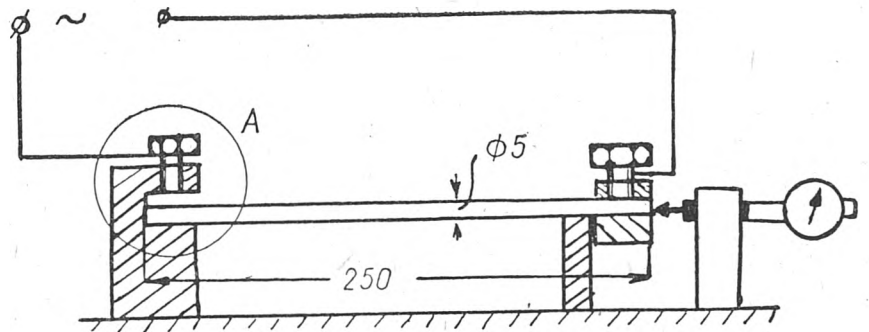
### 5.3. Próba odbioru.

Próba odbioru składa się z prób wg p. 5.1. a.b.c., przy czym winna być wykonana u odbiorcy w kolejności podanej w p. 5.1. Do wykonania prób cała przedstawiona do odbioru partia drutu lub taśmy z tego samego stopu i o tych samych wymiarach winna być podzielona na grupy, liczące nie więcej niż sto jednostek (szpulek, krawców).

Zadaniem próby jest sprawdzenie, czy przedstawione do odbioru sztuki odpowiadają przepisom pod względem wyglądu zewnętrznego, wytrzymałości mechanicznej na zimno i oporności elektrycznej. Jest to sprawdzenie najłatwiejszych do wyznaczenia własności przewodu, możliwe każdorazowo przy odbieraniu partii produktów. Z próby odbiorczej wyłączone wszelkie długotrwałe badania, uznając, że ich miejsce jest właśnie w okresowo przeprowadzanej próbie typu.

### 5.4. Próby szczegółowe.

5.4.1. Ogłędziny zewnętrzne i sprawdzenie wymiarów. Próba ma na celu sprawdzenie zgodności z punktami: 1.5.; 4.1; 4.2. Gdy próbę wykonuje się jako próbę odbiorczą, to — jeżeli 5% lub więcej jednostek danej grupy nie daje zadowalających wyników — cała grupa winna być uznana za niezgodną z niniejszymi przepisami.



Rys. 11. Układ do sprawdzania współczynnika wydłużalności (p. 5.4.4.)

5.4.2. Sprawdzenie wytrzymałości mechanicznej. a) Dla drutu próby przeprowadza się przez nawinięcie na zimno na wałek o średnicy wg punktu 3.1.j.

b) Dla taśm próba polega na dwukrotnym przegięciu o  $180^\circ$  na wałku o średnicy wg punktu 3.1.j.

Po próbie próbka nie powinna wykazywać żadnych pęknięć ani innych usterek.

c) Jeżeli próbę wykonuje się jako próbę odbioru, to należy ją wykonać na próbkach pobranych przynajmniej z 5 jednostek każdej grupy. Jeżeli co najmniej próbki pobrane z 4 jednostek spełniają podane wyżej wymagania, wynik próby uznaje się za dodatni.

5.4.3. Sprawdzenie oporności elektrycznej. a) Dla wykonania próby próbkę o długości 1 m należy umieścić w piecu tyglowym, jak podano na rys. 10. Pomiar oporności wykonujemy przy pomocy mostka Thomsona lub Wheatstone'a zależnie od wielkości przekroju. Układ mostkowy przyląca się do zacisków z. Pomiar oporności należy wykonać przy temp. 20°C, 100°C i dalej co 100°C, aż do największej temperatury roboczej.

b) Jeżeli próba jest wykonywana jako próba odbiorcza, to oporność mierzy się przy pomocy jednego z wymienionych mostków bez umieszczenia próbki w piecu. Wybór próbek jak w p. 5.4.2.c.

Wynik próby należy uznać za dodatni, jeżeli różnice pomiędzy wartościami zmierzonymi i znamionowymi zgodne są z p. 4.3. niniejszych przepisów.

5.4.4. Sprawdzenie współczynnika wydłużalności. Do próby tej używa się próbek w postaci prętów o długości 250 mm i średnicy 5 mm wykonanych ze stopu badanego. Pręt umieszcza się w przyrządzie jak na rys. 11. Wydłużenia mierzy się czujnikiem zegarowym. Pomiaru dokonuje się przy temperaturze próbki 1000°C.

Wynik próby uznaje się za dodatni, jeżeli różnica między zmierzoną a podaną w katalogu lub ofercie wartością współczynnika wydłużenia liniowego jest zgodna z punktem 4.5.

U w a g a. Szczegół A (rys. 11) winien być tak rozwiązany konstrukcyjnie, aby pręt mógł się wydłużać swobodnie bez zahamowań.

5.4.5. Próba trwałości — w opracowaniu.

### 3. Zakończenie.

Na zakończenie należy zaznaczyć, że w przepisach nie są uwzględnione pomiary następujących wielkości:

1) starzenie się przewodu, tj. wzrost jego oporu w funkcji czasu grzania przy stałej temperaturze;

2) wytrzymałość mechaniczna przewodu w różnych temperaturach oraz jej zależność od czasu grzania;

3) zmiana wielkości przekroju przewodu w funkcji czasu grzania w stałej temperaturze;

4) zmiana struktury przewodu w funkcji czasu grzania w stałej temperaturze.

Wielkości te mają wpływ na rozwiązania konstrukcyjne, na pracę przewodu oraz na pracę całego urządzenia grzejnego, jak to np. podkreślono w stosunku do p. 1 „starzenie się przewodu“.

Sposoby badania tych zależności zostały jednak pominięte w przepisach, gdyż: 1) opracowanie ich związane jest z opracowaniem próby trwałości; 2) umieszczenie ich w próbie typu utrudniłoby niepotrzebnie jej wykonywanie, tym bardziej że próba ta jest przewidziana jedynie do okresowej kontroli uruchomionej już produkcji.

Natomiast badania te powinny być dokonywane każdorazowo przy wprowadzaniu nowego stopu oporowego oraz w przypadku wprowadzenia istotnych zmian w stosowanych już procesach produkcyjnych.

W przepisach nie została także uwzględniona istotna np. dla próby „sprawdzenia oporu elektrycznego“ (p. 5.4.3.) kwestia metody regulacji temperatury oraz metody jej pomiaru. Zagadnienie to jest ściśle związane z próbą trwałości, dlatego też będzie sprecyzowane przy jej opracowaniu i wtedy będzie wprowadzone do przepisów.

### LITERATURA

- Nolte H. Prüfverfahren für Heizdrähte in Luft (Elektrowärme, 1940, nr 9 i 11)  
 Fischer W. Die Lebensdauerprüfung von Heizdrähten (Elektrowärme, 1940, nr 5)  
 Adelheit R., Fischer W. Zur Frage der Temperaturmessung bei der Lebensdauerprüfung von Heizdrähten (Elektrowärme, 1940, nr 5)  
 Hessenbruch W. Beitrag zur Frage der Temperaturmessung bei der Heizleiterprüfung durch Lebensdauerbestimmung (Elektrowärme, 1940, nr 5)  
 Norme per conduttori nudi di leghe metalliche per resistori (wydanie 1946 r.)  
 Schultze A. Metallische elektrische Widerstandswerkstoffe (Berlin, 1941)  
 Ryska Z. An improved method for testing the duration of life of the materials employed as electric heating resistors, suggested for use as a standard international method (wyd. specjalne)  
 „Starzenie się drutów oporowych“ (Electricité, Mars 1950)

## PRZEGLĄD CZASOPISM

### PODSTAWOWE ZASADY BUDOWY PRZEMYSŁOWYCH PODSTACJI TRANSFORMATOROWYCH W ZSR

A. A. Jermiłow. Osnownyje principy postrojenia transformatornych podstaczi prompredpriatij. Elektrichestwo, (1950, nr 1, str. 7—12)

Współczesne tendencje w budowie podstacji przemysłowych można scharakteryzować w sposób następujący:

1. Stosowanie szeregu małych podstacji w poszczególnych oddziałach fabrycznych zamiast jednej dużej dla całego oddziału lub kilku oddziałów. Daje to oszczędność w zużyciu metali kolorowych i zmniejsza ogólny koszt zaopatrywania w energię elektryczną.

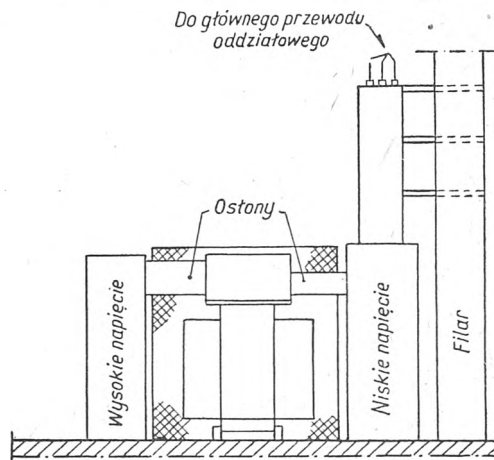
2. Wprowadzenie uproszczonych elastycznych schematów rozdzielania energii w oddziałach fabrycznych. Użytkuje się dzięki temu możność skasowania tablicy rozdzielczej niskiego napięcia w podstacji przy pozostawieniu obok transformatora jedynie nieskomplikowanych aparatów łączeniowych po stronie wyższego i niższego napięcia.

3. Wykonywanie większości prac montażowych nie w miejscu zainstalowania podstacji, lecz w fabryce dostarczającej sprzęt albo w warsztacie elektrycznym. Sprawdza to do minimum zakres robót montażowych w miejscu pracy podstacji, które wówczas ograniczają się jedynie do ustawienia całego zestawu oraz przyłączenia kabli zasilających i odchodzących.

Rys. 1 ilustruje szkieletowo odpowiadającą tym wymaganiom kompletną podstację małej mocy bez szyn zbiorczych wysokiego i niskiego napięcia, z bezpośrednim wyjściem na oddziałowy przewód główny niskiego napięcia. Takie kompletne podstacje rozwiązują równocześnie trudny nieraz

problem ulokowania podstacji wewnątrz pomieszczenia zakładu przemysłowego.

Schemat połączeń. Uproszczenie schematu połączeń czyni tańszą i łatwą budowę podstacji, zwiększając równo-



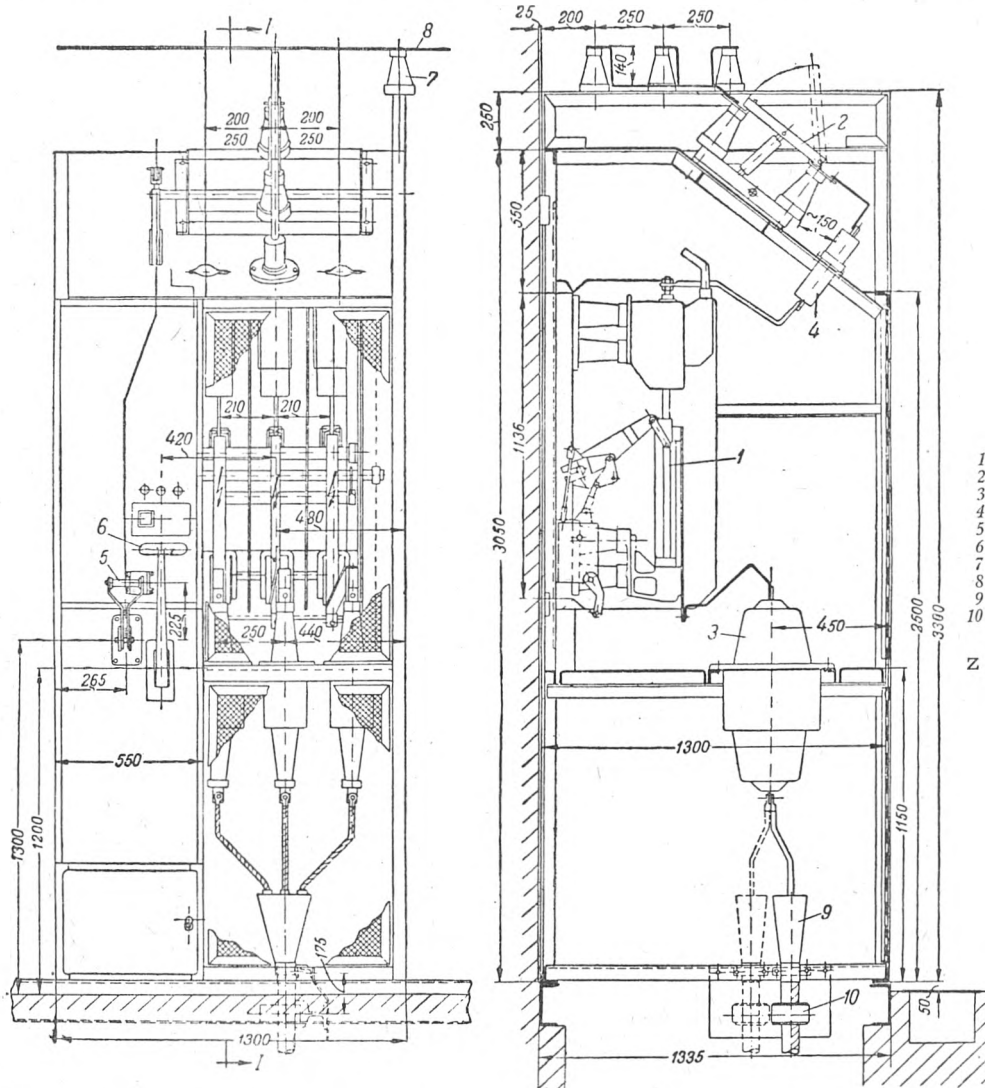
Rys. 1

częściej pewność ruchu i bezpieczeństwo obsługi. Szerokie zastosowanie znalazły jedno- i dwutransformatorowe podstacje oddziałowe bez szyn zbiorczych, zasilane bądź z jednego przewodu głównego wysokiego napięcia, bądź w sposób promienisty. Ostatnio coraz więcej zakładów —



szczególnie zakłady obróbki metali — stosuje elastyczny w eksploatacji system bloku: transformator — przewód główny niskiego napięcia (rys. 1), przy czym dalsze

wyłączalnej 200 MVA przy napięciu 6 kV zespołem odłączników mocy i bezpieczników. Schematy z odłącznikami mocy mają szerokie perspektywy zastosowania w podstacjach



Rys. 2

- 1 — wyłącznik gazowy typu WG-10
- 2 — odłącznik trójbiegunowy
- 3 — przekładnik prądowy
- 4 — izolator przepustowy
- 5 — napęd odłącznika
- 6 — dźwignia wyłącznika WG-10
- 7 — izolator wsporczy
- 8 — szyny zbiorcze
- 9 — końcówka kablowa
- 10 — przekładnik prądowy do zabezpieczenia od zwarć z ziemią

Z prawej strony przekrój przez I — I

uproszczenie wprowadza zastosowanie promienistego sposobu zasilania takich podstacji. Otrzymuje się wówczas układ zupełnego bloku: linia wysokiego napięcia — transformator — magistrala niskiego napięcia. W innych przypadkach stosuje się z reguły pojedynczy układ szyn, dzielonych tylko w razie bezwzględnej konieczności. Dzielone szyny zaleca się wykonywać za pomocą odłączników lub odłączników mocy, a dopiero przy znacznych obciążeniach — za pomocą wyłączników. Podwójny układ szyn zbiorczych znajduje zastosowanie jedynie na podstacjach bardzo wielkiej mocy, przy znacznych ilościach ważnych odbiorów i linii tranzytowych. Przeprowadzone obserwacje udowodniły, że podane uproszczenia schematu zwiększają pewność ruchu i sprządzają możliwość omyłek do minimum.

**Wyposażenie.** Współczesna tendencja stosowania w podstacjach przemysłowych wyposażenia małoolejowego lub bezolejowego została podyktowana koniecznością sprządzenia do minimum niebezpieczeństwa eksplozji i pożarów. Przemysł elektrotechniczny ZSRR produkuje obecnie wyłączniki małoolejowe i gazowe oraz przygotowuje produkcję wyłączników elektromagnetycznych i powietrznych, jako też suchych transformatorów średniej mocy. Zastosowanie takiej aparatury o bezspornych zaletach technicznych daje również lepsze wskaźniki ekonomiczne, np. zmniejszenie kubatury podstacji o 40%.

Przeszkodę w stosowaniu nowego wyposażenia stanowi jego wysoka cena, np. nowoczesne wyłączniki są trzy do czterech razy droższe od dotychczas stosowanych. Podkreślić należy wzrastające stosowanie odłączników mocy oraz bezpieczników wysokiego napięcia. Uzasadnieniem tego jest możliwość zastąpienia już dzisiaj wyłącznika o mocy

przemysłowych, gdyż pozwalają na wykonywanie małych i nieskomplikowanych rozdzielni. Należy jednak zwrócić w takim przypadku uwagę na potrzebę szczególnie starannego rozwiązania zagadnienia pomiarów wielkości elektrycznych, a nieraz także zabezpieczenia gazowego transformatorów i zabezpieczenia od zwarć z ziemią; bezpieczniki bowiem zabezpieczają jedynie od przetężeń i nie zapewniają dostatecznej czułości. Jako nowość w wyposażeniu podstacji przemysłowych zaczęto stosować prostowniki selenowe do ładowania baterii akumulatorowych.

**Zasady konstrukcji.** Zmiana sposobów zasilania podstacji przemysłowych i możliwość zmniejszenia ilości, bądź całkowitego wyzbycia się oleju w aparatach, pozwoliły na wprowadzenie dla rozdzielni konstrukcji zwartych, prostych, tanich i pewnych w eksploatacji. Pociąga to za sobą potrzebę poddania rewizji dotychczasowych wymagań, dotyczących odstępów między przewodami, dostępu do aparatury w celu przeprowadzenia przeglądu i remontów, jako też obserwacji pracujących aparatów. Rewizja obecnych wymagań powinna pójść w kierunku uwzględnienia wartości budowy, całkowitego zasłonięcia części znajdujących się pod napięciem, zabezpieczenia przed zakurzeniem, pewności izolacji i możliwości szybkiej wymiany uszkodzonego elementu.

Kompletne rozdzielnie i podstacje. Postawionym wyżej wymaganiom czynią zadość tzw. „kompletne” rozdzielnie i podstacje całkowicie wykonane i wypróbowane w fabryce. W porównaniu z dotychczas stosowanymi rozwiązaniami rozdzielnie i podstacje takie odznaczają się następującymi zaletami: 1) uproszczona budowa, 2) skrócony czas montażu, 3) zmniejszony koszt podstacji z równo-

czesnym zwiększeniem pewności ruchu, 4) zwiększone bezpieczeństwo obsługi, 5) możliwość łatwego i szybkiego przyłączenia dalszych celek, 6) zmniejszony zakres i potaniecie oraz przyspieszenie opracowania projektu.

Ministerstwo Przemysłu Elektrotechnicznego ZSRR oddało ostatnio do próbnej eksploatacji pierwsze kompletne rozdzielnie przemysłowe, których podstawowe cechy są następujące: 1) wyposażenie i szyny są całkowicie ukryte w celiach typu szafowego, 2) szyny i połączenia są izolowane, 3) wyłączniki wraz z napędami wyciąga się z celek przy użyciu specjalnych wózków. Przyłączenie części wyciąganych do części stałych odbywa się przy pomocy łączników szeregowych bądź wtyczkowych. Wszystkie elementy takich rozdzielni są znormalizowane i — przy jednakowych cechach głównych rozdzielni — wzajemnie wymienne, co wymaga dużej dokładności wykonania. W skład kompletnej podstacji transformatorowej tego typu wchodzi: szafa albo celka wysokiego napięcia, transformator oraz rozdzielnia albo tablica niskiego napięcia.

Podstawowym wymaganiem, stawianym kompletnym podstacjom, jest jak najmniejszy rozmiar podstacji, przystosowany do zainstalowania jej wewnątrz pomieszczeń fabrycznych.

Jako typ pośredni między podstacjami kompletnymi a dotychczas budowanymi znajdują szerokie zastosowanie rozdzielnie i podstacje transformatorowe tzw. „składane”. Konstrukcja ich również jest przystosowana do całkowitego wykonania w warsztatach montażowych, z uwzględnieniem jednak zastosowania aparatury normalnej. Toteż roz-

mieszczenie aparatury i odstępy między połączeniami odpowiadają wymaganiom takim samym, jak w podstacjach normalnych (np. betonowych czy murowanych). Na rys. 2 pokazano celkę rozdzielni składanej. Podkreślić jednak należy, że pełnoolejowe wyłączniki nie mogą być, oczywiście, stosowane ani w rozdzielniach kompletnych ani też w składanych, co — mimo wyższych kosztów aparatury małej i bezolejowej — znacznie upraszcza budowę podstacji i w sumie obniża koszt całości konstrukcji.

Oddziałowe podstacje transformatorowe. Oddziałowe podstacje transformatorowe bywają wykonywane bądź w postaci opisanych podstacji kompletnych lub składanych, bądź w zakrytych budkach. Ponieważ wszystkie te podstacje są instalowane w pomieszczeniach fabrycznych, przeto stawia się im obok wymagań, jak dla innych podstacji, jeszcze wymagania dodatkowe w stosunku do ich mocy, konstrukcji i ilości oleju. Tak więc np. największa liczba transformatorów w jednej podstacji nie może przekraczać trzech z ogólną zawartością oleju co najwyżej 3000 kg; moc największego transformatora nie powinna przekraczać 1000 kVA, przy czym, o ile podstacja jest zainstalowana na piętrze, całkowita jej moc może sięgać tylko 750 kVA; zabezpieczenie gazowo-podmuchowe (Bucholz) należy stosować dla transformatorów już począwszy od mocy 320 kVA. Oddziałowym podstacjom transformatorowym stawia się również specjalne wymagania co do wyboru miejsca i sposobów chłodzenia, zależnie od charakteru zakładu, w którym podstacja ma pracować.

E. S.

# Statystyka wypadków podczas pracy przy urządzeniach elektrycznych na podstawie danych z 1947 i 1948 r.\*)

## Komunikat Komitetu Bezpieczeństwa Pracy SEP

### 1. Wstęp.

Statystyka wypadków stanowi podstawę planowej działalności Komitetu Bezpieczeństwa Pracy SEP. Komitet spodziewa się, że podanie jej do wiadomości wszystkim elektrykom ułatwi znacznie działalność Komitetu. Elektrycy bowiem, zaznajomieni się z głównymi źródłami niebezpieczeństw oraz zasadniczymi środkami zapobiegawczymi, będą mieli możliwość skutecznie zwalczać w terenie wypadkowość przy urządzeniach elektrycznych.

Zahamowanie wypadkowości w omawianej dziedzinie nie będzie prawdopodobnie rzeczą łatwą, gdyż ryzyko wypadku stale wzrasta, przede wszystkim w związku z akcją elektryfikacyjną, która zwiększa stale swój zasięg. W planie 6-letnim przewiduje się dalszy intensywny rozwój elektryfikacji zarówno w przemyśle, jak i w rolnictwie. Jeżeli się przy tym zważy, że plan 6-letni przewiduje również znaczne powiększenie stanu zatrudnienia, to stwierdzić należy, iż ryzyko wypadku „elektrycznego“ (tak bowiem będziemy w skróceniu nazywać wypadki przy urządzeniach elektrycznych) wzrośnie bardzo wydatnie.

Zakład Ubezpieczeń Społecznych zarejestrował w 1947 r. 371, a w 1948 r. 448 wypadków przy urządzeniach elektrycznych, co stanowi wzrost w ciągu roku więcej niż o 20%. W tym samym stopniu zwiększyła się również liczba wypadków śmiertelnych — z 61 na 74. Dokładne obliczenia statystyczne za rok 1949 nie są wprawdzie jeszcze ukończone, jednak na podstawie dotychczasowych materiałów należy przypuszczać, że liczba wypadków zarejestrowanych w tym roku będzie jeszcze większa.

Obok wzrastającego tempa elektryfikacji, a więc zwiększenia liczebności punktów stwarzających możliwość porażenia prądem, niewątpliwym wpływ istotny na wysokość ryzyka wypadkowego wywiera również powiększanie stanu zatrudnienia. Nowi bowiem robotnicy nie tylko nie znają środków zapobiegawczych, ale niejednokrotnie nie zdają sobie w ogóle sprawy z grożących im niebezpieczeństw. Do-

tyczy to przede wszystkim robotników wiejskich. Elektryfikacja wsi może pociągnąć za sobą najliczniejsze ofiary, jeżeli nie przedsięwzięcie się zawniesi środków zapobiegawczych. Oto przykład.

Przykład 1. Dojarz D. spostrzegł podczas dojenia krów palący się słup linii wysokiego napięcia w pobliżu stodoły. Aby zapobiec pożarowi stodoły, D. wlał na słup z wiadrem i wodą. Podczas gaszenia pożaru został porażony śmiertelnie.

Podobne wypadki nakładają na kierownictwo zakładów pracy oraz na kierowników robót na poszczególnych odcinkach specjalny obowiązek zaznajamiania nowoprzyjętych robotników z grożącymi im niebezpieczeństwami oraz pouczenia o sposobach ich uniknięcia.

### 2. Materiały statystyczne.

Podstawowym jednostkowym dokumentem dla przedstawionych poniżej zestawień statystycznych jest formularz pt. „Doniesienie o wypadku“. Pracodawca ma obowiązek wypełnić taki formularz i przesłać Ubezpieczalni Społecznej w przypadkach, gdy niezdolność do pracy spowodowana wypadkiem trwa dłużej niż jeden dzień (z pominięciem dnia, w którym się zdarzył wypadek). Niestety, obowiązek ten nie jest powszechnie znany lub z innych względów nie jest przestrzegany, to też materiał statystyczny, którym dysponuje Zakład Ubezpieczeń Społecznych nie jest kompletny. Obowiązek ten jest szczególnie słabo przestrzegany w rolnictwie, gdzie pracodawcy zgłaszają głównie wypadki śmiertelne oraz pociągające za sobą inwalidztwo lub dłużej trwającą niezdolność do pracy, natomiast wypadki z kilkodniową niezdolnością do pracy często są nie zgłaszane. Oczywiście, jest to szkodliwe ze stanowiska akcji zapobiegawczej, dla której istotne są przyczyny, a nie skutki wypadków: ten sam bowiem wypadek, który zakończył się lekkim uszkodzeniem ciała, może w zmienionych nieco okolicznościach spowodować kalectwo, a nawet śmierć. Zwiększenie liczebności zgłoszonych wypadków leży również w interesie statystyki wypadków, gdyż zwiększona masa obserwacyjna pozwala na wyciągnięcie bardziej miarodajnych wniosków. Kontrola ścisłego przestrzegania obowiązków zgłaszania wypadków leży w mocy i należy do obowiązków Zakładu Ubezpieczeń Społecznych.

\*) Por. art. inż. I. Barana „Próba analizy statystyki wypadków podczas pracy przy urządzeniach elektrycznych w r. 1946“ (PE, 1948, z. 10/11, str. 404) oraz „Statystykę wypadków podczas pracy przy urządzeniach elektrycznych w 1947 r.“ (PE, 1950, z. 1/2/3, str. 104).



Zaletą omawianych materiałów jest znaczna ich jednorodność, gdyż obejmują one tylko wypadki porażenia prądem i oparzenia łukiem elektrycznym, nie obejmują natomiast wypadków spowodowanych pośrednio przez prąd, jak upadek z drabiny czy ze słupa podczas obsługi urządzeń elektrycznych, lub uszkodzenie wzroku promieniami łuku elektrycznego, np. podczas spawania.

Mimo tej jednorodności jakość materiałów statystycznych pozostawia jeszcze więcej do życzenia niż osłabiona ich liczebność. Formularz doniesienia o wypadku zawiera 14 pozycji, które na ogół są wypełniane niedbale, a nierzadko w ogóle brak w niektórych pozycjach wszelkich danych. Tak np. 47% formularzy nie podaje kwalifikacji poszkodowanych, 22% doniesień nie określa wysokości napięcia, w 17% doniesień brak jest danych o urządzeniach, przy których zdarzył się wypadek. Oczywiście, te braki zmniejszają wydatnie miarodajną masę obserwacyjną i utrudniają właściwą analizę.

Najistotniejszą dla analizy pozycją formularza jest rubryka 11: „Dokładny opis okoliczności oraz przyczyny wypadku”. Niestety, opisy te są często niedbale, wykazują przeważnie nieznaną zagadnień elektrotechnicznych, a szczególnie niebezpieczeństw występujących przy urządzeniach elektrycznych oraz sposobów ochrony przed tymi niebezpieczeństwami ze strony personelu powołanego do wypełniania formularzy doniesieniowych.

Przykładów niedbalstwa i nieznaności rzeczy zawierają materiały ZUS wiele dziesiątków, z których przytoczymy dwa:

Przykład 2. W czasie ustawiania wozów tramwajowych został porażony prądem.

Przykład 3. Podczas wyłączenia motoru elektrycznego robotnik T. uległ oparzeniu płomieniem. Przyczyny wypadku: nieuwaga i za powolne wyłączenie prądu.

Obowiązek wypełniania formularzy spada zazwyczaj na referentów bezpieczeństwa pracy, którzy w wielu przypadkach wykazują b. niski poziom przygotowania technicznego. To też na kursach organizowanych dla referentów bezpieczeństwa pracy powinien być położony specjalny nacisk na wykłady, omawiające badanie przyczyn wypadków oraz prawidłowe wypełnianie formularzy doniesień o wypadkach.

Jedną z przyczyn niskiej jakości omawianych materiałów jest również i to, że obowiązujące formularze doniesień posiadają charakter ogólny, nie związany ze specjalnym rodzajem niebezpieczeństw, które występują przy urządzeniach elektrycznych. Z tego względu Komitet Bezpieczeństwa Pracy SEP opracował formularz specjalny do zgłaszania wypadków elektrycznych; jego podstawą jest analiza wypadków elektrycznych. Wprowadzenie tego formularza w życie napotyka jednak trudności; gdyby się udało je pokonać, to materiał uzyskany w ten sposób byłby

pod względem technicznym powierzono rzeczoznawcom przeszkolonym przez SEP.

Podkreślić tu należy jeszcze jeden czynnik wpływający ujemnie na jakość materiałów. Odtworzenie w formularzu przebiegu wypadku nie zawsze odpowiada rzeczywistym warunkom, w których się wypadek zdarzył; spowodowane to jest w wielu przypadkach obawą osób, które mogłyby być pociągnięte do odpowiedzialności w razie ujawnienia niektórych rzeczywistych okoliczności, posiadających wpływ na powstanie wypadku. Aby tego rodzaju spacje opisów wypadku uniknąć w przyszłości oraz aby uzyskać pełny obraz przyczyn i okoliczności wypadków, konieczny jest udział czynnika społecznego zarówno podczas badania przyczyn, jak też przy sporządzaniu doniesienia o wypadku. Organizowana przez CRZZ Społeczna Inspekcja Ochrony Pracy może tu odegrać b. ważną rolę, polegającą na ujawnieniu tych usterek techniczno-organizacyjnych, których wykrycie stanowiło dotychczas bardzo trudny problem.

### 3. Wskaźniki wypadkowości.

Przy porównywaniu mas statystycznych ujętych w rozmaite grupy konieczne jest ustalenie pewnych wskaźników, pozwalających na jednolitą ocenę różnych mas.

Najprostszą metodą jest porównanie liczebności poszczególnych grup. Można się posługiwać również liczbami względnymi, np. stosunkiem liczebności poszczególnych grup do całkowitej liczebności wszystkich grup razem. Porównanie tego rodzaju daje niezłe wyniki, ale tylko w tych przypadkach, gdy wszystkie elementy w grupach są jednakowo ważne. W wypadkach przy urządzeniach elektrycznych brak jest jednak tej jednorodnej ważkości, gdyż skutki różnych wypadków są rozmaite; część wypadków kończy się przemijającą niezdolnością do pracy, inne kończą się śmiercią.

Z tego względu do oceny poszczególnych grup wypadków elektrycznych należy znaleźć wskaźnik, uwzględniający zarówno liczebność wypadków, jak i ich ciężkość.

Najprostszym wskaźnikiem ciężkości wypadków danej grupy byłby stosunek liczby wypadków śmiertelnych do ogólnej liczby wypadków w danej grupie. Wprowadzenie takiego wskaźnika jest jednak niewystarczające dla celów porównawczych, o czym świadczy następujący przykład: według podanej niżej tablicy I ogólna liczba wypadków wynosiła:

w komunikacji i transporcie 102, w tym 6 śmiertelnych, w rolnictwie i leśnictwie 22, w tym 18 śmiertelnych. Śmiertelność wypadków w pierwszej grupie wynosiła 6%, w drugiej zaś 82%.

Przy porównaniu liczebności i śmiertelności obu grup trudno jest cokolwiek powiedzieć o stosunku tych grup

Tablica I

Gałąź gospodarki	Wysokość napięcia			Razem
	niskie	wysokie	brak danych	
1. Górnictwo	32 (14)	58 (9)	55 (11)	145 (34)
2. Przem. mineralny	9 (1)	3 (—)	5 (—)	17 (1)
3. Przem. hutniczy	19 (—)	13 (—)	26 (1)	58 (1)
4. Przem. metalowy	71 (4)	5 (3)	10 (2)	86 (9)
5. Przem. elektrotechniczny	14 (1)	3 (1)	2 (1)	19 (3)
6. Przem. chemiczny	17 (2)	7 (2)	3 (1)	27 (5)
7. Przem. włókienniczy	43 (3)	8 (—)	9 (2)	60 (5)
8. Przem. papierniczy	11 (1)	1 (—)	5 (—)	17 (1)
9. Przem. drzewny	8 (1)	— (—)	— (—)	8 (1)
10. Przem. spożywczy	30 (7)	1 (—)	4 (—)	35 (7)
11. Przem. budowlany	23 (2)	12 (3)	4 (2)	39 (7)
12. Energetyka	47 (9)	60 (21)	24 (2)	131 (32)
13. Komunikacja i transport	35 (4)	49 (2)	18 (—)	102 (6)
14. Rolnictwo i leśnictwo	5 (4)	14 (12)	3 (2)	22 (18)
15. Inne	24 (—)	15 (2)	14 (3)	53 (5)
Ogółem	388 (53)	249 (55)	182 (27)	819 (135)

zapewne znacznie lepszy niż ten, którym dysponują obecnie nawet wysoko uprzemysłowione i zelektryfikowane kraje. Komitet B. P. SEP dąży również do tego, by badanie przyczyn wypadków śmiertelnych i specjalnie skomplikowanych

do siebie pod względem ich ważkości. Pierwsza bowiem posiada dość dużą liczebność, a małą śmiertelność, druga natomiast charakteryzuje się dużą śmiertelnością przy małej liczebności. Należy zatem znaleźć takie wskaźniki,

które by umożliwiły proste porównanie różnych grup. Sprawę tę rozwiązuje przyjęcie pewnej przeciętnej ciężkości wypadków i obliczenie odchylenia od tej przeciętnej w poszczególnych grupach.

W tym celu obliczymy przeciętny stosunek liczby wypadków śmiertelnych do ogólnej liczby wypadków elektrycznych w latach 1947 i 1948:

1947 — wypadków	371,	w tym śmiertelnych	61
1948 — „	448,	„ „ „	74

Razem wypadków 819, w tym śmiertelnych 135.

W obu latach ogólna liczba wypadków była mniej więcej 6-krotnie większa od liczby wypadków śmiertelnych, można więc przyjąć ten stosunek przeciętny za normalny i szukać w poszczególnych grupach odchylenia od tej normy.

Przy założeniu przeciętnego (normalnego) wskaźnika ciężkości równego 1 oraz oznaczeniu ogólnej liczby wypadków zgłoszonych przez  $Z$ , liczby wypadków śmiertelnych przez  $S$ , otrzymujemy na obliczenie wskaźnika ciężkości dla poszczególnych rozpatrywanych grup wzór następujący:

$$C = \frac{Z + 6S}{2Z} - 0,5 + \frac{3S}{Z}$$

Oczywiście, przy takich założeniach wskaźnik ciężkości dla ogółu wypadków zaszłych w 1947 lub 1948 r. wypadnie równy ok. 1, natomiast dla grup stanowiących część ogółu będzie wartością różną od 1.

W badaniach statystycznych zachodzi również potrzeba oceny wielkości ryzyka wypadku, np. w poszczególnych gałęziach gospodarki. Jako wskaźnik ryzyka przyjmuje się tzw. częstotliwość wypadków tj. stosunek liczby wypadków do liczby zatrudnionych, a więc narażonych na ryzyko wypadku. W tabl. II podano w a ż o n ą częstotliwość wypadków, tj. iloczyn z częstotliwości wypadków (bezwzględnej) i ze wskaźnika ciężkości.

#### 4. Wypadki według gałęzi gospodarki.

Tabl. I podaje zestawienie liczb wypadków zaszłych w 1947 i 1948 r. w najważniejszych gałęziach gospodarki z podziałem według wysokości napięcia, przy czym liczby wypadków śmiertelnych podano w nawiasach. Jak widać

telność wypadków przy napięciu niskim wynosi ok. 14%, przy wysokim natomiast ponad 20%.

Obliczona na wyżej omówionych zasadach ważona liczebność wypadków wynosi:

przy niskim napięciu	353,
przy napięciu wysokim	309.

Wyniki dalszych obliczeń potrzebne do analizy branżowej podaje tabl. II. Największa śmiertelność w wypadkach elektrycznych występuje w rolnictwie i leśnictwie, na co składają się zapewne głównie dwie przyczyny: przede wszystkim wspomniane już wyżej niespełnianie obowiązku zgłaszania wypadków w odniesieniu do wypadków lżejszych, a ponad to nieumiejętność niesienia pierwszej pomocy w rolnictwie i leśnictwie. Nierzadko zdarza się, że robotnicy rolni doznają śmiertelnych porażeń przy niesieniu pierwszej pomocy nie tylko ludziom, ale i zwierzętom, co ilustruje następujący przykład:

Przykład 4. Rolnicy K. i W. podczas jazdy furmanką natknęli się na szosie na zerwany przewód wysokiego napięcia, wskutek czego ponieśli porażenia prądem. Podczas ratowania koni również obaj rolnicy ponieśli śmierć na miejscu.

Na drugim miejscu pod względem śmiertelności znajduje się energetyka. Większość wypadków śmiertelnych w energetyce występuje przy wysokim napięciu, gdyż tu śmiertelność (35%) jest ponad 2-krotnie większa od przeciętnej (16,5%).

W górnictwie, znajdującym się na trzecim miejscu pod względem śmiertelności, specjalnie wysoka jest śmiertelność przy niskim napięciu (44%), która jest przeszło 3-krotnie większa od śmiertelności przy niskim napięciu w innych gałęziach gospodarki (14%): tę tak znaczną śmiertelność wypadków elektrycznych w górnictwie należy przypisać stałemu kontaktowi górników z wilgotnym terenem co posiada wydatny wpływ na skutki wypadków.

Pod względem liczebności ważonej wypadków wysuwa się górnictwo na pierwsze miejsce zarówno ze względu na dużą liczebność wypadków, jak i na znaczną ich śmiertelność. Podobne przyczyny wysuwają energetykę na drugie miejsce. Trzecie i czwarte miejsce zajmują przemysł metalowy oraz transport i komunikacja wskutek dużej liczebności wypadków, których śmiertelność jest niższa od przeciętnej. Zaraz za nimi przypada kolejność na rol-

Tablica II

Gałąz gospodarki	Śmiertelność (%)	Liczba wypadków ważona	Stan zatrudnienia (%)*)	Częstotliwość wypadków ważona
1. Górnictwo	23,5	175	13,4	13,0
2. Przem. mineralny	5,9	12	4,4	2,7
3. Przem. hutniczy	1,7	32	5,8	5,5
4. Przem. metalowy	10,5	70	10,6	6,6
5. Przem. elektrotechniczny	15,8	18	1,4	12,8
6. Przem. chemiczny	18,5	28	4,1	6,8
7. Przem. włókienniczy	8,3	45	13,2	3,4
8. Przem. papierniczy	5,9	12	1,8	6,7
9. Przem. drzewny	12,5	7	4,2	1,7
10. Przem. spożywczy	20,0	39	10,6	3,7
11. Przem. budowlany	18,0	41	5,9	7,0
12. Energetyka	24,4	161	2,1	76,7
13. Komunikacja i transport	5,9	69	4,3	16,0
14. Rolnictwo i leśnictwo	82,0	65	4,7	13,8
15. Inne	9,8	48	17,7	2,7
Ogółem	16,5	815	100,0	8,2

\*) Stan średni za 1947 i 1948 r. na podstawie danych Inspekcji Pracy.

z tablicy, najwięcej wypadków elektrycznych wykazuje górnictwo, dalej energetyka, komunikacja i transport oraz przemysł metalowy. Inaczej układa się hierarchia liczebności wypadków śmiertelnych: na pierwszym i drugim miejscu pozostają wprawdzie górnictwo i energetyka, na trzecim pojawiają się rolnictwo i leśnictwo, natomiast komunikacja i transport spadają na dalsze miejsca.

W tablicy tej wprowadzono również podział według wysokości napięcia, który wskazuje, że liczebność ogólna wypadków przy napięciu niskim jest ponad 50% większa niż przy wysokim napięciu, natomiast liczebność wypadków śmiertelnych jest w obu grupach prawie jednakowa. Śmier-

nictwo i leśnictwo mimo małej liczebności wypadków, a to wskutek dużej śmiertelności — 5-krotnie większej od przeciętnej.

Pod względem wysokości ryzyka, określonego w a ż o n ą częstotliwością wypadków, bezspornie pierwsze miejsce zajmuje energetyka, co łatwo wytłumaczyć tym, że większość pracowników tej gałęzi gospodarki pozostaje codziennie prawie w bezpośrednim kontakcie z niebezpieczeństwem elektrycznym. Wynikiem tego jest częstotliwość wypadków prawie 10-krotnie większa od przeciętnej. Częstotliwość ważoną prawie dwukrotnie większą od przeciętnej wykazują komunikacja i transport oraz rolnictwo i leśnic-



two; pierwsza gałąź gospodarki wskutek dużej liczebności, druga — wskutek dużej ciężkości wypadków.

### 5. Urządzenia elektryczne.

Wskazanie urządzeń elektrycznych, przy których zdarzają się najczęściej wypadki, jest niemniej ważne, a nawet może ważniejsze niż określenie najniebezpieczniejszych gałęzi gospodarki. Zestawienie liczbowe wypadków przy różnych urządzeniach elektrycznych podaje tabl. III. Największą liczebnie grupę stanowią wypadki przy przewodach niez izolowanych, szynach zbiorczych i drutach ślizgowych. Ze względu na dużą śmiertelność w wypadkach tej grupy (28,4% wobec przeciętnej 16,5%) grupa ta obejmuje ok. 40% (319/815) ogólnej ważkości wypadków. Przez ważkość pewnej grupy wypadków rozumiemy iloczyn liczebności tej grupy i współczynnika ciężkości wypadków tej grupy. Najczęstszą przyczyną wypadków tego rodzaju

Przykład 10. Przy likwidacji nieczynnych przewodów niekwalifikowany pomocnik R. otrzymał polecenie wejścia na stęp i obcięcia przewodów. Podczas tej pracy doznał porażenia prądem. Wg zeznań świadków uszkodzony pomylił się, wszedł na niewłaściwy stęp i obcinał przewody czynne.

Przykład 11. Poszkodowany niekwalifikowany pomocnik S. był zatrudniony wraz z drugim robotnikiem przy konserwacji stępów i linii silnopiętowej. Sieć została wyłączona w obecności obu robotników. Po skończeniu tej pracy uszkodzony wszedł na drugą linię, która była pod prądem i doznał porażenia.

Brak wyraźnej instrukcji o dopuszczaniu do robót bywa również przyczyną wypadków, jak to ilustrują poniższe przykłady:

Przykład 12. Kierownik pogotowia oświadczył, że kabel jest wyłączony i nie stoi na przeszkodzie, by brigada wykonawcza przystąpiła do wymiany oleju w wyłączniku. Wykonawca zrozumiał to oświadczenie jako formalne dopuszczenie do pracy, wobec czego nie zażądał dopuszczenia pisemnego. W konsekwencji nie nałożono uzemień na miejscu pracy, wskutek czego pomocnik monter M. przy oczyszczaniu izolatorów wyłącznika doznał poparzenia prądem obu dłoni.

Tablica III

L. p.	Rodzaj urządzenia lub sprzętu	Niskie napięcie	Wysokie napięcie	Brak danych	Razem (bezwzględna)	Razem (ważona)
1.	Przewody gołe, szyny zbiorcze, druty ślizgowe	66 (18)	116 (35)	54 (14)	236 (67)	319
2.	Przewody izolowane (ruchome i stałe)	64 (6)	24 (3)	32 (2)	120 (11)	93
3.	Części metalowe stałe i ruchome (obudowa urządzeń, konstrukcje metalowe)	96 (17)	16 (2)	12 (3)	124 (22)	128
4.	Wyłączniki, przełączniki, odłączniki, rozruszniki	51 (—)	28 (3)	30 (2)	109 (5)	70
5.	Bezpieczniki topikowe (korkowe i paskowe)	28 (1)	23 (2)	19 (1)	70 (4)	47
6.	Aparaty, przekaźniki i inne drobne urządzenia elektryczne	9 (—)	9 (—)	7 (—)	25 (—)	12
7.	Żarówki, oprawki i metalowa obudowa lamp stałych	27 (7)	2 (—)	— (—)	29 (7)	36
8.	Drobny sprzęt (gniazdka, wtyczki, zaciski, styki)	23 (3)	7 (1)	5 (—)	35 (4)	29
9.	Inne różne urządzenia i sprzęt nieobjęty powyższymi pozycjami	17 (1)	9 (3)	— (—)	26 (4)	25
10.	Brak danych	7 (—)	15 (6)	23 (5)	45 (11)	56
Ogółem { bezwzgl. { ważona		388 (53)	249 (55)	182 (27)	819 (135)	—
		563	290	172	—	815

jest niezgodna z przepisami praca przy przewodach, znajdujących się pod napięciem, lub w pobliżu takich przewodów, co ilustrują następujące przykłady:

Przykład 5. Przy podłączaniu dopływu do słupa linii niskiego napięcia niekwalifikowany pomocnik elektromontera S. został śmiertelnie porażony, gdyż stojąc na słupolazach między przewodami, znajdującymi się pod napięciem, dotknął ich swym ciałem. Poparzone zostały oba uszy.

Przykład 6. Podczas malowania kątownika wewnętrznego celki uszkodzony kierownik obwodu monterskiego P. stojąc na drabinie zbliżył prawy łokieć do noży odłącznika, który był w pozycji odłączonej, pozostawał jednak pod napięciem od strony układu drugiego. Ponieważ jednocześnie prawą ręką opierał się o kątownik obramowania celki, doznał dotkliwego porażenia przedramienia prawej ręki oraz lewej dłoni.

Nierzadko w tej grupie zdarzają się wypadki spowodowane włączeniem bez uprzedzenia, co jest, oczywiście, wynikiem wad organizacyjnych i za co winę ponosi przeważnie kierownictwo robót. Oto przykłady skutków takiej wadliwej organizacji:

Przykład 7. Przy zakładaniu przewodów telefonicznych na słupie monter M. dotknął przewodów wysokiego napięcia, które z przyczyn niewiadomych znalazły się pod napięciem.

Przykład 8. Przy zakładaniu linii wysokiego napięcia ponad linią radiowęzła na tych samych słupach zostało bez uprzedzenia włączone napięcie (ponad 200 V) do linii radiowęzła, wskutek czego pomocnik monterski D. został porażony prądem.

Szczególną odpowiedzialność powinno ponosić kierownictwo robót za lekkomyślność i niedbalstwo, ujawniające się w kierowaniu do robót niebezpiecznych pracowników niekwalifikowanych bez wystarczającego nadzoru. Tragiczne skutki takiej lekkomyślności obrazują następujące przykłady:

Przykład 9. Trzech pracowników malarskich G., P. i S. otrzymało polecenie pomalowania stępów linii wysokiego napięcia. Linia została wyłączona i uziemiona. Po wymalowaniu dwu stępów pracownicy udali się do trzeciego nie za linią, a na przełaj. Nie upewniwszy się przez odczytanie tabliczki na słupie, weszli na stęp innej linii znajdującej się pod napięciem 40 kV. S., który dotknął plecami przewodów, został porażony śmiertelnie, pozostali dwaj znajdujący się niżej na słupie zostali z niego zrzucony przez prąd.

Przykład 13. Kierownik rozdzielni zlecił monterom Z. i B. zbadanie przekaźnika na wyłączniku olejowym. Wymienieni nie odłączyli odłącznika trójbiegunowego od szyn zbiorczych i nie skontrolowali przy pomocy neonówki, czy nastąpiła przerwa prądu na wyłączniku. Podczas odłączania drażka od przekaźnika uszkodzony Z. doznał porażenia i opalenia prawej dłoni i przedramienia.

Brak zabezpieczenia przewodów znajdujących się pod napięciem bywa nierzadko przyczyną śmiertelnych wypadków. Niezamknięte rozdzielnie i transformatornie, niezabezpieczone cele wysokiego napięcia przysparzają kilkanaście śmiertelnych i ciężkich wypadków w ciągu roku. Oto przykłady:

Przykład 14. Znajdujący się na hali pras kiosk z przewodami o wysokim napięciu pozostający pod dozorem elektrowni W. z niewiadomych przyczyn nie został zamknięty. Jeden z robotników przeprowadzających porządek wszedł do kiosku i w przekonaniu, że nie ma prądu, dotknął kabla i doznał oparzenia prawej dłoni i palców obu nóg.

Przykład 15. Grupa ślusarzy była zatrudniona w jednej z fabryk przy rozbiórce rur wodociagowych. W pewnej chwili oddalił się z pracy jeden z ich kolegów B. Gdy nieobecność B. zaczęła się przedłużać, wszczęto za nim poszukiwania i znaleziono w transformatorni wysokiego napięcia porażonego śmiertelnie.

Przykład 16. Mł. elektromonter G. wszedł samowolnie do celki 6 kV, leżącej po przeciwnej stronie celki 30 kV, gdzie pracowano. G. doznał w celce 6 kV porażenia śmiertelnego. Przypuszcza się, że przyczyną wypadku była omyłka denata, który celkę 6 kV wziął za celkę 30 kV.

Specjalne niebezpieczeństwo — i to przede wszystkim w kopalni węgla — stanowią druty ślizgowe. Rok rocznie druty te powodują kilkanaście wypadków, których typowe przykłady podajemy poniżej.

Przykład 17. Chcąc przejść między wozami stanął na buforze i dotknął karkiem przewodu ślizgowego 260 V, doznając przy tym śmiertelnego porażenia prądem.

Przykład 18. Stojąc na wozie załadowanym drzewem wyrzucał stopnice. W pewnej chwili poślizgnął się, dotknął karkiem drutu ślizgowego, przez co doznał porażenia prądem.

Wskazuje to na konieczność wszczęcia specjalnej akcji zwalczania wypadków tego rodzaju. Wydaje się, że obok

innych środków (jak np. zaostrenie przepisów ruchu) zastąpienie stosowanych w górnictwie polskim hełmów stalowych odpowiednio skonstruowanymi hełmami z wytrzymałej na urazy mechaniczne masy izolacyjnej przyczyniłoby się w pewnej mierze do zmniejszenia liczebności podobnych wypadków.

Wypadki spowodowane nieprzepisową budową linii napowietrznych są na ogół znacznie mniej liczne niż opisane wyżej wypadki spowodowane głównie wadliwą organizacją. Najczęściej wypadki tego typu są spowodowane zbyt niskim zawieszeniem przewodów ponad powierzchnią dachu, co potwierdza następujący przykład:

Przykład 19. Przy czyszczeniu kominów budynku gospodarczego, nad którym przechodziły przewody (380 V), uszkodzono kominarz C. dotknął ich przypadkowo i został porażony prądem. Spadając z wysokości 2,5 m doznał pęknięcia podstawy czaszki.

Wśród wypadków spowodowanych wadliwą budową linii napowietrznych należy zwrócić uwagę na kilka wypadków spowodowanych przerwaniem się przewodów. Oto opis jednego z takich wypadków:

Przykład 20. Uszkodowany rolnik W. wszedł na pole, gdzie leżał zerwany przewód linii wysokiego napięcia. Zanim doszedł do przewodu został rzucony na ziemię i doznał poparzenia i porażenia górnych i dolnych kończyn.

Jako dodatkową przyczynę powyższego wypadku podać należy nieznaną elementarną niebezpieczeństw w elektrycznych wśród szerokiego ogółu społeczeństwa, szczególnie na wsi, to też sprawę zaznajomienia społeczeństwa z niebezpieczeństwami elektrycznymi oraz

obniżone napięcie lub brak uziemienia obudowy narzędzi ręcznych.

Trzecią grupę prawie tak samo liczną, jak wypadki spowodowane dotknięciem obudowy lamp i narzędzi, stanowią wypadki przy przewodach izolowanych, jednak śmiertelność wypadków tego rodzaju jest znacznie mniejsza.

Omówione trzy grupy urządzeń obejmują prawie 60% ogólnej liczby wypadków; śmiertelność wypadków tych trzech grup wynosi 21%, gdy pozostałe grupy wykazują śmiertelność tylko 10,5%. Liczby te nakazują poświęcić specjalną uwagę bezpieczeństwu pracy przy przewodach oraz zabezpieczeniu lamp przenośnych i narzędzi ręcznych.

Jedną z mniej licznych grup stanowią wypadki przy wymianie żarówek, należy jednak na nie zwrócić uwagę ze względu na śmiertelność wyższą niż przy innych urządzeniach. Śmiertelność ogólna wypadków na niskim napięciu wynosi ok. 13,5%, natomiast śmiertelność wypadków przy wkręcaniu czy dokręcaniu żarówek 26%.

## 6. Przyczyny wypadków.

Największą liczbnie grupę wypadków przedstawionych w tabl. IV (ponad 50%) stanowią wypadki spowodowane nieprzestrzeganiem przepisów ruchu, szczególnie zaś praca pod napięciem lub w pobliżu części znajdujących się pod napięciem.

Przykład 24. J. wymiatając pył w szafce wysokiego napięcia (6000 V), znajdującej się pod prądem, z niewyjaśnionych przyczyn został poparzony na twarzy i rękach.

Tablica IV

L. p.	Rodzaj urządzenia lub sprzętu	Praca pod napięciem	Praca nieprzepisowa	Uszkodzona izolacja lub brak	Wadliwa budowa	Brak danych	Razem (bezwzględna)	Razem (ważona)
1.	Przewody gołe, szyny zbiorcze, druty ślizgowe	93 (20)	60 (16)	— (—)	64 (28)	19 (3)	236 (67)	319
2.	Przewody izolowane (ruchome i stałe)	36 (3)	14 (2)	40 (5)	23 (1)	7 (—)	120 (11)	93
3.	Części metalowe stałe i ruchome (obudowa urządzeń, konstr. metal.)	5 (—)	6 (—)	22 (3)	86 (18)	5 (1)	124 (22)	128
4.	Wyłączniki, dołączniki, przełączniki, rozruszniki	26 (1)	36 (2)	8 (1)	46 (1)	4 (—)	120 (5)	75
5.	Bezpieczniki topikowe (korkowe i paskowe)	56 (3)	5 (—)	— (1)	7 (1)	2 (—)	70 (5)	50
6.	Aparaty, przekaźniki i inne drobne urządzenia elektryczne	5 (—)	10 (—)	— (—)	6 (—)	4 (—)	25 (—)	12
7.	Żarówki, oprawki i metalowa obudowa lamp stałych	28 (7)	— (—)	— (—)	1 (—)	— (—)	29 (7)	36
8.	Drobny sprzęt (gniazdka, wtyczki, zaciski, styki)	9 (—)	3 (—)	8 (2)	13 (—)	1 (—)	34 (2)	23
9.	Inne różne urządzenia i sprzęt wyżej niewymieniony	7 (2)	4 (2)	2 (—)	3 (1)	— (—)	16 (5)	23
10.	Brak danych	4 (1)	3 (—)	2 (—)	4 (3)	32 (7)	45 (11)	56
Ogółem {bezwzgl.}		269 (37)	141 (22)	82 (12)	253 (53)	74 (11)	819 (135)	—
{ważona}		245	137	77	286	70	—	815

z właściwymi metodami ratownictwa przy porażeniu prądem należy uznać za bardzo ważną.

Na drugim miejscu pod względem ważkości, jak wynika z tabl. III, występują wypadki porażenia przy dotknięciu części metalowych, które znalazły się pod napięciem wskutek uszkodzenia izolacji. Najwięcej wypadków tego rodzaju przysparzają lampy przenośne i narzędzia ręczne. Oto typowe przykłady:

Przykład 21. Czterej robotnicy: B., C., J. i P. oczyszczali kocioł oświetlając go lampami przenośnymi. W pewnej chwili B. krzyknął i zsunął się z płomienicy w lukę trzymając w ręce uchwyt lampy. Wówczas C. znajdujący się najbliższym uszkodzonego pospieszył mu z pomocą, lecz został odrzucony na bok na płaszcz kotła. Wówczas P., który znajdował się w palenisku, wyskoczył i wyłączył prąd, po czym wyciągnięto z kotła silnie poparzonego prądem B. oraz porażonego śmiertelnie C.

Przykład 22. Składacz maszynowy Ł. został porażony prądem podczas poprawiania lampy umocowanej na podkładce ebonitowej do linotypu. Przyczyną wypadku było zwarcie przewodów z lampą, jak również to, że składacz, poprawiając jedną ręką lampę, drugą ręką dotykał maszyny.

Przykład 23. Uszkodowany C. wiercił otwory w szynach. W pewnej chwili nastąpiło zwarcie w wiertarce, wskutek czego doznał porażenia prądem.

Jak widać z tych przykładów, za główne przyczyny opisanych wypadków uznać należy brak lamp ręcznych na

Przykład 25. Pomocnik monterski S., otrzymawszy od dyżurnego zezwolenie na malowanie konstrukcji odłącznika rozdzielni, wszedł na konstrukcję, gdzie został porażony prądem, gdyż odłączniki na konstrukcji były pod napięciem.

Przykład 26. Podczas oczyszczania słupów żelaznych linii wysokiego napięcia został porażony prądem, gdy głowa jego znalazła się w odległości około 1 m od przewodów.

Jak widać z tych przykładów, za wypadki podczas pracy pod napięciem odpowiedzialne jest zazwyczaj kierownictwo, które zezwala na pracę pod napięciem, a niejednokrotnie nawet dopuszcza do niej niekwalifikowanych robotników.

Szczególnie niebezpieczna jest praca pod napięciem przy przewodach gołych i przy wymianie żarówek. Te dwie grupy przynoszą prawie 3/4 wypadków śmiertelnych z ogółu wypadków śmiertelnych podczas pracy pod napięciem.

Nieprzestrzeganie przepisów budowy urządzeń elektrycznych przynosi wprawdzie mniej wypadków niż nieprzestrzeganie przepisów ruchu, jednak śmiertelność wypadków tej grupy (21%) jest prawie o 50% większa niż śmiertelność wypadków zaszłych z powodu nieprzestrzegania przepisów ruchu (14,5%). Do najczęstszych wypadków tego typu należą oparzenia łukiem podczas wyłączania spowodowane brakiem zamkniętej obudowy wyłączników, co ilustruje podany wyżej przykład 3. Opisy wypadków, spowodowanych



wadliwą budową linii napowietrznych, podają przykłady 19, 20 i 4 (zbyt niskie zawieszenie przewodów, zerwanie przewodu). Spotyka się również wypadki zaszle wskutek wadliwej konstrukcji osprzętu:

Przykład 27. Uczeń formierski S., wkładając do gniazdka wtyczkę celem uruchomienia silnika napędzającego wentylator, schwycił przez omyłkę zamiast na masę izolacyjną na metal i doznał poparzenia prądem lewej dłoni.

ważań przy omawianiu tabl. IV. Do tej samej grupy zaliczono wypadki wskutek przypadkowego dotknięcia przewodów pod napięciem, np. przy przechodzeniu; wypadki tego typu, głównie wskutek niezamierzonego dotknięcia przewodów ślizgowych, zdarzają się najczęściej w górnictwie.

Śmiertelność wypadków w omawianej grupie jest bardzo

Tablica V

Czynności wykonywane podczas wypadku	Napięcie niskie	Napięcie wysokie	Brak danych	Razem bezwzględna	Razem ważona
Instalowanie, naprawa i konserwacja urządzeń elektrycznych	119 (13)	101 (17)	59 (4)	279 (34)	242
Obsługa urządzeń elektrycznych (włączanie, wyłączanie)	53 (1)	26 (2)	17 (2)	96 (5)	63
Wymiana bezpieczników topikowych i żarówek	55 (7)	20 (2)	11 (—)	86 (9)	70
Posługiwanie się lampami, narzędziami ręcznymi, zasilanymi prądem elektrycznym	61 (13)	4 (—)	5 (1)	70 (14)	77
Inne czynności nie związane bezpośrednio z urządzeniami elektrycznymi	85 (16)	86 (31)	62 (31)	233 (62)	302
Brak danych	17 (3)	12 (3)	26 (5)	55 (11)	61
Ogółem {bezwzgl. ważona	390 (53) 354	249 (55) 290	180 (27) 171	819 (135) —	— 815

Do grupy wypadków, spowodowanych wadliwą budową, a podanych w tabl. IV, włączono również wypadki spowodowane brakiem zabezpieczenia, jak np. brak uziemienia lub wadliwe uziemienie oraz brak obniżonego napięcia. Wypadki tego rodzaju zostały omówione w rozdziale o urządzeniach elektrycznych.

Najmniej liczną grupę w tabl. IV stanowią wypadki spowodowane uszkodzeniem izolacji. Nie znaczy to jednak, że wypadki wskutek uszkodzenia izolacji są istotnie najmniej liczne. Ta mała liczebność wypadków tej grupy jest natury formalnej. W grupie tej brak jest bowiem 86 wypadków (w tym 18 śmiertelnych), spowodowanych dotknięciem mas metalowych, które znalazły się pod napięciem, a które zaliczyliśmy do grupy „Wadliwa budowa”; część wypadków tego typu znajduje się również w grupie „Praca pod napięciem”, a szczególnie w pozycji dotyczącej żarówek (28 wypadków, w tym 7 śmiertelnych).

#### 7. Czynności wykonywane podczas wypadku.

Tablica V podaje zestawienie wypadków przy urządzeniach elektrycznych według czynności, wykonywanych podczas wypadku, z uwzględnieniem wysokości napięcia. Jak

znaczna, wynosi bowiem prawie 27%, podczas gdy przeciętna śmiertelność nie przekracza 17%. Śmiertelność przy wysokim napięciu w tej grupie wypadków (36%) jest prawie dwukrotnie większa niż przy napięciu niskim (19%).

Na drugim miejscu pod względem ważkości znajdują się wypadki zaszle podczas „instalowania, naprawy i konserwacji urządzeń elektrycznych”. Wprawdzie śmiertelność wypadków tej grupy (ok. 12%) jest niższa od przeciętnej, ale duża liczebność wypadków przesunęła tę grupę na drugie miejsce. Często spotykaną przyczyną wypadków tej grupy jest nieznanostwo instalowanych czy naprawianych urządzeń, jak o tym świadczą następujące przykłady:

Przykład 28. Przy łączeniu kabla od spawarki do wyłącznika 380 V uszkodzony elektromonter J. wadliwie połączył uziemienie, co spowodowało zwarcie, wybuch płomienia i poparzenia obu rąk, uda, szyi i twarzy uszkodzonego.

Przykład 29. Uczeń A. łączył kabel silnika celem uruchomienia szlifierki. Wskutek błędnego połączenia — porażenia prądem doznał drugi uczeń M. operujący przy szlifierce.

Przykłady te wskazują na konieczność lepszego szkolenia personelu elektrotechnicznego, szczególnie w zakresie tych elementów urządzeń, które mają zapewnić bezpieczeństwo pracy. W powyższych bowiem wypadkach przewód uziemia-

Tablica VI

Zawód uszkodzonych	Zatrudnieni w zawodzie				Razem bezwzględna	Razem ważona
	po iżej 1/2 roku	od 1/2 do 1 1/2 roku	powyżej 1 1/2 roku	brak danych		
Monterzy-elektrycy (kwal.)	33 (5)	34 (4)	81 (10)	130 (18)	278 (37)	250
Pomocnicy monterów uczniowie	27 (3)	23 (4)	16 (1)	44 (3)	110 (11)	88
Kwalifikowani innych zawodów	32 (3)	40 (10)	57 (13)	91 (10)	220 (36)	218
Niekwalifikowani innych zawodów	38 (17)	28 (7)	26 (3)	102 (23)	194 (50)	247
Brak danych	— (—)	— (—)	— (—)	17 (1)	17 (1)	12
Razem {bezwzgl. ważona	130 (28) 149	125 (25) 138	180 (27) 171	384 (55) 357	819 (135) —	— 815

widać z tego zestawienia najpoważniejszą grupą pod względem liczebności ważonej (ważkości) stanowią wypadki przy „czynnościach niezwiązanych bezpośrednio z urządzeniami elektrycznymi”. Są to przeważnie wypadki spowodowane dotknięciem naelektryzowanych części metalowych, które normalnie nie znajdują się pod napięciem (z wyjątkiem wypadków z lampami i narzędziami ręcznymi, gdyż te zaliczono do innej grupy); wypadki te były przedmiotem roz-

gający, mający gwarantować bezpieczeństwo pracy, był właśnie przyczyną wypadków.

Trzecie miejsce zajmuje grupa wypadków zaszłych podczas „posługiwania się lampami i narzędziami ręcznymi zasilanymi prądem elektrycznym”. Wypadki tego typu omówiono już wyżej przy sposobności omawiania urządzeń elektrycznych. Wypadki te można by całkowicie wyeliminować przez zastosowanie obniżonego napięcia do zasilania

nia lamp przenośnych oraz dobrego uziemienia (lub zero-wania) obudowy metalowej narzędzi ręcznych.

### 8. Zawód i kwalifikacje.

W zestawieniu tabl. VI ujawnia się wydatny wpływ, który wywiera na wypadkowość czas zatrudnienia. Pracownicy, których czas zatrudnienia nie przekracza 1/4 roku, stanowią ok. 30% ogółu tych poszkodowanych, dla których straty są podane, oraz 35% śmiertelnie porażonych. Gdy się zważy, że pracownicy zatrudnieni krócej niż 1/2 roku stanowią mniej niż 10% ogółu pracowników, jasne będzie, że pracownicy nowi kilkakrotnie częściej ulegają wypadkom, a skutki wypadków są u nich na ogół cięższe niż u pracowników dłużej zatrudnionych. Śmiertelność spowodowana wypadkami przy pracy u pracowników zatrudnionych w ciągu dłuższego czasu niż 1 1/2 roku (15%) jest znacznie niższa niż u pozostałych o krótszym okresie zatrudnienia.

Wszystko to wskazuje z jednej strony na konieczność szkolenia i instruowania pracowników nowych o groźących im niebezpieczeństwach oraz o sposobach zabezpieczania się, z drugiej zaś na potrzebę wprowadzenia okresu ochronnego dla pracowników nowych, w którym to czasie nie wolno byłoby ich dopuszczać do prac niebezpiecznych. Najlepszym rozwiązaniem tej sprawy wśród personelu elektrotechnicznego byłoby wprowadzenie kilku stopni kwalifikacji tego personelu, przy czym pracownicy o wyższych kwalifikacjach mogliby być dopuszczeni do prac bardziej niebezpiecznych.

Niemniej ważną jest sprawa uświadomienia o groźących niebezpieczeństwach ze strony urządzeń elektrycznych pracowników innych zawodów, nieelektryków. Śmiertelność wskutek porażenia prądem u nieelektryków (21%) jest prawie dwukrotnie wyższa niż u elektryków (12%), co jeszcze bardziej podnosi wagę potrzeby rozpowszechniania wiadomości o niebezpieczeństwach prądu elektrycznego wśród szerokich rzesz pracowniczych. Dotyczy to przede wszystkim wsi, gdzie panuje prawie całkowity analfabetyzm pod tym względem, jak o tym świadczą podane wyżej przykłady 1 i 20.

### 9. Wiek i płeć poszkodowanych (tabl. VII).

Ocena, w jakim stopniu wiek i płeć posiadają wpływ na wypadkowość, jest bardzo trudna z powodu braku dokładniejszych danych o stanie zatrudnienia w poszczególnych grupach wieku i płci.

Według danych Inspekcji Pracy liczba młodocianych w omawianym okresie sprawozdawczym wynosiła ok. 6%. Zatem częstotliwość wypadków u młodocianych wynosiła 9,2

niejszych. Odstępstwo od tej zasady, szczególnie zezwalanie na pracę młodocianych pod napięciem oraz niedostateczny nadzór, pociągnęły za sobą tragiczne skutki w postaci 11 śmiertelnych porażen prądem wśród młodocianych.

Podobne wyniki wykazuje statystyka wypadków dla pracowników młodszych (do 21 lat). Brak jest wprawdzie danych co do liczebności tej grupy pracowników, można jednak z dużą dozą prawdopodobieństwa przypuszczać, że liczba ich nie przekracza 20%. Posługując się tą liczbą, można obliczyć częstotliwość wypadków u pracowników młodszych na 8,7 (175 : 20) oraz na 7,9 (629 : 80) u starszych. Podobnie śmiertelność u młodszych wynosi 21% (37 : 175), u starszych natomiast 15,3% (98 : 629). Wynika to zapewne z powodu niedostatecznego wykszolenia i niewystarczającego nadzoru nad pracownikami młodszymi, to też i w stosunku do mężczyzn młodszych (do 21 lat) należałoby zastosować podobne środki ochronne jak w stosunku do młodocianych.

### 10. Miejsce wypadków (tabl. VIII).

Największą liczebnie grupę wypadków stanowią wypadki w pomieszczeniach pracy. Stosunkowo jednak niska

Tablica VIII

Miejsca wypadków	Liczba wypadków	
	bezwzględna	ważona
Pomieszczenia pracy	271 (14)	177
Podstacje, rozdzielnie	161 (36)	188
Inne pomieszczenia	106 (8)	77
Otwarta przestrzeń — słupy	79 (21)	103
Otwarta przestrzeń — inne	98 (29)	136
Kopalnie pod ziemią	79 (24)	112
Brak danych	25 (3)	22
Razem	819 (135)	815

śmiertelność w tej grupie wypadków (5,2%), powoduje, że pod względem ważkości (liczebności ważonej) grupa ta usuwa się na drugie miejsce, ustępując grupie wypadków w podstacjach, rozdzielniach i transformatorniach. Przyczyną tego jest fakt, że wypadki ostatniej grupy charakteryzują dużą śmiertelność (22,4%), przeszło pięciokrotnie większa niż w pomieszczeniach pracy.

Tak wysoką śmiertelność można częściowo uzasadnić tym, że w pomieszczeniach takich ma się do czynienia przeważnie z wysokim napięciem, a śmiertelność wskutek wypadków przy urządzeniach wysokiego napięcia (ok. 22%)

Tablica VII

Wiek i płeć poszkodowanych	Napięcie niskie	Napięcie wysokie	Brak danych	Razem bezwzględna	Razem ważona
Młodociani płci męskiej poniżej 18 lat	35 (10)	9 (—)	11 (1)	55 (11)	61
Mężczyźni młodzi (od 18 do 21 lat)	56 (7)	37 (13)	27 (6)	120 (26)	138
Mężczyźni starsi (powyżej 21 lat)	263 (35)	201 (41)	137 (19)	601 (95)	585
Kobiety (niezależnie od wieku)	20 (1)	4 (1)	4 (1)	28 (3)	23
Brak danych	11 (—)	4 (—)	— (—)	15 (—)	8
Ogółem {bezwzgl. ważona	385 (53) 352	255 (55) 292	179 (27) 171	819 (135) —	— 815

(55 : 6), natomiast wśród dorosłych 8,2 (764 : 96), czyli u młodocianych częstotliwość wypadków jest o 12% większa. Częstotliwość wypadków śmiertelnych u młodocianych (11 : 1,7) jest ponad 30% większa niż u dorosłych (124 : 94 = 1,3).

Śmiertelność spowodowana wypadkami u młodocianych wynosiła 20%, u dorosłych zaś 16%.

Tak więc rozpatrując sprawę zarówno pod względem częstotliwości wypadków, jak też ich skutków, można stwierdzić, że młodociani łatwiej ulegają wypadkom niż pracownicy starsi, a skutki wypadków są na ogół tragiczniejsze u młodocianych. Ta różnica między częstotliwością i ciężkością wypadków wśród młodocianych i dorosłych stanie się jeszcze jaskrawsza, gdy się zważy, że pracowników młodocianych zatrudnia się w zasadzie przy pracach bezpiecz-

jest znacznie wyższa niż śmiertelność w wypadkach na niskim napięciu (poniżej 14%). Uzasadnienie to jednak niecałkowicie wystarcza, to też trzeba się doszukiwać innych przyczyn tej wysokiej śmiertelności. Wydaje się, że istotną wagę w tym względzie posiada możliwość wejścia do pomieszczeń wysokiego napięcia pojedynczych osób postronnych, co obrazują przykłady 30 i 31.

Przykład 30. W pomieszczeniu wysokiego napięcia znajdowała się pewna ilość części elektrycznych, kabli i różnych rupiec. Przypuszczalnie denat zauważył błyszczący drut miedziany i pragnął go wziąć.

Przykład 31. Slusarz P. wracając po ukończonej dniówce do domu z niewyjaśnionych przyczyn wszedł do rozdzielni wysokiego napięcia (2000 V) w kopalni, gdzie znalazł go śmiertelnie porażonego.

W obu przypadkach znaleziono porażonych zbyt późno, aby udzielona pomoc mogła odnieść skutek. Wypadków



śmiertelnych tego typu jest co roku kilka, a można ich łatwo unikać, jeżeli pomieszczenia wysokiego napięcia zostaną rzeczywiście uniedostępnione dla osób postronnych.

Trzecią pod względem ważkości grupę stanowią wypadki na otwartej przestrzeni (z wyjątkiem wypadków na słupach, które są ujęte w oddzielnej pozycji). Tak znaczna ważkość wypadków tej grupy spowodowana jest nie jej liczebnością, a specjalnie wielką śmiertelnością (prawie 30%), blisko 2-krotnie większą od przeciętnej, a 6-krotnie większą od śmiertelności w pomieszczeniach pracy. Wynika to, oczywiście, ze zwiększonego niebezpieczeństwa bezpośredniego kontaktu z ziemią oraz zwiększającego dodat-

Aby ułatwić tu porównanie, przedstawmy sobie w tabl. IXa ostatnią kolumnę tabl. IX w postaci wskaźników, przyjmując ważkość wypadków w pierwszej godzinie za 100 oraz tworząc średnie arytmetyczne dla godzin, które celem zwiększenia masy obserwacyjnej są traktowane w tabl. IX łącznie.

Jak widać z tego zestawienia, wpływ zmęczenia ujawnia się w ostatnich godzinach dość silnie. Inaczej przedstawia się sprawa w wypadkach nieelektrycznych, gdzie, jak wykazują badania statystyczne, wypadkowość w ostatnich godzinach pracy maleje, co tłumaczy się osłabieniem tempa pracy wskutek zmęczenia fizycznego. Prace przy urządze-

Tablica IX

Kolejne godziny pracy	Liczba poszkodowanych wg wieku					
	do lat 18	powyżej 18 do 21 lat	powyżej 21 lat	brak danych	Razem bezwzględna	Razem ważona
Pierwsza	5 (1)	12 (2)	50 (7)	1 (—)	68 (10)	64
Druga i trzecia	8 (2)	21 (3)	118 (17)	4 (—)	151 (22)	142
Czwarta i piąta	5 (—)	30 (8)	161 (15)	3 (—)	199 (23)	168
Szosta i siódma	12 (4)	35 (5)	119 (21)	3 (—)	169 (30)	175
Ósma	11 (2)	12 (3)	63 (12)	3 (—)	89 (17)	95
Dalsze	3 (1)	3 (1)	54 (15)	— (—)	60 (17)	81
Brak danych	6 (1)	6 (2)	70 (13)	1 (—)	83 (16)	90
Ogółem	50 (11)	119 (24)	635 (100)	15 (—)	819 (135)	815

kowo niebezpieczeństwo wpływu opadów atmosferycznych, jak ilustrują następujące przykłady.

Przykład 32. Poszkodowany W. przy sprzeganiu dwu wagonów doznał oparzenia prądem lewej dłoni w zetknięciu z trzosem wagonu doczepnego. Poszkodowany nie zauważył, że jeden z wagonów stoi na szynach zanieczyszczonych piaskiem, stanowiącym izolację.

Przykład 33. Wskutek ulewnego deszczu, który zamoczył przewód, nastąpiło zwarcie, a pracownik obracający kołem betoniarki elektrycznej doznał porażenia prądem.

Należy również zwrócić uwagę na specjalnie dużą śmiertelność (ponad 30%) w wypadkach w kopalniach pod ziemią, co jest również spowodowane bezpośrednim stykaniem

niach elektrycznych nie wymagają na ogół ciężkiego wysiłku fizycznego, to też należy szukać tu innych przyczyn wzrostu wypadkowości pod koniec pracy. Wydaje się, że przyczyna leży w tym, iż większość prac nieelektrycznych nie wymaga takiego wysiłku umysłowego, jak prace elektryczne. Zmęczenie umysłowe ujawnia się pod koniec pracy w postaci błędnych połączeń oraz omyłek co do przewodów znajdujących się pod napięciem, co w konsekwencji prowadzi do zwiększonej wypadkowości.

Ciekawe będzie porównanie, jak ujawnia się wpływ narastającego czasu pracy u młodszych i u starszych pracowników, co ilustruje zestawienie w tabl. IXb. Zestawienie to wskazuje, że wypadkowość w ostatnich godzinach pracy wzrasta silnie u młodocianych niż u starszych, co można by tłumaczyć większą rutyną starszych zmniejszającą wysiłek umysłowy.

Tablica IXa

Kolejne godziny pracy	1-a	2-a	3-a	4-a	5-a	6-a	7-a	8-a
Ważkość wypadków	100	111	111	131	131	137	137	148

się górników z ziemią. Urządzeniami, które przynoszą największą liczbę wypadków w kopalniach, są druty ślizgowe oraz narzędzia i lampy przenośne. Środki, które należy stosować, aby zmniejszyć wypadkowość w tym zakresie, zostały już omówione wyżej.

Prawie taką samą pod względem ważkości grupę jak wypadki w kopalniach stanowią wypadki na słupach. Wprawdzie porażeni są z dala od ziemi, ale niebezpieczeństwo dotknięcia jednocześnie dwu przewodów jest znacznie większe niż na ziemi z powodu niewygodnej pozycji przy pracy. To też śmiertelność wśród porażonych na słupach jest również b. znaczna (ok. 27%). W takich warunkach należy unikać nie tylko pracy przy przewodach znajdujących się pod napięciem, ale i w ich pobliżu. Opisy charakterystycznych wypadków na słupach podają przykłady 5, 7, 8, 9, 10 i 26. Przykłady te wykazują, że obok niebezpieczeństw niewygodnej pozycji przy pracy wystąpiły tu dodatkowe okoliczności, jak zatrudnienie pracowników niekwalifikowanych i włączanie pod napięcie bez uprzedzenia.

#### 11. Kolejne godziny pracy (tabl. IX).

Wadliwa organizacja pracy i zmęczenie wywierają niewątpliwie wpływ na wypadkowość, co ujawnia się w zmiennej liczebności wypadków w poszczególnych godzinach pracy.

#### 12. Śmiertelność wśród poszkodowanych.

Największa śmiertelność występuje wśród poszkodowanych zatrudnionych w rolnictwie (82%); jest ona 5-krotnie większa od przeciętnej (16,5%). Jedną z głównych przyczyn tego stanu rzeczy jest nieumiejętność niesienia pierwszej pomocy porażonym prądem, co się daje odczuwać w rolnictwie szczególnie silnie. Omawialiśmy już wyżej ten fakt, ilustrując go przykładem 4. Przemysł stoi wprawdzie lepiej pod tym względem, gdyż posiada lepszą znajomość niebezpieczeństw, dysponuje również szczupłymi kadrami szko-

Tablica IXb

Kolejne godziny pracy	1-a	2-a	3-a	4-a	5-a	6-a	7-a	8-a
Ważkość wypadków (młodszy)	100	85	85	118	118	144	144	180
Ważkość wypadków (starszy)	100	119	119	136	136	133	133	147

lonych ratowników. Ale i tu ujawniają się nieraz duże braki: pierwsza pomoc nie jest udzielana natychmiast po wypadku lub też sztuczne oddychanie stosowane jest niewłaściwie albo zbyt krótko. Podajemy kilka przykładów nie wymagających komentarzy.

Przykład 34. Sztuczne oddychanie stosowano ok. 8 minut. Ponieważ porażony nie dawał żadnych znaków życia, odwieziono go do szpitala zatrzymanym samochodem.

Przykład 35. Sztuczne oddychanie stosowano przez 10 minut, gdyż po tym czasie wystąpiły objawy zgonu w postaci silnych plam na twarzy.

Przykład 36. Przystąpiono do ratowania robiąc sztuczne oddychanie. Jednocześnie wezwano pomocy szpitala powiatowego, który odpowiedział, że nie posiada karetki. Wobec tego umieszczono poszkodowanego na noszach i biegiem zaniesiono go do szpitala, gdzie po upływie 10 minut lekarz stwierdził zgon.

Zaniedbania na tym polu występują jeszcze jaskrawiej przy porównaniu śmiertelności wśród porażonych w Polsce i w innych krajach. Śmiertelność wśród porażonych prądem w Szwajcarii w latach 1947 i 1948 wynosiła 10,4% = 58 : 558 (Bulletin ASE, nr 24/49, art. pt. „Accidents dus à l'électricité survenus en Suisse au cours de l'année 1948“, str. 936). W Anglii zaś w r. 1948 również 10,4% = 81 : 780 (The Electrician z 13. 1. 1950, notatka pt. „Electrical accidents“, str. 124), natomiast w Polsce wynosiła 16,5% czyli była prawie o 60% większa.

### 13. Wypadki charakterystyczne.

Powyżej omówiliśmy w sposób analityczny zestawienia statystyczne wypadków elektrycznych. Oczywiście, zestawienia statystyczne opierają się na grupach wypadków typowych tj. takich, które się częściej powtarzają. Opisy szeregu takich typowych wypadków podaliśmy przykładowo w tekście. Obok tych typowych wypadków zdarzają się również wypadki rzadko powtarzające się lub takie, których istotne przyczyny trudno jest ujawnić (jak np. wpływ alkoholu) i stąd nienadające się do analizy statystycznej. Kilka takich charakterystycznych wypadków podamy bez komentarzy.

Przykład 37. Przy ustawianiu masztów do celów dekoracyjnych jeden z masztów przechylił się i zetknął z przewodem wysokiego napięcia. Ponieważ maszt był owinięty girlandą przetykaną drutem, czterech robotnicy ustawiający maszt doznały porażenia prądem, przy czym jeden z nich został porażony śmiertelnie.

Przykład 38. Elektromonter S. dolewał do wyłącznika 6 kV oleju, stojąc na konstrukcji żelaznej. W pewnej chwili stracił równowagę i oparł się o odłączony odłącznik, który jednak znajdował się pod napięciem. Przyczyną wypadku było: a) niepozbowienie napięcia przez montera st. K. kabla dosyłowego, b) podniecenie wywołane alkoholem u obu pracowników: st. montera K. i denata S., c) brak swobodnego dojścia do wyłącznika oraz ciasnota pomieszczenia.

Przykład 39. Celem naprawy wyłącznika olejowego wyłączono go z pod napięcia i odłączono od szyn zbiorczych, po czym stożono go z fundamentu na ziemię. Następnie celem zmniejszenia do minimum przerwy w ruchu złączono przewody na krótko. Wreszcie przystąpiono do dalszego przetaczania wyłącznika. Podczas tej czynności jeden z pomocników zbliżył się zbyt blisko do szyn (30 kV) i doznał poparzenia głowy i prawej nogi.

Przykład 40. Podczas otwierania drzwiczek punktu rozdzielczego powstały przy tym pył opadł na izolatory wysokiego napięcia (6 kV), wskutek czego wytworzył się łuk i oparzył obie ręce poszkodowanego.

Przykład 41. Robotnik P. podczas ustawiania rusztowania został ostrzeżony przez innych, że linia znajduje się pod napięciem; odpowiedział, że nie ma prądu, złapał rękami za przewody i został porażony prądem.

### 14. Wnioski.

Przedstawiona wyżej analiza statystyczna wypadków elektrycznych opiera się na materiale dokumentacyjnym obejmującym 819 doniesień o wypadkach przy pracy, które zaszły w latach 1947 i 1948. Ponieważ przeprowadzona w r. ub. analiza obejmowała tylko 371 wypadków z r. 1947, należy stwierdzić, że wnioski opracowane obecnie na podstawie materiałów za dwa lata będą o wiele bardziej miarodajne, gdyż opierają się na masie obserwacyjnej przeszło dwukrotnie większej. Przy porównywaniu wniosków z obu analiz opartych na tak różnych liczebnie materiałach okazuje się, że pokrywają się one na ogół. Nowa analiza ujawniła natomiast szereg nowych czynników, lepiej oświetlających zjawisko wypadkowości przy urządzeniach elektrycznych.

Zapewne w niedalekiej przyszłości hierarchia przyczyn w zakresie wypadków elektrycznych może ulec wydatnej zmianie w związku z postępującą elektryfikacją przemysłu i rolnictwa, w obecnej jednak chwili następujące wnioski stanowią aktualne wytyczne w planowej akcji przeciw wypadkowej.

a) Materiały dokumentacyjne. Materiały dokumentacyjne (doniesienia o wypadku) przedstawiają bardzo wiele do życzenia. Ich niekompletność (szczególnie w rolnictwie) oraz niska jakość, spowodowana niefachowością osób wypełniających formularze, obniża znacznie ich wartość dla celów zapobiegawczych.

Poprawę na tym polu można uzyskać z jednej strony przez odpowiedni nacisk administracyjny, z drugiej zaś

przez przeszkolenie referentów BHP w prawidłowym wypełnianiu doniesień o wypadkach. Celowe jest również przy badaniu niektórych bardziej skomplikowanych wypadków zaproszenie rzeczoznawców wskazanych przez SEP. Należałoby ponadto wprowadzić w życie specjalny formularz doniesienia o wypadku elektrycznym, którego wzór został opracowany przez Komitet Bezpieczeństwa Pracy SEP.

b) Gałęzie gospodarki. Największą liczebnością i ciężkością wypadków wyróżniają się górnictwo, energetyka oraz przemysł metalowy. W pierwszym etapie planowej akcji zapobiegawczej należy, oczywiście, skoncentrować wysiłki w tych właśnie gałęziach gospodarki. Szczególnie ważną staje się sprawa szkolenia i instruowania w rolnictwie, gdzie poziom wiedzy o niebezpieczeństwach elektrycznych jest niższy niż w innych gałęziach gospodarki.

c) Urządzenia elektryczne. Konieczne jest przyspieszenie prac nowelizacyjnych przepisów budowy i ruchu urządzeń elektrycznych, gdyż obecny stan prawizoryczny przynosi wiele szkody. Chodzi przede wszystkim o ściślejsze sformułowanie w przepisach warunków, w których jest dopuszczalna praca pod napięciem, oraz sposobów wykonania uzemień, zerowań, transformatorów bezpieczeństwa itp. Należałoby również wzmocnić produkcję urządzeń bezpieczeństwa (transformator bezpieczeństwa, lampy przenośne, żarówki na niskie napięcie itp.), przy czym projektowanie i wykonanie tych urządzeń powinno się odbywać pod kontrolą fachową pod względem bezpieczeństwa pracy.

d) Przyczyny wypadków. Ścisłe przestrzeganie przepisów budowy i ruchu urządzeń elektrycznych mogłoby doprowadzić do całkowitej likwidacji wypadków podczas pracy przy tych urządzeniach. Niestety, pełne przestrzeganie przepisów jest możliwe tylko wtedy, gdy istnieje odpowiednia kontrola. Z tego więc względu byłoby bardzo potrzebne wydanie specjalnej instrukcji państwowej, obejmującej kontrolę urządzeń elektrycznych i ich obsługi pod kątem przestrzegania omawianych przepisów.

e) Czynności podczas wypadku. Ponieważ największą pod względem ważkości grupę stanowią wypadki przy „czynnościach niezwiązanych bezpośrednio z urządzeniami elektrycznymi“, należałoby niezależnie od środków technicznych (głównie uzemień i zerowań części metalowych, mogących się znaleźć pod napięciem) prowadzić stałe szkolenie i instruowanie personelu nieelektrycznego.

Na drugim miejscu znajdują się wypadki spowodowane „pracą pod napięciem“. Jak wyżej wspomniano, konieczne jest dokładne sprecyzowanie w przepisach tych wyjątkowych okoliczności, w których „praca pod napięciem“ jest dopuszczalna. W przypadkach przekroczenia tych przepisów należałoby stosować ostre sankcje.

f) Zawód i kwalifikacje. Analiza statystyczna wykazuje, że pracownicy o słabszych kwalifikacjach znacznie łatwiej ulegają wypadkom niż lepiej kwalifikowani. Logicznym wnioskiem w zakresie bezpieczeństwa pracy jest podział pracowników na kategorie w zależności od kwalifikacji oraz podział prac na kategorie w zależności od stopnia niebezpieczeństwa, występującego przy ich wykonywaniu. Przy pracach związanych z większym niebezpieczeństwem powinni być zatrudniani tylko pracownicy o wysokich kwalifikacjach. Prace pracowników nowych przy urządzeniach elektrycznych powinny się odbywać pod ścisłym fachowym nadzorem.

g) Wiek i płeć. Badania statystyczne nie wykazały specjalnej podatności na wypadki wśród kobiet, natomiast podkreśliły większą częstotliwość wypadków i poważniejsze ich skutki u młodocianych. Stanowi to przestrożę dla personelu kierowniczego, by ściśle przestrzegał ustawowych przepisów o ochronie pracy młodocianych. Wydaje się rzeczą celową włączenie tych przepisów z odpowiednimi komentarzami do znowelizowanych obecnie przepisów ruchu urządzeń elektrycznych.

h) Miejsca wypadków. Najpoważniejszą grupę stanowią wypadki w pomieszczeniach wysokiego napięcia, drugą grupę — wypadki w pomieszczeniach pracy, trzecią — na wolnej przestrzeni. Jak widać, miejsce pracy posiada znaczny wpływ na wysokość ryzyka wypadkowego. Z tego względu przepisy bezpieczeństwa pracy dla miejsc związanych z większym ryzykiem powinny być odpowiednio zastrzeżone. Szczególnie ważna jest sprawa zastrzeżenia przepisu o uniedostępnianiu pomieszczeń ruchu elektrycznego



osobom postronnym oraz przepisu w sprawie uprzedzenia o włączaniu pod napięcie.

i) Kolejne godziny pracy. Jak wykazuje analiza, końcowe godziny pracy przynoszą więcej wypadków niż początkowe. Wynika to zapewne nie ze zmęczenia fizycznego, a raczej z wyczerpania nerwowego spowodowanego wysiłkiem umysłowym. Daje się tu ujawnić wpływ rutyny, albowiem wzrost wypadkowości w końcowych godzinach pracy jest znacznie silniejszy u młodszych pracowników niż u starszych. Stanowi to dodatkowy argument za przeprowadzeniem podziału pracowników na kategorie wg

kwalifikacji oraz przydzielaniem prac, które odpowiadają tym kwalifikacjom.

k) Śmiertelność wśród poszkodowanych. Śmiertelność wśród porażonych prądem jest w Polsce stosunkowo duża, co należy przypisać nieumiejętności udzielania pierwszej pomocy w wypadkach porażenia prądem. Poprawy na tym polu można oczekiwać jedynie przez dwójki szkolenie na kursach ratowniczo-sanitarnych w zakresie racjonalnego udzielania pierwszej pomocy, a mianowicie: szkolenie ogólne wszystkich pracowników oraz szkolenie specjalne ratowników.

## Ochrona Pracy

### Konferencja w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy 4. I. 51

Konferencja miała na celu przeniknięcie do autorów książek, broszur i artykułów technicznych i naukowo-technicznych — drogą przez redaktorów czasopism i referentów redakcyjnych instytucji wydawniczych — z tematyką naukowo pojętej ochrony pracy.

Różne podejście i różne cele, które charakteryzują ideę ochrony pracy w ustroju socjalistycznym i kapitalistycznym, wymagają przeprowadzenia wyraźnej linii rozgraniczającej, wyraźnego ich określenia na tle stwierdzenia, że ochrona pracy w ustroju socjalistycznym przestała być zlepkiem indywidualnych, często nieskoordynowanych i niejasno sprecyzowanych myśli i posunięć realizacyjnych, a stała się dyscypliną naukową, ujmującą zagadnienie szeroko i głęboko.

Warunki, w których odbywa się praca, mogą i powinny być coraz lepsze, coraz przyjemniejsze, coraz doskonalsze. Praca z niskiego poziomu zaobywania jedynie pewnej ilości środków do życia przekształca się w najwyższy obowiązek oraz w największe prawo jednostki w życiu społecznym. Jednostka, pracując dla całego społeczeństwa, a przez to i dla siebie, może i powinna korzystać z opieki roztoczonej nad jej pracą. Stwarza to z jednej strony wyższe zaдовоłenie z czynnego, twórczego udziału w produktywnym życiu społecznym, a z drugiej — wybitnie wpływa na pomieszenie wydajności pracy. Wartość tego ostatniego czynnika może być miernikiem postępu społeczeństwa, zmerzającego do socjalizmu.

Zagadnienie bezpieczeństwa i ochrony pracy występuje przy wszystkich czynnościach ludzkich. Szczególnie jaszkrawo występuje ono przy czynnościach związanych z techniką. Technika przenika tak dalece życie i pracę współczesnego człowieka i to w sposób stale potęgujący się, że sprawy związane z bezpieczeństwem pracy zaczynają się wysuwać na jedno z czołowych zagadnień. Dziś już nie można rozpatrywać żadnego problemu technicznego bez jednoczesnego uwzględnienia — w szerokim ujęciu — spraw bezpieczeństwa pracy. Obowiązkiem przeto autorów piszących na tematy techniczne jest uwzględnianie w swych pracach zagadnień bezpieczeństwa pracy. Uwzględnienie tych zagadnień powinno być zarówno czynne, jak i biernie. Czynne polega na wyraźnym omówieniu szczególnych środków i zabiegów, których wymaga sprawa bezpiecznej pracy człowieka w opisywanych warunkach, przy opisywanych urządzeniach; biernie polega na uwzględnieniu w konstrukcji opisywanego urządzenia, w wyposażeniu miejsca pracy, w sposobie obsługi urządzenia itp. wszelkich okoliczności, zapewniających maksimum bezpiecznej pracy. Świadomość takiego wymagania nie powinna autora ani na chwilę opuszczać, powinna ona kierować myślą autora, być stale przed jego oczami.

Konferencję otworzył dyrektor naczelny Centr. Inst. Ochr. Pracy, mgr inż. L. Taniewski, wygłaszając referat na temat: „Znaczenie ogólne zagadnień ochrony pracy”. Po omówieniu źródeł tego zagadnienia, wpływających z idei i opracowań marksistowskich, prelegent wykazał powody i potrzeby, dla których ochrona pracy stała się dyscypliną naukową w ustroju socjalistycznym. Omówienie łączności ochrony pracy z procesami produkcyjnymi i omówienie wzorów radzieckich oraz opartych na tych wzorach zadań i zakresu działalności Centralnego Instytutu Ochrony Pracy było treścią drugiej części referatu.

W następnym referacie pt. „Ochrona pracy a plan 6-letni” ob. A. Dzikowski omówił rolę i znaczenie zagad-

nienia ochrony pracy w planie 6-letnim oraz wzajemny ścisły związek planów gospodarczych ze stanem bezpieczeństwa pracy. W planie 6-letnim przewidziano poważne nakłady na ochronę pracy. Nakłady te powinny być wykorzystane jak najbardziej celowo.

Trzeci referat wygłosił mgr inż. A. Mazurkiewicz w dwóch częściach. W cz. I pt. „Kierunki rozwoju akcji ochrony pracy” prelegent omówił trzy etapy rozwoju myśli i realizacji zagadnienia: od techniki pozorowej, poprzez technikę bezpieczeństwa, do bezpiecznej techniki. Dwa pierwsze etapy traktowały zagadnienie bezpieczeństwa jako mniejsze lub większe dodatki do właściwej techniki, natomiast trzeci etap, znacznie doskonalszy, wiąże technikę z bezpieczeństwem w monolit, zgodnie z postępowym poglądem na tę sprawę. W cz. II pt. „Różnorodność problemów ochrony pracy” prelegent omówił przyczyny wypadkowości przy pracy, dzieląc je na przyczyny „statyczne” i „kinetyczne”. Do pierwszych prelegent zaliczył przyczyny wynikające ze stanu pomieszczeń, narzędzi, urządzeń, ich zabezpieczeń, braków w osobistych środkach ochrony, szkodliwości substancji, stanu wyposażenia sanitarnego i zapewnienia pomocy sanitarnej. Do drugich — przyczyny wynikające z organizacji i sposobu wykonywania różnych prac, z instrukcji wprowadzonych (lub ich braku) oraz z wad fizjologicznych pracowników.

W czwartym referacie mgr inż. J. Horbaczewski omówił „Elementy ochrony pracy w technologii procesów produkcyjnych”, ilustrując swoje wywody szeregiem przykładów. Wychodząc z definicji procesu produkcyjnego, prelegent wskazał na nierozzerwalną łączność, istniejącą pomiędzy zasadami obsługi urządzeń produkcyjnych dla wykonania samej produkcji a zasadami bezpiecznego obsługiwanie tych urządzeń. Techniczne środki, zastosowane do ochrony pracy, dadzą się w wielu przypadkach sprowadzić do trzech: mechanizacji, automatyzacji i hermetyzacji. Środki te w niektórych przypadkach stwarzają nowe niebezpieczeństwa. W sumie jednak poważnie podnoszą ogólny stopień bezpieczeństwa, a poza tym przesuwają punkt ciężkości zadań robotnika z wysiłku mięśni na pracę myślową, do której ustrój człowieka jest najlepiej przystosowany.

Referat końcowy wygłosił mgr inż. S. Filipkowski. Część I swego referatu prelegent poświęcił przykładowemu omówieniu kilku publikacji technicznych, w których wcale lub niedostatecznie poruszono temat bezpieczeństwa pracy, jakkolwiek zarówno zagadnienia tytułowe, jak i ich ujęcie nadawały się dobrze do szerokiego uwzględnienia tego tematu. W części II referatu prelegent poddał analizie wytyczne Centralnego Instytutu Ochrony Pracy dla wydawnictw technicznych oraz omówił wnioski, nasuwające się z wygłoszonych referatów. Główne wnioski dadzą się sformułować w sposób następujący:

a) zagadnienia ochrony pracy podległy całkowitemu zlanu się z technologią procesów produkcyjnych i tak też powinny być traktowane zarówno przez autorów opracowań technicznych, jak i przez kierowników produkcji;

b) zadaniem nauki o ochronie pracy jest tworzenie bezpiecznych i nieszkodliwych warunków pracy, sprzyjających jednocześnie podniesieniu jej wydajności.

Na zakończenie prelegent zaproponował podział przygotowanych (głównie przez Państwowe Wydawnictwa Techniczne) opracowań na najbliższy okres czasu na 10 rodzajów publikacji:

- 1) zarysy — wiadomości encyklopedyczne,
- 2) monografie naukowe,
- 3) materiałoznawstwo,
- 4) ogólne zagadnienia technologiczne,
- 5) określony proces technologiczny,
- 6) zagadnienia mechanizacji, automatyzacji i hermetyzacji procesów produkcyjnych,
- 7) organizacja procesów produkcyjnych,
- 8) analizy strukturalne i normowanie techniczne,
- 9) wykazy, tablice, wzory liczbowe, pomiary, kalkulacje techniczne,
- 10) słowniki techniczne.

Z tych dziesięciu pozycji należałoby przede wszystkim wybrać parę, najgłówniejszych w chwili obecnej, do wprowadzania w nich jak najpełniej i jak najprędzej tematyki ochrony pracy w jej właściwym, naukowym i szerokim ujęciu. Oto trzy zdaniem prelegenta najlepiej nadające się do tego celu pozycje: 2) monografie naukowe, 3) materiałoznawstwo, 7) organizacja procesów produkcyjnych.

Po bogatej części referatowej konferencji wywiązała się ożywiona dyskusja, w której zabierali głos zaproszeni redaktorzy czasopism technicznych i referenci redakcyjni Państwowych Wydawnictw Technicznych oraz gospodarze.

Dyskusja pogłębiła szereg spraw niedość szeroko ujętych w referatach; wykazała jednocześnie, jak wiele i jak duże są trudności do pokonania, aby sprostać potrzebom. Zgromadzeni uczestnicy konferencji, rozumiejąc w pełni wagę i znaczenie problematyki ochrony pracy, dołożą wszelkich starań, aby temat bezpiecznej pracy był odpowiednio uwzględniony w opracowaniach przeznaczonych do druku.

Ze strony czasopisma „Przeгляд Elektrotechniczny“ podkreślono w dyskusji między innymi szczególne i swoiste strony bezpieczeństwa pracy przy urządzeniach elektrycznych (brak odczuwanego przez zmysły ostrzeżenia przed niebezpieczeństwem, niezwykle szerokie przeniknięcie elektrotechniki do wszystkich procesów technologicznych i in.), wymagające od wszystkich dziedzin techniki równoległego uwzględniania obok własnych zagadnień również problematyki bezpieczeństwa w dziedzinie elektrycznej.

Konferencja przyniosła dużo cennego materiału i inicjatywa Centralnego Instytutu Ochrony Pracy spotkała się z uznaniem, gdyż przyczyni się do rozwijania akcji ochrony pracy w piśmiennictwie technicznym, zwłaszcza w miarę narastania nowych problemów i potrzeby koordynowania wysiłków.

J. G.

## Mobilizacja inżynierów i techników do realizacji wytycznych VI Plenum KC PZPR

W dniu 20 lutego br. odbyło się posiedzenie prezydium Rady Głównej NOT z udziałem prezesów wszystkich stowarzyszeń inżynierów i techników w Polsce.

Na zebraniu po wysłuchaniu referatu prezesa NOT min. Bolesława Rumińskiego, który omówił uchwały VI Plenum KC PZPR, uchwalono następującą rezolucję:

„Naczelna Organizacja Techniczna i Stowarzyszenia Inżynierów i Techników, jako organizacje zrzeszające inteligencję techniczną w Polsce, z radością i pełnym zrozumieniem witają wskazania VI Plenum o zadaniach inteligencji w szeregach frontu narodowego walki o pokój i Plan 6-letni. Reanacja tych zadań nakłada na inteligencję techniczną szczególne obowiązki w dziedzinie podniesienia poziomu techniki polskiej i upowszechnienia przodujących metod pracy. Dlatego też inżynierowie i technicy muszą w jeszcze większym stopniu wziąć czynny i bezpośredni udział w ruchu współzawodnictwa i racjonalizacji pracy, w upowszechnianiu przodujących metod produkcji, szeroko korzystając z doświadczeń techniki radzieckiej“.

Jednym z wyrazów tych dążeń była odbyta ostatnio na Śląsku konferencja inżynierów i techników z robotnikami w sprawie upowszechnienia metody inż. Kowalowa.

Celem dalszej i pełnej realizacji wskazań VI Plenum KC PZPR zebrani postanowili:

- 1) zlecić Sekretariatowi zwołanie w dniach 14 i 15 kwietnia rb. mobilizującej konferencji aktywu stowarzyszeń technicznych NOT,

- 2) ustalić, jako program konferencji:

- a) zadania inżynierów i techników w realizacji frontu narodowego,

- b) rozpowszechnienie i wprowadzenie w życie postępowych metod produkcji,

- c) konkretne przygotowanie stowarzyszeń do wprowadzenia nowych metod pracy w fabrykach i zakładach;

- 3) zorganizować w okresie do 1 lipca br. powtórny konferencje aktywu stowarzyszeń technicznych w celu podsumowania osiągnięć i wytyczenia dalszej akcji;

- 4) zlecić Sekretariatowi i stowarzyszeniom współpracę i powiązanie akcji ze związkami zawodowymi, ministerstwami i instytutami naukowo-badawczymi oraz uczelniami technicznymi;

- 5) wezwać Stowarzyszenia do opracowania szczegółowych planów akcji, jak również materiału do wystąpienia na ogólnej konferencji i zjazdach delegatów stowarzyszeń;

- 6) wezwać prasę techniczną do planowego i szerokiego uwzględnienia w tematyce czasopism nowych zadań, wynikających z VI Plenum KC PZPR.

Dnia 21 lutego odbył się zjazd Sekretarzy Generalnych Stowarzyszeń technicznych i Oddziałów NOT, poświęcony zagadnieniu realizacji uchwał Prezydium Rady Głównej NOT.

## ZGŁASZANIE WYNAŁAZKÓW I USPRAWNIEŃ

Pismo okólne PKPG nr 7 z dnia 17 lutego 1951 r. (znak: TE5A-00125)

W związku ze stale powtarzającymi się wypadkami niewłaściwego zgłaszania wynalazków i usprawnień Dep. Techniki PKPG wyjaśnia:

1. Całokształt spraw związanych z ruchem wynalazczości normuje Dekret z dnia 12 października 1950 r.

2. Uchwała K. E. R. M. z 9. 8. 1949 r. ustala następujący bieg zgłaszania usprawnień pracowniczych:

- a) wynalazek wg usprawnienia zgłaszać należy do komórki wynalazczości tego zakładu, w którym projektodawca pracuje, niezależnie od tego, czy usprawnienie może być w danym zakładzie zastosowane, czy nie;

- b) o ile usprawnienie nie może być zastosowane w zakładzie pracy, w którym pracuje projektodawca, Komisja Usprawnień ma obowiązek przekazania projektu wraz z całą dokumentacją Centr. Zarządowi celem przesłania zainteresowanej usprawnieniami jednostce.

3. Art. 4 dekretu z 12. 10. 50 r. ustala obowiązek ze strony zakładu pracy udzielenia swoim pracownikom po-

mocy i opieki potrzebnej dla dokonania wynalazku, udoskonalenia technicznego lub usprawnienia.

Art. 14 pkt. 1 zobowiązuje zakład pracy do dokonania niezbędnych czynności dla uzyskania patentu na wynalazek pracowniczy przyjęty do wykorzystania. Koszty związane z uzyskaniem patentu pokrywa zakład pracy.

4. Zgłaszanie projektów z pominięciem poszczególnych instytucji oceniających usprawnienie, względnie przysyłanie ich bezpośrednio do PKPG opóźnia jedynie realizację usprawnień.

5. Procedurę zgłaszania usprawnień przez osoby nie będące pracownikami gosp. społecznej unormuje osobne zarządzenie Przewodniczącego PKPG.

6. Zaleca się Ministerstwom wydanie podległym jednostkom polecenia podania treści powyższego pisma do ogólnej wiadomości przez wywieszenie go na widocznych miejscach we wszystkich podległych zakładach pracy.

## ZMIANY W NOMENKLATURZE ZAWODÓW I SPECJALNOŚCI TECHNICZNYCH

Dla przeprowadzonej w październiku r. ub. rejestracji inżynierów i techników Naczelna Organizacja Techniczna



przy współdziałaniu stowarzyszeń technicznych opracowała Nomenklaturę zawodów i specjalności technicznych, zatwierdzoną następnie przez PKPG.

W czasie rejestracji stwierdzono, że opracowanie to posiada pewne braki zarówno w układzie, jak i w treści.

Dlatego też NOT prosi wszystkie Stowarzyszenia oraz poszczególnych Kolegów o zgłaszanie wniosków w sprawie

uzupełnienia nomenklatury zawodów i specjalności technicznych; wnioski po opracowaniu będą przekazane do decyzji PKPG.

Wnioski należy kierować pod adresem: Naczelna Organizacja Techniczna, Biuro Rejestru, Warszawa, Czackiego 3/5.

# SŁOWNICTWO ELEKTRYCZNE

opracowane i przyjęte przez  
CENTRALNĄ KOMISJĘ SŁOWNICTWA ELEKTRYCZNEGO\*)

## Dział VIII. Trakcja elektryczna\*\*)

### 1. POJĘCIA OGÓLNE

#### a. Rodzaje trakcji elektrycznej

trakcja elektryczna  
trakcja elektryczna bezszynowa  
napęd elektryczny kolei  
elektryfikacja kolei  
trakcja elektryczna prądu stałego  
trakcja elektryczna prądu stałego o napięciu wysokim  
trakcja elektryczna prądu zmiennego  
trakcja elektryczna prądu jednofazowego  
trakcja elektryczna prądu trójfazowego  
trakcja elektryczna o lokomotywach przetworniczych  
trakcja elektryczna akumulatorowa  
trakcja elektryczna sieciowo-akumulatorowa  
trakcja ciepło-elektryczna  
trakcja elektryczna o silnikach spalinowych

#### b. Podział kolei elektrycznych

kolej elektryczna  
sieć kolei elektrycznych  
kolej elektryczna normalnotorowa  
kolej elektryczna wąskotorowa  
kolej elektryczna główna;  
kolej elektryczna pierwszorzędna  
kolej elektryczna drugorzędna  
kolej elektryczna międzymiastowa  
kolej elektryczna podmiejska  
kolej elektryczna dojazdowa  
szybkobieżna miejska kolej elektryczna

kolej elektryczna naziemna  
kolej elektryczna podziemna  
kolej elektryczna nadziemna  
tramwaj elektryczny  
sieć tramwajowa  
kolejka elektryczna kopalniana  
kolej elektryczna górska  
kolej elektryczna przyczepnościowa (przyczepista)  
kolej elektryczna zębnicowa  
kolej elektryczna linowo-szynowa  
kolej elektryczna wisząca

#### c. Ruch i eksploatacja

pociąg elektryczny  
rodzaj pociągu  
skład pociągu  
pociąg elektryczny lokomotywowy  
pociąg elektryczny silnikowo-wagonowy  
człon pociągu silnikowego wagonowego  
pociąg elektryczny silnikowo-wagonowy wieloczłonowy  
pociąg elektryczny odwracalny  
eksploatacja kolei elektrycznych  
ruch na kolejach elektrycznych  
rozkład jazdy  
układ linii  
gęstość ruchu  
czas jazdy  
czas postoju  
czas kursu; czas obiegu  
przystanek  
przystanek warunkowy  
odległość międzyprzystankowa  
stacja krańcowa  
miejsce przesiadania  
poczekalnia  
wysepka  
napelnienie (wagonu)

pojemność wagonu  
miejsce do siedzenia  
miejsce do stania  
taryfa  
taryfa stała (bezzstrefowa)  
taryfa strefowa  
taryfa odcinkowa; taryfa dzielnicowa  
bilet przejazdowy (zwykły)  
bilet przesiadkowy; bilet korespondencyjny  
pasażer  
obsługa jednoosobowa  
konduktor  
motorowy  
maszynista  
pociągo-kilometr  
wagono-kilometr  
osio-kilometr  
tono-kilometr  
osobo-kilometr  
miejsco-kilometr  
kilometr obliczeniowy  
przebieg dzienny, miesięczny, roczny  
zużycie energii elektrycznej  
współczynnik eksploatacyjny  
trwałość

#### d. Warunki pracy

całkowity opór biegu  
opór trakcji; opór toczy  
współczynnik oporu trakcji  
opór tarcia  
opór powietrza  
opór na wzniesieniu  
opór na łukach  
opór rozruchu  
przyćepność  
współczynnik przyćepności  
ciężar przyćepności  
ciężar (lokomotywy) w stanie próżnym  
ciężar służbowy (lokomotywy)  
ciężar odsprężynowany  
osie sprężone  
układ osi

nacisk osi napędnej  
nacisk osi tocznej  
siła pociągowa  
siła pociągowa największa  
siła pociągowa rozruchowa  
siła pociągowa jednogodzinna  
siła pociągowa ciągła  
siła pociągowa na obwodzie koła  
siła pociągowa na haku lokomotywy  
ciężar doczepiony  
obciążenie krańcowe  
przeciążenie  
poślizg kół (ślizganie)  
rozruch  
prąd rozruchu  
bieg pełny  
bieg z rozpędu  
hamowanie  
siła hamująca  
prąd hamujący  
prąd zastępczy  
prędkość ustalona  
prędkość największa  
prędkość średnia  
prędkość handlowa  
przyśpieszenie  
zwolnienie  
długość zastępcza  
stateczność biegu  
łatwość przejazdu łuków  
kołysanie  
cwałowanie  
wężykowanie  
zakłócenie ruchu  
wykolejenie  
zderzenie się pociągów  
rozerwanie się pociągu  
wycofanie z ruchu  
odczepianie wagonów  
doczepianie wagonów  
przetaczanie wagonów  
staczanie się wagonów  
obrysie; skrajnia (budowli, taboru, ładowania, trzeciej szyny)

### 2. TORY KOLEJOWE I URZĄDZENIA TOROWE

#### a. Pojęcia ogólne

linia kolejowa  
odcinek linii (kolejowej)  
prosta (toru)  
łuk (toru)  
promień łuku

łuk odwrotny  
wstawka prosta  
krzywa przejściowa  
pochylenie; pochyłość  
spadek  
wzniesienie

poziom  
skrzyżowanie dróg  
przejazd dołem  
przejazd górą  
przejazd w poziomie

#### b. Podtorze i nawierzchnia

podtorze  
torowisko  
wykop  
nasyt  
nawierzchnia

\*) Redaktor Słownika: K. Drewnowski.

\*\*) Redaktorzy działu VIII: K. Mech i W. Tyszko. — Współpracownicy: J. Bobrowski, T. Czaplicki, K. Drewnowski, J. Dzikowski, J. Fudakowski, Z. Figurzyński, M. Mazur, B. Michelis, R. Podoski, Z. Skoczyński, W. Strachalski. — Opiniodawcy: T. Arli-tewicz, J. Podoski.

podsyпка  
 podkład kolejowy  
 rozkład podkładów  
 rozstęp podkładów  
 podkład podłużny  
 podkładka szynowa  
 tor kolejowy  
 szerokość toru; prześwit toru  
 oś toru  
 zwięźnienie toru  
 poszerzenie toru  
 przechyłka toru  
 odstęp międzyosiowy torów  
 międzytorze  
 szyna  
 tok szyn; nitka szyn  
 profil szyny  
 szyna dwugłówna  
 szyna o stopce płaskiej  
 odbojnica  
 szyna rowkowa  
 szyna o poszerzonym rowku  
 szyna rowkowa płaska  
 szyna bliźniacza  
 szyna dwudzielna  
 szyna zębnicowa  
 rowek szyny  
 główka szyny  
 wierzch szyny  
 powierzchnia toczna szyny  
 grzbiet szyny  
 krawędź toczna szyny

warga szyny  
 szyjka szyny  
 wnęka szyny  
 stopka szyny  
 skos stopki  
 przytwierdzenie szyny  
 hak szynowy  
 wkręt szynowy  
 styk szynowy  
 luz stykowy  
 styk prosty  
 styk ukośny  
 złącze szynowe  
 złącze podparte  
 złącze wiszące  
 złącze łukowe  
 łubek płaski  
 łubek kątowy  
 łubek przejściowy  
 złącze na wcios  
 złącze melaunowskie  
 złączowa wkładka  
 łubek izolacyjny  
 złącze wydłużalne  
 otwory złączowe  
 szyna ciągła  
 złącze spawane  
 ścięgno  
 podłoże betonowe  
 podlewka szyn (asfaltem)  
 tor zabrukowany (obrukowany)  
 kamień przyszynowy

### c. Połączenia i skrzyżowania torów

połączenie torowe  
 tor główny  
 tor boczny  
 odnoga  
 bocznica  
 tor postojowy  
 tory splecione  
 odgałęzienie (toru)  
 rozjazd  
 rozjazd trójkątny  
 mijanka  
 pętla  
 zwrotnik  
 zwrotnica  
 zwrotnica prawa  
 zwrotnica lewa  
 zwrotnica nastawiana  
 zdalnie  
 zwrotnica elektryczna  
 iglica  
 iglica sprężysta  
 osada iglicy  
 punkt obrotu iglicy  
 czop iglicy  
 dziób iglicy  
 płaszczyzna przylegania iglicy  
 opornica  
 ściąg iglicy  
 przesuw iglicy  
 obrotnica

przesuwnica  
 skrzyżowanie torów  
 przyżownica  
 dziób krzyżownicy  
 kąta krzyżownicy  
 skrzydła krzyżownicy  
 kierownica (krzyżownicy)  
 listewka najezdna

### d. Warunki pracy

wytyczanie toru  
 układanie toru  
 podbijanie podkładów  
 obrukowanie szyn  
 dobijanie podkładów  
 utrzymanie torów  
 wyboczenie toru  
 prostowanie toru  
 przebudowa toru  
 prostowanie szyny  
 gięcie szyny  
 wydłużenie cieplne szyny  
 pęknięcie szyny  
 zużycie faliste szyny  
 pełzanie szyny  
 zakotwienie szyn  
 przełożenie zwrotnicy  
 przejazd zwrotnicy z ostrza  
 przejazd zwrotnicy pod ostrze

## 3. WYTWARZANIE I ROZSYŁ ENERGII ELEKTRYCZNEJ

### a. Pojęcia ogólne

elektrownia kolejowa  
 podstacja trakcyjna  
 przenośna  
 rozstaw podstacji  
 bateria wyrównawcza  
 zespół ładowniczy  
 stacja ładownicza (akumulatorowa)  
 zasilanie energią elektryczną  
 zasilanie dzielnicowe  
 odcinek  
 system doprowadzania prądu  
 system górnoprzewodowy  
 sieć górna poosiowa  
 sieć górna boczna  
 sieć górna pałkowa  
 sieć górna kraźkowa  
 odcinek sieci górnej  
 system dwuprzewodowy  
 system trójprzewodowy  
 system dolnoprzewodowy  
 system kanalikowy  
 system trzeciej szyny  
 trzecia szyna o styku dolnym  
 trzecia szyna o styku górnym  
 zawieszenie przewodu jezdnego  
 zawieszenie sztywne  
 zawieszenie stropowe  
 zawieszenie sprężyste  
 zawieszenie mostowe  
 zawieszenie poprzeczne  
 zawieszenie wielokrotne  
 zawieszenie łańcuchowe pojedyncze  
 zawieszenie łańcuchowe zdwojone  
 zawieszenie łańcuchowe z pomocniczą linią nośną  
 zawieszenie poprzeczne łańcuchowe (na linach poprzecznych)

zawieszenie łańcuchowe z samoczynnym naprężeniem  
 zawieszenie bramkowe  
 zawieszenie zygzakowe  
 wysokość zawieszenia przewodu jezdnego  
 zawieszenie na łukach  
 odcinek łukowy  
 wielobok przewodu jezdnego  
 bok wieloboku  
 kąt wieloboku  
 punkt załamania wieloboku  
 łuk odwrotny  
 wychylenie boczne  
 rozpiętość  
 zwis  
 naciąg przewodu jezdnego  
 odcinek  
 zakotwienie  
 punkt zasilający  
 punkt wzmacniający  
 podział (sieci) na sekcje  
 punkt rozłączny  
 odcinek izolowany  
 punkt powrotny

### b. Przewody jezdne

szyna przewodowa (kanalikowa)  
 kanalik  
 kanalik podszynowy  
 kanalik międzyszynowy  
 szczelina  
 rama kanalikowa  
 trzecia szyna  
 trzecia szyna poosiowa  
 trzecia szyna boczna  
 wspornik trzeciej szyny  
 osłona trzeciej szyny  
 szyna nabieżna  
 przewody jezdne górne  
 drut jezdny  
 drut jezdny zdwojony  
 drut okrągły  
 drut kształtowy; drut profilowy  
 drut rowkowy  
 drut ósemkowy  
 powierzchnia ślizgowa  
 drut dodatkowy  
 sprzęt sieci górnej  
 zacisk  
 zacisk lutowny  
 zacisk pojedynczy  
 zacisk podwójny  
 zacisk na proste  
 zacisk na łuki  
 zacisk wygięty  
 zacisk kotwowy  
 zacisk złączowy; złączka  
 zacisk przyłączowy  
 zacisk do drutu dodatkowego  
 kątnik do drutu dodatkowego  
 mufka łącznikowa  
 mufka łącznikowa lutowna  
 mufka łącznikowa zaciskowa  
 wieszak izolowany  
 wieszak na proste  
 wieszak na łuki  
 wieszak pojedynczy  
 wieszak podwójny  
 wieszak potrójny  
 wieszak jednoramienny  
 wieszak dwuramienny  
 wieszak kotwowy  
 wieszak stropowy  
 trzon izolowany wieszaka  
 izolator sekcyjny: zacisk dzielnicowy  
 izolator sekcyjny z przerwą powietrzną  
 odłącznik sekcyjny  
 skrzyżka odłącznika sekcyjnego  
 krzyżownica napowietrzna  
 krzyżownica napowietrzna nastawna  
 krzyżownica izolowana

zwrotówka (napowietrzna)  
 zwrotówka elektryczna  
 iglica zwrotówki

### c. Konstrukcja nośna

lina (nośna) podłużna (zawieszenia łańcuchowego)  
 lina poprzeczna  
 lina główna  
 lina pomocnicza  
 lina ustalająca  
 ramię ustalające  
 drut odciągający  
 odciążka na łuku  
 drut wieszakowy; linka wieszakowa  
 pętla wieszakowa  
 drut poprzeczny  
 drut kotwowy  
 izolator odciągowy  
 izolator sprężkowy  
 izolator kulisty  
 izolator jajowaty  
 izolator stożkowaty  
 zacisk krańcowy  
 zacisk supłowy  
 zacisk bezpieczeństwa  
 zacisk klinowy  
 zacisk haczykowy  
 naprężnik (do drutu poprzecznego)  
 doprężnik (do drutu jezdnego)  
 śruba widełkowa  
 śruba uszkowa  
 uszak słupa rurowego  
 chomątka  
 tłumik

### d. Konstrukcja wsporcza

rozeta ścienna  
 hak ścienny  
 słup  
 rozstaw słupów  
 słup wsporczy  
 bramka; portal



słup kotwowy  
 słup rurowy  
 słup rurowy bezszwowy  
 słup rurowy spawany  
 słup rurowy wzdłużzbro-  
 wy  
 słup rurowy trójdzielny  
 pień  
 cokół słupa  
 wierzchołek słupa  
 przybranie słupa  
 wyposażenie słupa  
 nasada słupa spiczasta  
 nasada słupa kulista  
 daszek słupowy  
 pierścień odsadzkowy  
 grubość oddolna  
 grubość odgórna

słup kratowy  
 słup żelbetowy  
 słup drewniany  
 słup nasyciony  
 słup z wysięgnikiem  
 wysięgnik  
 wysięgnik dwutorowy (jed-  
 noramienny)  
 wysięgnik dwuramienny  
 podpórka wysięgnika  
 odciąg wysięgnika  
 wysięg

prądy błędzące  
 sieć powrotna  
 przewód powrotny  
 kabel powrotny  
 elektryczne złącze szynowe  
 drut złączowy  
 taśma złączowa  
 linka złączowa  
 tuleja zaciskowa  
 czopek złączny

izolator nasadkowy  
 haczyk chwytny  
 listewka ochronna  
 odbiór prądu beziskrowy  
 przerwa styku  
 perełka stopna  
 ugar styku  
 regulacja naciągu (drotu  
 jezdnego)  
 regulacja samoczynna  
 zakładanie drutu jezdnego  
 zaciskanie drutu jezdnego  
 wahanie napięcia  
 prądowanie  
 ładowanie grupowe  
 ładowanie pośpieszne

#### e. Powrót prądu

powrót (prądu) przez szyny  
 powrót (prądu) przez zie-  
 mię

#### f. Warunki pracy

zakłócenia prądów słabych  
 zakłócenia telefoniczne  
 zakłócenia radiowe  
 siatka ochronna  
 drut odbojowy

### 4. ELEKTRYCZNE URZĄDZENIA BEZPIECZEŃSTWA

blokada  
 blokada stacyjna  
 blokada liniowa  
 blokada samoczynna  
 dławik torowy  
 napęd zwrotnicy  
 przycisk szynowy

nastawnica  
 obwód torowy  
 powtarzacz  
 przekaźnik sygnałowy  
 przekaźnik torowy  
 plan świetlny torów  
 rygiel zwrotnicowy

złącze szynowe izolowane  
 szyna izolowana  
 złączka szynowa  
 sygnalizacja  
 spłonka  
 semafor świetlny  
 semafor wjazdowy

semafor wyjazdowy  
 semafor odstępowy  
 sygnał zastępczy  
 sygnalizacja przejazdowa  
 górka rozrządowa

### 5. POJAZDY ELEKTRYCZNE I ICH WYPOSAŻENIE

#### a. Pojęcia ogólne

tabor elektryczny  
 tabor szynowy  
 tabor osobowy  
 tabor towarowy  
 tabor gospodarczy  
 tabor techniczny  
 tabor ratunkowy  
 pojazd elektryczny  
 dźwig elektryczny  
 schody ruchome  
 prom elektryczny  
 samochód elektryczny  
 elektrobus (akumulatorowy)  
 trolejbus  
 ciągnik; traktor  
 lokomotywa elektryczna  
 (elektrowóz)  
 lokomotywa przetokowa  
 lokomotywa z liną pocią-  
 gową  
 lokomotywa z rozwijającym  
 kablem  
 lokomotywa kopalniana  
 lokomotywa fabryczna  
 lokomotywa towarowa  
 lokomotywa pośpieszna  
 lokomotywa osobowa  
 lokomotywa jednoczłonowa  
 lokomotywa wieloczłonowa  
 wagon silnikowy  
 wagon silnikowy sieciowy  
 wagon silnikowy szybko-  
 bieżny  
 wagon doczepny  
 wagon rozrządowy  
 wagon czołowy  
 wagon końcowy  
 wagon piętrowy  
 wagon przegubowy  
 wagon z obsługą jedno-  
 osobową  
 wagon z obsługą dwu-  
 osobową  
 wagon z wejściem środko-  
 wym  
 wagon z obniżonym pomo-  
 stem

przedział motorowego  
 stoisko motorowego  
 stołek motorowego  
 przedział osobowy  
 przedział bagażowy  
 pomost  
 pomost otwarty  
 pomost zamknięty; pomost  
 obudowany  
 przejście środkowe  
 przejście boczne  
 ostojnica  
 szkielec pudła; więźba pu-  
 dła  
 szkielec drewniany; więźba  
 drewniana pudła  
 szkielec metalowy; więźba  
 metalowa  
 rama dolna  
 rama górna  
 wysięg pudła  
 słupek narożny  
 słupek przyokienny  
 kolumnienka pomostowa  
 ściana czołowa  
 ściana boczna  
 przepierzenie  
 osłona pomostowa  
 dach świetlikowy  
 dach bezkowy  
 chodnik dachowy; ława da-  
 chowa  
 stopień  
 podłoga  
 kratka (podłogowa)  
 pokrywa (w podłodze)  
 drzwi  
 drzwi wejściowe  
 drzwi wyjściowe  
 drzwi obrotowe (ćwierc-  
 obrotowe)  
 drzwi wahadłowe (pół-  
 obrotowe)  
 drzwi łamane  
 drzwi przesuwne  
 drzwi zsuwne  
 drzwi zsuwne teleskopowe  
 okno wagonowe  
 okno przesuwane  
 okno opuszczane  
 okno nieruchome  
 szyba okienna  
 rama okienna

#### c. Zawieszenie pudła i jego wyposażenie

zawieszenie pudła  
 zawieszenie wahadłowe pu-  
 dła  
 resor  
 resor płaski  
 resor spiralny  
 strzałka (ugięcia) resoru  
 opaska resorowa  
 pióro resorowe  
 wahacz  
 wieszak resorowy  
 wieszadło resora płytkowe  
 wieszadło resora oczkowe  
 maźnica  
 łożysko kulkowe  
 łożysko wałeczkowe  
 łożysko ślizgowe  
 uszczelka  
 poduszka maźniczna  
 panewka  
 wyposażenie pudła  
 siedzenie drewniane; siede-  
 nie twarde  
 siedzenie wyściełane; siede-  
 nie miękkie  
 siedzenie opuszczane  
 ławka poprzeczna  
 ławka podłużna  
 oparcie przerzutowe  
 wyłożenie wewnętrzne  
 okucie  
 siatka bagażowa  
 uchwytka  
 poręcz  
 rączka  
 okienko biletowe  
 skrzynka narzędziowa  
 wskaźnik kierunkowy;  
 kierunkowskaz  
 tablica szlakowa  
 tablica czołowa  
 tablica boczna  
 wycieraczka szyb  
 nastawiak zwrotnicy  
 dzwonek sygnałowy  
 dzwonek ostrzegawczy  
 pedał dzwonek  
 urządzenie wentylacyjne  
 urządzenie wyciągowe  
 sprzęg

trzon sprzęgowy  
 trzpień do zagwóźdzenia  
 urządzenie zderzakowe  
 taran  
 zderzak  
 głowica zderzaka  
 talerz zderzaka

#### d. Urządzenia bezpieczeństwa i hamulce

urządzenie bezpieczeństwa  
 odgarniacz  
 kosz chwytny  
 piasecznica  
 rączka piasecznicy  
 skrzynka do piasku  
 piasecznica powietrzna  
 dusza wydmuchowa (pia-  
 secznicy)  
 urządzenie hamulcowe  
 hamulec służbowy; hamulec  
 roboczy  
 hamulec bezpieczeństwa  
 hamulec zespolony  
 hamulec samoczynny  
 hamulec klockowy  
 kłoczek hamulcowy  
 obsada klockowa  
 zespół dwigni (hamulco-  
 wych)  
 urządzenie nastawcze  
 (klocków hamulcowych)  
 hamulec taśmowy  
 hamulec bębnowy  
 hamulec tarczowy  
 hamulec kleszczowy  
 szczeka hamulcowa  
 hamulec szynowy  
 łyżwa hamulcowa  
 hamulec ręczny  
 hamulec śrubowy  
 hamulec łańcuchowy  
 koło hamulcowe; pokrętło  
 hamulcowe  
 korba hamulcowa  
 grzechotka hamulcowa  
 wrzeciono hamulcowe  
 łańcuch hamulcowy  
 krążek łańcuchowy (ha-  
 mulca)  
 kółko zapadkowe hamulca  
 zapadka  
 hamulec próżniowy

#### b. Pudło pojazdu (konstrukcja)

pudło pojazdu  
 przedział maszynowy

hamulec powietrzny ciśnieniowy  
hamulec powietrzny jednokomorowy  
hamulec powietrzny dwukomorowy  
cylinder powietrzny hamulcowy  
zbiornik powietrzny  
przewody powietrzne  
sprężarka  
zawór hamulcowy maszynisty  
hamulec elektryczny  
hamulec elektromagnetyczny  
hamulec elektromagnetyczny szynowy  
hamulec solenoidowy  
hamulec elektropneumatyczny

#### e. Podwozie i napęd osiowy

podwozie  
poprzecznicza ukośnica  
wózek  
rama wózka  
widły maźnicze  
wózek dwuosiowy  
zestaw kołowy  
oś  
oś drażona  
układ osi  
rozstaw osi  
oś stała  
oś ruchoma  
oś przesuwana  
oś ustawiana  
oś kierowana  
oś kierownicza  
dyferencjał  
czop osi  
obsada piasty  
koło  
koło tarczowe  
koło sprężyste  
koło sprychowe  
obręcz koła  
obrzeże (obręczy)  
powierzchnia toczna koła  
gwiazda koła  
piasta  
szprycha  
koło toczne  
koło napędne  
napęd osiowy  
napęd pośredni  
napęd pośredni  
wał ślepy  
napęd jednostkowy  
napęd grupowy  
napęd zębaty  
napęd zębaty jednostronny  
napęd zębaty obustronny  
napęd zębaty sprężyste przekładnia  
przekładnia zębata  
koło zębate dwudzielne  
koło zębate duże (osiowe)  
koło zębate małe (silnikowe)  
osłona kół zębatych  
napęd przegubowy  
napęd korbowodowy  
napęd dwukorbowodowy  
korbówód napędowy  
korbówód sprzegowy  
głowic korbowodu  
trójbok napędowy  
zawieszenie sprężyste silnika  
zawieszenie nosowe

#### f. Układy i obwody elektryczne

obwód główny  
obwód silnikowy  
obwód grzejny  
obwód pomocniczy  
obwód oświetleniowy  
obwód oświetleniowy bezpieczeństwa  
rozrząd bezpośredni  
rozrząd pośredni  
rozrząd nastawnikowy  
rozrząd stycznikowy  
rozrząd serwo-motorowy z nastawnikami  
rozrząd kuleczkowy z serwowmotorem  
rozrząd ukrotniony; rozrząd wielokrotny  
rozrząd samoczynny (pociągów)  
rozrząd półsamoczynny (pociągów)  
obwód rozrządowy  
prąd rozrządowy  
odzysk energii  
przeciwprąd  
regulacja prędkości  
regulacja przez zmianę napięcia; regulacja napięciowa  
regulacja przez osłabienie pola  
regulacja opornikowa  
regulacja przez połączenie szeregowo-równoległe  
połączenie silników szeregowo-równoległe  
połączenie silników równoległe  
połączenie silników szeregowo-równoległe  
przełączenie szeregowo-równoległe z przerwaniem prądu  
przełączenie szeregowo-równoległe przez zbocznikowanie  
przełączenie szeregowo-równoległe przez mostek  
stopnie jazdy regulacyjne  
stopnie jazdy przejściowe  
stopnie jazdy gospodarne  
stopnie jazdy szeregowo-równoległe  
stopnie jazdy równoległe  
stopnie jazdy z polem osłabionym  
położenie (korby) zerowe  
położenie jezdne  
położenie przejściowe  
położenie hamowne  
położenie wsteczne  
hamowanie ze skrzyżowaniem wzbudzenia  
hamowanie elektryczne oporowe  
hamowanie elektryczne z odzyskiem energii  
hamowanie elektryczne przez ładowanie akumulatorów  
hamowanie elektromagnetyczne  
napęd ręczny  
napęd elektromechaniczny  
napęd elektropneumatyczny  
odchył odbieraka (krążkowego)  
naciąg (na drut jezdny)  
ogrzewanie elektryczne wagonów

oświetlenie elektryczne wagonów  
oświetlenie wagonów zespolone  
oświetlenie wagonów indywidualne  
oświetlenie z prądnicy odosiowej  
oświetlenie wagonów akumulatorowe

#### g. Odbiór prądu

odbior prądu  
odbierak prądu  
obierak pałkowy; pałak  
odbierak przernutny  
odbierak samoprzerzutny  
obierak prądu obrotowy  
urządzenie zatraskowe  
obsada odbieraka  
podstawa odbieraka  
czop osi odbieraka  
rama rurowa odbieraka  
ślizgacz  
obsada ślizgacza  
żłobek ślizgacza (do smaru)  
długość ślizgu  
linka zatraskowa  
urządzenie do opuszczania (odbieraka)  
linka pałkowa  
odbierak krążkowy  
odbierak jednoprętowy  
odbierak dwuprętowy  
głowica odbieraka krążkowego  
pręt odbieraka krążkowego  
krążek odbieraka  
uchwyt widełkowy (krążka)  
rowek krążka  
obrzeże krążka  
linka odbieraka krążkowego  
podchwyt (odbieraka krążkowego)  
odbierak łyżkowy  
odbierak wiciowy  
pantograf  
ślizg pantografowy  
odbierak podwójny  
łyżwa  
odbierak łyżkowy  
odbierak wózkowy podziemny

#### h. Silniki trakcyjne, transformatory

**i zabezpieczenia obwodów**  
silniki trakcyjne  
silnik naosiowy  
silnik o wale drażnym  
silnik przekładniowy  
silnik o napędzie korbowodowym  
silnik szybkobieżny  
silnik wolnobieżny  
silnik podwoziowy  
silnik łapowy  
silnik ramowy  
silnik wysokoosadzony  
silnik niskosadzony  
silnik bliźniaczy podwójny  
silnik z przewietrzeniem własnym  
silnik z przewietrzeniem obcym  
kadłub  
kadłub dwudzielny  
łożysko łapowe  
łożysko wirnikowe  
tarcza łożyskowa  
transformator stopniowy  
transformator pokrętny  
transformator rozruchowy

zabezpieczenie obwodów  
odłącznik  
odłącznik główny  
wyłącznik główny ręczny  
wyłącznik uziomowy  
zabezpieczenie nadmiarowe  
opornik dodatkowy  
opornik ograniczający  
statecznik oporowy  
bezpiecznik główny topikowy  
wyłącznik główny samoczynny  
wyłącznik samoczynny bardzo szybki  
ochronnik różkowy  
ochronnik zaworowy  
dławik ochronny  
ochronnik kondensatorowy  
przełącznik elektropneumatyczny (sprężarki)  
styk główny  
styk pomocniczy  
styk odrywowy  
styk nieruchomy  
styk ruchomy  
przerwanie wielokrotne  
iskra otwarcia  
zdmuch iskier różkowy  
zdmuch iskier magnetyczny  
komora iskrowa

#### i. Szczegóły obwodów głównych i pomocniczych

oporniki  
opornik rozruchowy  
opornik hamulcowy  
opornik stopniowany  
opornik drutowy  
opornik taśmowy  
opornik żeliwny  
dzwono opornikowe  
taśma oporowa  
druć oporowa  
osłona opornika  
rama opornikowa  
nastawnik  
nastawnik walcowy  
nastawnik młoteczkowy  
nastawnik główny  
walec główny nastawnika  
walec pomocniczy  
pierścień stykowy  
wycinek stykowy  
listwa palcowa  
palec stykowy  
styk obrotowy  
styk gasikowy  
styk wymienny  
gaśnik iskrowy  
dławik gaszący  
przegroda przeciwickrowa  
tarcza kułakowa  
nawrotnik  
walec nawrotnika  
regulator pola; osłabiacz  
pola  
korba nastawnika  
rączka kierunkowa  
czuwak  
blokownik  
zapadka więźna  
kółko zapadkowe  
szkielet nastawnika  
osłona nastawnika  
tarcza nastawnika  
nastawnik położenia samoczynny regulator prądu  
przełącznik przyśpieszenia  
silnik rozrządowy  
walec rozrządowy  
stycznik



kiszka kablowa  
przewody elektryczne po-  
jazdowe  
znamionka kablowe  
przewód rozrządczy  
sprzęg elektryczny  
kiszka sprzęgowa  
puszka sprzęgowa  
wtycznik sprzęgowy

skrzynka przyłączowa  
sprzęgnik rozrządczy  
sprzęgnik hamulcowy  
sprzęgnik oświetleniowy  
oświetlenie elektryczne po-  
jazdów  
prądnicza odosiowa  
przełącznik biegunów  
lampa reflektorowa

lampa sygnałowa  
lampa probiercza  
gniazdko (oświetleniowe)  
probiercze  
próbnik żarówkowy  
ogrzewanie elektryczne po-  
jazdów  
grzejnik wagonowy elek-  
tryczny

ogrzewacz okienny  
dywanik grzejny  
bateria (akumulatorów)  
wagonowa  
bateria (akumulatorów)  
wymiarowa  
skrzynia baterijna

## 6. UTRZYMANIE URZĄDZEŃ TRAKCYJNYCH

### a. Warsztaty i sprzęt

warsztaty główne  
warsztaty lokomotywowe  
warsztaty wagonowe  
oddział warsztatów  
kuźnia  
odlewnia  
oddział tokarski  
oddział kołowy  
ślusarnia  
blacharnia  
ługownia  
oddział montażowy  
narzędziarnia  
stolarnia  
suszarnia  
lakiernia  
oddział elektryczny

nawijalnia  
probiernia  
warsztat torowy  
elektrowozownia  
zajeżdźnia  
warsztaty zajeżdźniowe  
(elektrowozowni)  
urządzenia warsztatowe  
kanał przeglądowy  
stoisko podnośnikowe  
koziół podnośnikowy  
narzędzia  
sprzęt montażowy  
wagon montażowy  
wóz więzowy  
odśmiecarka (szynowa)  
wygładzarka szynowa  
odśnieżarka

odśnieżarka śmigłowa  
solarka  
drabina przewoźna  
drabina rozsuwana  
drażek izolacyjny; bosak  
dynamometr; siłomierz  
próbnik złączy  
skrobarka do sadzi  
giętarka (szyn)  
stojak probierczy  
skrobarka komutatorowa  
odkurzarka  
suszarka  
toromierz

### b. Warunki pracy

naprawa główna  
naprawa okresowa

przeгляд bieżący  
drużyna montażowa  
pociąganie drutu jezdnego  
luzowanie drutu jezdnego  
odśnieżanie szyn  
odśmiecanie żłobka szyn  
usuwanie fal szynowych  
smarowanie  
smarowanie smarem stałym  
smarowanie smarem cie-  
łym  
nastawianie klocków  
naprasowanie koła  
nasadzanie obręczy  
nagrzewanie obręczy  
obtaczanie obręczy  
zdejmowanie obręczy

## Wydawnictwa nadesłane

**PRZYRZĄDY SPECJALNE DLA GOSPODARKI RUCHU ORAZ DO PRÓB NAPIĘCIOWYCH I PRĄDOWYCH. Katalog V-1, Dział 206.** 1950. Centrala Handlowa Przemysłu Elektrotechnicznego, Przedsiębiorstwo Państwowe Wyodrębnione. Format A4, str. 15. Spis rzeczy: Uwagi ogólne o gospodarce olejowej. Urządzenie do filtrowania oleju transformatorowego. Suszarka do bibuły filtracyjnej. Naczynie hermetyczne do przechowywania bibuły. Przyrząd do badania wytrzymałości elektrycznej oleju. Przyrząd do prób napięciowych przenośny 100 VA. Przyrząd do prób napięciowych przenośny 500 VA. Przyrząd do prób napięciowych stały 500 VA. Zespół do prób napięciowych 10 kVA. Iskiernik pomiarowy przenośny. Zespoły do prób prądowych (uwagi ogólne). Zespół do prób prądowych typ lekki do 2000 A. Zespół do prób prądowych typ średni do 4000 A.

**ŚWIECZNIKI I LAMPY. Katalog J-3, Katalog działów 280, 282, 015.** 1948. Centrala Handlowa Przemysłu Elektrotechnicznego, Przedsiębiorstwo Państwowe Wyodrębnione. Format A4, str. 20. Spis rzeczy: Lampy biurkowe. Lampy nocne. Lampy salonowe. Świeczniki ścienne (kinkiety). Żyrandole odlewane. Żyrandole rurkowe. Lampy biurkowe przegubowe. Ample i latarnie. Szkła do żyrandoli. Szkła do ampli i gilzy. Szkła do lamp.

**LAMPY ŻAROWE (ŻARÓWKI). Katalog L-1, Działy 600-608.** 1949. Centrala Handlowa Przemysłu Elektrotechnicznego, Przedsiębiorstwo Państwowe Wyodrębnione. Format A4, str. 19. Spis rzeczy: Uwagi ogólne. Żarówki głównego szeregu. Żarówki odporne na wstrząsy. Żarówki świecowe. Żarówki iluminacyjne. Żarówki do tablic rozdzielczych. Żarówki rurkowe. Żarówki do maszyn do szycia. Żarówki wystawowe. Żarówki karzełkowe. Żarówki do latarek kieszonkowych. Żarówki do oświetlenia akumulatorowego. Żarówki rowerowe. Żarówki do skal radiowych. Żarówki choinkowe. Żarówki górnicze. Żarówki do wskazywania prądu. Żarówki telefoniczne. Żarówki dla teletechniki. Żarówki samochodowe. Żarówki wagonowe. Żarówki parowozowe. Żarówki elektrotrakcyjne, reflektorowe. Żarówki parowozowe, reflektorowe. Żarówki do aparatów dźwiękowych. Żarówki specjalne (sygnalizacyjne) dla kolejnictwa. Żarówki dla lotnictwa. Tabele trzonków.

**SILNIKI 3-FAZ. ASYNCHRONICZNE do 1100 kW. Katalog M-3, Dział 108.** 1949. Centrala Handlowa Przemysłu Elektrotechnicznego, Przedsiębiorstwo Państwowe Wyodrębnione. Format A4, str. 40. Spis

rzeczy: Opis ogólny. Silniki z wirnikiem z pierścieniami; budowa półotwarta, typ SAUa, 6—24 biegunów. Silniki z wirnikiem z pierścieniami; budowa okapturzona, typ SCUa, 4—24 biegunów. Rozruszniki olejowe, typ A. Silniki z wirnikiem zwartym; budowa okapturzona, typ SCJa, wirnik głębokożłobkowy, 4 biegunowe. Silniki z wirnikiem zwartym; budowa okapturzona, typ SCDa, wirnik dwukłatkowy, 4 biegunowe. Silniki z wirnikiem zwartym; budowa kryta, typ SBJa, wirnik głębokożłobkowy, 6 biegunowe. Silniki z wirnikiem zwartym; budowa kryta, typ SBDA, wirnik dwukłatkowy, 6 biegunowe. Silniki z wirnikiem zwartym; budowa kryta, typ SBJa, wirnik głębokożłobkowy, 8-biegunowe. Silniki z wirnikiem zwartym; budowa kryta, typ SBDA, wirnik dwukłatkowy, 8-biegunowe. Silniki z wirnikiem zwartym; budowa kryta, typ SBJa, wirnik głębokożłobkowy, 10 biegunowe. Silniki z wirnikiem zwartym; budowa kryta, SBDA, wirnik dwukłatkowy, 10 biegunowe. Silniki z wirnikiem zwartym; budowa kryta, typ SBJa, wirnik głębokożłobkowy, 12 biegunowe. Silniki z wirnikiem zwartym; budowa kryta, typ SBDA, wirnik dwukłatkowy, 12 biegunowe. Silniki w wykonaniu specjalnym. Akcesoria do silników. Tabele i szkice wymiarowe silników.

**IZOLATORY STACYJNE. Katalog A-1, Dział 334.** 1950. Centrala Handlowa Przemysłu Elektrotechnicznego, Przedsiębiorstwo Państwowe Wyodrębnione. Format A4, str. 28. Spis rzeczy: Wstęp. Napięcie znamionowe izolacji 1 kV. Napięcie probiercze 10 kV. Izolatory stacyjne wsporcze wewnętrzne. Izolatory stacyjne przepustowe wewnętrzne. Napięcie znamionowe izolacji 6 kV. Napięcie probiercze 33 kV. Izolatory stacyjne wsporcze wewnętrzne. Izolatory stacyjne przepustowe wewnętrzne i wyjściowe. Izolatory stacyjne do szyn płaskich. Napięcie znamionowe izolacji 10 kV. Napięcie probiercze 42 kV. Izolatory stacyjne wsporcze wewnętrzne. Izolatory stacyjne przepustowe wewnętrzne. Izolatory stacyjne do szyn płaskich. Napięcia znamionowe izolacji 20 kV. Napięcia probiercze 64 kV. Izolatory stacyjne wsporcze wewnętrzne. Izolatory stacyjne przepustowe wewnętrzne. Izolatory stacyjne przepustowe do szyn płaskich. Izolatory stacyjne przepustowe wyjściowe proste i skośne. Napięcie znamionowe izolacji 30 kV. Napięcie probiercze 86 kV. Izolatory stacyjne wsporcze wewnętrzne. Izolatory stacyjne przepustowe wewnętrzne. Izolatory stacyjne przepustowe do szyn płaskich. Izolatory stacyjne przepustowe wyjściowe proste i skośne. Napięcie znamionowe izolacji 35 kV. Napięcie probiercze 97 kV. Izolatory stacyjne prze-

пустowe wyjściowe skośne. Napięcie znamionowe izolacji 60 kV. Napięcie probiercze 152 kV. Izolatory stacyjne wsporcze wewnętrzne i napowietrzne. Izolatory stacyjne przepustowe wewnętrzne i wyjściowe skośne. Napięcie znamionowe izolacji 110 kV. Napięcie probiercze 262 kV. Izolatory stacyjne wsporcze wewnętrzne i napowietrzne. Nasadki do szyn. Nasadki do izolatorów wsporczych rodzaju O. Nasadki do izolatorów wsporczych rodzaju A i B.

**KABLE ELEKTROENERGETYCZNE. Katalog K-2. Dział 441—449.** 1949. Centrala Handlowa Przemysłu Elektrotechnicznego, Przedsiębiorstwo Państwowe Wyodrębnione. Format A4, str. 57. Spis rzeczy: Budowa kabli elektroenergetycznych. Zasady znakownictwa i oznaczenia typów kabli. Wybór typu kabli elektroenergetycznych. Dopuszczalne obciążenia kabli. Ogólne uwagi montażowe. Wskazówki przy zamawianiu kabli. Opakowanie kabli. Tablice wymiarowe kabli prądu silnego. Kable miedziane w izolacji papierowej; w izolacji papierowej, opancerzone, 1—4-żyłowe na napięcie 1 kV; wielożyłowe na napięcie 1 kV; 3-żyłowe na napięcie 3—10 kV; 3-żyłowe ekranow. na napięcie 15—35 kV; 3-płaszczowe ekranow. na napięcie 15—35 kV. Kable aluminiowe w izolacji papierowej; w izolacji papierowej, opancerzone 1—4-żyłowe, na napięcie 1 kV; wielożyłowe na napięcie 3—10 kV; 3-żyłowe ekranow. na napięcie 15—35 kV; 3-płaszczowe ekranow. na napięcie 15—35 kV. Kable miedziane w izolacji gumowej. W izolacji gumowej, opancerzone, 1—4-żyłowe na napięcie 1 kV.

**KABLE TELETECHNICZNE. Katalog K-3, Dział 447 do 456.** 1949. Centrala Handlowa Przemysłu Elektrotechnicznego, Przedsiębiorstwo Państwowe Wyodrębnione. Format A4, str. 43. Spis rzeczy: Budowa kabli teletechnicznych. Budowa i własności kabli telefonicznych, miejskich. Budowa i własności kabli telefonicznych dalekosiężnych. Budowa i własności kabli stacyjnych. Budowa i własności kabli instalacyjnych. Budowa i własności kabli sygnałowych. Oznaczanie typów kabli teletechnicznych. Zamawianie kabli teletechnicznych. Tabele techniczne kabli teletechnicznych: kable telefoniczne miejskie, kanałowe; kable telefoniczne miejskie, opancerzone; kable telefoniczne małoparowe, gołe; kable telefoniczne małoparowe, opancerzone; kable telefoniczne stacyjne, nieobolwione i obolwione; kable telefoniczne zakończeniowe; kable telefoniczne instalacyjne w emalii i bez emalii; kable telefoniczne instalacyjne w izolacji gumowej; kable telegraficzne gołe; kable telegraficzne opancerzone; kable dla urządzeń zabezpieczeń kolejowych; kable sygnałowe w izolacji pa-

perowej; kable do obwodów szynowych w izolacji gumowej; kable sygnałowe w izolacji gumowej. Opakowanie oraz tabele stosowności i wymiarów bębnow.

**OSPRZĘT SIECIOWY. Katalog J-2, Katalog działów 323-324.** 1948. Centrala Handlowa Przemysłu Elektrotechnicznego, Przedsiębiorstwo Państwowe Wyodrębnione. Format A4, str. 40. Spis rzeczy: Osprzęt do linii kablowych. Końcówki kablowe tłoczone mosiężne niklowane. Końcówki kablowe lane mosiężne z otworami do lutowania. Końcówki kablowe zaciskowe mosiężne ze śrubami do skręcania. Końcówki kablowe lane mosiężne z otworem do lutowania i wkretkami dociskowymi. Końcówki kablowe zaciskowe aluminiowe ze śrubami do skręcania. Końcówki kablowe lane aluminiowe do spawania. Złącza kablowe przelotowe mosiężne niklowane. Złącza kablowe przelotowe dwudzielne mosiężne niklowane. Złącza kablowe odgałęźne mosiężne niklowane. Złącza kablowe krzyżowe mosiężne niklowane. Koncentryczne złącza zaciskowe końcówki mosiężne niklowane. Koncentryczne złącza zaciskowe śrubowe mosiężne niklowane. Koncentryczne złącza kątowe mosiężne niklowane. Koncentryczne złącza trójnikowe mosiężne niklowane. Koncentryczne końcówki zaciskowe mosiężne niklowane. Mufa przelotowa E. Mufa przelotowa M. Mufa ochronna SM. Mufa ołowiana MO. Mufa przelotowa z wkładką ołowianą. Mufa odgałęźna AE. Mufa odgałęźna AM. Mufa krzyżowa MK. Mufa odgałęźna HM. Mufa butelkowa żeliwna C. Mufa stożkowa K. Mufa słupowa UM. Mufa słupowa UK. Mufa ołowiana BK dla kabli 2-żyłowych. Mufa ołowiana BK dla kabli 3-żyłowych. Mufa ołowiana BK dla kabli 4-żyłowych. Głowica płaska, wewnętrzna typ F. Głowica płaska, zewnętrzna do 35 kV. Głowica dla kabla 1-żyłowego do 35 kV. Rozpórki do muf przelotowych do 10 kV. Rozpórki do muf odgałęźnych do 10 kV. Osprzęt do linii napowietrznych. Złącza rurowe 1-częściowe. Złącza do karbowania dla linek miedzianych. Złącza rurowe, 1-częściowe do karbowania. Złącza dla linek aluminiowych. Złącza rurowe 1-częściowe do karbowania. Złącza dla linek Stal-Alu typ długi. Złącza rurowe 1-częściowe do karbowania dla linek Stal-Alu typ krótki. Złącza faliste dwuczęściowe miedziane, śrubowe. Złącza faliste 2-częściowe aluminiowe, śrubowe. Złącza faliste 2-częściowe miedziane, nitowe. Złącza faliste 2-częściowe aluminiowe, nitowe. Zaciski uniwersalne odgałęźne, aluminiowe. Zaciski uniwersalne odgałęźne, mosiężne, niklowe. Zaciski uniwersalne uchwyty Alu-Cu. Zaciski przelotowe, odprowadzeniowe Alu-Cu. Zaciski końcowe, aluminiowe. Daszki wpustowe, bakielitowe. Bezpieczniki słupowe, izolatorowe typu TZA do korków lub patronów. Bezpieczniki słupowe, nożowe. Bezpieczniki napowietrzne, rybkowe. Bezpieczniki napowietrzne, serkowe.

## KOMUNIKATY S.E.P.

**1. Organizacja Sekcji Kinotechnicznej SEP.** W dniu 15 lutego br. odbyło się w Domu Technika w Warszawie zebranie organizacyjne Sekcji Kinotechnicznej SEP. Prezesem tymczasowego Zarządu Sekcji został wybrany kol. Henryk Stanek. Grupa organizacyjna członków Sekcji liczy 31 osób.

**2. Legitymacje członkowskie.** Sekretariat Generalny SEP rozesłał do Oddziałów legitymacje członkowskie na rok 1951 r. Koledzy proszeni są o zgłaszanie się do Oddziałów po odbiór legitymacji. Legitymacje są wydawane za opłatą zł 1.

**3. Kandydatury na członków SEP.** W myśl § 12 statutu SEP ogłasza się następującą listę kandydatów na członków zwyczajnych Stowarzyszenia:

### ODDZIAŁ BYDGOSKI

Andryszak Czesław, Inowrocław, Wojciecha 63 m. 9  
Arbański Bruno, Toruń, Stalingradzka 37  
Bartoszak Tadeusz, Toruń, Matejki 33 m. 4  
Bischof Jan, Toruń, Rynek Staromiejski 24  
Braun Franciszek, Toruń, Rynek Staromiejski 23  
Brukażewicz Marian, Bydgoszcz, Jana Krasińskiego 16  
Brzeziński Czesław, Tuchno, poczta Jakszce, Cukrownia  
Budzichowski Kazimierz, Toruń, Słowackiego 36/40 m. 6  
Byschof Edward, Bydgoszcz, Jana Krasińskiego 16 m. 6  
Cebulski Władysław, Inowrocław, Al. Okrężna 12  
Cwikliński Kazimierz, Toruń, Łazienna 2/12

Chmielewski Witold, Grudziądz, Polsk. Czerw. Krzyża 5  
Chojnicki Edward, Toruń, Chełmońska 5 m. 1  
Damic Artur, Grudziądz, Kościuszki 4  
Dorobek Jakub, Lipno, Starokępska 43  
Drankowski Stanisław, Brodnica, Ogrodowa 11  
Dulski Józef, Inowrocław, Stalingradzka 57  
Ezupowicz Zygmunt, Toruń, Kościuszki 87/16  
Fengler Marian, Brodnica, Pl. Rewolucji Październikowej 31  
Frydrychowicz Jerzy, Chojnice, Bydgoska 27  
Furmański Antoni, Grudziądz, Obrońców Stalingradu 78  
Gackowski Teodor, Sepolno, Średnia 12  
Gajewski Paweł, Toruń, Stalingradzka 14  
Galikowski Paweł, Grudziądz, Pułaskiego 12a  
Galiński Jan, Lipno, 1 Maja 13  
Głowacki Michał, Kruszwica, Ziemowita 4/8  
Goroński Leon, Toruń, Kraszewskiego 56/2  
Górecki Tadeusz, Toruń, Podgórna 39/2  
Grażewicz Edmund, Toruń, Mickiewicza 116a m. 1  
Grodziszewski Tytus, Toruń, Konopnickiej 20/7  
Grubicki Eugeniusz, Toruń, Żeglarska 25/5  
Grzesik Kazimierz, Toruń, Krasińskiego 55/3  
Guziński Bronisław, Chełmno, Biskupia 1  
Hirsch Witold, Toruń, Prosta 13/8  
Holc Kazimierz, Grudziądz, Forteczna 12  
Horbaszewski Bogdan, Toruń, Łakowa 3  
Jabłoński Feliks, Toruń-Podgórze, Akacyjna 19/1  
Jabłoński Roman, Grudziądz, Kościuszki 4  
Jankowski Alfons, Toruń, Lubicka 42a  
Januszewski Władysław, Toruń, Jaroczyńskiego 3  
Januszewicz Lucjan, Toruń, Sienkiewicza 7  
Juchniewicz Leon, Toruń, Bydgoska 116/1  
Kaczorowski Henryk, Lipno, 1 Maja 16  
Kamiński Stefan, Tuchola, Świecka 31  
Kamiński Zygmunt, Grudziądz, Sikorskiego 8  
Kallman Tadeusz, Inowrocław, Stalingradzka 23  
Kaszowski Kazimierz, Toruń, Okólna 29  
Kajtko Alfons, Toruń, Międzyzmurze 4  
Klima Józef, Toruń, Krasińskiego 18/20 m. 146  
Kłodziński Roman, Toruń, Wybickiego 20/11  
Knopp Wacław, Grudziądz, Curie Skłodowskiej 5



Konieczny Eugeniusz, Chełmno, Grudziądzka 16  
 Koceniowski Stanisław, Inowrocław, Kasztelańska 27 m. 11  
 Kosmala Marian, Brodnica, Nad Drwęcą 27  
 Kowalewski Henryk, Toruń, Bieleńska 9/2  
 Kowalewski Witold, Toruń, Matejki 70/2  
 Kozłowski Jan, Toruń, Gołębia 24  
 Kozierkiewicz Stanisław, Toruń, Pl. Gen. Świerczewskiego 4  
 Kubiak Henryk, Toruń, Szosa Chełmska 56  
 Lewandowski Zdzisław, Toruń, Kujota 6/6  
 Lewandowski Henryk, Chojnice, Łanowa 5  
 Langowski Jerzy, Toruń, Grudziądzka 86/1  
 Łysakiewicz Władysław, Czernikowo pow. Lipno  
 Makuracki Waldemar, Grudziądz, Słowiańska 74  
 Myjkowski Lucjan, Toruń, Mickiewicza 7/28  
 Natuszewski Mieczysław, Chojnice, Kościuszki 6  
 Nielipowicz Henryk, Toruń, Winnica 44/2  
 Nistrzeba Roman, Toruń, Stalingradzka 6/5  
 Nowak Adam, Chojnice, Mickiewicza 46  
 Okoniewski Zenon, Toruń, Szosa Chełmska 47  
 Oleksy Mieczysław, Chojnice, Świętopełka 9  
 Orłowski Alojzy, Toruń, Lubicka 4  
 Ornatowski Stefan, Grudziądz, Słowiańska 47  
 Osiański Wiktor, Inowrocław, Gen. Sikorskiego 6 m. 5  
 Pałka Jan, Toruń, Byszewska 86 m. 2  
 Pankau Teofil, Tuchola, Świecka 67  
 Peplński Jerzy, Toruń, Wybickiego 110  
 Podczaszyński Wiktor, Toruń, Kopernika 5/1  
 Pukropp Jerzy, Toruń, Matejki 36/3  
 Radłowski Jan, Toruń, Rynek Nowowiejski 11/5  
 Reike Bogdan, Toruń, Deckerta 3  
 Remus Władysław, Grudziądz, Zwycięstwa 59  
 Rogowski Kazimierz, Toruń, Sienkiewicza 16/2  
 Ronkiewicz Jan, Brodnica, Armii Czerwonej 22  
 Rudnik Stanisław, Chojnice, Polna 1  
 Sadowski Kazimierz, Toruń, Kasprowiczka 18  
 Skorupski Antoni, Bydgoszcz, Pl. Weyssenhoffa 7  
 Sikora Norbert, Chojnice, Czmuchowska 39  
 Siwicki Witold, Toruń, Mickiewicza 23/18  
 Skrzypiński Eugeniusz, Grudziądz, Jackowskiego 12  
 Sommer Mieczysław, Tuchola, Cmentarna 2 m. 3  
 Sołobochowski Mieczysław, Brodnica, Nowa 3  
 Stachowski Feliks, Toruń, Rybaki 15/12  
 Stencel Jan, Toruń, Słowackiego 51/9  
 Szalów Zygfryd, Inowrocław, Jana Marchlewskiego 45/3  
 Szczepankiewicz Franciszek, Toruń, Mickiewicza 80/4  
 Szelangiewicz Teodor, Toruń, Św. Jakuba 17  
 Szykwelski Bernard, Chojnice, Młyńska 19  
 Tomaszewski Zdzisław, Smukała, pow. Bydgoszcz  
 Wach Kazimierz, Toruń, Rabińska 22 m. 1  
 Warzyński Zygmunt, Toruń, Jarocińskiego 5 m. 8  
 Wierzbński Tadeusz, Chojnice, Kościuszki 6  
 Wiśniewski Leon, Toruń, Kościuszki 82  
 Wojciechowski Brunon, Toruń, Złota 1 m. 4  
 Wojciechowska Jadwiga, Toruń, Grudziądzka 164/3  
 Wołoszuk Wacław, Chojnice, Szosa Tucholska 1  
 Zieliński Kazimierz, Grudziądz, Spichrzowa 21/23  
 Znajdek Alojzy, Chojnice, Wysoka 28

## ODDZIAŁ JELENIOGÓRSKI

Budny Henryk, Kowary, Rokossowskiego 37  
 Połoczański Bolesław, Jelenia Góra, Sienkiewicza 8  
 Przypiórka Kazimierz, Jelenia Góra, Stalina 50 m. 2  
 Rozlał Tadeusz, Jelenia Góra, Sienkiewicza 8  
 Stasiewicz Kazimierz, Jelenia Góra, Sienkiewicza 8  
 Tobiński Kazimierz, Jelenia Góra, Bogusławskiego 3  
 Wyrwas Tadeusz, Jelenia Góra, 1 Maja 33

## ODDZIAŁ KIELECKI

Balański Wincenty, Kielce, Równa 8 m. 2  
 Bekisz Kazimierz, Kielce, Herbska 20  
 Bielas Stanisław, (T), Jędrzejów, Strażacka 10  
 Cieślakiewicz Witold, Kielce, Kilińskiego 16  
 Duda Kazimierz, Kielce, Daleka 6  
 Fortak Mieczysław, Kielce, Wygoda 3  
 Gafezowski Mieczysław, Kielce, Spacerowa 14  
 Grabowski Marian, Kielce, Buczka 47  
 Huk Józef, Kielce, Biesak 50  
 Jarmundowicz Stanisław, Kielce, Czarnowska 16  
 Jarosz Aleksander, Kielce, Klonowa 12  
 Kobus Edward, (T), Kielce, Daleka 6a  
 Kołodziej Bolesław, Kielce, 3 Maja 67  
 Kołodziej Wacław, Kielce, Petyhorska 5  
 Kowalik Kazimierz, (T), Kielce, 1 Maja 138  
 Malukiewicz Michał, Kielce, Chęcińska 22  
 Marzec Jan, Kielce, Chłodna 8  
 Niewiarowski Janusz, Kielce, Batorego 30  
 Przygodzki Stanisław, Kielce, Domaszowska 28  
 Przybycień Kazimierz, (T), Kielce, Sienkiewicza 4  
 Pydo Tadeusz, Kielce, Sienkiewicza 57  
 Ratajewicz Zdzisław, Kielce, Zacisze 5  
 Rawski Władysław, Kielce, Ceglana 37  
 Sarniński Kazimierz, Kielce, 1 Maja 58  
 Święciński Alfons, Jędrzejów, Kościelna 8  
 Szyja Bolesław, Kielce, Żytńia 26  
 Winiarski Wiktor, Skarżysko-Kam., Daszyńskiego 185  
 Woitecki Henryk, Kielce, Wiejska 8  
 Woś Henryk, Suchedniów, Bugaj 6

## ODDZIAŁ KRAKOWSKI

Augustyniak Ryszard, (T), Kraków, Batorego 1/3  
 Barnas Jan, (T), Kraków-Wieliczka, Czarnochowice 87  
 Berenda Józef, (T), Kraków, Łobzowska 22/3  
 Bidziński Bronisław, (T), Kraków, Al. Krasińskiego 8/9  
 Blasiak Tadeusz, (T), Kraków-Debniki, Ks. Marka 9  
 Ból Eugeniusz, (T), Kraków, Pasterska 27/2  
 Chmura Zbigniew, (T), Kraków, Batorego 1  
 Dam Czesław, (T), Kraków, Batorego 1  
 Doś Lech, Kraków, Łobzowa 3/3  
 Drabek Stanisław, Kraków, Dietla 33/6  
 Dziedzic Tadeusz, (T), Kraków, Batorego 1  
 Goczoł Marian, (T), Kraków, Łobzowska 22

Godzik Ryszard, Kraków, 29 Listopada 7/1a  
 Grabiarz Aleksander, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Hillenbrand Zdzisław, (T), Kraków, Lelewela 17/2  
 Hajdus Julian, (T), Kraków-Wieliczka, Czarnochowice 26  
 Jastrzębski Jan, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Kaczmarczyk Edward, (T), Batorego 1  
 Kaczmarczyk Władysław, Kraków, Batorego 1/11  
 Kamiński Julian, (T), Kraków, Odrowąża 26/12  
 Kamycki Józef, (T), Kraków, Grabowskiego b. 8/8  
 Karczewski Kazimierz, Mielec, Osiedle-Blok 2a m. 29  
 Kardas Stanisław, Kraków, Gnieźnieńska 9b  
 Kluz Wojciech, Tarnów, Krakowska 7  
 Kotaba Franciszek, (T), Kraków, Krakowska 11/4  
 Kowalewski Waldemar, (T), Kraków, Łobzowska 22c/9  
 Krakosz Józef, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Kula Józef, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Lewek Jan, Kryg, pow. Gorlice woj. Rzeszowskie  
 Lusowicz Adam, (T), Kraków, Chodkiewicza 10/23  
 Macias Stanisław, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Machaj Edward, (T), Kraków, Batorego 1  
 Machajski Tadeusz, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Majcherczyk Edward, (T), Kraków, Batorego 1  
 Malita Jerzy, Kraków, Sarego 6/7  
 Miękinia Mieczysław, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Migdał Andrzej, (T), Kraków, Pasterska 29b  
 Milewski Lucjan, (T), Kraków, Zamenhofska 7/5  
 Milówka Andrzej, (T), Kraków, Kielecka 4/6  
 Morąg Bogusław, (T), Kraków, Batorego 1  
 Muller Jan, (T), Kraków, Krótka 6/2  
 Niemiec Eugeniusz, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Niemiec Jan, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Nowak Władysław, (T), Bochnia, Rzezawa 220  
 Pawlus Czesław, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Piasecki Zbigniew, (T), Kraków, Batorego 1  
 Piecyk Zygmunt, Kraków, Pl. W.W. Świętych 10/9  
 Pietrala Stanisław, (T), Kraków, Batorego 1  
 Placek Wiesław, (T), Kraków, Batorego 1  
 Planta Jan, (T), Kraków, Bohaterów Stalng. 51  
 Pogoda Kazimierz, (T), Kraków, Piaski Wielkie 143/2  
 Przybyłowicz Stefan, (T), Kraków, Mazowiecka 64  
 Przybylski Stanisław, (T), Kraków, Retoryka 19/3  
 Okręglicki Dominik, (T), Kraków, Św. Wawrzyńca 1/1a  
 Olejnik Zdzisław, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Sak Kazimierz, Kraków, Skaleczna 4/2  
 Sak Bogusław, (T), Kraków, Batorego 1  
 Siejak Aleksander, (T), Kraków, Czarnowiejska 4/20  
 Stopyra Jan, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Surma Antoni, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Sypek Kazimierz, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Szczepka Aleksander, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Szopa Czesław, (T), Kraków, Kątowa 10/11  
 Sztiwertnia Tadeusz, Przecieszyn, 142, Poczta Brzeszcze  
 Szutka Józef, (T), Kraków, Bonarska 20/1  
 Swiniarski Władysław, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Trela Kazimierz, (T), Kraków, Karmelicka 34/2  
 Tylus Jerzy, (T), Kraków, Kątowa 9  
 Wąsik Stefan, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Werschler Stanisław, Kraków, O. Z. E. K. Dajwór 27  
 Więcek Stanisław, (T), Kraków, Czarnowiejska 23/8  
 Wierba Wiesław, (T), Borek Fałęcki, Długosza 36a  
 Wordliczek Robert, (T), Kraków, Dietla 34/8  
 Woźny Kazimierz, (T), Kraków, Łobzowska 22  
 Wywiół Henryk, Kraków, Zamenhofska 19/2

## ODDZIAŁ LUBELSKI

Badylak Stanisław, (T), Puławy, Kołtąta 87b  
 Bańkowski Mieczysław, (T), Siedlce, Aleksandrowska 2 m. 3  
 Bednarz Paweł, (T), Lublin, Przechodnia 1 m. 1  
 Będkowski Leopold, Dęblin-Irena, Lipowa 1  
 Bieniek Józef, (T), Lublin, Rury Jezuickie 3 m. 3  
 Bożek Janusz, Lublin, Rury Jezuickie 143/2  
 Burzyński Tadeusz, (T), Lublin, Królewska 11 m. 14  
 Bychowski Zygmunt, Lublin, Biłgorajska 8 m. 4  
 Cel Stefan, Poniatowa k/Opola  
 Chasiak Witold, Chełm-Lubelski, Narutowicza 9  
 Chmielewski Zygmunt, Siedlce, Sienkiewicza 73 m. 6  
 Czapla Zygmunt, Puławy, Dąbrowskiego 4  
 Cybulski Tadeusz, (T), Biała-Podlaska, Janowska 55  
 Dmowski Kazimierz, Lublin, Krak. Przedmieście 34 m. 17  
 Drzewiak Adam, (T), Lublin, Pl. Targowy 4 m. 10  
 Drzewiński Edward, Lublin, Chłodna 15 m. 6  
 Durho Stanisław, Zamość, Gen. Świerczewskiego 15  
 Dzikowski Władysław, Kraśnik, Stuża 113  
 Dzwigaj Aleksander, Chełm-Lubelski, Mościckiego 31  
 Fałdyga Mieczysław, Lublin, Grodzka 13 m. 4  
 Fedorko Janusz, Lublin, Narutowicza 69c m. 1  
 Flis Jan, Lublin, Św. Mikołaja 23 m. 3  
 Frajndt Tadeusz, (T), Puławy, Kołtąta  
 Galiński Henryk, (T), Lublin, Bema 2  
 Gąbrowski Ryszard, Lublin, Długa 36 m. 3  
 Gągolewski Ryszard, Lubartów, Nowoprzeczna 2  
 Głębiński Jan, Chełm-Lubelski, Sienkiewicza 16  
 Griszta Michał, (T), Siedlce, Kościuszki 1  
 Gross Karol, Lublin, Biłgorajska 24 m. 2  
 Gutte Wilhelm, kol. Morawinek, gm. Rejowiec  
 Heczek Anatol, (T), Siedlce, Aleksandrowska 5  
 Iżykowski Józef, Lublin, Szopena 45 m. 4  
 Jarema Jan, Włodawa, Zabagonie 7  
 Jaroński Henryk, Puławy, Niemcewicz 10 m. 1  
 Jakuszko Zdzisław, Terespol n/Bugiem, Stalingradzka 117  
 Jurczak Placyd, Zamość, Partyzantów  
 Karp Jerzy, Zamość, Kryszyńskiego 6  
 Karpiński Witold, Lublin, 1 Maja 19 m. 6  
 Karaś Edward, Poniatowa k/Opola  
 Kargul Jan, Chełm-Lubelski, Św. Mikołaja 5  
 Kawiak Grzegorz, Lublin, Szopena 24 m. 10  
 Kasprowski Mikołaj, Lubartów, Nowodvorska 4  
 Kłopotek Jan, Lublin, Św. Mikołaja 23 m. 3  
 Kończugowski Stanisław, Kol. Sławinek, pow. Lublin  
 Korta Jan, (T), Lublin, Ekspozytura PPRT

Korwin Ireneusz, Biała-Podlaska, Dreszera 60 m. 7  
 Kotkowski Wacław, Biała-Podlaska, Stacyjna 5  
 Kowalski Aleksander, Siedlce, Stalina 10 m. 1  
 Kowalik Zygmunt, Siedlce, Stalina 14  
 Kowal Aleksander, (T), Lublin, Drobnia 32  
 Krzyżewski Stanisław, (T), Lublin, Stalingradzka 14  
 Kudelski Zbigniew, Lublin, Krochmalna 17 m. 3  
 Kusik Witold, Terespol n/Bugiem, Stacyjna 20  
 Kwapien Jan, (T), Lublin, Szopena 9 m. 44  
 Legut Franciszek, Biała-Podlaska, Nowa 16  
 Lenard Józef, Hrubieszowo, Kilińskiego 21  
 Leśniewski Marian, Lubliniec, Biała Kolonia 34  
 Lisiecki Józef, Biała-Podlaska, Warszawska 66  
 Majek Edward, (T), Lublin, Szopena 9 m. 59  
 Malik Jan, Lublin, Wspólna 24  
 Mazurkiewicz Mieczysław, (T), Lubartów, Słowackiego 7  
 Michalewicz Grzegorz, (T), Lublin, 1 Maja 51 m. 1  
 Numowicz Eugeniusz, (T), Bilgoraj, Kościuski  
 Niemerko Witold, (T), Lublin, Ks. Skargi 3 m. 5  
 Nowosad Józef, (T), Lublin, Ochotnicza 4 m. 5  
 Ochniowski Józef, Zamość, Al. Stalina 25 m. 10  
 Olander Zygmunt, Poniatowa k. Opola  
 Papiński Janusz, Lublin, Szopena 11 m. 14  
 Pastuszewski Marian, Dąbrowa-Bór, Blok 16 m. 2  
 Pakula Wincenty, Lublin, Droga Męczenn. Majdanka 26 m. 28  
 Pietraszek Franciszek, (T), Siedlce, Czysła 3  
 Pluta Eugeniusz, (T), Lublin, Ochotnicza 4 m. 9  
 Rosłowicz Teofil, Lublin, Konopnickiej 8  
 Rosiak Józef, Lublin, Gliniana 1 m. 2  
 Ruta Bolesław, Chełm-Lubelski, Lubelska 9  
 Sakowski Wiktor, (T), Lublin, Kościuski 7 m. 11  
 Samosiuk Bazyli, Chełm-Lubelski, Wołyńska 14  
 Stepien Henryk, (T), Zamość, III Kier. Robót Telek.  
 Strusi Józef Ryszard, Lublin, Narutowicza 34 m. 14  
 Stojak Stanisław, Poniatowa k. Opola  
 Surmacz Leonard, Chełm-Lubelski, Narutowicza 16  
 Szeniawski Stanisław, (T), Lublin, Nadstawnia 2  
 Szoc Maksymilian, Chełm-Lubelski, Szpitalna 15a  
 Szostak Stanisław, (T), Siedlce, Góreckiego 2  
 Szlendak Czesław, (T), Lublin, Krak. Przedmieście 20 m. 8  
 Szueki Kazimierz, (T), Biała-Podlaska, Robotnicza 45  
 Terlikowski Stanisław, Biała-Podlaska, Stodolna 22  
 Trojan Bolesław, Lublin, Narutowicza 21 m. 17  
 Trusz Leonard, (T), Zamość, Sw. Piotra 20 m. 2  
 Warda Zbigniew, (T), Deblin, Warszawska 10  
 Weisła Adam, (T), Siedlce, RUTT Magazyn PRZ  
 Wierchowski Bohdan, Chełm-Lubelski, Jedności 7/2  
 Wiśniewski Piotr, (T), Tomaszów Lubelski, Kościuski 19  
 Wojda Tadeusz, (T), Puławy, Czartoryskich 2  
 Wojtowicz Stanisław, Lublin, Strażacka 6 m. 2  
 Woś Jan, Poniatowa k. Opola  
 Wyrosiak Edmund, Poniatowa k. Opola  
 Zakrzewski Marian, (T), Lublin, Biłgorajska 1 m. 8  
 Zychowicz Piotr, (T), Zamość, Hrubieszowska 2

## ODDZIAŁ ŁÓDZKI

Abramienko Aleksander, Łódź, Piotrkowska 83 m. 9a  
 Adamczewski Romuald, Łódź, Przędzalniana 46 m. 3  
 Ambroży Jan, Łódź, Żeromskiego 6 m. 5  
 Belcerek Michał, Łódź, Zachodnia 66  
 Banasiewicz Władysław, Łódź, Armii Czerwonej 49  
 Baranowski Władysław, Łódź, Wigury 13 m. 10  
 Bartosiak Marian, Łódź, Piotrkowska 31 m. 39  
 Bartosik Edwin, Łódź, Dąbrowskiego 49 m. 2  
 Białkowski Stanisław, Łódź, Południowa 36 m. 22  
 Biliński Antoni, Łódź, Narutowicza 38 m. 20  
 Bochusiewicz Włodzimierz, Łódź, Targowa 57  
 Bogdański Janusz, Łódź, Gdańska 67 m. 18  
 Bogusz Michał, Głowno k. Łowicza, Limanowskiego 11  
 Borejko Elizeusz, Łódź, Lutomińska 35 m. 2  
 Bortnik Emilian, Łódź, Nowotki 13  
 Borysiuk Stefan, Łódź, Piotrkowska 192  
 Brudziński S., Łódź, Gdańska 31 m. 7  
 Buchowski Jerzy, Łódź, Daszyńskiego 40 m. 7  
 Chruściel Stanisław, Łódź, Nowotki 145 m. 39  
 Ciach Stanisław, Łódź, Bielańska 18 m. 2  
 Ciesielski Włodzimierz, Łódź, Pabianicka 14 m. 11  
 Cwiesz Stefan, Wielun, Świerczewskiego 19  
 Cyrański Leszek, Łódź, Grabowa 12  
 Czajkowski Tadeusz, Łódź, Szczepińska 2 m. 1a  
 Czerwiński Stanisław, Łódź, Łanowa 51  
 Dawidowicz Czesław, Łódź, Sieradzka 1 m. 5  
 Desput Stanisław, Łódź, Srebrzyńska 81 m. 3  
 Dobrowolski Lucjan, Radomsko, Armii Czerwonej 106  
 Drażek Eugeniusz, Łódź, Jaracza 55 m. 29  
 Dryżek Tadeusz, Łódź, Jaracza 13 m. 3  
 Dudował Marian, Radomsko, Narutowicza 216  
 Elkowicz Bernard, Zgierz, Świerczewskiego 44  
 Erlicki Seweryn, Łódź, 22 Lipca 13 m. 20  
 Fiwek Władysław, Łódź, Przędzalniana 10  
 Fuks Janusz, Łódź, Curie Skłodowskiej 8  
 Garstka Henryk, Łowicz, Kilińskiego 5  
 Garliński Zygmunt, Łódź, Kołtataja 6 m. 5  
 Geborys Witold, Łódź, Al. Kościuski 3 m. 31  
 Gomułka Czesław, Łódź, Łagiewnicka 101 m. 4  
 Gradziel Florian, Łódź, Sienkiewicza 29 m. 56  
 Grodzki Tadeusz, Łódź, Kopcińskiego 34a m. 1  
 Grzelak Jan, Łódź, Zachodnia 56/58  
 Grzelak Tadeusz, Łódź, Radzyńska 34  
 Hanke Bogdan, Pabianice, Rybałtowiec 1  
 Hausman Kazimierz, Łódź, Słowiańska 212  
 Ikonierski Tomasz, Sieradz, Kolejnicką 3  
 Itachowiak Jan, Dobrzyca, pow. Krotoszyn  
 Iwaszkiewicz Witold, Łódź, Gdańska 105 m. 2  
 Izydorczyk Witold, Łódź, Daniłowskiego 3 m. 31  
 Jagura Michał, Łódź, 22 lipca 30 m. 9  
 Jasiński Wiktor, Koluszki, Brzezińska 51  
 Jaskała Bolesław, Tomaszów Maz., Fabryczna 213  
 Jawor Bolesław, Radomsko, Reymonta 24  
 Jaworski Kazimierz, Łódź, Kilińskiego 210 m. 6  
 Jaworski Ryszard, Łódź, Abramowskiego 14  
 Jesiołowski Zdzisław, Łódź, Grabskiego 48  
 Jezierski Stefan, Łódź, Dachowa 25  
 Jochweds Leonia, Łódź, Narutowicza 75a  
 Kabarowski Eugeniusz, Koluszki, Brzezińska 30  
 Kaczorowski Leonard, Łódź, Wapienna 42  
 Kałek Eligiusz, Łódź, Skalska 24  
 Kamiński Jan, Łódź, Pogonowskiego 79 m. 21  
 Kaniewski Ryszard, Łódź, Kolejowa 9  
 Kankiewicz Czesław, Tuszyn-Las, Blok 416  
 Karz Wacław, Łódź, Wysoka 44  
 Kiełbowski Stanisław, Łódź, Al. Kościuski 9 m. 12  
 Klimaszewski Bernard, Łódź, Narutowicza 130  
 Kłosowski Henryk, Łódź, Artylerzystów 3 m. 1  
 Knapik Zbigniew, Łódź, Daszyńskiego 89a  
 Kobra Włodzimierz, Łódź, Horodelska 9  
 Kochanowski Jerzy, Łódź, Felsztynskiego 21  
 Kosacki Leon, Częstochowa, Warszawska 9  
 Koslacz Franciszek, Łódź, Traugutta 5 m. 18  
 Kosiński Stefan, Rogów k. Koluszek  
 Kotlicki Longin, Tuszynek k. Łodzi, Tylina 12  
 Kotarski Jerzy, Łódź, Wieckowskiego 25  
 Kowalczyk Bogumił, Łódź, Piotrkowska 69  
 Krynicki Eugeniusz, Łódź, Krochmalna 10  
 Krzywicz Tadeusz, Łódź, Legionów 42 m. 20  
 Kudaj Henryk, Łódź, Wojenna 26  
 Kupczyński Leszek, Łódź, Polzaniecka 4 m. 11  
 Kure Henryk, Łódź, Sienkiewicza 149  
 Kurowski Edward, Łódź, Obozowa 212 m. 2  
 Leczewicz Edward, Koluszki, Sejmowa 1  
 Leśkiewicz Tadeusz, Łódź, Szopena 37  
 Luskiewicz Józef, Łódź, Gen. Bema 4  
 Łukaszek Tomasz, Łódź, Nawrot 7 m. 22  
 Majewski Bernard, Łódź, Staszycza 33 m. 4  
 Malasiewicz Longin, Łódź, Piotrkowska 99 m. 1a  
 Maocek Seweryn, Łódź, Krzyżowa 7  
 Maocek Tadeusz, Łódź, Lawinowa 28  
 Marusiński Aleksander, Łódź, Abramowskiego 29 m. 19  
 Maszczanowski Józef, Łódź, Al. Kościuski 3 m. 18  
 Matulewicz Józef, Łódź, Piotrkowska 28 m. 42  
 Michalak Zygmunt, Ozorków, Żymierskiego 6  
 Michalski Feliks, Łódź, St. Dubois 70/72  
 Midulski Ludwik, Łódź, Mostowa 61  
 Mikulski Kazimierz, Łódź, Przędzalniana 181 m. 36  
 Miller Zenon, Łódź, Nowa 43  
 Mrozowska Jadwiga, Łódź, Przędzalniana 4  
 Narolski Bohdan, Łódź, Piotrkowska 134 m. 25  
 Nastelski Józef, Łódź, Piotrkowska 182  
 Niewiadomski Wacław, Łódź, Nowotki 161 m. 10  
 Nowicki Stanisław, Łódź, Piotrkowska 18  
 Oder Krzysztof, Łódź, Nawrot  
 Pawelski Kazimierz, Łódź, Jaracza 86a m. 3  
 Pawlicki Henryk, Łódź, Narutowicza 38  
 Pékala Władysław, Skierniewice, Sobieskiego 31  
 Piętka Roman, Łódź, Żeromskiego 46 m. 22  
 Pogodziński Zdzisław, Łódź, Jaracza 80  
 Pórolczyk Henryk, Łódź, Rzgowska 179  
 Prażanowski Eugeniusz, Łódź, Narutowicza 49 m. 21  
 Prinke Turski Stanisław, Łódź, Zachodnia 52  
 Przemyskański Adam, Łódź, Kopcińskiego 22  
 Radziejewski Henryk, Łódź, Borsucza 13 m. 7  
 Radzki Teodor, Łódź, Tuszyńska 99  
 Radzik Czesław, Łódź, Al. Kościuski 3 m. 29  
 Rafalski Jerzy, Łódź, Nawrot 4 m. 5  
 Rosiak Hieronim, Łódź, Al. Kościuski 3  
 Rozpara Jan, Łódź, Piotrkowska 88 m. 21  
 Rudkowski Władysław, Łódź, Nowy Świat 7 m. 8  
 Rynkiewicz Lucjan, Łódź, Al. Kościuski 9 m. 5  
 Rybicki Jerzy, Zgierz, Narutowicza 31  
 Rzydyński Tadeusz, Pabianice, Ant. Suwary 13 m. 3  
 Rzepkowski Adam, Łódź, Płocha 6  
 Smoleczyński Alfred, Łódź, Częstochowska 15 m. 40  
 Spionek Władysław, Pabianice, Konstantynowska 40  
 Stasiak Tadeusz, Łódź, Kilińskiego 72/74  
 Sturski Marian, Łódź, Limanowskiego 132 m. 11  
 Suchanow Jan, Łódź, Mostowa 61 m. 2  
 Swierkowski Czesław, Łódź, Kołtataja 11  
 Swiderek Józef, Piotrków Tryb., Stalina 53/1  
 Syrkiewicz Jerzy, Zduńska Wola, Kościelna 26  
 Tomczak Zbigniew, Łódź, Słowiańska 22  
 Trojańczyk Henryk, Łódź, Zachodnia 29  
 Trojańczyk Tadeusz, Łódź, Piotrkowska 8  
 Truchonowicz Jerzy, Łódź, Kopcińskiego 22  
 Warakomski Rafał, Łódź, Lipowa 52 m. 9  
 Widewski Stefan, Łódź, Stoki Skalne 8 m. 3  
 Widera Kazimierz, Łódź, 22 lipca 32  
 Wilczek Bronisław, Łódź, Piotrkowska 261  
 Wiśniewski Jerzy, Łódź, Wieckowskiego 1 m. 17  
 Wiszuk Włodzimierz, Łódź, Przędzalniana 53  
 Włodarski Bronisław, Łódź, Garbarska 2 m. 1  
 Woźniakowski Bernard, Łódź, Halki 10  
 Woitysiak Czesław, Łódź, Próchnika 15 m. 20  
 Worobiew Jerzy, Łódź, Traugutta 19 m. 2  
 Wosik Seweryn, Łódź, Piotrkowska 220 m. 10  
 Woźniak Tadeusz, Łódź, PKWW 38  
 Wotrkievicz Janusz, Radomsko, Mickiewicza 23  
 Wróbel Leon, Łódź, Nawrota 38b m. 6  
 Wysłokiński Alfons, Łódź, Sienkiewicza 37 m. 6  
 Wyszowski Ludwik, Łódź, Lipowa 9  
 Zajaczkowski Władysław, Łódź, Południowa 40  
 Zamaida Tadeusz, Łódź, Mochnackiego 11/13  
 Zarzycki Czesław, Łódź, Mochnackiego 11/13  
 Złobych Józef, Sieradz, Armii Czerwonej 38  
 Zwanek Wiktor, Łódź, Piotrkowska 275 m. 40



# BIULETYN GŁÓWNEGO INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI

Rok V — nr 28

Warszawa, Al. Niepodległości 222

Marzec 1951 r

Zakład Trakcji Elektrycznej

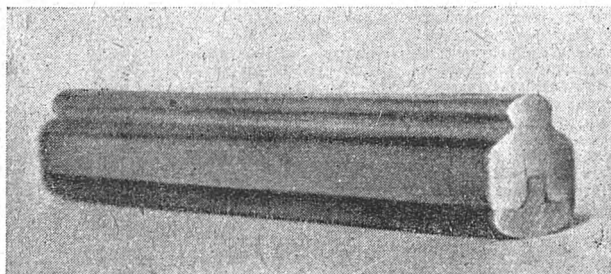
## STALOWO-ALUMINIOWY PRZEWÓD JEZDNY

W numerze 10 (52) Przeglądu Komunikacyjnego podano szereg informacji o przeprowadzanych przez Zakład Trakcji pracach nad stalowo-aluminiowym przewodem jezdny. Jest to jedno z zagadnień, badanych przez Zakład, dotyczących możliwości zastosowania w sieciach trakcyjnych materiałów zastępujących miedź.

W niniejszej notatce pragniemy podsumować zwięźle dotychczasowe osiągnięcia, uzyskane z doświadczalną próbką tego przewodu.

Po zakończeniu wstępnych prac badawczych i zaprojektowaniu typów przewodu stalowo-aluminiowego oraz próbnej produkcji laboratoryjnej wykonano w fabryce pierwszy doświadczalny odcinek przewodu dla sprawdzenia zaprojektowanych przez Zakład Obróbki Bezwiórowej GIM metod produkcyjnych. Do próbnej produkcji wybrano typ T-80/173, tj. przewód typu trolejbusowego o łącznym przekroju 173 mm<sup>2</sup>, odpowiadający pod względem elektrycznym 80 mm<sup>2</sup> przewodu miedzianego.

Pomimo trudności technicznych, dzięki wysiłkom robotników polskich, już na wiosnę rb. wyprodukowano ok. 4 500 m doświadczalnego przewodu. Rdzeń stalowy wykonano przez przeciąganie, rdzeń zaś aluminiowy i połączenie obu profili — przez walcowanie.



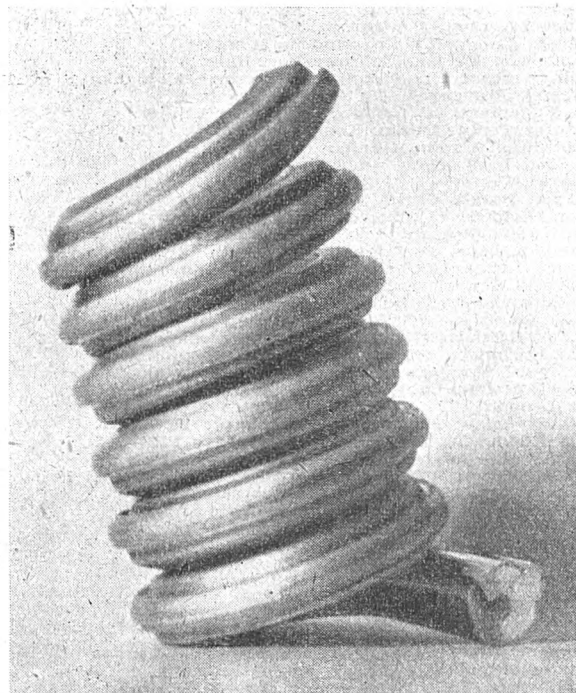
Rys. 1. Stalowo-aluminiowy przewód jezdny typu T-80/173

Wyprodukowany przewód (rys. 1) posiada własności techniczne, podane w tabl. I.

Podane wyżej własności niewiele różnią się od zaprojektowanych, z wyjątkiem zbyt dużej twardości rdzenia stalowego.

Przewód stalowo-aluminiowy T-80/173 poddano w laboratorium Zakładu dokładnym próbom i badaniom. Próby,

przeprowadzone zgodnie z „Projektem przepisów odbiorczych na stalowo-aluminiowe przewody jezdne“, opracowane przez Zakład, dały wyniki pomyślne.



Rys. 2. Próba stalowo-aluminiowego przewodu jezdny na zwijanie

Na zdjęciu (rys. 2) podany jest wynik jednej z takich prób. Duże trudności sprawiła nadmierna sprężystość rdzenia stalowego wynikająca ze stopnia jego utwardzenia. Powstała obawa, że montaż będzie skutkiem tego bardzo trudny, co też potwierdziła praktyka.

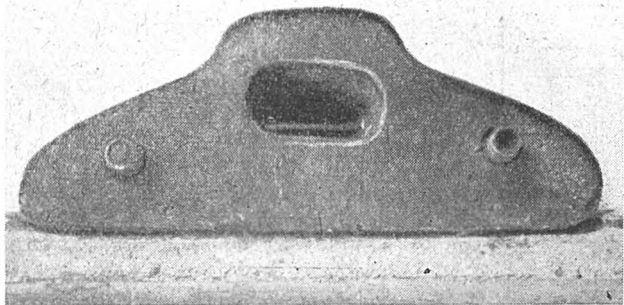
W dalszym ciągu przeprowadzono szereg badań laboratoryjnych. Z ciekawszych wyników należy wymienić następujące:

1. Siła spójności połączenia obu profili jest dostatecznie duża i wynosi 7,6 kg/mm b. Dla porównania zaznaczmy, że przewody produkcji niemieckiej mają siłę spójności o 50% mniejszą.

Tablica I. Charakterystyka doświadczalnego przewodu stalowo-aluminiowego T-80/173

	Rdzeń stalowy	Rdzeń aluminiowy	Przewód
Rodzaj materiału	stal O10	Al 99,4	—
Przekrój (mm <sup>2</sup> )	54	113	167
Ciężar właściwy (kg/dcm <sup>3</sup> )	7,85	2,7	—
Ciężar (kg/m)	0,424	0,304	0,728
Twardość °Brinella	122	34,3	—
Wytrzymałość na rozciąganie (kg/mm <sup>2</sup> )	42	12,5	22
Wydłużalność A <sub>10</sub> (%)	9,7	9	—
Współczynnik sprężystości wzdłużnej (kg/mm <sup>2</sup> )	19 150	ok. 6 500	ok. 11 000
Współczynnik rozszerzalności liniowej	ok. 11 · 10 <sup>-6</sup>	ok. 23,10 <sup>-6</sup>	ok. 16 · 10 <sup>-6</sup>
Oporność właściwa (Ω mm <sup>2</sup> /m)	0,132	0,029	0,038
Przewodność właściwa (m/Ω mm <sup>2</sup> )	7,5	34,7	26,0
Oporność 1 km przewodu (Ω)	2,45	0,253	0,229

2. Termiczne przesunięcia względne profili skutkiem różnicy ich współczynników rozszerzalności cieplnej są b. niewielkie i wynoszą przy ogrzaniu do 200° C ok. 0,3 mm tylko na krańcach 10-metrowego odcinka przewodu. Świadczy to o dobrym naprasowaniu rdzenia aluminiowego na stalowy.



Rys. 3. Sztuczna korozja przewodu stalowo-aluminiowego

3. Próby sztucznej korozji (rys. 3) dały wyniki gorsze niż dla przewodów produkcji niemieckiej. Tłumaczyć to można tym, że do przewodu T-80/173 użyto niezbyt czystego aluminium. Poza tym badane przewody produkcji niemieckiej miały utlenioną w czasie eksploatacji powierzchnię części aluminiowej, wskutek czego były bardziej odporne na korozję.

4. Laboracyjne badania ścieralności wykazały, że przewód stalowo-aluminiowy szczególnie dobrze współpracuje z odbierakiem węglowym. Zagadnienie ścieralności i współpracy z odbierakami metalowymi nie zostało jeszcze dostatecznie zbadane. Ścieralność przewodu stalowo-aluminiowego w warunkach laboratoryjnych nie jest na ogół większa niż przewodu miedzianego.

Na podstawie dotychczasowych badań laboratoryjnych i teoretycznych można wyprowadzić następujące wstępne wnioski:

1. Przewód stalowo-aluminiowy nadaje się do zastąpienia drutu miedzianego w sieciach jezdnych.

2. Montaż sieci jezdnej z przewodem stalowo-aluminiowym i jej utrzymanie jest trudniejsze niż w przypadku sieci z drutem miedzianym.

3. Zastosowanie przewodu stalowo-aluminiowego w płaskich sieciach tramwajowych i trolejbusowych nie wymaga zasadniczych zmian w konstrukcji sieci.

4. Nie należy spodziewać się większych zakłóceń ruchowych i eksploatacyjnych w sieciach z przewodem stalowo-aluminiowym.

5. Nie należy spodziewać się w normalnych warunkach eksploatacyjnych większej korozji atmosferycznej.

W okęgach o bardziej aktywnym powietrzu (tereny nadmorskie i przemysłowe, ruch mieszany na kolei) korozja atmosferyczna będzie miała prawdopodobnie silniejszy przebieg.

Dla sprawdzenia zachowywania się przewodu w warunkach eksploatacyjnych zastosowano go tytułem próby na kilku odcinkach doświadczalnych. W chwili bieżącej czynne są trzy odcinki doświadczalne z przewodem stalowo-aluminiowym produkcji krajowej:

1. Okrąg przemysłowy — linia tramwajowa; długość około 800 m; wzniesienie nieznaczne; dwa ostre łuki; częstotliwość ruchu: 58 przejść odbieraka dziennie.

2. Wybrzeże morskie — linia trolejbusowa; przewód stalowo-aluminiowy w biegunie ujemnym; długość około 700 m; wzniesienie jednostajne rzędu 10‰; odcinek prosty; częstotliwość ruchu znaczna.

3. Warszawa — linia trolejbusowa; przewód stalowo-aluminiowy w obu biegunach; długość około 500 m; odcinek prosty; częstotliwość ruchu znaczna.

Odcinki doświadczalne znajdują się w eksploatacji od jesieni 1950 r. Z nich odcinki 2 i 3 są włączone w sieć z przewodem miedzianym. Doychczasowe doświadczenia pozwalają stwierdzić dobrą pracę przewodu stalowo-aluminiowego.

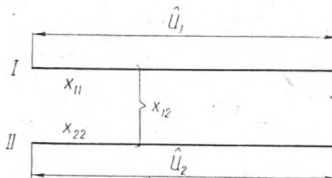
Zakład Trakcji będzie przeprowadzać w dalszym ciągu stałe obserwacje odcinków doświadczalnych, a uzyskane wyniki będą ogłoszone.

J. O.

Zakład Wielkich Mocy

## ODWZOROWYWANIE OPORNOŚCI LINII DWUTOROWYCH NA ANALIZATORZE PRĄDU STAŁEGO

Przy obliczaniu niesymetrycznych prądów zwarciovych na analizatorze prądu stałego Zakładu Wielkich Mocy GIEI natrafiono na pewne trudności w przypadkach odwzorowywania oporności dla składowej zerowej w specjalnych układach linii dwutorowych. Trudności te wynikają wskutek występowania oporności wzajemnej między torami linii dwutorowych.



Rys. 1

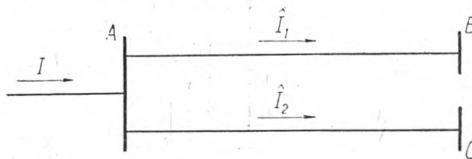
Rozpatrzmy linię dwutorową podaną na rys. 1. Oporności czynne pomijamy oraz zakładamy, że prądy we wszystkich gałęziach sieci (a więc i w torach rozpatrywanej linii) są ze sobą w fazie\*). Przyjmujemy oznaczenia (rys. 1):

- $x_{11}$  — indukcyjna oporność własna toru I,
- $x_{22}$  — indukcyjna oporność własna toru II,
- $x_{12}$  — oporność wzajemna torów I i II.

Zależności między stratami napięcia i prądami wyrażają równania (1):

$$(1) \begin{cases} \hat{U}_1 = j(\hat{I}_1 x_{11} + \hat{I}_2 x_{12}), \\ \hat{U}_2 = j(\hat{I}_2 x_{22} + \hat{I}_1 x_{12}). \end{cases}$$

W spotykanych w praktyce przypadkach tory linii dwutorowej posiadają najczęściej wspólne szyny zbiorcze na

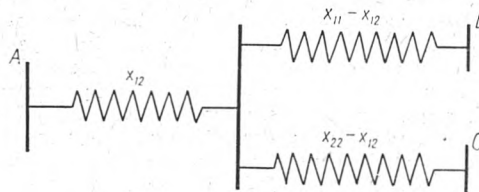


Rys. 2

obu względnie na jednym krańcu. W przypadku wspólnych szyn zbiorczych na jednym krańcu otrzymamy (rys. 2):

$$(2) \begin{cases} \hat{I} = \hat{I}_1 + \hat{I}_2, \\ \hat{U}_1 = j(\hat{I}_1 x_{11} + \hat{I}_2 x_{12} + \hat{I}_1 x_{12} - \hat{I}_2 x_{12}) = j\hat{I}_1(x_{11} - x_{12}) + j\hat{I}_2 x_{12}, \\ \hat{U}_2 = j(\hat{I}_2 x_{22} + \hat{I}_1 x_{12} + \hat{I}_2 x_{12} - \hat{I}_1 x_{12}) = j\hat{I}_2(x_{22} - x_{12}) + j\hat{I}_1 x_{12} \end{cases}$$

Na podstawie równań (2) otrzymujemy schemat zastępczy podany na rys. 3.



Rys. 3

W przypadku szyn zbiorczych na obu krańcach otrzymamy podobnie schemat podany na rys. 4a, który możemy uprościć do jednej oporności  $x$  (rys. 4b):

$$(3) \quad x = x_{12} + \frac{(x_{11} - x_{12}) \cdot (x_{22} - x_{12})}{x_{11} + x_{22} - 2x_{12}}$$

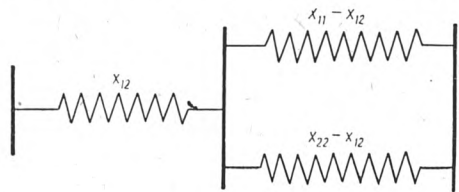
Gdy  $x_{11} = x_{22}$ , otrzymujemy:

$$(3') \quad x = \frac{1}{2}(x_{11} + x_{12})$$

\*) Założenia te zawsze robimy w praktycznych obliczeniach prądów zwarciovych.



We wszystkich podanych wzorach  $x_{11}$ ,  $x_{22}$ ,  $x_{12}$  należy rozumieć jako oporność dla składowej zgodnej (przeciwnej)



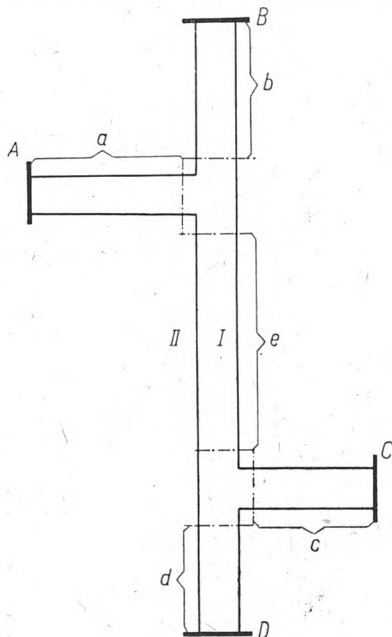
Rys. 4a

lub zerowej w zależności od tego, czy rozpatrujemy schemat składowej zgodnej (przeciwnej), czy zerowej.



Rys. 4b

W jednej z ekspertyz wykonywanych przez Zakład Wielkich Mocy spotkano się z przypadkiem, w którym krańce torów linii dwutorowej nie były ze sobą powiązane szyna-



Rys. 5

mi zbiorczymi (rys. 5, odcinek e), co często występuje w krajowej sieci 110-kilowoltowej. Odzworowanie oporności układu dla składowej zgodnej (przeciwnej) nie przedstawia tu poważniejszych trudności, ponieważ oporność wzajemna  $x_{12}$  dla składowej zgodnej (przeciwnej) jest mała w porównaniu z opornością  $x_{11}$  (stanowi około 5%  $x_{11}$ ) i w zagadnieniach praktycznych możemy ją pominąć dla wszystkich odcinków linii dwutorowej, bądź dla odcinka e. Schemat zastępczy układu (rys. 5) dla składowej zgodnej (przeciwnej) podano na rys. 6. Na tym rysunku oporności  $x_{11}$  i  $x_{22}$  ze znaczkami a, b, c, d oznaczają różnice odpowiednich oporności własnych i wzajemnych.  $x_{Ie}$  i  $x_{IIe}$  są określone równaniami (5), w których  $x_{11d}$ ,  $x_{22e}$  są opornościami własnymi torów, a  $x_{12e}$  — opornością wzajemną.

Zagadnienie komplikuje się przy odzworowywaniu układu dla składowej zerowej. W tym przypadku nie można pominąć oporności wzajemnej dla składowej zerowej  $x_{12}$  ( $x_{12} \approx 0,5 x_{11}$ ). Jeśli w rozpatrywanym układzie, którego część jest przedstawiona na rys. 5, składowa zerowa nie może dopływać z zewnętrznej sieci do szyn A i C\*) i jeśli nie rozpatrujemy zwarć na szynach A i C, a tylko na B i D, to i w tym przypadku możemy układ sprowadzić do jednej oporności łączącej szyny B i D.

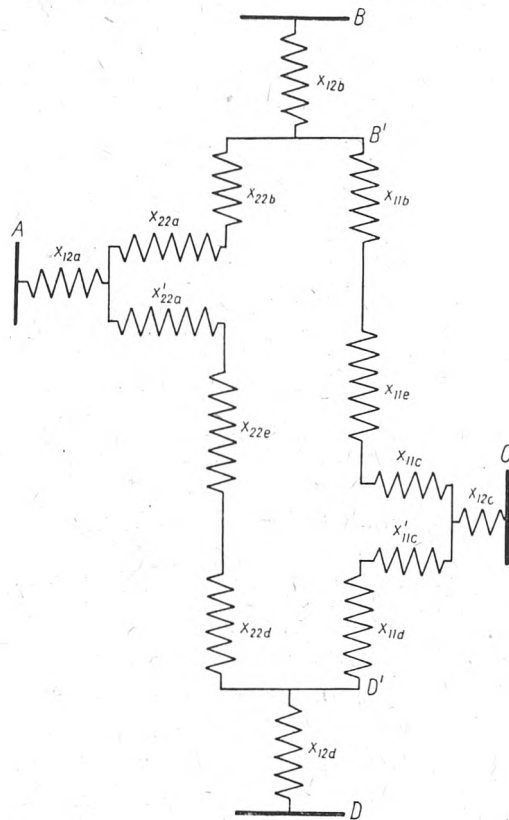
\*) Np. w A i C oporność dla składowej zerowej przyłączonych transformatorów jest nieskończenie wielka (np. transformatory w układzie Yd z niezziemionym punktem zerowym).

Napiszemy równania (1) dla odcinka e:

$$(4) \quad \begin{cases} \hat{U}_{Ie} = j(\hat{I}_1 x_{11e} + \hat{I}_2 x_{12e}), \\ \hat{U}_{IIe} = j(\hat{I}_2 x_{22e} + \hat{I}_1 x_{12e}). \end{cases}$$

Po przekształceniu otrzymamy:

$$(5) \quad \begin{cases} \frac{\hat{U}_{Ie}}{\hat{I}_1} = jx_{Ie} = j\left(x_{11e} + \frac{\hat{I}_2}{\hat{I}_1} x_{12e}\right), \\ \frac{\hat{U}_{IIe}}{\hat{I}_2} = jx_{IIe} = j\left(x_{22e} + \frac{\hat{I}_1}{\hat{I}_2} x_{12e}\right). \end{cases}$$

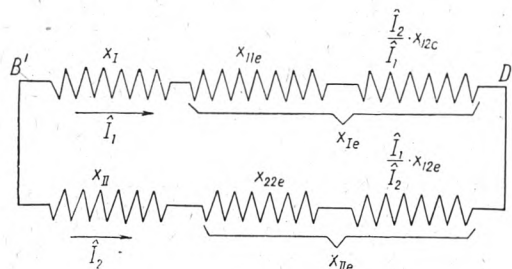


Rys. 6

Układ oporności między punktami B' i D' (rys. 6) można więc, po odpowiednich uproszczeniach, przedstawić w postaci podanej na rys. 7, gdzie  $x_{Ie}$  i  $x_{IIe}$  określają równania (5), a

$$(6) \quad \begin{cases} x_I = x_{11b} + x_{11c} + x'_{11c} + x_{11d}, \\ x_{II} = x_{22b} + x_{22a} + x'_{22a} + x_{22d}. \end{cases}$$

Oznaczając  $\frac{\hat{I}_2}{\hat{I}_1} = k^*$ , a oporności zastępcze torów I i II od-



Rys. 7

powiednio przez  $x_1$  i  $x_2$ , otrzymamy:

$$(7) \quad \begin{cases} x_1 = x_I + x_{11e} + k \cdot x_{12e}, \\ x_2 = x_{II} + x_{22e} + \frac{x_{12e}}{k}, \\ k = \frac{x_I}{x_2}. \end{cases}$$

\*) k jest liczbą rzeczywistą z uwagi na założoną zgodność faz wszystkich prądów w badanym układzie.

Z powyższego układu równań łatwo wyrugować  $k$  i w ten sposób określić poszukiwane oporności  $x_1$  i  $x_2$  w zależności od danych oporności własnych i wzajemnych poszczególnych odcinków linii:

$$(8) \begin{cases} x_1 = x_{I} + x_{11e} + \frac{x_{I} + x_{11e} - x_{12e}}{x_{II} + x_{22e} - x_{12e}} \cdot x_{12e}, \\ x_2 = x_{II} + x_{11e} + \frac{x_{II} + x_{22e} - x_{12e}}{x_{I} + x_{11e} - x_{12e}} \cdot x_{12e}, \\ k = \frac{x_{I} + x_{11e} - x_{12e}}{x_{II} + x_{22e} - x_{12e}}. \end{cases}$$

Rozpatrywany układ między punktami  $B'$  i  $D'$  możemy więc odwzorować opornościami określonymi równaniami (8). W ten sposób cały układ (między szynami  $B$  i  $D$ ) zastąpimy jedną opornością  $x$  (rys. 8):

$$(9) \quad x = x_{12b} + \frac{x_1 \cdot x_2}{x_1 + x_2} + x_{12d}.$$

Jeżeli składowa zerowa prądu może dopływać do szyn  $A$  i  $B$  (np. w  $A$  i  $B$  mamy transformatory z uziemionymi punktami zerowymi), to musimy uciekać się do innych sposobów odwzorowania układu; można zastosować tu zasadniczo dwa sposoby:

- 1) metodę kolejnych przybliżeń,
- 2) odwzorowanie za pomocą oporności ujemnych.

Metoda kolejnych przybliżeń. Jeśli założymy a priori stosunek  $\frac{\hat{I}_2}{\hat{I}_1} = k_0$ , to z równań (5) możemy wyznaczyć oporności  $x_{Ie}$  i  $x_{IIe}$ . Po zmontowaniu układu na analizatorze i odwzorowaniu wszystkich oporności łącznie z obliczonymi  $x_{Ie}$  i  $x_{IIe}$  wykonujemy pomiar prądów w torach linii dwutorowej. Pomierzone wartości  $I_2'$  i  $I_1'$  wyznaczają nowy stosunek  $\frac{I_2'}{I_1'} = k_1 \neq k_0$ , który pozwala

znowu obliczyć nowe wartości  $x_{Ie}$  i  $x_{IIe}$ . Po nastawieniu tych wartości na opornikach odwzorowujących rozpatrywaną linię mierzymy z kolei nowe wartości  $I_2''$  i  $I_1''$  i obliczamy ich stosunek  $k_2$ . Każdy więc pomiar jest punktem wyjścia pomiaru następnego. Kolejne pomiary wykonujemy póty, póki otrzymana z pomiaru wartość  $k_r$  nie będzie (praktycznie) równa wartości  $k_{r-1}$ , którą posłużyliśmy się do określenia oporności  $x_{Ie}$  i  $x_{IIe}$  dla danego pomiaru „ $r$ “:

$$k_r \cong k_{r-1}.$$

Otrzymane na drodze pomiaru wartości  $k_n$  wraz z wartością  $k_0$  (założoną) tworzą pewien ciąg. W przypadku, gdy ciąg ten jest zbieżny, metoda prowadzi do rozwiązania zagadnienia. O zbieżności ciągu wartości  $k_n$  decyduje zarówno postać funkcji wiążącej wyraz następny ciągu z poprzednim

$$(10) \quad k_{n+1} = \varphi(k_n),$$

jak i wybór pierwszego wyrazu  $k_0$ . Można udowodnić, że jeśli  $k_0$  leży w przedziale  $(a, b)$ , dla którego  $|\varphi'(k_n)| < 1$  i jeśli w tym przedziale leży wartość  $k_r$  będąca rozwiązaniem zagadnienia (granica ciągu), to kolejne zmierzone wartości  $k_n$  utworzą ciąg zbieżny. Uwagi powyższe są, oczywiście, tylko wyjaśnieniem zagadnienia. Zastosowanie ich jest praktycznie rzecz biorąc niemożliwe, ponieważ funkcja iterowana (10) z reguły jest nieznaną.

Dla ilustracji rozpatrzmy przykład już poprzednio omówiony (rys. 7), dla którego możemy podać funkcję (10), gdyż jest to przypadek szczególnie prosty. Wychodząc z równań strat napięcia (5), napisanych dla układu z rys. 7, względnie biorąc pod uwagę równania (7) otrzymamy:

$$(11) \begin{cases} k_{n+1} = \frac{k_n(x_I + x_{11e}) + k_n^2 x_{12e}}{k_n(x_{II} + x_{22e}) + x_{12e}}, \\ k_{n+1} = \frac{k_n \cdot x_a + k_n^2 x_c}{k_n \cdot x_b + x_c}, \end{cases}$$

gdzie

$$x_a = x_I + x_{11e}; \quad x_b = x_{II} + x_{22e}; \quad x_c = x_{12e}.$$

Różniczkując funkcję (11), otrzymamy:

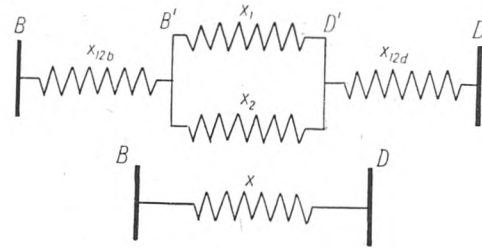
$$(12) \quad \frac{dk_{n+1}}{dk_n} = \varphi'(k_n) = \frac{k_n^2 x_b \cdot x_c + 2k_n x_c^2 + x_a \cdot x_c}{(k_n x_b + x_c)^2}$$

\*) Są to tzw. iteracje kolejnych rzędów funkcji  $\varphi$ .

z warunku  $|\varphi'(k_n)| < 1$  mamy:

$$(13) \quad k_0 > -\frac{x_c}{x_b} + \sqrt{\left(\frac{x_c}{x_b}\right)^2 + \frac{x_c}{x_b} \cdot \frac{x_a - x_c}{x_b - x_c}},$$

gdzie  $k_0$  — wartość stosunku  $\frac{\hat{I}_2}{\hat{I}_1}$  założona początkowo (pierwszy wyraz ciągu).



Rys. 8

Przykład (rys. 5 i rys. 7) rozwiążemy zakładając:

$$\begin{aligned} x_{12b} = 10 & \quad x_{22a} = 10 & \quad x_{12d} = 10 & \quad x_{11e} = 40 \\ x_{11b} = 10 & \quad x'_{22a} = 10 & \quad x_{11d} = 10 & \quad x_{22e} = 30 \\ x_{22b} = 5 & \quad x_{11c} = 20 & \quad x_{22d} = 5 & \quad x_{12e} = 20 \\ & \quad x'_{11c} = 20, \end{aligned}$$

skąd na podstawie zależności (6) i (11) otrzymamy:  $x_a = x_I + x_{11e} = 100$ ;  $x_b = x_{II} + x_{22e} = 60$ ;  $x_c = x_{12e} = 20$ . Wstawiając te wartości w równanie (8), otrzymamy:

$$(14) \quad k_r = \frac{100 - 20}{60 - 20} = 2.$$

Wyniki pomiarów wykonanych na analizatorze metodą kolejnych przybliżeń podano w tabl. Ia i Ib.

Tablica Ia

$k_n = \frac{\hat{I}_2}{\hat{I}_1}$	$x_{Ie} = 40 + k \cdot 20$	$x_{IIe} = 30 + \frac{20}{k}$	$I_1$	$I_2$	$k_{n+1}$
$k_0 = 0,5$	50	70	35,8	39,2	1,095
$k_1 = 1,095$	62	48	30,8	48,1	1,56
$k_2 = 1,56$	71	43	28,5	50,9	1,785
$k_3 = 1,785$	76	41	27,2	52,3	1,92
$k_4 = 1,92$	79	40	26,8	53,0	1,98
$k_5 = 1,98$	80	40	26,5	53,1	2,00
$k_6 = 2,00$	80	40			

Tablica Ib

$k_1 = \frac{\hat{I}_2}{\hat{I}_1}$	$x_{Ie} = 40 + k \cdot 20$	$x_{IIe} = 30 + \frac{20}{k}$	$I_1$	$I_2$	$k_{n+1}$
$k_0 = 3,5$	110	36	22,0	56,8	2,58
$k_1 = 2,58$	92	38	24,4	54,9	2,24
$k_2 = 2,24$	85	39	25,6	53,8	2,1
$k_3 = 2,1$	82	40	26,2	53,2	2,03
$k_4 = 2,03$	80	40	26,5	53,0	2,00
$k_5 = 2,00$	80	40			

Z wyników widzimy zgodność rozwiązania analitycznego z rozwiązaniem otrzymanym metodą kolejnych przybliżeń na drodze pomiarowej.

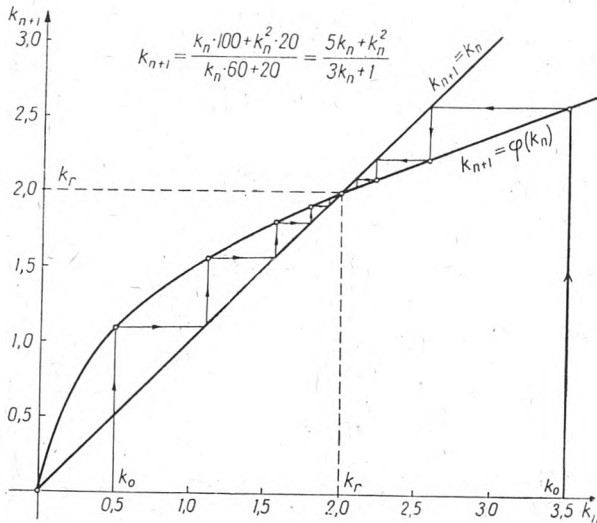
Określając warunek na  $k_0$  z równania (13) otrzymamy  $k_0 > 0,546$ . Należy zwrócić uwagę, że  $k_0$  w tabl. Ia ma wartość mniejszą od 0,546, a mimo to pomiary prowadzą do rozwiązania (otrzymuje się ciąg zbieżny wartości  $k_n$ ). Nie jest to sprzeczne z podanym powyżej twierdzeniem \*).

Zależność (11) i przebieg pomiarów są przedstawione na wykresie rys. 9. Z wykresu funkcji  $k_{n+1} = \varphi(k_n)$  dla oma-

\*) Warunek, żeby  $k_0$  leżało w przedziale  $(a, b)$ , wewnątrz którego  $|\varphi'(k_n)| < 1$ , jest wystarczającym warunkiem zbieżności ciągu  $k_n$ , ale nie koniecznym.



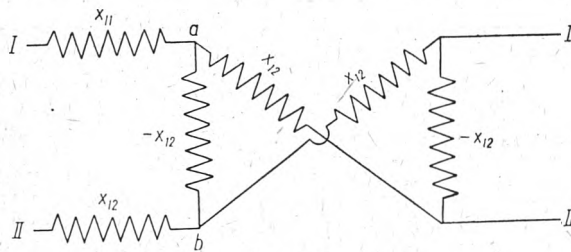
wianego przypadku widać, że ciąg iteracji (ciąg wartości  $k_n$ ) będzie zawsze zbieżny dla  $0 < k_0 < \infty$ .



Rys. 9

Należy jeszcze raz podkreślić, że w przypadku ogólnym nie możemy w praktyce określić analitycznie wartości  $k$ ,  $x_1$  i  $x_2$  w równaniach (7), ponieważ równania wiążące te wielkości są skomplikowaną funkcją oporności wszystkich elementów układu. W takich przypadkach metoda kolejnych przybliżeń jest najwłaściwsza, choć nie możemy wtedy określić również funkcji iterowanej (10), a więc i warunków zbieżności (13).

Odwzorowanie za pomocą oporności ujemnych. Linię dwutorową w przypadku ogólnym (rys. 1) można odwzorować za pomocą schematu, w którym występują oporności ujemne (rys. 10)\*). Ponieważ równa-



Rys. 10

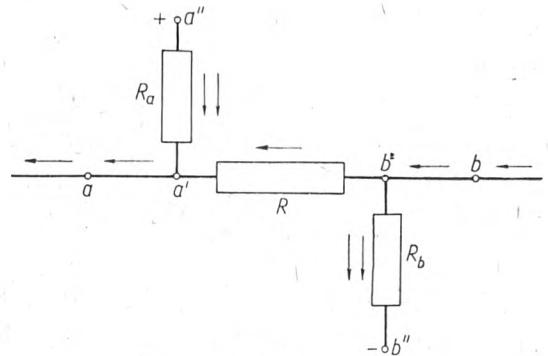
nia (1) są zawsze spełnione dla schematu z rys. 10, co łatwo sprawdzić pisząc odpowiedni układ równań Kirchhoffa, więc schemat ten odwzorowuje linię dwutorową.

Odwzorowanie oporności ujemnych na analizatorze w zasadzie jest proste, jednak praktycznie następuje poważne trudności. Niech opornością między punktami  $a$  i  $b$  będzie oporność  $-R$ , to znaczy

$$15) \quad U_{ab} = I(-R) = (-I)R.$$

\*) Ob. Campbell: „Cisoidal oscillations“ (AIEE, 1911, tom 30, str. 789-824).

Kierunek spadku napięcia jest więc przeciwny do kierunku prądu. Jak widać z prawej części równ. (15) układ z rys. 11 spełnia równanie (15), a więc zachowuje się tak, jakby między punkty  $a$  i  $b$  włączono oporność  $-R$ . Na analizatorze prądu stałego należy więc: 1) końcówki  $a''$  i  $b''$  przy-

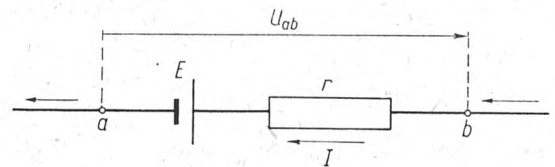


Rys. 11

łączyć do odpowiednich szyn zbiorczych analizatora lub 2) końcówki  $a''$  i  $b''$  przyłączyć do odpowiednich zacisków obcego źródła (np. akumulatora), a następnie tak regulować oporności  $R_a$  i  $R_b$  aby:

$$16) \quad I_{b'b''} = I_{a''a'} = \frac{1}{2} I_{a'b'}.$$

Osiągnięcie podwójnej równości (16) w przypadku 1) jest praktycznie bardzo trudne, wymaga bowiem regulo-



Rys. 12

wania oporności  $R_a$  i  $R_b$ . Trudność jest tym większa, że w schemacie (rys. 10) odwzorowujemy dwie oporności ujemne, a więc regulujemy cztery oporniki. W przypadku 2) lewa część równania (16) jest zawsze spełniona z uwagi na oddzielne źródło. Jeden z oporników  $R_a$  i  $R_b$  możemy nastawić dowolnie (np.  $R_a = 0$ ), a regulować tylko drugi ( $R_b$ ), ponieważ potencjał zacisków  $a$  i  $b$  względem szyny, np. ujemnej, w tym przypadku nie zależy od wartości  $R_a$  i  $R_b$ , a zależy tylko od prądu płynącego przez oporność  $R$ . Jednak i w tym przypadku regulacja jest uciążliwa i wymaga dużej straty czasu.

Oporność ujemną możemy również odwzorować wg schematu z rys. 12. Sposób ten wymaga pomiarów napięcia  $U_{ab}$  oraz prądu  $I$  i takiego regulowania oporności  $r$ , aby stosunek  $\frac{U_{ab}}{I}$  był równy oporności odwzorowywanej  $R$ .

Należy stwierdzić, że odwzorowywanie układu za pomocą oporności ujemnych jest znacznie trudniejsze i wymaga więcej czasu niż stosowanie metody kolejnych przybliżeń.

Inż. Stefan Bernas  
Inż. Andrzej Przytuński

