NAKŁAD 10000 EGZEMPLARZY CENA ZESZYTU ZŁ. 60.—

WIADOMOŚCI ELEKTROTECHNICZNE

CZASOPISMO DLA ELEKTRYKÓW—PRAKTYKÓW

Redaktor inż. el. Włodzimierz Kotelewski * Warszawa, Czackiego 3/5

ROK IX KWIECIEŃ 1949 ZESZYT 4

TREŚĆ ZESZYTU 4-go 1. UWAGI O GRZEJNICTWIE ELEKTRYCZNYM NA TLE TARGÓW POZNAŃSKICH. 2. KILKA UWAG O ELEKTROWNIACH WODNYCH. 3. ŁĄCZENIE PRZEWODÓW I KABLI ALUMINIOWYCH. 4. ROZDZIELNIE I PODSTACJE WYSOKIEGO NAPIĘCIA. 5. NARADA AKTYWU WSPÓŁZAWODNICTWA PRACY W PRZEMYŚLE ELEKTROTECHNICZNYM. 6. POPULARNA ELEKTROTECHNIKA. 7. NOWINY ELEKTROTECHNICZNE. 8. SKRZYNKA TECHNICZNA. 9. RACJONALIZACJA I USPRAWNIENIA TECHNICZNE W ENERGETYCE I W PRZEMYŚLE ELEKTROTECHNICZNYM.

Uwagi o grzejnictwie elektrycznym na tle Targów Poznańskich.

Inż. B. SOCHOR.

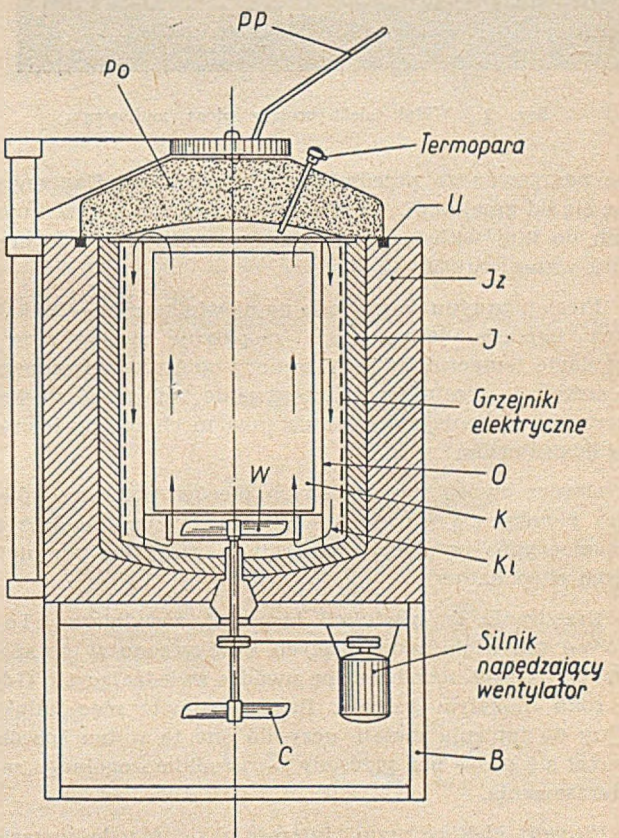
Tegoroczne Targi Poznańskie należy zaliczyć do udanych i to zarówno ze względu na dobór eksponatów jak i na ich rozmieszczenie — zwłaszcza w porównaniu z Targami w roku ubiegłym.

Tym niemniej zwiedzającemu, którego interesuje specjalnie tylko pewna dziedzina przemysłu, muszą się nasunąć uwagi odnośnie samego sposobu pokazania eksponatów, jak i ogólnych zagadnień przemysłowych. Pragnąłbym przedstawić przynajmniej w krótkim zakresie tego rodzaju uwagi z dziedziny **przemysłowego grzejnictwa elektrycznego.**

Muszę się zastrzec, że mowa będzie w danym wypadku jedynie o grzejnictwie przemysłowym. Żelazka, kuchenki i tym podobny sprzęt użytku domowego tylko w pojęciu ogółu wyczerpuje elektryczne urządzenia grzejne. Mniemanie to spotyka się niestety jeszcze nawet wśród elektryków, a jest ono oparte na powszechności zastosowania wymienionych wyżej przyrządów.

Tymczasem ciężar gatunkowy grzejnictwa spoczywa gdzie indziej, mianowicie na produkcji i użyciu elektrycznych urządzeń grzejnych do celów metalurgicznych, dla obróbki cieplnej metali i całego szeregu zastosowań w innych gałęziach przemysłu. Elektryczne urządzenia grzejne przemysłowe, jakkolwiek ilościowo pozostają znacznie w tyle za grzejnictwem domowym, to jednak wybijają się na plan pierwszy zarówno ważnością swą w gospodarce przemysłowej, jak i wielkością pobieranej mocy.

Na tegorocznych Targach Poznańskich widzieliśmy **piec** do temperatury 750° C z przymusowym obiegiem powietrza, którego przekrój pokazany jest na rys. 1. Piec ten o mocy nominalnej 15 kW, na napięcie 3 × 380 V służy do równomiernego nagrzewania wyrobów metalo-



Rys. 1. Schematyczny przekrój pieca elektrycznego do 750° C z przymusowym obiegiem powietrza.

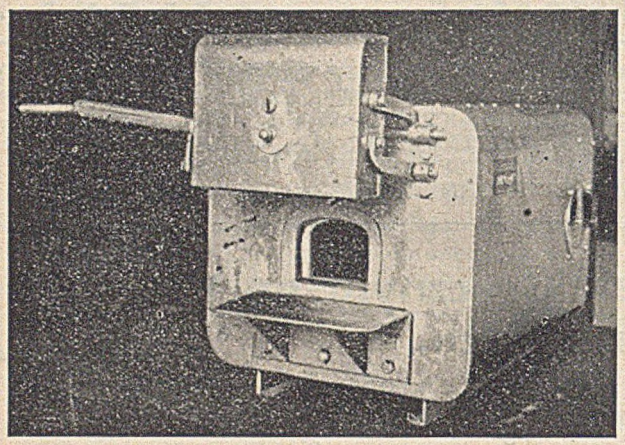
Objaśnienie: **PP** — dźwignia do unoszenia pokrywy, **Po** — pokrywa, **U** — uszczelnienie pokrywy, **Jz** — izolacja cieplna, **J** — izolacja szamotowa, **O** — osłona z blachy żaroodpornej. **K** — kocioł z blachy żaroodpornej, **Ki** — kierunek obiegu powietrza, **W** — wentylator wewnętrzny, **B** — konstrukcja wsporcza pieca.

OD REDAKCJI.

Niniejszy zeszyt „Wiadomości Elektrotechnicznych" wydajemy w powiększonej objętości (28 stron), wyrównywując w ten sposób brakujące 4 strony podwójnego zeszytu 2/3—49 r.

wych (np. tłoków do silników spalinowych). Obieg powietrza powodowany wentylatorem **w** sprawia, że temperatura jest całkowicie wyrównana. Temperatura tego rodzaju pieców regulowana jest samoczynnie przez odpowiedni przyrząd. Zasilanie grzejników elektrycznych **g** oraz wentylatora **w** uzależnione jest od położenia pokrywy **Po** zamykającej piec.

Na rys. 2 widoczny jest elektryczny piec muflowy z grzejnikami nawiniętymi na zewnętrznej powierzchni mufli szamotowej, co uniemożliwia zetknięcie



Rys. 2. Widok elektrycznego pieca muflowego.

się nagrzewanego przedmiotu z grzejnikami. Nagrzewając się od grzejników, mufla oddaje swe ciepło przedmiotom do niej wkładanym. Najwyższa osiągalna temperatura wynosi tu 950° C.

Piece tego typu ze względu na niewielką moc — 2,5 kW, oraz napięcie jednofazowe zaopatruje się w ręczną regulację temperatury przy pomocy opornika włączonego w szereg do grzejników. Zastosowanie tych pieców ogranicza się do mniejszych warsztatów mechanicznych oraz do laboratoriów.

Oprócz dwóch wspomnianych pieców, pokazano również elektryczną suszarkę laboratoryjną do 250° C z samoczynną regulacją temperatury oraz kilka pomniejszych eksponatów.

Urządzenia te, produkcji krajowej, zasadniczo ciekawe dla wielu zwiedzających, umieszczono w ten sposób, że na ogół uchodziły one uwadze zwiedzających. Gdy w roku ubiegłym jedna z firm wystawiła piec indukcyjny do topienia metali, uczyniła ona to w ten sposób, że stał się on — bez przesady — ośrodkiem ogólnego zainteresowania.

Piecami elektrycznymi interesuje się przede wszystkim mechanik, jako narzędziem pracy. Elektryka — poza niewielką grupą specjalistów — urządzenia te specjalnie nie pociągają. Toteż, chcąc, by eksponaty z tej dziedziny budziły zainteresowanie, Zarząd Wystawy znaleźć musi lepszy sposób podejścia do zagadnienia. Również brak wyczerpujących wyjaśnień, nawet chociażby w formie katalogu, sprawia, że eksponaty nie dają efektu, jaki dawać powinny.

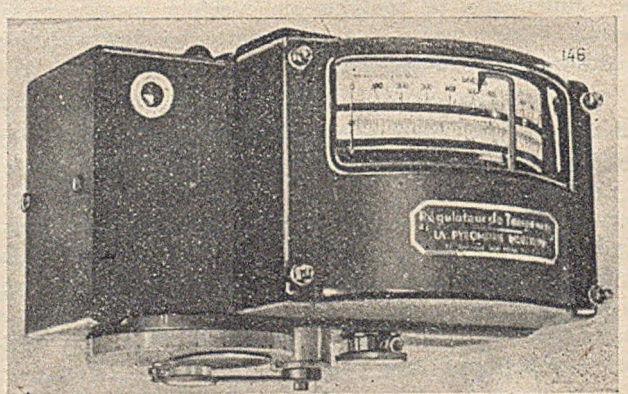
Grzejnictwo opiera się na materiałach specjalnych. w dziale hutniczym widzieliśmy blachę żaroodporną, materiał podstawowy w dziedzinie grzejnictwa, której jakość stanowi o trwałości budowanych pieców. Pokazane kształtki szamotowe do grzejników elektrycznych wykazywały niestety duże zanieczyszczenia tlenkami żelaza, co ujemnie wpływa na trwałość grzejników i zwiększa prąd upływu. Przemysł prywatny zamieścił drobne kształtki szamotowe dla grzejnictwa, jak płytki do kuchenek, przepusty itp.

Interesująco przedstawiał się dział oporów grzejnych szwedzkiej firmy Kanthal, która pokazała poza tym sposób murowania pieców elektrycznych specjalnymi kształtkami szamotowymi. Kształtki te umożliwiają wykonanie różnych wymurowań, co upraszcza znacznie liczbę stosowanych typów kształtek, zmniejszając tym samym koszty produkcji.

Dział elektrycznych przyrządów pomiarowych i regulujących temperaturę reprezentowała firma La Pyrometrie Industrielle. Aparaty pierwsze nie odbiegają od znanych u nas powszechnie termometrów oporowych oraz termometrów z ogniwami termoelektrycznymi takich, jak np. Hartmann & Braun. Aparaty francuskie przedstawiają odmienne rozwiązanie. Ciekawe rozwiązanie ma programowy regulator temperatury, pokazany na rys. 3, umożliwiający zmianę temperatury w piecu wg z góry określonego przebiegu. Krzywka odpowiednio dobrana, obracając się podobnie jak wskazówka w elektrycznym zegarze, przestawia mechanizm warunkujący wysokość regulowanej temperatury.

Regulatory obu wspomnianych firm kontrolują na drodze mechanicznej położenie wskazówki miliwoltomierza zasilanego z ogniwa termostatycznego, — tak, jak to ma miejsce we wszystkich tego rodzaju aparatach starego typu. Dziś ten sposób zaczyna być zastępowany przez układ z lampą elektronową, co znacznie upraszcza budowę regulatora.

Firma Philips pokazała sposób suszenia przy pomocy lamp o promieniach podczerwonych oraz generator wielkiej częstotliwości do zasilania urządzeń grzejnych. Szkoda jednak, że generator ten nie był uruchomiony, jak to miało miejsce w roku ubiegłym, kiedy mieliśmy możność oglądania nagrzewania sklejek z drewna.



Rys. 3. Programowy regulator temperatury.

Szkoda również, że nie dołożono starań, by zwiedzający mógł otrzymać bardziej wyczerpujące informacje techniczne. Wystawcy nie powinni okazywać braku zainteresowania dla zwiedzających, nawet o ile trudności dewizowe nie sprzyjają zbyt łatwym i szybkim transakcjom handlowym.

Generatory lampowe do nagrzewania pojemnościowego pokazała również szwajcarska firma Brown, Boveri & Co.

W pawilonie ZSRR pokazano piecyki laboratoryjne oporowe do 1200° C, aparaturę pomiarową oraz aparaturę do regulacji temperatury, jak również wyroby azbestowe, tak cenne w technice grzejnej.

Kilka tych skromnych pozycji wyczerpuje zakres grzejnictwa przemysłowego na Targach Poznańskich. Nie znaczy to jednak, że grzejnictwo przemysłowe nie rozwija się u nas w kraju. Jakkolwiek rozwój ten jest trudny, gdyż brak nie tylko sił fachowych, lecz nawet poniekąd zrozumienia dla ważności tego działu w gospodarce przemysłowej, — postępujemy w tej dziedzinie stale naprzód.

Utworzenie Instytutu Elektrotermii, wprowadzenie wykładów z grzejnictwa na Wydziałach Elektrycznych Politechnik i Szkół Inżynierskich są dużym krokiem naprzód w kierunku szkolenia elektryków. Dalszy jednak rozwój grzejnictwa zależeć będzie w wielkiej mierze od nacisku ze strony przemysłu metalowego, przejawiającego się w żądaniu coraz lepszych i nowocześniejszych urządzeń. Przemysł metalowy, jako odbiorca urządzeń grzejnych, będzie siłą faktu dyktował kierunek rozwoju tych urządzeń.

Na razie wysiłki w dziedzinie budowy urządzeń grzejnych są rozdrobnione. Jedyna tego rodzaju w Polsce fabryka nie jest w stanie podołać zapotrzebowaniom, ani pod względem ilości, ani też zakresu produkcji. Toteż cały szereg problemów jest rozwiązywanych poza nią. Stanowi to stratę w pojęciu ogólno-krajowym, gdyż zdobywane w ten sposób doświadczenie nie jest w pełni wykorzystywane. Przykładem mogą być prace inżynierów w Zakładach dawn. H. Cegielski w Poznaniu, które doprowadziły do wykonania i uruchomienia urządzeń wielkiej częstotliwości do hartowania powierzchniowego, a które nie są przecież, jak dotychczas, wykorzystane w skali całego naszego przemysłu.

Szereg prac nowych z dziedziny grzejnictwa wykonuje się stale. Tak, jak Fabryka Przyrządów Pomiarowych przygotowuje produkcję regulatora temperatury z kontrolą położenia wskazówki w układzie z lampą elektronową, tak Fabryka Grzejnictwa Przemysłowego pracuje nad nowymi typami pieców oporowych węglowych na temperaturę do 2000° C oraz nad piecami indukcyjnymi wielkiej częstotliwości do topienia metali.

Na Targach Poznańskich nasz przemysł metalowy zamieścił wyniki badań nad hartowaniem powierzchniowym, uzyskane we wspomnianych wyżej zakładach, zaś przemysł czechosłowacki zamieścił w specjalnym numerze „Sveta v obrazach“ ciekawą wzmiankę o rozwoju w Czechosłowacji produkcji urządzeń grzejnych wielkiej częstotliwości systemu STIVIN. Czytamy tam między innymi:

„Zjednoczone Fabryki ..... włączyły do swego planu produkcyjnego ..... również maszyny do ogrzewania prądami wielkiej częstotliwości. Zastosowanie energii elektrycznej przy obróbce termicznej różnych materiałów systemem wysokofrekwencyjnym, przy którym ciepło powstaje wewnątrz ogrzewanego materiału, stanowi wielkie udogodnienie dla produkcji przemysłowej ..... Systematyczne badania w tej dziedzinie doprowadziły już do takich rezultatów, że w niedługim czasie liczyć się należy z szerokim zastosowaniem tego systemu nie tylko w produkcji metalowej, ale również przy ogrzewaniu i suszeniu sztucznych tworzyw, drzewa, dehydracji i sterylizacji środków spożywczych, wulkanizacji kauczuku i w wielu innych wypadkach, w których kładzie się nacisk na przyśpieszenie produkcji i podwyższenie jakości produktów przez ścisłe przytrzymywanie się przewidzianego z góry procesu wytwórczego“.

Kilka uwag o elektrowniach wodnych.

Inż. TADEUSZ WINIARSKI.

Elektrownie przy zaporach i jazach.

Uwagi ogólne.

Elektryfikacja szerokich terenów w poszczególnych krajach umożliwiła pełne wykorzystanie jednego z podstawowych źródeł energii — wody.

Nie wszędzie bowiem tam, gdzie woda jest do dyspozycji, można ją bezpośrednio wykorzystywać do napędu maszyn roboczych — chociażby nawet młynów. Zamieniając natomiast energię mechaniczną turbin wodnych — przy pomocy prądnic (generatorów) — na energię elektryczną, możemy przesłać ją tam, gdzie istnieje na nią zapotrzebowanie, a tym samym w pełni ją wykorzystać.

Moc wytwarzana przez wodę stanowi iloczyn każdorazowego przepływu Q w m³/sek. przez odpowiedni spadek h w metrach:

$$P_w = 1000 \cdot Q \cdot h \ \left(^{kgm}/_{sek}\right)$$

Aby wykorzystać energię wody do napędu turbin, a tym samym do wytworzenia energii elektrycznej, konieczne jest — jak widzimy — uzyskanie w **jednym miejscu** odpowiedniego spadku, który zazwyczaj jest rozłożony na dłuższej przestrzeni.

Żądany spadek wody możemy uzyskać przez:

1) **spiętrzenie** wody za pomocą **zapory** lub **jazu** ustawionego na rzece;
2) prowadzenie wody **kanałem** po linii znacznie krótszej, niż koryto rzeki, oraz przez
3) skierowanie wody za pomocą kanałów, zamków i rurociągów **ze zbiorników** położonych **na wyżynach** do turbin ustawionych na dole.

Wszystkie powyższe rodzaje elektrowni wodnych omówimy po kolei.

Zapory.

Zapora jest to budowla powodująca spiętrzenie wody, która zalewa dolinę, tworząc w ten sposób **sztuczne jezioro** (zbiornik).

Przy małych spiętrzeniach (do kilku metrów) zapory wykonywa się w postaci nasypu ziemnego. Przy większych natomiast spiętrzeniach buduje się:

a) zapory masywne w postaci muru wzniesionego z bloków kamiennych;

b) zapory sklepione w kierunku ciśnienia spiętrzonej wody oraz

c) zapory wykonane ze ścianek żelazo-betonowych (pustych wewnątrz).

Zapora wraz ze zbiornikiem wody (jeziorem) stanowi najbardziej kosztowną część zakładu wodno-elektrycznego, a to zarówno ze względu na duże koszty budowy samej zapory, jak i z uwagi na konieczność wy-

siedlania ludności zamieszkującej dolinę oraz na demontaż zakładów przemysłowych na terenach, które mają ulec zalaniu wodą.

Zapora wraz ze zbiornikiem może mieć w zasadzie kilka zadań do spełnienia, a mianowicie:

a) ochronę przeciwpowodziową;
b) poprawienie spławności rzeki oraz
c) dostarczenie energii elektrycznej.

Zadania te kolejno poruszymy.

Ochrona przeciwpowodziowa.

Zbiornik może służyć albo wyłącznie do ochrony przeciwpowodziowej okolicznych terenów, albo też do ochrony przeciwpowodziowej i zarazem do wytwarzania energii elektrycznej.

W przypadku pierwszym zbiornik napełniany jest tylko w okresie powodzi; poza tym jest on próżny.

W przypadku drugim przetrzymujemy w zbiorniku dla celów energetycznych pewną określoną ilość wody, równą np. połowie jego pojemności. Pozostała część zbiornika napełniana jest tylko w okresie powodzi. „Powodziowa" ta woda zostaje następnie możliwie szybko wypuszczona ze zbiornika, ale w takiej tylko ilości, która nie spowoduje zniszczeń poniżej zapory. Z chwilą, gdy poziom wody w zbiorniku obniży się do przepisanej wysokości, pozostałą w zbiorniku wodę zużywa się już tylko do celów energetycznych.

Poprawienie spławności rzeki.

W zbiorniku gromadzi się wodę w okresie opadów, a wypuszcza — w okresie, gdy niski stan wody w rzece poniżej zapory uniemożliwia ruch statków.

Elektrownia wodna pracująca na tego rodzaju zbiorniku uzależniona jest w swej pracy od kierownictwa dróg wodnych, które decyduje o każdorazowym wypuszczeniu wody ze zbiornika.

Dostarczanie energii elektrycznej.

W zbiorniku gromadzona jest w tym wypadku woda zarówno w okresie opadów, jak i w czasie, gdy zapotrzebowanie na energię elektryczną jest niewielkie. W okresach zwiększonego zapotrzebowania na energię elektryczną energia potencjalna nagromadzonej wody przetworzona zostaje za pomocą turbin wodnych na energię mechaniczną. Napędzane przez turbiny prądnice zamieniają energię mechaniczną na energię elektryczną.

Zbiornik wodny stanowi zatem naturalny akumulator energii.

Zależnie od wielkości zbiornik wody może wystarczyć tylko do wyrównywania dziennego zapotrzebowania energii. Wówczas gromadzi on wodę w okresie zmniejszonego zapotrzebowania na energię elektryczną (głównie w nocy), oddaje zaś ją poprzez zespoły w okresie zwiększonego zapotrzebowania, a więc w tzw. szczycie — głównie na ogół wieczorem, a w okręgach przemysłowych również w szczycie rannym, tj. gdy większość zakładów przemysłowych pracuje.

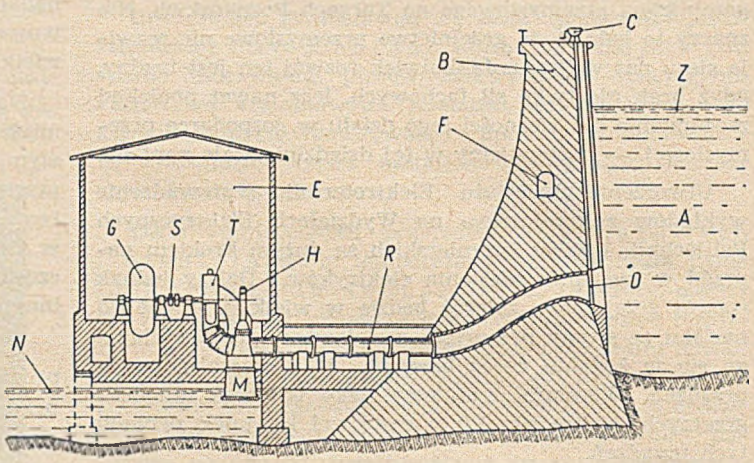
Zbiornik taki nosi nazwę **zbiornika z wyrównaniem dziennym.**

Zbiorniki z wyrównaniem tygodniowym gromadzą głównie nadmiar wody w soboty i niedziele.

Zbiorniki wyrównawcze sezonowe gromadzą wodę w przeciągu dłuższych okresów czasu — np. wodę wiosenną.

O ile wreszcie zbiornik ma na celu gromadzenie wody w ciągu całego roku — mamy do czynienia ze zbiornikiem wyrównawczym rocznym.

Ze zbiornika **A** woda wypływa rurociągami **R** i wpada do turbiny **T** (rys. 1), gdzie zamienia swą energię potencjalną na energię ruchu obrotowego. W wypadku konieczności wypuszczania większej ilości wody (np. w obawie przed zbytnim spiętrzeniem wody w okresie fali powodziowej) wodę wypuszcza się jeszcze dodatkowo — z pominięciem turbin — przez kanały upustowe u stopy zapory. Kanały te (nie pokazane na rys. 1) zamknięte są normalnie zasuwami.



Rys. 1. Elektrownia zasilana wodą ze zbiornika wyrównawczego rocznego.
A — zbiornik, **Z** — górne zwierciadło wody, **B** — zapora, **C** — napęd zasuwy, **D** — zasuwa, **R** — rurociąg, **F** — tunel ochronny, **E** — elektrownia, **H** — zasuwa, **T** — turbina, **S** — sprzęgło, **G** — generator synchroniczny, **M** — rura ssąca, **N** — dolne zwierciadło rzeki.

W wypadku katastrofalnej fali powodziowej, gdy przepustowość turbin i kanałów upustowych nie wystarcza, woda ze zbiornika odpływa tzw. przelewem, który znajduje się poniżej korony zapory.

Elektrownie umieszczone przy sztucznych jeziorach (zbiornikach) nazywamy elektrowniami zbiornikowymi. Pokazana więc schematycznie na rys. 1 elektrownia jest elektrownią zbiornikową.

Zmiana adresu Redakcji i Administracji

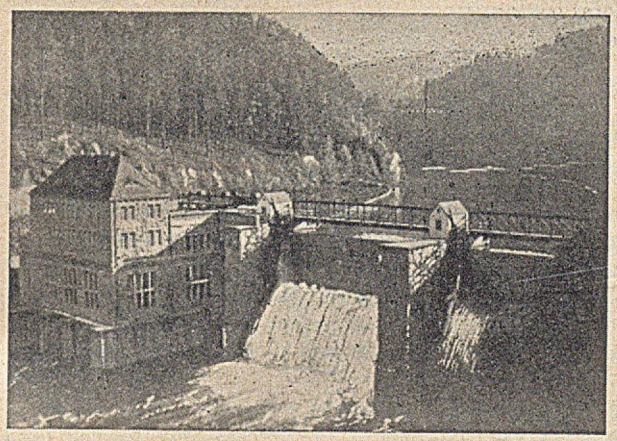
„WIADOMOŚCI ELEKTROTECHNICZNE"

Nowy adres Redakcji i Administracji „Wiadomości Elektrotechniczne" brzmi:

WARSZAWA, UL. CZACKIEGO 3/5.

Jazy.

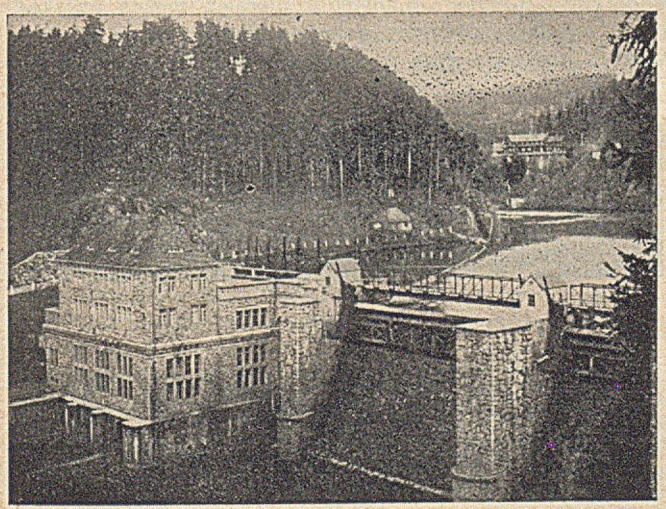
Jaz jest to budowla spiętrzająca wodę w brzegach koryta rzeki. Jaz służy tylko do celów związanych z wytwarzaniem energii elektrycznej, bez możliwości gromadzenia wody; spiętrza on tylko wodę do żądanej wysokości i doprowadza ją do turbin.



Rys. 2. Wypuszczanie nadmiaru wody dolnym sektorem przez jaz.

O ile ilość wody dopływającej do jazu jest niewielka, elektrownia jest niewykorzystana — to znaczy, że nie wszystkie jednostki zainstalowane w elektrowni mogą pracować, albo też, że pracują one przy mocy mniejszej od normalnej.

Dawniej budowano tzw. jazy stałe. Ewentualny nadmiar wody w okresach dużych opadów, względnie

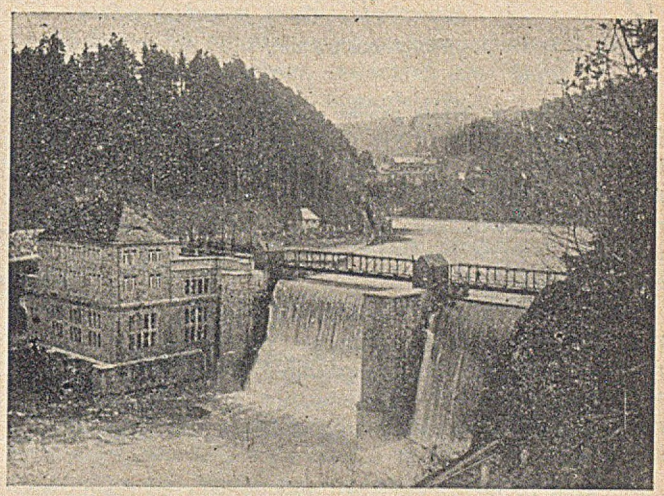


Rys. 3. Widok elektrowni przepływowej oraz jazu sektorowego.

w okresie topnienia śniegu, przelewał się przez koronę takiego jazu. Stanowiło to stratę, gdyż woda ta nie była wykorzystana. Dziś wyposaża się jazy w specjalne urządzenia — tzw. upusty i przelewy, przez które można wypuścić nadmiar wody względnie lód.

Upusty i przelewy jazów zamyka się:

1. zasuwami drewnianymi lub blaszanymi — pojedyńczymi względnie dzielonymi. Zasuwa pojedyńcza (niedzielona) podnosi się do góry. Zasuwa dzielona składa się przeważnie z dwóch części; część dolna podnosi się do góry i umożliwia wypłukanie z przed jazu piasku i żwiru; zasuwa górna opuszcza się w dół, ułatwiając spływ wody względnie lodu;
2. walcami o średnicy odpowiadającej spadowi; zasuwy te toczą się w górę lub w dół napędzane przez koła zębate i zębatki;
3. sektorami umocowanymi obrotowo, które można podnosić lub opuszczać w celu przelania nadmiaru wody. Na rys. 2 pokazane jest wypuszczanie nadmiaru wody dolnym sektorem przez jaz sektorowy.



Rys. 4. Nadmiar wody przepuszczany przez jaz sektorowy.

Wszystkie te urządzenia zamykające się są z reguły napędzane elektrycznie; ewentualny napęd ręczny stanowi rezerwę.

Elektrownie wodne ustawione przy jazach noszą nazwę elektrowni przepływowych. Na rys 3 pokazana jest elektrownia przepływowa oraz jaz sektorowy, zaś na rys. 4 widzimy przepuszczanie nadmiaru wody w tejże Elektrowni przez jaz sektorowy.

(Ciąg dalszy nastąpi)

Zachęcajcie znajomych

ELEKTRYKÓW
i ENERGETYKÓW

do prenumerowania

„WIADOMOŚCI ELEKTROTECHNICZNYCH"

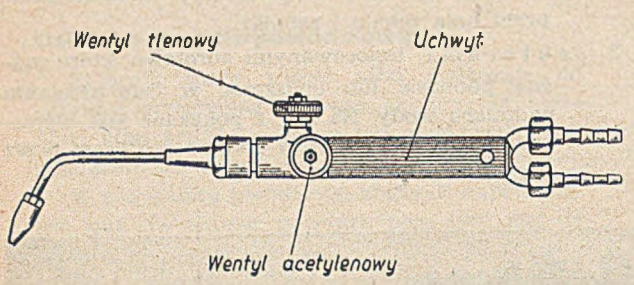
Łączenie przewodów i kabli aluminiowych.

Inż. STANISŁAW BLADOWSKI.

Palniki.

(Ciąg dalszy).

Palniki dla płomienia gazowego acetyleno-tlenowego oraz wodoro-tlenowego posiadają w rękojeści przestrzeń, w której gazy mieszają się i zmieszane razem uchodzą dyszą na zewnątrz, gdzie zostają zapalone (rys. 18). Pal-



Rys. 18. Widok palnika acetyleno-tlenowego.

nik posiada dwa wentyle umożliwiające niezależne otwieranie i regulację dopływu obu gazów. Przy rozpoczęciu spawania należy wpierw otworzyć przewód tlenowy, a następnie dopływ acetylenu. Przy gaszeniu płomienia postępuje się odwrotnie.

W zasadzie palniki stosowane do spawania żył kabli aluminiowych nie różnią się od palników używanych do spawania stali. Celowym jest stosowanie do spawania żył aluminiowych palników podwójnych, które ułatwiają pracę spawacza.

Przy spawaniu aluminium płomieniem acetyleno-wodorowym należy wybrać dyszę o jeden numer mniejszą, niż dla spawana stali. Natomiast dla płomienia wodoro-tlenowego można stosować ten sam wymiar dysz co i dla stali.

Dla palników wodoro-tlenowych zaleca się następujące wymiary znormalizowanych dysz:

dla żył o przekroju do 120 mm² wymiar dyszy palnika nr 2;

dla żył o przekroju 150 do 240 mm² wymiar dyszy palnika nr 3;

dla żył o przekroju 300 do 400 mm² wymiar dyszy palnika nr 4.

Przy stosowaniu palników dla paliw płynnych (np. aparatów Fernholza) wymiary dysz palników powinny być następujące:

Przekrój żyły aluminiowej	Nr dyszy dla palnika AEG FERNHOLZ
35— 95 mm²	1—2
120—150 mm²	2—4
185—240 mm²	4—6
ponad 240 mm²	6—8

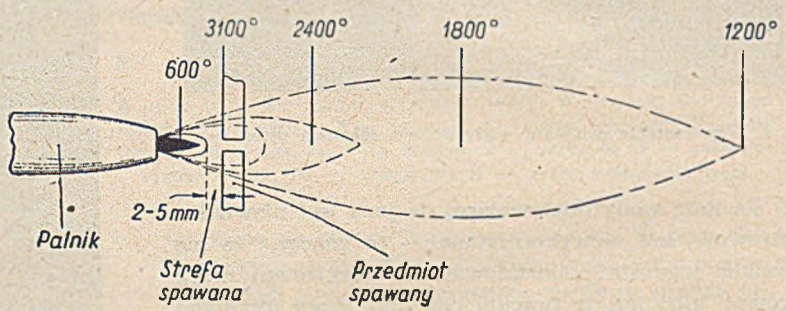
Odległość wylotu dysz w palnikach podwójnych wynosi ok. 60 mm i może być nastawiana przeważnie w granicach od 40 do 80 mm.

Wygląd płomienia spawalniczego.

W płomieniu palnika spawalniczego acetylen łączy się z tlenem i spala się na dwutlenek węgla oraz na parę wodną. Wygląd normalnego płomienia acetyleno-tlenowego oraz rozkład temperatury przedstawia rys. 19.

Płomień acetyleno-tlenowy składa się z ciemno-niebieskiego stożka wewnętrznego, silnie świecącej białej części środkowej oraz słabo świecącej niebieskawej części zewnętrznej płomienia. Najwyższa temperatura płomienia panuje w odległości 2 do 5 mm od zewnętrznej krawędzi części silnie świecącej; tu powinny znajdować się metale, które mają być spawane. Przy niedoborze tlenu a nadmiarze acetylenu część wewnętrzna ciemno-niebieska zanika, zaś silnie świecący stożek płomienia staje się większy.

Spawanie aluminium tym się różni od spawania innych metali (np. stali), że — dla uniknięcia utlenienia — spawa się je zawsze płomieniem zawierającym nadmiar acetylenu lub wodoru przy niedomiarze tlenu.



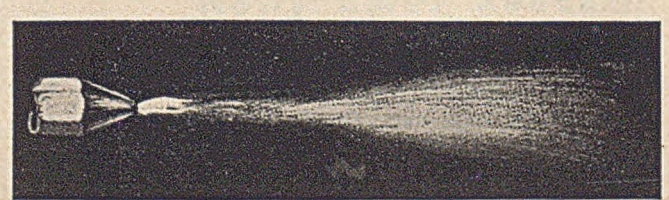
Rys. 19. Rozkład temperatury w płomieniu acetyleno-tlenowym.

Wygląd płomienia przy nadmiarze i braku paliwa przedstawia rys. 20.

W czasie spawania aluminium płomień musi się palić spokojnie i równo. Odpowiedni płomień można uzyskać przez regulację dopływu gazu do palnika przy pomocy wentyli umieszczonych w rękojeści palnika.

a. Prawidłowy wygląd płomienia.

b. Wygląd płomienia przy braku paliwa.



c. Wygląd płomienia przy nadmiarze paliwa.

Rys. 20. Różne rodzaje wyglądu płomienia wytwarzanego przez palnik acetyleno-tlenowy.

Druty spawalnicze i topniki.

Przy spawaniu żył aluminiowych płomieniem w miejscu łączenia dodaje się aluminium przez topienie aluminiowego drutu spawalniczego. Drut spawalniczy powinien zawierać czyste aluminium. Przy spawaniu kabli aluminiowych używa się odpadków żył aluminiowych kabla, dokładnie oczyszczonych z oleju impregnacyjnego. Dobre spawy można uzyskać szczególnie wówczas, gdy aluminiowy drut spawalniczy zawiera nieznaczne dodatki tytanu. Średnica drutu spawalniczego zależy od ilości aluminium, jakie ma być dodane do spoiny. W miejscu spojenia tworzy się ze stopionego drutu nadlewek, w którym mają się gromadzić tlenki aluminium powstałe przy spawaniu. Nadlewki te należy po wykonaniu spoiny odciąć lub spiłować tak, że miejsce spawu pozostaje wolne od tlenków i innych zanieczyszczeń.

Dla usprawnienia pracy spawacza stosuje się przy spawaniu tzw. „proszki do spawania". Są to topniki, które mają na celu rozpuszczenie tlenków aluminium, jakie znajdują się na powierzchni drutów oraz niedopuszczenie do powstawania nowych tlenków w czasie spawania.

Jakkolwiek stosowanie proszków do spawania nie jest niezbędnym warunkiem wykonania dobrej spoiny, gdyż wprawny spawacz może wykonać spaw nawet bez użycia proszku, to jednak stosowanie topników ułatwia pracę spawacza, skraca czas nagrzewania żyły a przez to chroni izolację żył kabla znajdującą się w sąsiedztwie miejsca spawania od nadmiernego nagrzania. Najczęściej używane topniki stanowią mieszaninę chlorków i fluorków z dodatkiem rozmaitych soli alkalicznych (sód, potas) oraz ziem alkalicznych (bar, wapń). Topniki dostarczane są najczęściej w postaci proszków, które rozrabia się — w naczyniu szklanym lub porcelanowym — wodą na papkę, po czym smaruje się nią powierzchnię drutów w miejscu spawania. Ponieważ proszki spawalnicze są na ogół hygroskopijne (tj. chciwie wchłaniają wilgoć z otoczenia), należy je wyjmować z oryginalnego opakowania s u c h ą łyżką i w takiej tylko ilości, jaka potrzebna jest do wykonania spawania w jednym dniu. Pudełka z proszkami spawalniczymi muszą być zawsze szczelnie zamknięte.

Druty spawane pokrywa się rozrobioną papką tuż przed samym spawaniem. Papka powinna być dostatecznie gęsta, aby topnik przylegał do powierzchni spawanej. Ponieważ topniki są zazwyczaj drogie, należy obchodzić się z nimi oszczędnie. Topnik rozpuszczony wodą nie może stać w naczyniu przez czas dłuższy, ponieważ się psuje i na drugi dzień nie nadaje się już do użytku. Podczas spawania topnik nie powinien pryskać ani wydzielać gazów szkodliwych dla zdrowia spawacza. Resztki topnika hygroskopijnego — nieusunięte ze spoiny — mogą powodować jej korozję, zwłaszcza pod wpływem wilgoci. Pod tym względem korzystniejsze są topniki niehygroskopijne; stosowalność ich jest jednakże ograniczona, gdyż są one chemicznie mniej aktywne i znacznie droższe.

W czasie spawania należy w miarę możności usuwać resztki topnika ze spoiny. Jak długo aluminium jest płynne, topnik w postaci żużla pływa na jego powierzchni. Przy połączeniu żył kablowych w mufach nie zachodzi obawa działania wilgoci, gdyż miejsca połączenia chronione są przed działaniem wilgoci przez zalanie masą kablową. W przypadkach, gdy usunięcie reszty proszków jest trudne, zaś dostęp wilgoci do miejsca łączenia jest możliwy, należy spoiny wykonywać bez topników, wzgl. stosować topniki niehygroskopijne.

Spawanie gazowe żył kabli aluminiowych.

Spawanie żył **aluminiowych kabli energetycznych** musi być tak wykonane, aby miejsce łączenia stanowiło p e w n e pod względem mechanicznym połączenie, o oporze elektrycznym nie większym niż niespawany odcinek żyły kabla o tej samej długości. Spaw musi być wolny od tlenków oraz innych zanieczyszczeń aluminium. Spawanie należy wykonać sprawnie i s z y b k o, aby izolacja papierowa znajdująca się na żyłach kabla w sąsiedztwie miejsca spawania nie uległa uszkodzeniu skutkiem wysokiej temperatury.

Spawanie żył wykonuje się:

a) przy łączeniu lub odgałęzieniu kabli w mufach złączowych i odgałęźnych, oraz

b) przy łączeniu żyły z nasadką kablową lub z nasadką końcową mufy głowicowej.

Spawanie żył aluminiowych można uskutecznić przez:

1) **spawanie w formach otwartych** oraz przez

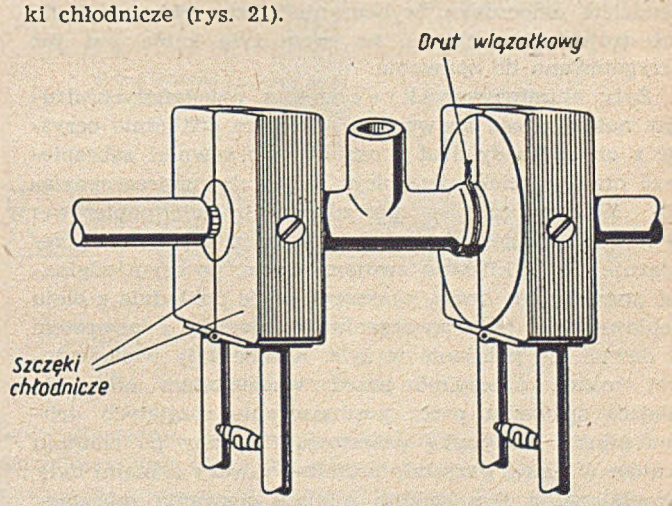
2) **spawanie w formach zamkniętych.**

Spawanie w formach o t w a r t y c h ma tę zaletę, że można obserwować miejsce łączenia żył podczas spawania. Spawanie w formach z a m k n i ę t y c h umożliwia natomiast szybsze wykonanie spawu przy krótszym czasie nagrzewania żyły — na skutek mniejszego promieniowania ciepła w miejscu spawania. Stosuje się je przy łączeniu żył aluminiowych o dużych przekrojach.

Tarcze ochronne i szczęki chłodnicze.

Celem ochrony izolacji żył kablowych przed nadmiernym nagrzewaniem się podczas spawania — skutkiem promieniowania ciepła przez płomień gazowy, a równocześnie dla większego skoncentrowania płomienia w miejscu spawania, stosuje się **tarcze ochronne.** Są to najczęściej dwudzielne krążki wykonane z blachy wyłożonej azbestem, o średnicy około 10 cm. Przy spawaniu dwóch żył ze sobą nakłada się je po obu stronach formy spawalniczej, zaś przy spawaniu przy końcu żyły — nasadza się tylko jedną tarczę.

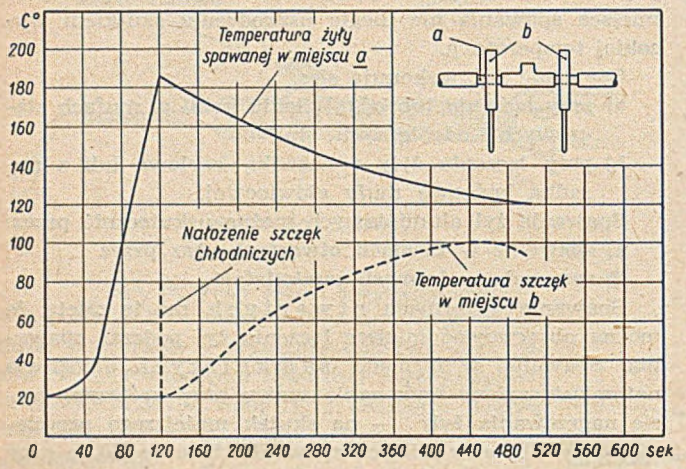
Po wykonaniu spoiny — celem odprowadzenia ciepła topliwości z żyły aluminiowej na zewnątrz i ochrony izolacji żyły przed nadmiernym nagrzaniem, a nawet spalaniem — nakłada się na gołą żyłę aluminiową szczęki chłodnicze (rys. 21).



Rys. 21. Szczęki chłodnicze.

Przy łączeniu żył aluminiowych nakłada się dwie szczęki chłodnicze — po obu stronach miejsca spawania, zaś przy spawaniu na końcu żyły aluminiowej (np. przy

spawaniu nasadki końcowej) nakłada się tylko jedną szczękę chłodniczą. Jeżeli kabel posiada izolację z materiału termoplastycznego należy założyć jedną parę szczęk chłodniczych już w czasie spawania i zmienić ją na drugą parę zimną, którą zakłada się po wykonaniu spoiny. Przy spawaniu żył o przekroju poniżej 50 mm² ilość wydzielanego ciepła jest tak nieznaczna, że stosowanie szczęk nie jest konieczne. Rys. 22 podaje wykres przebiegu wzrostu temperatury żyły i szczęk oraz ich działanie chłodzące.



Rys. 22. Wpływ szczęk chłodniczych na temperaturę żyły spawanej.

Wykonywanie połączenia kabli aluminiowych.

Końce kabla, które mają być ze sobą połączone obnażamy z warstw włóknistych i pancerza; zdejmujemy także powłokę ołowianą na długości zależnej od wielkości i rodzaju mufy złączowej lub odgałęźnej. O ile kabel posiada żyły jednodrutowe (o przekroju do 50 mm² włącznie) — końce żył, które mają być ze sobą połączone, obcinamy ukośnie — tak, aby powierzchnia ścięta tworzyła kąt 45° z osią żyły.

Żyły izolowane obwiązujemy mocno — w odległości 60 do 80 mm od końca — kilkoma zwojami nitki; na tej długości od końca zdejmujemy izolację papierową.

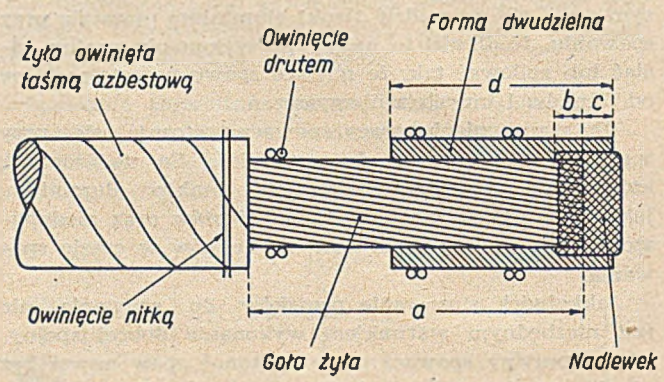
Obnażone żyły aluminiowe należy z kolei starannie oczyścić z oleju kablowego, obmywając je szmatką lub pendzlem umoczonym w benzynie[2]), czterochlorku węgla lub trójchlorku etylenu, po czym żyła kabla jest już przygotowana do spawania.

Żyły aluminiowe skręcone z pojedyńczych drutów należy przed spawaniem nie tylko dokładnie oczyścić z oleju (każdy drut z osobna), ale również zabezpieczyć przed wyciekaniem oleju z żyły do miejsca spawania. W tym celu — po zdjęciu izolacji papierowej w miejscu, gdzie żyła goła wychodzi z izolacji — przewiązuje się ją kilkoma zwojami drutu, po czym odginając poszczególne druty, oczyszcza się je dokładnie z oleju kablowego, a po oczyszczeniu układa się z powrotem w dawne ich położenie w żyle. Koniec żyły wielodrutowej można uszczelnić przed wyciekaniem oleju do miejsca spawania przez posmarowanie rozgiętych drutów glinką lub papką azbestową tak, aby po złożeniu drutów w linkę, wszystkie szczeliny między drutami były wypełnione, a tym samym miejsca spawania zabezpieczone przed wyciekaniem oleju, względnie przez napawanie końca żyły.

[2]) Używanie benzolu jest niebezpieczne, gdyż może spowodować zatrucie.

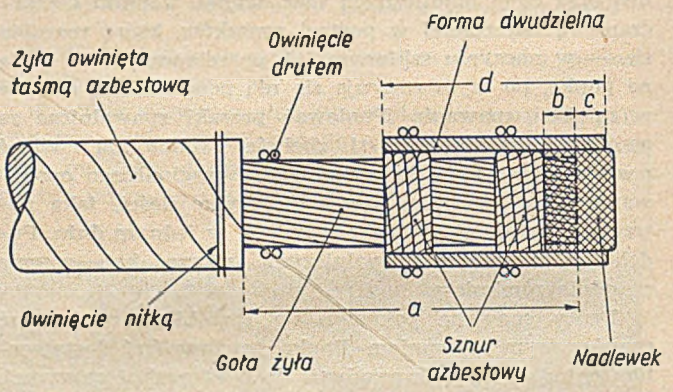
Napawanie końca żyły wielodrutowej.

Koniec linki zostaje napawany aluminium tworząc jednolitą całość. W tym celu koniec żyły wkłada się do dwudzielnej formy żelaznej wykonanej z blachy o grubości ok. 1,5 mm. Gdy żyła kabla jest okrągła, forma żelazna powinna być szczelnie dopasowana do średnicy żyły (rys. 23), gdy zaś żyły mają przekrój sektorowy, owija się je kilkoma warstwami taśmy lub przędzy azbestowej, szklanej itp., po czym dopiero nakłada się dwudzielną formę, która może mieć przekrój okrągły (rys. 24).



Rys. 23. Forma dwudzielna dla żyły okrągłej.

Formy spawalnicze można wykonać przez rozkrojenie rurki gazowej odpowiedniej średnicy. Wnętrze formy powleka się pastą odlewniczą tj. mieszaniną kaolinu



Rys. 24. Forma dwudzielna dla żyły sektorowej.

Masy kablowe wg P.N.E. 16-1933 wysoko - nisko-napięciowe

Masy kondensatorowe. Zalewy akumulatorowe, oleje i lakiery kablowe, oczyszczane i filtrowane na aparatach Stream - Line

poleca

Towarzystwo Zakładów Przemysłowych „JAGO"

Dzierżawca JAN PRYLIŃSKI

Warszawa, ul. Mińska 74.
Biuro — Warszawa, ul. Aldony 12.
Telefony: 10-51-43 i 10-44-45.

i kredy, względnie smaruje się grafitem — celem łatwego zdjęcia formy po ukończeniu spawania. Obie części formy przymocowuje się dokoła żyły przy pomocy kilku zwojów miękkiego drutu żelaznego o średnicy około 2 mm. Żyły sektorowe wielodrutowe zaleca się uprzednio uformować przy pomocy szczypców w ten sposób, aby o ile możności miały one przekrój kołowy. Wymiary formy stalowej, długości obnażonej żyły aluminiowej oraz wielkość nadlewka przy napawaniu końca linki aluminiowej podaje tablica I (wymiary podane w tablicy odnoszą się do rys. 23, 24, 25 i 26).

Tablica I.
Wymiary gołej żyły, złączki i nadlewka.

Przekrój żyły mm²	Wymiary w mm				
	d	a	b	c	e
70	12	57	3	5	30
95	14	59	3	6	30
120	16	61	4	7	35
150	18	62	4	8	35
185	20	63	4	8	40
240	23	64	5	9	40
300	25	64	5	10	45
400	28	65	6	11	45
500	31	66	6	12	45
625	34	68	7	14	50
800	39	69	7	17	50
1000	44	70	8	19	60

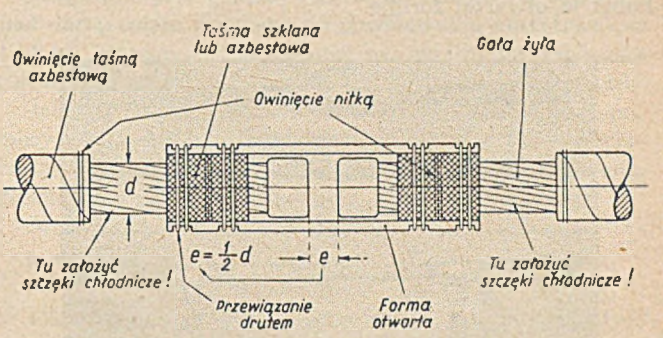
Izolację na żyle owija się sznurem azbestowym, taśmą azbestową lub szklaną. Ponieważ napawanie końców najlepiej wykonuje się w położeniu pionowym, należy wygiąć kabel w łagodnym łuku o promieniu równym co najmniej 20-krotnej średnicy kabla — tak, aby końce kabla sterczały pionowo. Końce żyły pokrywa się topnikiem, pod formą zakłada się tarczę ochronną, mającą na celu zabezpieczenie kabla przed odpryskami płynnego aluminium i promieniowaniem ciepła, po czym przystępuje się do spawania.

Płomieniem gazowym podgrzewa się wpierw sam koniec formy żelaznej powyżej części przewiązanej drutem — tak długo, aż nagrzeje się ona do czerwoności. Z kolei podgrzewa się wąskim strumieniem płomienia powierzchnię czołową żyły aluminiowej wewnątrz formy aż aluminum zacznie się topić. Wówczas — nie przerywając podgrzewania — stapia się aluminiowy drut spawalniczy uprzednio nasmarowany topnikiem. Roztopione aluminium w formie należy mieszać żelaznym prętem — tak, aby wypełniło ono całkowicie formę oraz wszystkie szczeliny między drutami linki. Gdy ilość stopionego aluminium utworzy dostateczny nadlewek, spawanie zostaje ukończone, dla szybkiego zaś ostudzenia spoiny nakłada się na gołą żyłę aluminiową — tuż za formą — **chłodzące szczęki metalowe**, dokładnie dopasowane do żyły kabla. Po całkowitym ostudzeniu zdejmuje się formę stalową, stopione zaś końce żyły wielodrutowej można łączyć ze sobą. Dla usprawnienia pracy przy wykonywaniu połączeń kabli z żyłami wielodrutowymi należy uprzednio żyłę przygotować do spawania i nasadzić formy tak, aby napawanie końców żyły obu kabli można było wykonać kolejno.

Łączene żył kabli aluminiowych można wykonać — jak już wspomnieliśmy — bądź w formach otwartych, bądź też w formach zamkniętych.

Łączenie żył przez spawanie w formach otwartych.

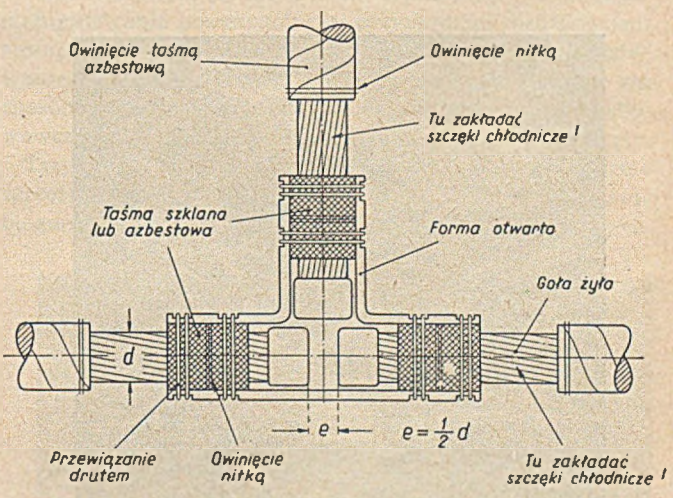
Forma o t w a r t a stanowi rodzaj podstawy, do której umocowuje się żyły aluminiowe (które mają być ze sobą połączone), a która uniemożliwia spłynięcie roztopionego aluminium z miejsca spojenia. Formy wykonuje się z blachy żelaznej o grubości ok. 2 mm i powleka się wewnątrz pastą kokilową. Niekiedy stosuje się też formy wykonane z szamoty. Końce żył owija się taśmą azbestową lub szklaną i układa w formie tak, aby odstęp między końcami żył wynosił połowę średnicy żyły. Rys. 25



Rys. 25. Połączenie dwóch żył aluminiowych.

przedstawia umocowanie dwóch żył aluminiowych w formie przy wykonywaniu połączenia w mufie złączowej, rys. 26 zaś pokazuje sposób łączenia żył kabli w miejscu odgałęzienia, gdzie trzy kable łączone są ze sobą przez spawanie poszczególnych żył.

Po umocowaniu żył w formie końce izolacji chroni się przez owinięcie przędzą lub taśmą azbestową oraz przez założenie tarcz ochronnych po obu stronach formy. Końce żył w miejscu łączenia pokrywa się topnikiem, po czym przy pomocy płomienia gazowego podgrzewa się do czerwoności środkową część formy żelaznej. Z kolei nagrzewa się na przemian płomieniem górną krawędź płaszczyzny czołowej jednej i drugiej żyły — tak, aby obie nagrzewały się równocześnie i równocześnie zaczęły się



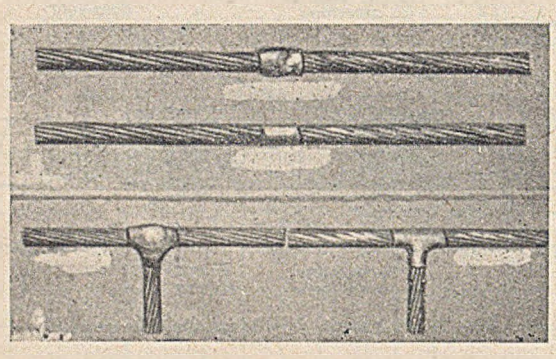
Rys. 26. Połączenie trzech żył aluminiowych.

topić. Następnie dodaje się aluminium, stapiając drut spawalniczy tak długo, aż miejsce łączenia zostanie całkowicie wypełnione płynnym aluminium. W czasie stapiania należy mieszać żelaznym drutem całą objętość płynnego aluminium, znajdującą się w spoinie, aby resztki topnika i tlenków w postaci żużla wypłynęły na powierzchnię spoiny i aby płynne aluminium wypełniło jak najdokładniej formę.

Po ukończeniu spawania zakłada się na żyły po obu stronach formy szczęki chłodnicze. Po ostygnięciu i zdjęciu formy oczyszcza się miejsce spoiny z resztek topnika i żużla. spiłowuje nadlewek tak, aby powierzchnia spoiny była okrągła i gładka. Ma to szczególne znaczenie **przy łączeniu kabli wysokiego napięcia,** gdzie ostre krawędzie powodują niebezpieczne zniekształcenia pola elektrycznego dookoła żyły.

Rys. 27 przedstawia miejsce łączenia żył aluminiowych przed i po opiłowaniu spoiny.

Na rys. 28 pokazane jest spawanie żył aluminiowych kabla w otwartej formie.

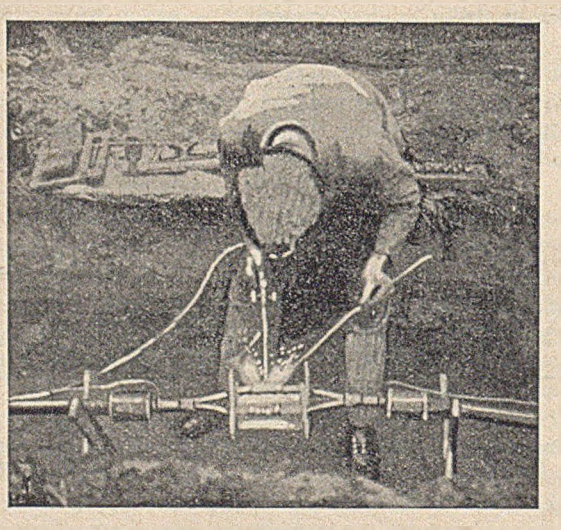


Rys. 27. Miejsce łączenia żył przed i po opiłowaniu.

Łączenie żył przez spawanie w formach zamkniętych.

Przy łączeniu żył kablowych o przekrojach ponad 150 mm² stosuje się z reguły spawanie w formach zamkniętych. Unika się w ten sposób strat ciepła ze spoiny otwartej, przez co czas nagrzewania staje się krótszy z korzyścią dla izolacji kabla.

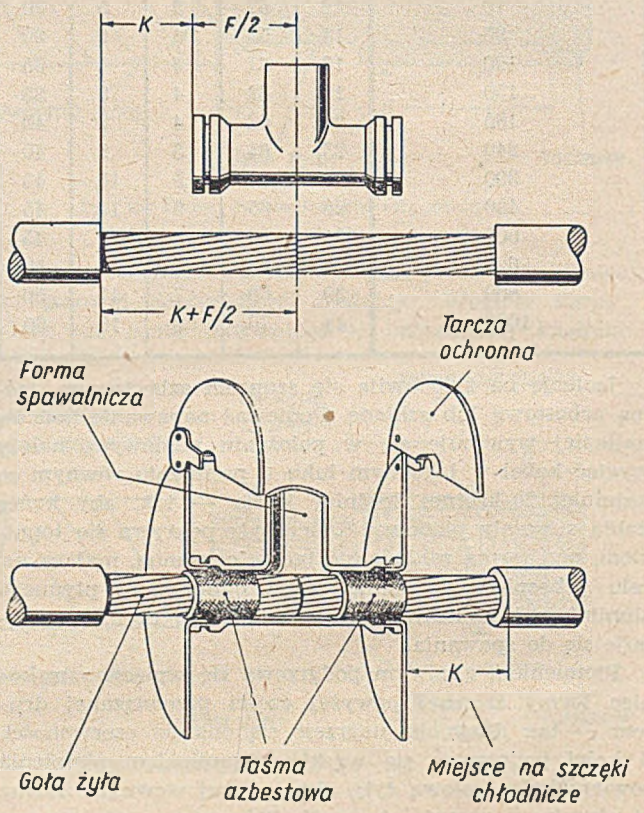
Formy zamknięte są dwudzielne; wykonywa się je z blachy stalowej o grubości od 1,5 do 2 mm z wlotem dla wprowadzenia do spoiny dodatkowego materiału, pochodzącego ze stapiania drutu spawalniczego. Wewnętrzne ściany formy muszą być zawsze czyste, bez rdzy



Rys. 28. Spawanie żył aluminiowych kabla w otwartej formie.

i zgorzeliny. Najlepszym materiałem na formy okazała się stal chromowa odporna na działanie wysokiej temperatury. Wnętrze formy musi być dokładnie nasmarowane pastą kokilową, celem uniknięcia rozpuszczania się żelaza w płynnym aluminium, co spowodowałoby kruchość spoiny i zwiększenie oporu elektrycznego spawanego miejsca. Warstwa pasty musi być nasmarowana jednostajnie i cienko; przy grubszym nasmarowaniu pasta łatwo odpada od ścian formy i zmniejsza przestrzeń, którą powinno wypełnić roztopione aluminium. Przy tym sposobie spawania końce żył nie muszą być ani ścinane ukośnie, ani też napawane uprzednio dla uszczelnienia przed spływającym olejem; smaruje się je tylko papką z topnika i owija taśmą azbestową, po czym nakłada formę dwudzielną, którą obwiązuje się drutem żelaznym wiązałkowym. Po obu stronach formy nakłada się tarcze ochronne (rys. 29).

Izolację na końcach żył kablowych owija się taśmą ochronną z azbestu lub tkaniny szklanej. Celem szybkiego nagrzania formy stosuje się palniki dwupłomienne, względnie nagrzewa się formę równocześnie przy pomocy dwóch palników jednopłomiennych. Nagrzewanie rozpoczyna się od części środkowej, aby szyjka formy rozgrzana została do czerwoności. Dla lepszego przewodze-



Rys. 29. Wykonywanie połączenia żył w formach zamkniętych.

nia ciepła z formy do żyły aluminiowej stapia się początkowo tylko tyle drutu spawalniczego, aby przestrzeń między żyłą aluminiową a formą została wypełniona płynnym aluminium. Formę należy podgrzewać tak długo, aż końce żył aluminiowych ulegną całkowitemu stopieniu. Płynne aluminium należy mieszać przy pomocy drutu spawalniczego lub żelaznego mieszadła, aby ułatwić wydostanie się żużli i gazów na powierzchnię aluminium w szyjce formy. Gdy płynne aluminium wypełni całkowicie wnętrze formy, gasimy płomień palnika, po obu zaś stronach formy zakładamy na gołe żyły aluminiowe szczęki chłodnicze. Po ostudzeniu i zestaleniu się płynnego aluminium zdejmujemy formę, powstały zaś nadlewek obcinamy; spoina zostaje dokładnie opiłowana na okrągło i posmarowana wazeliną.

(Ciąg dalszy nastąpi)

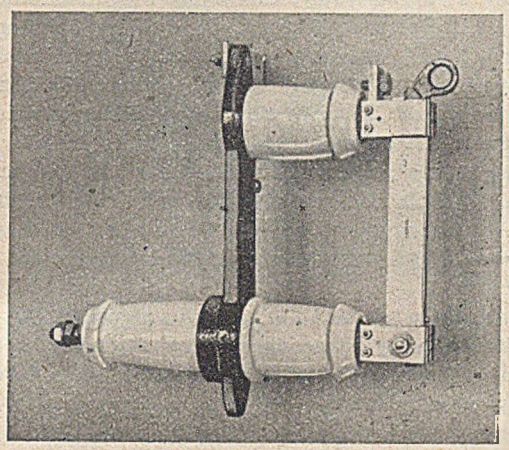
Rozdzielnie i podstacje wysokiego napięcia.

(Ciąg dalszy)

Inż. - el. W. PAWŁOWSKI.

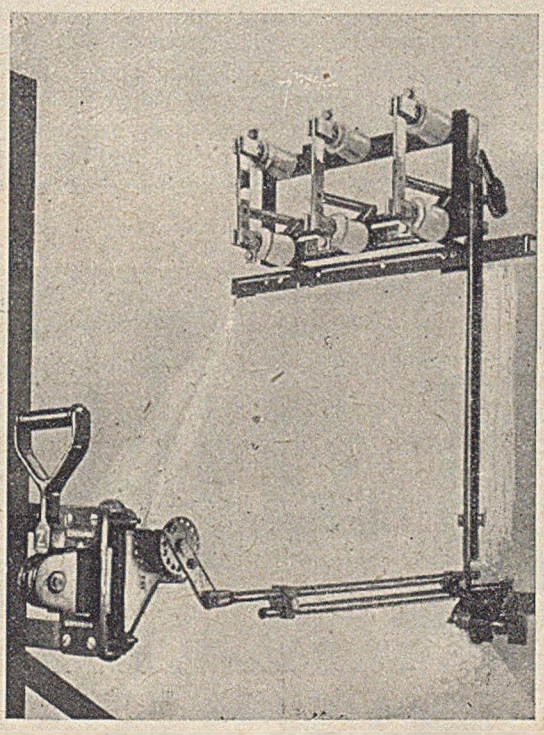
6. Odłączniki.

Odłączniki nie są w stanie przerwać dużych prądów, mogą zatem same być zasadniczo otwierane dopiero po otwarciu obwodu przez wyłącznik. Są to przyrządy, które służą do odłączania obwodu pozostającego wprawdzie **pod napięciem**, ale **bez obciążenia**. Otwarte



Rys. 15. Odłącznik nożowy, wnętrzowy, jednobiegunowy na napięcie znamionowe 10 kV i prąd 200 A.

odłączniki, tworząc w obwodzie widoczną przerwę, służą między innymi do ochrony personelu pracującego w rozdzielni przy wykonywaniu napraw i czynności konserwacyjnych. Przerwa ta jest dostatecznie duża, aby nie nastąpił na otwartym odłączniku przeskok na skutek przepięcia (wzrostu napięcia w stopniu niebezpiecznym) mogącego pojawić się w rozdzielni wskutek zaburzeń w pracy sieci.



Rys. 16. Odłącznik trójbiegunowy wnętrzowy na napięcie znamionowe 10 kV i prąd 200 A uruchamiany z odległości ręcznym napędem dźwigniowym.

Wykonanie odłącznika, jak na rys. 15, z jednym izolatorem przepustowym umożliwia przejście przewodu roboczego na drugą stronę konstrukcji, na której odłącznik jest zmontowany. Większość odłączników jednobiegunowych jest zmontowana na 2 izolatorach wsporczych. Otwieranie i zamykanie odłącznika odbywa się za pomocą drążka izolacyjnego, zaopatrzonego w haczyk.

Otwieranie przy pomocy odłączników obwodów będących **pod obciążeniem** prowadzi do powstawania długotrwałego łuku, którego oddziaływanie na urządzenia rozdzielni jest wysoce szkodliwe, a dla obsługi może być niebezpieczne.

Istnieją jednak pewne możliwości wyłączania przy pomocy odłączników stosunkowo małych prądów obciążenia, które nie są w stanie spowodować powstawania groźnego, trudnego do zgaszenia łuku.

Możliwości te są następujące:

w zakresie napięć 6 — 10 kV ———— do 4 A,
„ „ 15 — 30 kV ———— do 2 A,

Odpowiada to mocom transformatorów, w pierwszym wypadku do 50 kVA, w drugim — do 100 kVA.

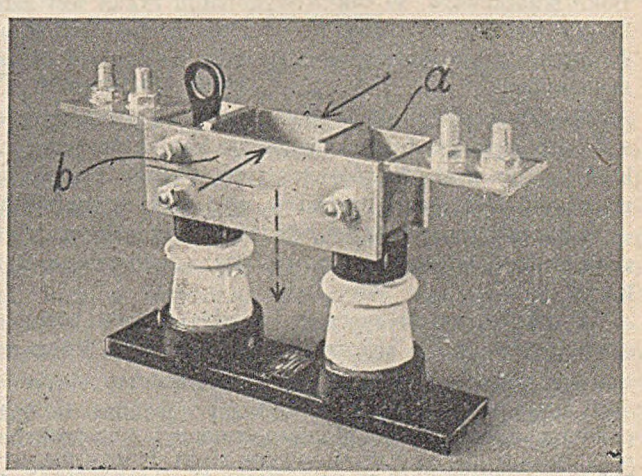
Jeśli chodzi o **wyłączanie odłącznikami transformatorów nieobciążonych**, to istnieją dla takich wypadków również pewne ograniczenia z uwagi na to, że indukcyjny prąd biegu jałowego transformatora jest na ogół dość trudny do przerwania. Można przyjąć, że takie czynności są dopuszczalne, o ile moc transformatora nie przekracza

przy napięciu 10 kV — 250 kVA oraz
„ „ 30 kV — 640 kVA.

Poza tym istnieje możliwość otwierania odłącznika, przez który płynie prąd obciążenia, w przypadku jeżeli przerwa utworzona przez odłącznik jest zbocznikowana przewodem o stosunkowo małej oporności, wskutek czego prąd przerzuci się z przerywanego obwodu na ten przewód i na odłączniku albo nie powstanie wogóle żaden łuk, albo też powstanie znikomy.

Dla uniknięcia pomyłek ze strony obsługi w kolejności manipulowania poszczególnymi przyrządami rozdzielczymi stosuje się w rozdzielniach, zwłaszcza większych, **ryglowanie odłączników** z odpowiednimi wyłącznikami. W ten sposób odłączenie lub włączenie odłączników jest tylko wówczas możliwe, gdy odpowiedni wyłącznik jest otwarty.

Trzy odłączniki jednobiegunowe mogą być mechanicznie sprzężone w zespół trójbiegunowy (rys. 16); odłączniki trójbiegunowe są częściej stosowane od jednobiegunowych.



Rys. 17. Odłącznik konstrukcji adynamicznej na napięcie znamionowe 10 kV i prąd 1000 A (opis działania w tekście).

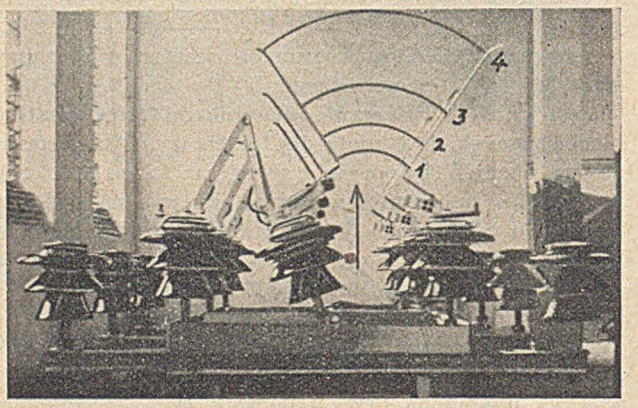
Odłączniki o budowie pokazanej na rys. 15 stosowane są dla napięć nieprzekraczających 30 — 45 kV.

Do uruchamiania odłączników stosowane są:

a) drążki izolacyjne stosowane zarówno dla przyrządów jedno- jak i trójbiegunowych; przy wykonaniu trójbiegunowego odłącznika umieszczona jest na wałku sprzęgającym 3 bieguny odłącznika specjalna dźwignia do napędu drążka. Drążek izolacyjny może być wyposażony w **neonowy wskaźnik napięcia;** jest to lampka wypełniona gazem szlachetnym — neonem, świetlącym w polu elektrycznym. Wskaźnik taki pozwala stwierdzić, czy urządzenie rozdzielcze jest pod napięciem;

b) napędy dźwigniowe dla odłączników trójbiegunowych w wykonaniu, jak na rys. 16.

Dla odłączników trójbiegunowych na duże prądy znamionowe, zwłaszcza w dużych urządzeniach rozdzielczych sterowanych z jednego miejsca, stosowane są również napędy mechaniczne — np. pneumatyczne.



Rys. 18. Działanie gasików rożkowych w czasie otwierania wyłącznika słupowego. Strzałka wskazuje kierunek wydmuchiwania łuku, liczby 1, 2, 3 i 4 ilustrują przesuwanie się stopniowe łuku ku górze.

Odłączniki nie powinny same otwierać się pod wpływem **sił** dynamicznych, występujących na skutek przepływu prądów zwarcia, gdyż takie otwarcie powodowałoby powstawanie bardzo groźnych łuków podtrzymywanych przez te prądy. W pewnych warunkach, przy bardzo wielkich wartościach prądów zwarcia, skłonność do otwierania się zdradzają odłączniki ze stykami szczękowymi [1]) (w wykonaniu jak na rys. 15 i 16). Toteż niektóre wytwórnie przyrządów rozdzielczych stosują ryglowanie samych tylko odłączników. W takim wykonaniu rygiel jest zamknięty przy załączonym odłączniku, zostaje natomiast zwolniony przy otwieraniu odłącznika za pomocą drążka izolacyjnego.

Dla znacznych prądów znamionowych (1000 A i wyżej) wytwórnie stosują takie konstrukcje kontaktów odłączników, które nawet przy największych prądach zwarcia nie wymagają ryglowania; są to tzw. **odłączniki adynamiczne.**

Odłącznik w wykonaniu adynamicznym, jak na rys. 17 posiada styki liniowe i może być łatwo uruchamiany drążkiem.

W czasie zwarcia powstają między dwoma równoległymi nożami **a** i **b** znaczne **siły przyciągania,** które polepszają styki w najtrudniejszym okresie pracy przyrządu (kierunki działania tych sił pokazane są na rys. 17 strzałkami ciągłymi). Jednocześnie na każdy z noży działa inna siła skierowana ku podstawie odłącznika (ku dołowi) i przeciwdziałająca jego otwarciu (pokazana na rys. 17 linią przerywaną).

Odłączniki dla napięć wyższych od 45 kV posiadają najczęściej konstrukcję podobną do pokazanej na rys. 19.

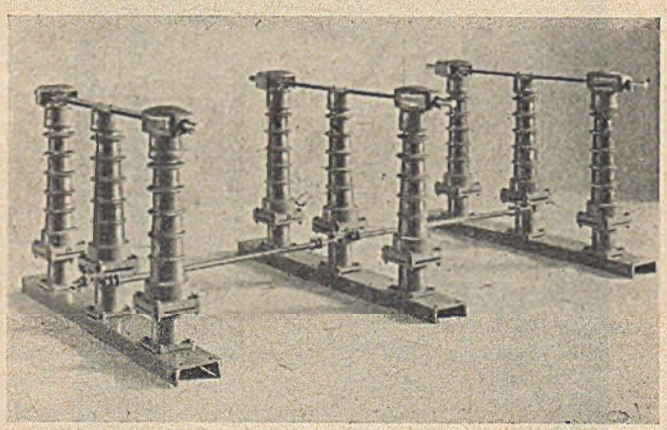
Odłącznik w wykonaniu pokazanym na rys. 19 jest to odłącznik **dwuprzerwowy;** każdy jego biegun zmontowany jest na 3 izolatorach wsporczych (lub na 3 kolumnach izolatorów), przy czym każdy ze środkowych izolatorów, do których przymocowany jest nóż odłącznika osadzony jest w ten sposób, że może się obracać. Skrajne natomiast izolatory są nieruchome; do górnej ich części przymocowane są szczęki; ruch noży odbywa się w płaszczyźnie poziomej dokoła osi środkowych izolatorów. Odłącznik na rys. 18 jest wyposażony w ręczny napęd dźwigniowy; może on być przystosowany również do napędu pneumatycznego.

Odłączniki napowietrzne dla napięć do 30—45 kV mają konstrukcję pokazaną na rys. 20; nóż i kontakty odłącznika wykonane są z materiałów odpornych na wpływy atmosferyczne.

Częściej stosowane rozwiązanie stanowią napowietrzne **odłączniki trójbiegunowe,** zwane inaczej **wyłącznikami słupowymi;** mogą one być połączone z trzema bezpiecznikami rurowymi. Same odłączniki są wyposażone — poza stykami szczękowymi — w **gasiki rożkowe.** Tego rodzaju konstrukcja pozwala na wyłączanie stosunkowo znacznych prądów roboczych, a mianowicie do 25 A przy napięciu do 10 kV oraz do 16 A przy napięciu do 20 kV.

Rola gasików rożkowych w procesie gaszenia łuku jest podwójna:

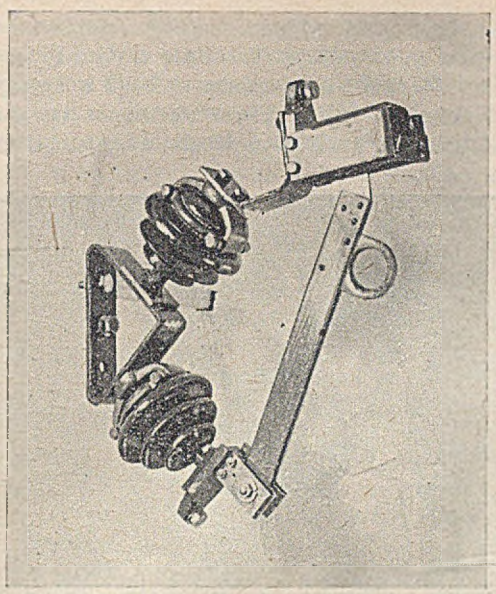
1) łuk powstały między gasikami, rozsuwającymi się przy otwieraniu wyłącznika słupowego jest wydmuchiwany ku górze przez pole magnetyczne powstałe dokoła łuku oraz przez przepływający od dołu ku górze prąd ogrzanego powietrza (ogrzanego pod wpływem ciepła łuku). W następstwie tego działania łuk wydłuża się (patrz kolejne położenie łuku **1, 2, 3, 4** na rys. 18);



Rys. 19. Widok trójbiegunowego odłącznika wnętrzowego na napięcie znamionowe 60 kV i prąd 400 A.

2) łuk powstający między gasikami już w chwili ich rozdzielenia jest ponadto wydłużany w następstwie ich rozsuwania aż do zajęcia przez ruchome gasiki położenia końcowego (na rys. 18 położenie to widoczne jest z lewej strony).

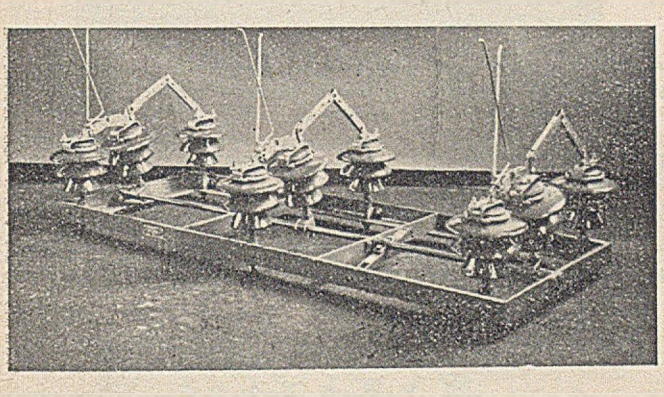
[1]) Styki szczękowe są stykami płaskimi o dużej powierzchni zetknięcia. We współczesnych konstrukcjach odłączników chętniej są stosowane styki liniowe przy jednoczesnym dużym docisku (obraz geometryczny styku liniowego stanowi zetknięcie się linii prostej z płaszczyzną).



Rys. 20. Jednobiegunowy odłącznik napowietrzny na napięcie znamionowe 6 kV i prąd 200 A.

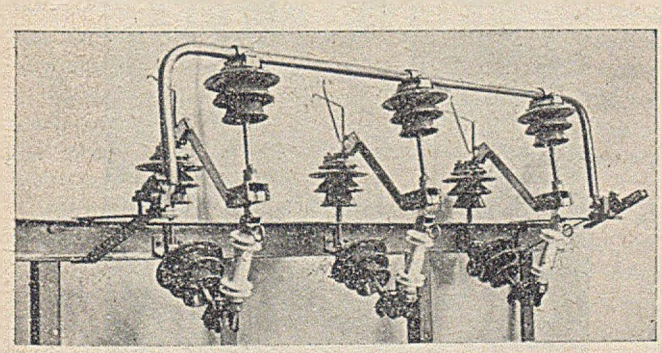
Opisane wyżej wydłużanie się łuku z dwóch powodów (wydmuch magnetyczny oraz ruch gasików ruchomych) znakomicie ułatwia szybkie jego zgaszenie.

Odłączniki omawianej konstrukcji są uruchamiane za pomocą napędów linkowych, same zaś rury bezpiecz-



Rys. 21. Trójbiegunowy odłącznik napowietrzny na napięcie znamionowe 30 kV, prąd 200 A, do zmontowania na dwuch słupach A-owych lub zwykłych.

nikowe — za pomocą drążka izolacyjnego. Na rys. 21 pokazany jest 3-biegunowy odłącznik napowietrzny, zaś na rys. 22 takiż odłącznik lecz z nabudowanymi bezpiecznikami. Napęd linkowy do uruchamiania napowietrznego odłącznika 3-biegunowego widoczny jest na rys. 23.



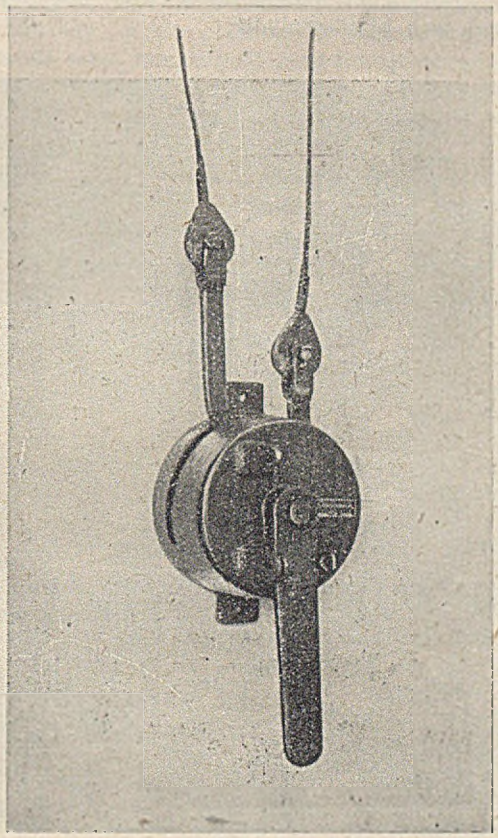
Rys. 22. Trójbiegunowy odłącznik napowietrzny z nabudowanymi bezpiecznikami, na napięcie znamionowe 15 kV, prąd 200 A. Z prawej strony widoczna jest dźwignia do napędu linkowego.

Napęd linkowy wg. rys. 23 uruchamiany jest przez przekręcenie dźwigni w prawo o pół obrotu; jest on przystosowany do zamykania na kłódkę dla zabezpieczenia odłącznika przed „obsługiwaniem" przez osoby niepowołane.

Odłączniki napowietrzne dla bardzo wysokich napięć (powyżej 60 kV) mają najczęściej konstrukcję podobną, jak odłącznik wnętrzowy pokazany na rys. 19, a więc są wykonywane jako dwuprzerwowe z obrotem ramienia odłącznika w płaszczyźnie poziomej; w ten sposób wykonany jest odłącznik widoczny na rys. 24.

Oprócz wykonania pokazanego na rys. 24 bardzo rozpowszechnione są również konstrukcje jednoprzerwowe z dwoma kolumnami, przy czym obie te kolumny wykonane są jako obrotowe.

Spotyka się również odłączniki jednoprzerwowe z ruchem ramienia w płaszczyźnie pionowej.



Rys. 23. Napęd linkowy do uruchamiania trójbiegunowego odłącznika napowietrznego.

7. Odłączniki mocy.

Odłączniki mocy są to przyrządy, które podobnie, jak wyłączniki — służą do włączania i wyłączania dowolnie wielkich prądów (obciążenia, przeciążenia lub zwarcia) **w granicach podanych na tabliczce znamionowej odłącznika.** Służą one ponadto dla ochrony obsługi wykonującej naprawy itp., podobnie jak zwykłe odłączniki; otwierają one bowiem obwód na wszystkich biegunach w sposób widoczny i z dostatecznie dużą przerwą izolacyjną w powietrzu, odpowiadającą przerwie zwykłego odłącznika w stanie otwartym. Odłączniki mocy są wyłączane rozmyślnie lub samoczynnie, załączane są natomiast tylko rozmyślnie (tj. sterowane świadomą wolą obsługi).

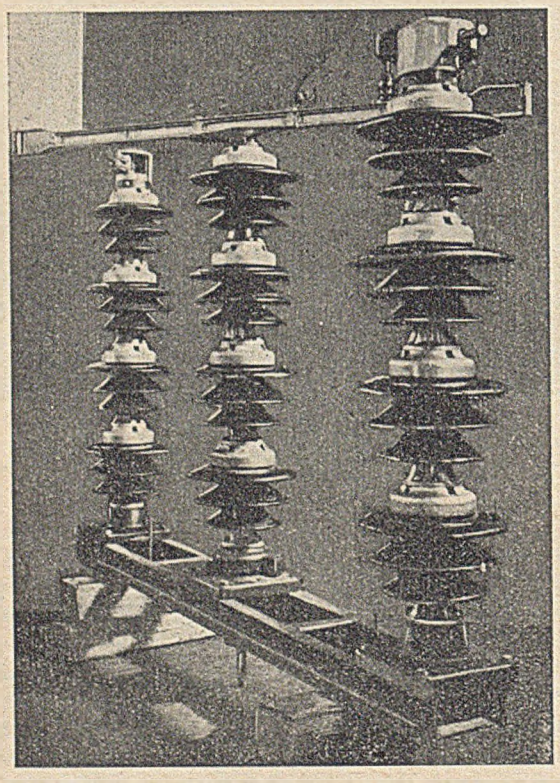
Przyrządy te są stosowane w urządzeniach wnętrzowych w zakresie, jeżeli chodzi o napięcie — nie wyższym

jak do 30 kV włącznie (najczęściej na 10 kV), na prądy znamionowe 200, 400 A; budowane są one o mocach wyłączalnych 5 i 15 MVA przy napięciu znamionowym.

Zalety odłączników mocy są następujące:

a) wszystkie znane konstrukcje tych odłączników są tak rozwiązane, że ruch noży (styków ruchomych) odbywa się w płaszczyźnie pionowej, równoległej do podstawy odłącznika, przy czym styki ruchome znajdują się w dolnej, stałe zaś w górnej części (odłącznik mocy otwiera się ku dołowi). Wymienione wyżej rozwiązanie konstrukcyjne ma tę zaletę, że zajęta przestrzeń posiada małą objętość. Przestrzeń ta jest prawie równa przestrzeni zajętej przez zwykły odłącznik, a dużo mniejsza od potrzebnej do zainstalowania np. wyłącznika olejowego;

b) dla każdego prawie typu odłącznika mocy istnieje możność dobudowania bezpieczników wielkiej mocy wyłączalnej [2]). Dzięki temu moc wyłączalna odłącznika mocy wzrasta do wartości mocy wyłączalnej tych bezpieczników;



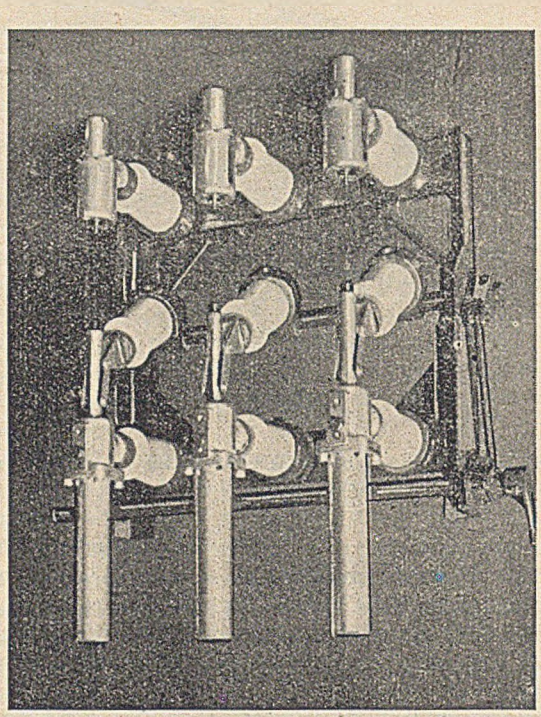
Rys. 24. Jednobiegunowy odłącznik napowietrzny na napięcie znamionowe 150 kV.

c) odłączniki mocy są tanie w porównaniu z nowoczesnymi wyłącznikami.

Zasada działania odłączników mocy jest na ogół ta sama, co różnych rodzajów wyłączników mało- i bezolejowych; przyrządy te możnaby nazwać „małymi wyłącznikami". Szerzej rozpowszechnione są odłączniki mocy: małoolejowe, powietrzne (bezsprężarkowe), wodne (rozprężeniowe) oraz odłączniki na gaz dławiący (tzw. samogazujące).

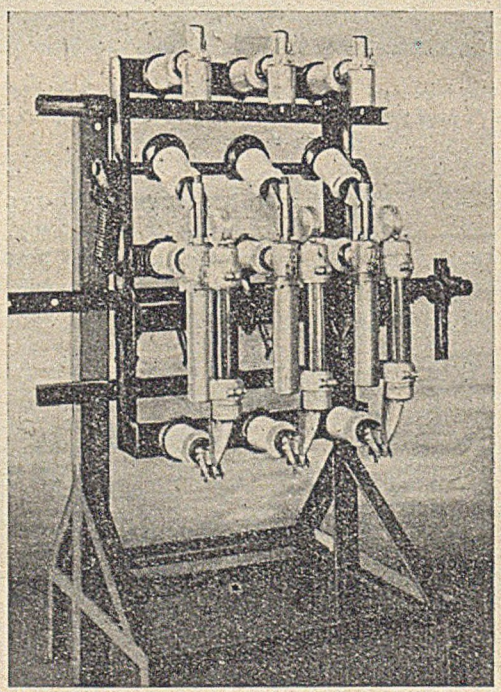
Szczególnie interesujący jest powietrzny odłącznik mocy pokazany na rys. 25. W odłączniku takim — w chwili wyłączania — nóż (styk ruchomy), zakończony tłoczkiem, sprężа powietrze zawarte w cylindrze, a następnie wydmuchuje je wzdłuż łuku — ze specjalnie ukształtowanej dyszy umieszczonej na nożu, dzięki czemu łuk w przerwie międzystykowej zostaje szybko przerwany.

Odłączniki mocy wyposażone są bądź w ręczny napęd dźwigniowy, bądź też przystosowane są do napędu za pomocą drążka izolacyjnego. Mechanizm sprężynowy za-



Rys. 25. Odłącznik mocy powietrzny na napięcie znamionowe 10 kV i prąd znamionowy 200 A (z prawej strony widoczna jest dźwignia do napędu).

pewnia odpowiednią szybkość wyłączania, niezależną od sprawności obsługującego. Ponieważ jednak włączenie odłącznika mocy na istniejące zwarcie może pociągnąć za sobą pewne niebezpieczeństwo dla obsługi, z drugiej zaś strony prawidłowy przebieg włączania odłącznika wy-



Rys. 26. Odłącznik mocy na napięcie znamionowe izolacji 10 kV i prąd znamionowy 200 A, z trzema nabudowanymi bezpiecznikami wielkiej mocy (250 MVA przy napięciu roboczym 6 kV).

[2]) Mowa będzie o nich w jednym z następnych rozdziałów.

maga odpowiednio dużej szybkości, odłączniki mocy są zazwyczaj wyposażone również w dodatkowy mechanizm sprężynowy dla błyskawicznego włączania.

Najczęściej stosowaną formą odłącznika mocy stanowi kombinację jego z trzema bezpiecznikami wielkiej mocy rys. 26. W przyrządach tego rodzaju stan wyłączenia winien być utwierdzany (ryglowany) [3]) w wypadkach, gdy:

a) brak jest jednego bezpiecznika, lub gdy

b) bezpiecznik jest nieprawidłowo założony.

Przepalenie się bezpiecznika na którymkolwiek biegunie wywołuje natychmiast samoczynne wyłączenie trójbiegunowego odłącznika mocy, co zapobiega komplikacjom ruchowym (jak np. jednofazowy bieg silników),

Odłączniki mocy współpracujące z bezpiecznikami znajdują zastosowanie przeważnie w mniejszych stacjach transformatorowych, w przypadkach zasilania mniejszych odbiorców przemysłowych na wysokim napięciu oraz w szafach przyłączowych dla silników na wysokie napięcie. Mogą one być również wyposażone w wyzwalacze nadmiarowe bezpośrednie. Dla zabezpieczania silników na wysokie napięcie stosuje się jednoczesną współpracę odłącznika mocy z **wyzwalaczami bezpośrednimi cieplnymi** (ochrona silnika od przeciążeń) oraz z **bezpiecznikami wielkiej mocy** (ochrona od zwarć).

(Ciąg dalszy nastąpi)

Narada aktywu współzawodnictwa pracy w przemyśle elektrotechnicznym.

W dniu 31 maja br. wielka sala stołówki Zakładów Wytwórczych Aparatury Oświetleniowej na Okęciu zapełniła się przodownikami pracy przemysłu elektrotechnicznego i aktywem związkowym, aby przedyskutować obecny stan współzawodnictwa pracy i poprzez rzeczową krytykę wytknąć sobie nowe, lepsze drogi do wykonania planu 6-letniego. Referat wstępny wygłosił przedstawiciel Związku Zawodowego ob. Firganek.

Obrady, trwające 10 godzin, w czasie których wypowiedziało się 37 mówców terenowych, ujawniły istniejące braki, odkryły sprawy pilne a leżące w biurkach, naświetliły te sprawy, które powinny tętnić życiem w terenie, a wreszcie przedstawiły dezyderaty terenu.

Naczelnym zadaniem, które wyłoniło się, jako jasna i niezaprzeczona konieczność w obecnym etapie współzawodnictwa, jest to **opieka nad przodownikami pracy.**

Zarówno pod adresem Związku Zawodowego i Rad Zakładowych, jak i pod adresem Dyrekcji, wysuwano żądania wzmożenia opieki, regularnego wypłacania premii, zapoznania przodowników pracy ze sposobem premiowania, — tak, aby przodownik czuł troskę, którą otaczane jest zarówno życie jego jak i jego rodziny, — aby odczuł wyróżnienie, które nie zawsze zaspokoi nagroda pieniężna.

Jako przykład, podano życzenia młodzieży współzawodniczącej w pracy, która zrzekłaby się chętnie osobistej premii pieniężnej, wzamian za możność zakupienia instrumentów dla zorganizowania orkiestry.

Premia pieniężna musi być dopełniona opieką socjalną, szczególnie w odniesieniu do rodzin przodowników pracy. Należy dążyć do polepszenia ich warunków mieszkaniowych, do roztoczenia opieki nad nauką ich dzieci, do rozszerzenia ich możliwości korzystania z imprez o charakterze artystycznym czy rozrywkowym.

Zebrani postanowili wystąpić na Kongresie Związków Zawodowych o ustanowienie państwowej nagrody przodownika pracy i specjalnej legitymacji, która byłaby widomym symbolem pierwszeństwa, wyróżnienia i uświadomienia obywatelskiego.

Opieka nad przodownikami pracy dotyczy żądań, które teren stawia Związkom Zawodowym i Radom Zakładowym oraz dyrekcji. Jednocześnie wpłynęły dezyderaty odwrotne: postawiono pewne zadania terenowi.

Współzawodnictwo pracy nie może ograniczać się do osiągnięć przodownictwa indywidualnego, czy nawet zespołowego. Musi w nim tkwić czynnik pedagogiczny, czynnik nauki, musi stać się ono narodową szkołą twórczej pracy. Sam tylko przykład dany innym — to mało; winien on być poparty codzienną koleżeńską pomocą. Przodownik pracy winien dzielić się swym doświadczeniem z towarzyszami, uczyć ich lepszych metod, roztoczyć opiekę nad tym drugim, który przy sąsiednim warsztacie pracy pracuje może nieudolnie, mniej sprawnie.

Przodownicy pracy przemysłu elektrotechnicznego uświadomili sobie konieczność zespołowego wysiłku, konieczność porwania za sobą wielkiej masy pracowników, która ogólną swą wydajnością wykona plan i dokona odbudowy.

Praca jednak, i sama tylko praca, nie podoła wielkim zadaniom, jakie stawia przed nami plan 6-letni. Praca ta musi mieć nowe kierunki, któreby likwidowały jakiekolwiek marnotrawstwo włożonego wysiłku przodowników pracy. Na apel odezwać się muszą polscy konstruktorzy i technicy przez masowe projektowanie i konstruowanie nowoczesnych urządzeń i maszyn — racjonalnych, tanich i prostych. Jako przykład, mogą służyć nowe konstrukcje maszyn w Związku Radzieckim.

Ale świat techniczny — to tylko nowe konstrukcje, to prototypy i trudne nowe plany techniczne. Drugim elementem jest natomiast wyzyskanie robotniczych pomysłów racjonalizatorskich; wzbogaca on tę wielką rzekę postępu, w którą pragniemy skierować odrodzony przemysł polski.

Robotnik Gwiazdowicz z Zakładów Wytwórczych Materiałów Elektrotechnicznych w Krakowie pokazał, — omawiając dwa swoje pomysły racjonalizatorskie, — co to jest wynalazek robotniczy, jak prostą często kryje on w sobie poprawkę, wynikłą z potrzeby ulepszenia i ułatwienia własnej pracy. Zastosował on analogię kontry rowerowej do walca nawijającego izolację i zamiast tracić dziesiątki cennych chwil pracy na poprawianie szczęk uchwytowych (które źle działały), zastosował segmenty dopełniające do walca, działające jako opór.

Mało jednak, że ob. Gwiazdowicz zastosował to ulepszenie. Potrafił on w najprostszy sposób opowiedzieć o swym wynalazku towarzyszom i tym spełnił drugie, nie mniej ważne od pierwszego, zadanie: wskazał kolegom swym właściwą drogę i zachęcił ich do wynalazczości.

Przemówienie racjonalizatora Gwiazdowicza, jakkolwiek było drobnym jedynie fragmentem w 10-godzinnej dyskusji, wywołało wielkie zainteresowanie i entuzjazm zebranych.

Dyskusja potoczyła się żywiołowo, gdy zaczęto omawiać wykorzystanie parku maszynowego, a przede wszystkim przetrzymywanie maszyn, a także sprawę gromadzenia zbytecznych materiałów na skutek egoistycznego podejścia administracji celem robienia niepotrzebnych i niezgodnych z zarządzeniami Ministerstwa rezerw.

Zebrani przodownicy pracy podkreślili konieczność powołania — oprócz komisji kontrolnych — także komisji

[3]) Ryglowanie odłącznika mocy uniemożliwia włączenie jego w podanych wyżej wypadkach.

społecznych dla wytępienia szkodniczej tej polityki maszynowej i materiałowej. Na zebraniu aktywu współzawodnictwa wiele głosów podnosiło konieczność ściślejszego związania się w pracach nad tym ruchem terenowym ze Związkami Zawodowymi i zaktywizowania w tym zakresie Rad Zakładowych. Ten dezyderat miał swoje specjalne znaczenie, gdyż wielu z obecnych przodowników pracy już nazajutrz, jako delegaci na Kongres Związków Zawodowych, mieli możność oświetlenia tych spraw przed plenum związkowym.

Nie same tylko braki oświetlono na zebraniu aktywu współzawodniczego. Przemysł elektrotechniczny, jeden z trudniejszych technicznie przemysłów, nie mający u nas własnych tradycji, potrafił rozbudzić ruch racjonalizatorski, który w roku 1948 przyniósł ponad 41 milionów złotych oszczędności.

W branży maszynowej zrealizowano 97 pomysłów, dzięki którym zaoszczędzono 6 milionów złotych, w branży kablochemicznej 66 pomysłów, co przyniosło 17 milionów zł. oszczędności, w branży aparatowej — 98 pomysłów na sumę 10 milionów zł. oszczędności, w branży telekomunikacyjnej — 38 pomysłów na sumę 8 milionów zł. oszczędności. Wynalazcom i racjonalizatorom wypłacono 4.644.000 zł. premii za rok ubiegły.

Ruch współzawodnictwa wykazuje wciąż wzrastający rozwój. Jeżeli nawet weźmiemy pod uwagę krótki okres od końca roku 1948, kiedy we współzawodnictwie brało udział 10.680 pracowników w 31 zakładach i porównamy tę liczbę z 13.000 współzawodniczących w chwili obecnej (co już stanowi 33% ogólnej liczby pracowników), stwierdzimy, że wzrost ten jest pomyślny.

Podsumowaniem dyskusji było przemówienie inż. Jakubowicza. W przeszło godzinnym przemówieniu wyciągnął on wnioski odnośnie zwiększenia opieki nad przodownikami pracy, popularyzacji racjonalizatorstwa, wzmożenia prac nad nowymi konstrukcjami, wykorzystania maszyn i zmianowości, poprawy zaopatrzenia. Nie maszyna wyciska siły robotnika, jak to ma miejsce w ustroju kapitalistycznym, ale człowiek zwiększa wydajność maszyny własną organizacją pracy oraz zwiększeniem jej tempa obrotu. Dlatego czujność wobec wydajności maszyn oraz ich wykorzystanie muszą być podstawowym warunkiem realizacji planów.

Inż. Jakubowicz poruszył niepokojący spadek wydajności pracy w przemyśle elektrotechnicznym w I kwartale br., który należy traktować, jako sygnał ostrzegawczy do mobilizacji wysiłków. Wzrost umów akordowych jest także jednym z głównych warunków realizacji planów i nasuwa się konieczność doprowadzenia tych umów co najmniej do stanu 60% pracowników fizycznych.

Mówca ostrzegał przed formalistycznym podejmowaniem zobowiązań w zakładach pracy, zobowiązań nieprzeanalizowanych, robionych przy biurkach, zobowiązań bezwartościowych, w których nie tkwi świadoma wola czynu robotniczego.

Na zakończenie konferencji zabrał głos wiceprezes Związku Zawodowego Metalowców — Kowalski, który stwierdził, że konferencja przodowników pracy przemysłu elektrotechnicznego postawiła nowe zadania nie tylko w stosunku do Dyrekcji i Administracji przemysłu; postanowiła ona je także przed Związkami Zawodowymi oraz ich organem terenowym — Radami Zakładowymi.

Należy stworzyć mocną więź między Związkiem Zawodowym a terenem, likwidując dystans istniejący w obecnej chwili. Dla robotnika nie może być dalekiej drogi do Związku, zwłaszcza zaś w sprawach dotyczących ruchu współzawodnictwa. Droga ta musi być bliska. Robotnik winien nie tylko wiedzieć, ale i odczuwać to, że Związek — poprzez Radę Zakładową — czuwa tu na miejscu w macierzystym jego zakładzie pracy.

Po dalszym podsumowaniu wyników narady powzięto rezolucję, w której Przemysł Elektrotechniczny zobowiązuje się wykonać plan trzyletni do 10 września br., plan za rok 1949 — do 20 listopada br., do końca zaś bieżącego roku przekroczyć tegoroczny plan o 13%. Przemysł ten zobowiązuje się ponadto zaoszczędzić w r. 1949 sumę 1 miliarda 293 mil. zł. i wypełnić szereg dezyderatów terenowych, dotyczących opieki nad przodownikami pracy i ruchem współzawodnictwa.

Przemysł elektrotechniczny uchwalił wreszcie wystąpić — przez swych delegatów na Kongres Związków Zawodowych — o państwową oznakę przodownika pracy.

Popularna elektrotechnika.

Podstawy elektrotechniki.

inż. - el. T. KULISZEWSKI

(Ciąg dalszy)

8. Budowa atomu.

Każdy atom wyobrażamy sobie, jako pewnego rodzaju układ słoneczno-planetarny. Układ ten przypomina układ planet krążących dokoła słońca po zamkniętych orbitach (drogach), które znajdują się w różnych odległościach od słońca. Każda planeta (a także i nasza Ziemia) krąży po swojej własnej orbicie, kształtem przypominającej elipsę.

W układzie atomu „słońcem" tym jest jądro atomu, „planetami" zaś znikomo drobne ciałka zwane elektronami, które krążą dokoła jądra z zawrotną szybkością dochodzącą do kilkudziesięciu tysięcy km na sekundę.

Wszystkie atomy jednego pierwiastka mają identyczną budowę. Atomy różnych pierwiastków różnią się jedynie składem jądra oraz liczbą krążących dokoła jądra elektronów (tzw. planetarnych). Należy nadmienić, że elektrony w atomach rozmaitych ciał są identyczne.

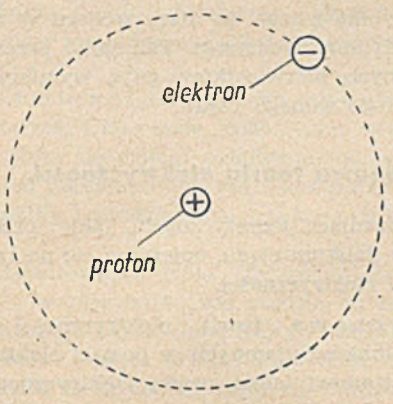
Doświadczalnie dowiedziono, że ruch (krążenie) elektronów wokoło jądra po orbitach odbywa się dzięki wzajemnym siłom przyciągania między jądrem a elektronem. Siły te powodują przyśpieszenie dośrodkowe elektronu i dlatego elektron nie wylatuje samorzutnie ze swojej orbity.

Stwierdzono również doświadczalnie, że siłę wzajemnego przyciągania jądra i elektronu powodują ładunki elektryczne, jakie posiada zarówno jądro, jak i elektron.

Jądro atomu posiada ładunek dodatni, elektron zaś — ładunek ujemny. Ładunek elektronu jest ładunkiem elementarnym, czyli jest to najmniejszy ładunek elektryczności ujemnej. Jądro atomu posiada tyle elementarnych ładunków dodatnich, ile wynosi numer porządkowy danego pierwiastka w tablicy układu periodycznego pierwiastków Miendielejewa (uzupełnionej przez Moseley'a). Tablica ta została ułożona w ten sposób, że najlżejszy pierwiastek wodór (H) znajduje się na pierwszym miejscu, najcięższy zaś — na ostatnim. Poszczególne pierwiastki zajmują pozostałe numery w kolejności ich

ciężarów atomowych (z drobnymi wyjątkami). Tak np. tlen (O) stoi na 8 miejscu, żelazo (Fe) — na 26, miedź (Cu) — na 29, srebro (Ag) — na 47 itd.

Ponieważ każdy atom dowolnego pierwiastka w stanie normalnym nie wykazuje żadnych właściwości elektrycznych, musi istnieć w nim równowaga ładunków do-

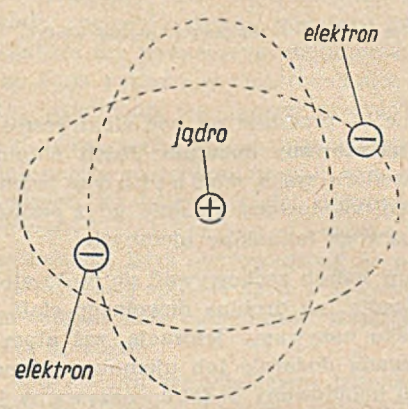


Rys. 2. Schemat modelu atomu wodoru.

datnich i ujemnych. A więc liczba elektronów planetarnych w atomie danego pierwastka musi być równa liczbie elementarnych ładunków dodatnich zawartych w jądrze tego pierwiastka. Tak np. atom wodoru ma 1 elektron, atom tlenu — 8 elektronów, atom żelaza — 26 elektronów, miedzi — 29 elektronów itd.

Pierwszy model atomu według powyższego opisu podał fizyk angielski lord Rutherford, a uzupełnił go duński uczony Niels Bohr. Założyli oni, że tory (orbity) elektronów dokoła jądra są kołowe (jakkolwiek należałoby uważać je raczej za zbliżone do elips) i zajmują pewne warstwy wokoło jądra, tak, że w jednej takiej warstwie może krążyć kilka elektronów. Warstw takich może być wogóle najwyżej siedem, w zależności od liczby elektronów planetarnych w atomie. Warstwy te leżą w różnych odległościach od jądra atomu i są oznaczane kolejnymi literami, poczynając od **K** (**L**, **M**, **N**, itd.) zaczynając od warstwy najbliższej jądra. A zatem warstwa **K** leży najbliżej jądra, warstwa **L** nieco dalej, następnie **M** — jeszcze dalej itd.

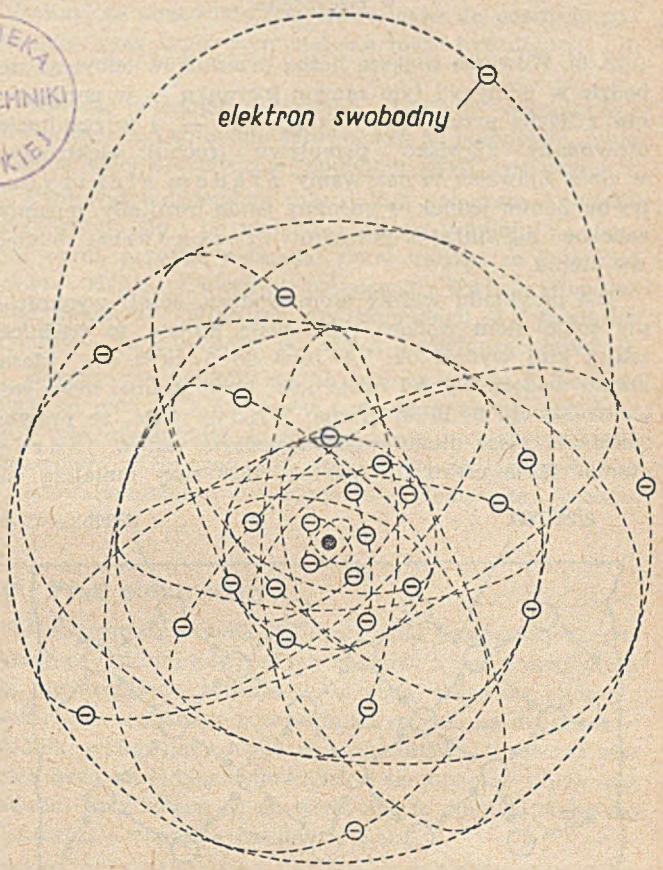
Pierwsza warstwa może zawierać jeden elektron (wodór — rys. 2), lub najwyżej dwa elektrony (hel — rys. 3); na tym warstwa **K** zamyka się. Następna warstwa **L** — może zawierać od 1 do 8 elektronów — podobnie, jak warstwa **M**. Jeżeli warstwa zawiera już 8 elektronów, wówczas układ taki jest wyjątkowo trwały.



Rys. 3. Schemat modelu atomu helu.

Następne warstwy również zawierają ściśle określone liczby elektronów, natomiast wysunięta najbardziej nazewnątrz warstwa może zawierać jeden lub kilka elektronów. Ta zewnętrzna warstwa narzuca pierwiastkowi charakterystyczne cechy zarówno pod względem chemicznym, jak i elektrycznym. Mianowicie w zewnętrznej warstwie atomy niektórych pierwiastków (szczególnie metali) posiadają jeden lub więcej elektronów bardzo **słabo przyciąganych** przez własne jądro, wobec czego może się zdarzyć, że taki elektron **przeskoczy na sąsiedni atom** i zacznie krążyć wokoło jądra tego sąsiedniego atomu. Są to tzw. wolne czyli swobodne elektrony.

BIBLIOTEKA POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

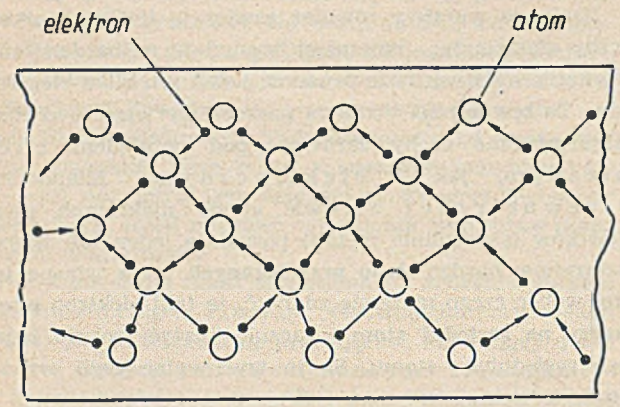


Rys. 4. Schemat atomu miedzi.

Na rys. 4 pokazany jest schematycznie atom miedzi. Dla przejrzystości pokazane są tylko zewnętrzne części orbit, jako rzuty na płaszczyznę rysunku (w rzeczywistości orbity te są liniami zamkniętymi wokoło jądra). Jak widzimy, atom miedzi posiada jeden elektron swobodny na orbicie najbardziej wysuniętej nazewnątrz; elektron ten jest luźno związany z jądrem atomu i dlatego łatwo może być wytrącony ze swej orbity.

Ruch elektronów swobodnych odbywa się w ciele stale, jednakże bezładnie, tak że kierunki tych przeskoków stale się znoszą i ciało nie wykazuje żadnych właściwości elektrycznych (rys. 5).

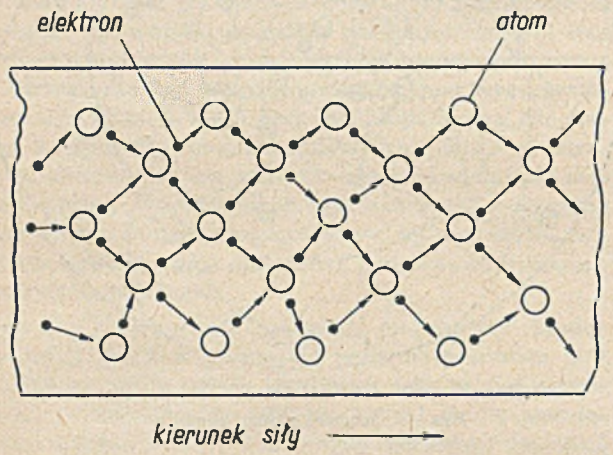
Przypuśćmy teraz że przy pomocy jakiejś siły zewnętrznej (o charakterze elektrycznym) zdołamy przeskok elektronów swobodnych skierować w jedną stronę



Rys. 5. Schemat ruchu (bezładnego) elektronów swobodnych w przewodniku.

(rys. 6). Wówczas większa liczba przeskoków odbywać się będzie w jednym i tym samym kierunku — w porównaniu z liczbą przeskoków bezładnych — i w rezultacie otrzymamy zjawisko przepływu (ruchu) elektronów w ciele. Zjawisko to nazywamy prądem elektrycznym. Zanim jednak wyjaśnimy istotę owej siły, musimy zapoznać się bliżej z pewnymi szczegółami budowy atomu.

Dla przykładu weźmy atom wodoru. Jeżeli wyobrazimy sobie atom wodoru, jako ciało kuliste, to średnica takiej kuli wynosi ok. $2{,}4 \cdot 10^{-8}$ do $5 \cdot 10^{-8}$ cm. Masa atomu wodoru wynosi około $1{,}63 \cdot 10^{-24}$ grama, masa zaś elektronu ok. $9 \cdot 10^{-28}$ grama. Widzimy więc, że prawie całkowita masa atomu wodoru zawarta jest w jądrze atomu. Masa elektronu jest ok. 1838 razy mniejsza od



Rys. 6. Schemat ruchu elektronów swobodnych po przyłożeniu siły zewnętrznej.

masy jądra wodoru. Jądro atomu wodoru, posiadające jeden ładunek elementarny dodatni, zostało nazwane protonem [1]).

Ciekawe są wymiary protonu i elektronu oraz odległości między nimi. Średnica elektronu — jeżeli wyobrazimy sobie elektron, jako kulę, — wynosi ok. $2{,}8 \cdot 10^{-13}$ cm; średnica protonu jest ok. 1000 razy mniejsza. Widzimy więc, że jądro atomu wodoru, mimo że jest 1838 razy cięższe od elektronu, jest o wiele od niego mniejsze. Najmniejsza odległość krążącego elektronu wynosi ok. $0{,}5 \cdot 10^{-8}$ cm, a więc jest ok. 20 000 razy większa od średnicy elektronu lub ok. 20 milionów razy większa od średnicy protonu. Wynika z tego, że atom wodoru w rzeczywistości jest pusty (przezroczysty). Tak samo przezroczyste są atomy i innych pierwiastków, gdyż wymiary ich i odległości są tego samego rzędu.

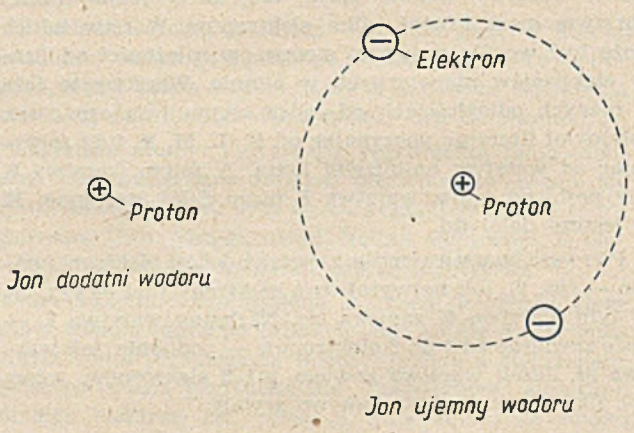
9. Elektronowa teoria elektryczności.

W rozważaniach teoretycznych, jakie przeprowadzać będziemy w dalszym ciągu, opieramy się na tzw. **elektronowej teorii elektryczności.**

Elektronowa teoria elektryczności przyjmuje istnienie ładunków **ujemnych** w postaci elektronów, których ruch stanowi istotę prądu elektrycznego; ładunki **dodatnie** uważane są za skoncentrowane w jądrach atomów. Jakkolwiek teoria ta nie jest ostatnim wyrazem badań nowoczesnej fizyki, tym nie mniej wystarcza ona w zupełności dla wyjaśnienia i zrozumienia zjawisk związanych z prądem elektrycznym a objętych nauką podstaw elektrotechniki.

Rozpatrując budowę atomu pierwiastka, zaznaczyliśmy, że o ile atom nie wykazuje żadnych właściwości elektrycznych, to musi istnieć w nim równowaga ładunków ujemnych i dodatnich.

Przypuśćmy teraz, że np. atom wodoru zostanie pozbawiony swego elektronu wskutek jakiejś siły natury elektrycznej działającej z zewnątrz. Wówczas — jak uczy



Rys. 7. Jony — dodatni i ujemny wodoru.

doświadczenie — przestaje on być elektrycznie obojętny i staje się **naładowany dodatnio.** Jeżeli natomiast inny jakiś atom wodoru zyska dodatkowo jeden elektron, to staje się on naładowany ujemnie, gdyż posiadać będzie wówczas przewagę ładunków ujemnych.

W ten sam sposób zachowywać się może atom dowolnego pierwiastka lub drobina dowolnego ciała. Tego rodzaju zjawisko nazywamy **jonizacją,** zaś atom lub drobinę naładowaną dodatnio lub ujemnie — **jonem.** Atom (lub drobinę) naładowany dodatnio nazywamy jonem dodatnim, natomiast naładowany ujemnie — jonem ujemnym (rys. 7).

[1]) Ostatnie badania jądra atomowego stwierdziły, w jądrze ciałko o elementarnym ładunku dodatnim zwane pozytronem. Skład jądra pierwiastków opiera się obecnie na istnieniu równych składników jądra zwanych nukleonami. Nukleon po wyrzuceniu elektronu, staje się protonem, zaś proton po wyrzuceniu pozytronu staje się znowu nukleonem, zwanym wtedy neutronem. A zatem teoria dzisiejsza przyjmuje skład jądra atomu z protonów i neutronów, jako dwóch stanów jednej i tej samej cząstki jądra — nukleonu. Sądzić należy, że w jądrze atomu znajdują się wielkie ilości elektronów i pozytronów ściśle ze sobą powiązanych.

Jonizacja może być wywołana w rozmaity sposób. Należy jednakże nadmienić, że nie wszystkie ciała podlegają w równym stopniu zjawisku jonizacji. Najlepiej jonizują się rozrzedzone **gazy** oraz **wodne roztwory** soli i kwasów czyli tzw. elektrolity. Gazy rozrzedzone oraz elektrolity zjonizowane, jak wykazały liczne badania, posiadają jony obu biegunowości, które znajdują się w ciągłym bezładnym ruchu. Wystarczy jednakże niewielka siła przyłożona z zewnątrz, aby ruch ten przybrał określony kierunek.

Nieco odmiennie przebiega zjawisko jonizacji w ciałach stałych. Ciało stałe, pozbawione pewnej liczby elektronów, staje się ciałem naładowanym dodatnio, zaś posiadające ich nadmiar — ciałem naładowanym ujemnie, jednak swobodny bezładny ruch jonów w ciele jest uniemożliwiony.

Stopień zjonizowania ciała stałego zależy od wielu czynników — w pierwszym zaś rzędzie od rodzaju ciała. Najlepiej ładują się te ciała, których atomy posiadają **wolne elektrony**, a więc przede wszystkim metale oraz ich stopy. Ciała te posiadają zdolność bardzo szybkiego rozprowadzenia otrzymanego ładunku elektrycznego po powierzchni całego ciała. Inne ciała tej zdolności nie posiadają i otrzymany ładunek pozostaje w tym samym miejscu, do którego został on doprowadzony.

Z powyższym zjawiskiem łączy się własność tzw. przewodzenia elektrycznego ciał. Im więcej wolnych elektronów posiada ciało, tym większa jest jego zdolność przewodzenia. Zdolność przewodzenia elektrycznego nazywać będziemy **przewodnością elektryczną** albo krótko **przewodnością.**

Ciało, które posiada bardzo dużą przewodność, nie stawia prawie żadnego oporu dla ruchu elektronów czyli ładunków. Natomiast ciało o bardzo małej przewodności przeciwstawia ruchowi elektronów znaczny opór i tym samym prawie uniemożliwia przepływ elektronów. Z tego względu — zamiast posługiwać się przewodnością danego ciała możemy z powodzeniem posługiwać się jego **opornością elektryczną**, pamiętając jednak, że dwie te właściwości mają znaczenie odwrotne.

Oporność elektryczną w dalszym ciągu będziemy nazywać **„opornością"** albo krótko — **„oporem".**

Opierając się na pojęciach przewodności i oporności, możemy podzielić wszystkie ciała na lepiej przewodzące i gorzej przewodzące elektrony. Z tego punktu widzenia wszystkie ciała można z gruba podzielić na trzy kategorie, a mianowicie na: **przewodniki, półprzewodniki** i **nieprzewodniki**, czyli ciała izolujące o bardzo wielkim oporze (krótko: izolatory).

Jasną jest rzeczą, że w praktyce nie mamy ani doskonałych przewodników, ani doskonałych izolatorów. Wszystkie ciała posiadają pewną mniejszą lub większą oporność i dlatego też wyznaczenie (obliczenie) wielkości oporu danego ciała posiada w elektrotechnice olbrzymie znaczenie. Do zagadnienia tego jeszcze powrócimy.

Biorąc pod uwagę wyżej wymienione właściwości przewodzenia ciał, należy stwierdzić, że ciało w wysokim stopniu przewodzące, do którego został doprowadzony ładunek elektryczny, musi być izolowane od przewodników sąsiednich, gdyż doprowadzony do niego ładunek mógłby z łatwością spłynąć na te przewodniki, rozładowując tym samym ciało naładowane. Najczęściej ładunek ten ucieka do ziemi.

Badania nad ciałami posiadającymi ładunki elektryczne wykazały, że ciała naładowane elektrycznie oddziaływują wzajemnie na siebie. Wokoło ciała naładowanego istnieje pewne tzw. **pole** natury elektrycznej, w którym przejawiają się **siły** działające na inne ciało naładowane. Siły te powodują przyciąganie — jeżeli oba ciała są naładowane ładunkami o znakach przeciwnych, oraz odpychanie — jeżeli ładunki są tych samych znaków. Inaczej mówiąc: ładunki różnoimienne przyciągają się, jednoimienne zaś — odpychają się. Ciało naładowane dodatnio, umieszczone w gazie zjonizowanym, będzie przyciągało jony ujemne tego gazu, dodatnie zaś jony będzie odpychało.

Ładunek doprowadzony do przewodnika może być mniejszy lub większy; może on być dodatni lub ujemny. Przewodnik może mieć więc pewien stopień naładowania, czyli może być naładowany do pewnej wartości. Przyjęto nazywać stopień naładowania **potencjałem**, a zatem mówimy, że dane ciało jest naładowane do pewnego potencjału, przy czym potencjał ten może być dodatni lub ujemny.

Wartość potencjału mierzymy od pewnej wartości zerowej czyli od potencjału zerowego tj. od potencjału, jakie posiada ciało elektrycznie obojętne, czyli rozładowane.

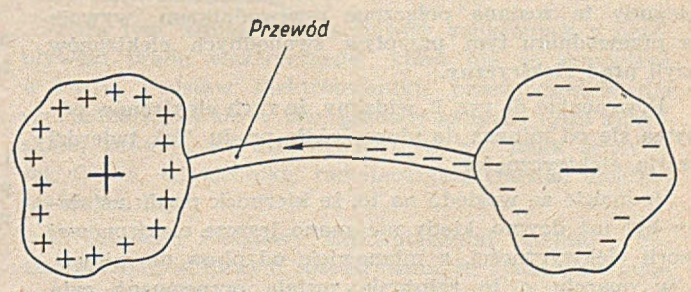
Ponieważ naładowany przewodnik połączony z ziemią rozładowuje się i po rozładowaniu się przyjmuje potencjał ziemi, przyjęto **potencjał ziemi uważać za potencjał zerowy.** Każdy przewodnik naładowany posiada więc pewien potencjał elektryczny względem ziemi — dodatni lub ujemny — w zależności od znaku posiadanego ładunku.

Różnica potencjałów dwóch przewodników naładowanych do różnych potencjałów (względem ziemi) jest właśnie tym czynnikiem, który powoduje ruch swobodnych elektronów w przewodniku (np. w drucie łączącym oba naładowane ciała), a tym samym — przepływ prądu elektrycznego.

10. Prąd elektryczny.

Jeżeli dwa przewodniki (czyli ciała przewodzące), posiadające ładunki odwrotnych znaków, a zatem wzajemnie się przyciągające, zetkną się ze sobą, wówczas nadmiar elektronów z jednego przewodnika spłynie na drugi przewodnik, wykazujący niedobór elektronów, i wówczas oba ciała będą posiadały ładunki takie same. Jeżeli pierwotne ładunki były równe co do wielkości, to ciała te staną się elektrycznie obojętne (rozładują się).

Gdy dwa takie ciała — naładowane różnoimiennie — połączymy przewodem, a więc np. drutem z dobrego przewodnika, to przepływ elektronów z jednego ciała do drugiego odbywać się będzie za pośrednictwem tego drutu. W drucie (przewodzie) popłyną więc elektrony z ciała o ładunku ujemnym do ciała o ładunku dodatnim. Tego rodzaju przepływ elektronów w przewodzie nazywać będziemy **prądem elektrycznym** (rys. 8).

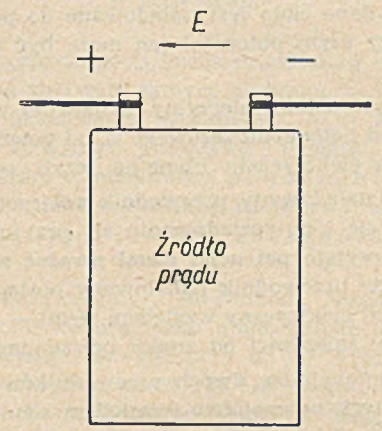


Rys. 8. Przepływ elektronów od ciała naładowanego ujemnie do ciała naładowanego dodatnio.

Prąd elektryczny w drucie płynąć będzie dopóty, dopóki ładunki elektryczne w obu ciałach nie zrównają się.

Gdyby w jakikolwiek sposób ładunki w obu naładowanych ciałach były uzupełniane stale do tej samej wartości, to prąd w drucie płynąłby stale. Zadanie uzupełniania ładunków w ciałach do tej samej wysokości spełniają tzw. **źródła prądu.** Możemy zatem powiedzieć, że źródło prądu elektrycznego jest to takie urządzenie, z którego możemy otrzymywać prąd elektryczny.

Źródło prądu posiada **dwa bieguny** (zaciski), na których gromadzą się ładunki elektryczne różnoimiennych znaków; jednym z nich jest biegun dodatni (+), drugim — biegun ujemny (—) (rys. 9).



Rys. 9. Źródło prądu elektrycznego.

Z powyższego widać, że prąd elektryczny jest to ruch swobodnych elektronów w przewodniku skierowany w jedną stronę i odbywający się pod wpływem pewnego czynnika zewnętrznego. W danym przypadku tym czynnikiem jest różnica wartości ładunków na biegunach źródła prądu.

W źródłach prądu, jak już wspomnieliśmy, oba bieguny posiadają ładunki utrzymywane stale na pewnym poziomie. Bieguny te posiadają więc niezmienne potencjały względem ziemi, wobec czego różnica potencjałów na biegunach źródła prądu musi być utrzymywana — przez jakiś czynnik — stale na tej samej wysokości. Czynnikiem tym jest pewna siła, której siedliskiem jest samo źródło prądu. Siła ta znajduje się więc wewnątrz źródła prądu. Jest nią tzw. **siła elektromotoryczna,** która wywołuje i utrzymuje potencjały obu biegunów źródła na odpowiedniej wysokości.

Różnica tych potencjałów, którą inaczej nazywamy **napięciem** na biegunach źródła prądu — w chwili, kiedy bieguny te zostaną połączone przewodnikiem, wywoła w przewodniku tym przepływ swobodnych elektronów czyli **prąd elektryczny.**

Powracając do rys. 8, widzimy, że ruch elektronów odbywa się od minusa do plusa źródła prądu. Tak twierdzi teoria elektryczności.

Jednakże ze względu na to, że kierunek prądu ustalony był już dawno, kiedy nie znano jeszcze elektronowej teorii elektryczności, a mianowicie od plusa do minusa, i w oparciu o to założenie została opracowana cała teoria elektryczności i nauk z nią związanych, przyjmujemy w dalszym ciągu ten „dawniejszy" kierunek prądu, pamiętając jednak, że jest on niewłaściwy. Będziemy więc mówili, że prąd płynie od bieguna dodatniego do bieguna ujemnego, pamiętając jednocześnie, że ruch elektronów w przewodniku ma kierunek odwrotny do powyższego kierunku prądu. Pojęcie to jest niezbędne zwłaszcza przy rozpatrywaniu działania lamp elektronowych.

Ponieważ zaznaczyliśmy, że elektron jest to elementarny ładunek elekryczności ujemnej, obecnie zaś określiliśmy prąd elektryczny, jako ruch elektronów, przeto możemy powiedzieć, że prąd elektryczny jest to przepływ ładunków ujemnych w przewodniku.

Jasne jest, że prąd elektryczny w przewodniku może być „słabszy" lub „silniejszy" — w zależności od tego ile elektronów w danej chwili przez pewien przekrój poprzeczny tego przewodnika płynie. Im więcej elektronów przepływa w danej chwili przez ów przekrój przewodnika, tym większy jest prąd elektryczny. Widzimy więc, że prąd elektryczny posiada pewną wartość (wielkość). Wielkość prądu elektrycznego nazywać będziemy **natężeniem prądu** elektrycznego, lub wprost — natężeniem prądu, albo — krótko — prądem.

Opierając się na elektronowej teorii elektryczności oraz na rozpatrzonych przez nas zjawiskach powstawania prądu elektrycznego, dochodzimy do przekonania, że źródeł prądu, któreby „wytwarzały" w dosłownym znaczeniu prąd elektryczny, nie ma. Istnieją natomiast urządzenia (zwane „źródłami prądu") które posiadają siłę elektromotoryczną, przy pomocy której **istniejąca w każdym ciele** (w postaci elektronów) **elektryczność ujemna zostaje wprawiona w ruch** w pewnym określonym kierunku — tak samo, jak to ma miejsce w pompie wodnej, która nie wytwarza przecież wody, a jedynie przetłacza strumień wody przez rury.

II. Wielkości elektryczne.

Poznaliśmy dotychczas następujące wielkości elektryczne: ładunek, siłę elektromotoryczną, potencjał, napięcie, natężenie prądu elektrycznego, oporność elektryczną oraz przewodność elektryczną. Postaramy się teraz dokładnie zdefiniować (określić) te wielkości.

a) ładunek i natężenie prądu elektrycznego.

Ładunek można określić, jako ilość elektryczności przepływającej przez dany przekrój pewnego przewodnika w przeciągu określonego czasu. Ładunek oznaczać będziemy symbolem (literą) Q.

Natężenie prądu jest to ładunek przepływający przez dany przekrój pewnego przewodnika w jednostce czasu czyli w ciągu jednej sekundy. Natężenie prądu oznaczać będziemy literą I.

Wobec powyższego możemy powiedzieć: jeżeli prąd o natężeniu I płynie przez przewodnik w ciągu t sekund, to ładunek Q możemy wyrazić wzorem:

$$Q = I \cdot t \qquad (12)$$

i odwrotnie: jeżeli przez przewodnik w ciągu t sekund przepłynął ładunek o wartości Q, to natężenie prądu w przewodniku:

$$I = \frac{Q}{t} \qquad (13)$$

Z ruchu elektronów w przewodniku wnioskujemy, że natężenie prądu jest wielkością kierunkową.

b) Oporność i przewodność elektryczna.

Opornością nazywamy wielkość oporu, jaki przeciwstawia przepływowi prądu przewodnik o pewnych określonych wymiarach geometrycznych. Już z tego określenia nasuwa się przypuszczenie, że oporność jest ściśle związana z geometrycznymi wymiarami danego przewodnika. Oporność oznaczać będziemy symbolem (literą) R.

Przewodność jest odwrotnością oporności zatem również i oporność jest odwrotnością przewodności. Przewodność oznaczać będziemy literą G.

Wobec powyższego możemy napisać:

$$G = \frac{1}{R} \tag{14}$$

oraz

$$R = \frac{1}{G} \tag{15}$$

c) Siła elektromotoryczna, potencjał i napięcie.

Siła elektromotoryczna jest to pewna siła natury elektrycznej, która zdolna jest wytworzyć i utrzymywać na biegunach źródła prądu różnoimienne potencjały. Siedliskiem siły elektromotorycznej jest źródło prądu, a zatem siła elektromotoryczna powstaje zawsze, gdy jesteśmy świadkami zamiany pewnego rodzaju energii na energię elektryczną.[1]) Tego rodzaju przemiana energii ma zawsze miejsce wewnątrz każdego źródła prądu elektrycznego. Siłę elektromotoryczną oznaczać będziemy literą E. Siła elektromotoryczna (w skrócie *sem*) jest również wielkością kierunkową.

Potencjał można określić, jako stopień naładowania danego przewodnika. Potencjał jest więc wielkością wprost proporcjonalną do ładunku dostarczonego danemu przewodnikowi. Bardziej ścisłą definicję potencjału podamy w dziale „Elektrostatyka".

Wartość potencjału określamy w stosunku do potencjału zemi (punkt o potencjale równym zeru). Potencjał może być dodatni lub ujemny, czyli większy lub mniejszy od zera. Potencjał oznaczać będziemy literą V.

Napięcie jest to różnica potencjałów, jakie istnieją w dwóch dowolnych punktach (w naszym przypadku — na zaciskach źródła prądu).

Jeżeli potencjały w obu punktach są jednakowe zarówno co do wartości, jak i znaku, — to wówczas różnica potencjałów jest równa zeru; napięcia między takimi punktami nie ma, a zatem i żaden prąd nie popłynie, gdy takie punkty połączymy ze sobą przewodnikiem.

Natomiast jeżeli potencjały w dwu punktach są różne — np. jeden z nich ma wartość większą a drugi mniejszą, to — o ile punkty te połączymy ze sobą przewodnikiem, — prąd w nim popłynie. Możemy zatem powiedzieć, że napięcie jest to czynnik, który może wywołać przepływ prądu w przewodniku.

Napięcie oznaczać będziemy literą U; napięcie jest także wielkością kierunkową.

Jeżeli potencjał jednego punktu wynosi V_1, a drugiego punktu V_2, to napięcie między tymi punktami określi wzór:

$$U = V_1 - V_2 \tag{16}$$

(w założeniu, że V_1 jest większe od V_2 czyli: $V_1 > V_2$).

[1]) Przy zamianie energii chemicznej na elektryczną — np. w ogniwach, mechanicznej na elekczną — w prądnicach itd.

Napięcie określić możemy jeszcze inaczej. Pod wpływem napięcia U, jak powiedzieliśmy wyżej, odbywać się może przepływ prądu elektrycznego w przewodniku, tzn. przepływ ładunku Q. Ponieważ, jak wiemy, przewodnik stawia temu przepływowi pewien opór, zostaje więc wykonana przy tym pewna praca A. Praca ta jest proporcjonalna zarówno do napięcia, jak i do wartości ładunku; możemy zatem napisać:

$$A = U \cdot Q \tag{17}$$

czyli:

$$U = \frac{A}{Q} \tag{18}$$

d) Praca prądu elektrycznego. Energia i moc elektryczna.

Wyprowadzając wzór (18) na napięcie, napotykamy na nową wielkość elektryczną. Jest nią **praca prądu elektrycznego.**

Ponieważ praca prądu, jak i każda inna praca, powstaje z energii, mamy więc tu do czynienia z energią elektryczną, której miarą jest praca prądu elektrycznego. Energię elektryczną oznaczać będziemy literą W, pracę zaś prądu elektrycznego, jak i poprzednio symbolem A, a więc:

$$W = A \tag{19}$$

Podstawiając tę wartość do wzoru (17), otrzymujemy:

$$W = U \cdot Q \tag{20}$$

Wstawiając zaś tu wartość Q ze wzoru (12), otrzymamy:

$$W = U \cdot I \cdot t \tag{21}$$

Ponieważ ze wzoru (4) mamy:

$$A = P \cdot t$$

czyli:

$$W = P \cdot t \tag{22}$$

Porównując wzory (22) i (21), otrzymamy:

$$P \cdot t = U \cdot I \cdot t$$

czyli:

$$P = U \cdot I \tag{23}$$

Otrzymaliśmy zatem następujące zależności: moc prądu elektrycznego P równa jest iloczynowi napięcia U przez natężenie prądu I (23), ilość zaś energii elektrycznej W jest równa iloczynowi mocy P przez czas t (22).

12. Działanie prądu elektrycznego.

W związku z przepływem prądu elektrycznego występuje szereg zjawisk, które możemy podzielić na kilka grup; najważniejsze z nich są zjawiska:

a) **cieplne**
b) **elektromagnetyczne** i
c) **elektrochemiczne.**

Poza tym istnieje szereg zjawisk związanych z przepływem prądu elektrycznego, które nie są omawiane w kursie Podstaw Elektrotechniki, przeznaczonym dla specjalizujących się w tzw. prądach silnych. Tymi zjawiskami zajmują się działy specjalne nauk ścisłych, jak fizyka, teletechnika, radiotechnika, chemia, elektromedycyna i in.

Prócz tego Podstawy Elektrotechniki obejmują obszerny dział, w którym rozpatrywane są zjawiska wywołane nie przepływem prądu, lecz ładunkami elektrycznymi znajdującymi się w stanie spoczynku (tzw. ładunki statyczne). Dział ten zwie się elektrostatyką.

a. Zjawiska cieplne.

Liczne obserwacje potwierdzają fakt, że każdy przewodnik lub ciało o pewnej przewodności — pod wpływem przepływającego przez nie prądu elektrycznego — **nagrzewa się.** Występuje tu więc zjawisko przemiany energii elektrycznej w energię cieplną. Zjawisko to wykorzystywane jest w codziennej praktyce m. in. w grzejnikach elektrycznych, w innych natomiast urządzeniach — nie przeznaczonych bezpośrednio do celów grzejnictwa oraz w przewodach [1]) zjawisko to nie tylko nie przynosi żadnej korzyści, lecz odwrotnie — powoduje straty.

Ciepło jest jedną z postaci energii, która przejawia się jako drgania drobin ciała [2]). Im szybsze są te drgania, tym większą temperaturę posiada ciało, tym większa ilość ciepła zostaje wydzielona.

To samo zjawisko obserwujemy w przewodzie, przez który płynie prąd elektryczny. Elektrony swobodne poruszające się w przewodzie — pod wpływem napięcia elektrycznego — od jednej drobiny do drugiej zyskują pewną energię kinetyczną, którą następnie tracą wskutek zderzeń międzycząsteczkowych. Część tej energii zostaje zużyta na wytrącenie następnego elektronu, część zaś pozostaje w drobinie, potęgując jej drgania. Spotęgowane drgania wywołują **wzrost temperatury ciała,** w rezultacie zaś — wydzielanie się ciepła.

Ogólnie przebieg zjawiska wydzielania się ciepła — na skutek przepływu prądu elektrycznego — możnaby przedstawić w sposób następujący:

pewien rodzaj energii, zdolny do wytworzenia siły elektromotorycznej, zostaje zamieniony w źródle prądu na pracę; powstaje siła elektromotoryczna, przy czym, jako różnica potencjałów, zjawia się napięcie na zaciskach źródła prądu. Z chwilą zamknięcia obwodu napięcie powoduje przepływ prądu w przewodzie łączącym oba bieguny źródła, co przejawia się w postaci energii elektrycznej, która zamienia się z kolei na pracę przepychania elektronów przez przewód, posiadający pewien opór. W wyniku ostatecznym praca elektronów zostaje zamieniona na energię cieplną, która zależnie od urządzenia bądź się rozprasza, bądź też zostaje wykorzystana w sposób celowy.

b. Zjawiska elektromagnetyczne.

Doświadczenia z przewodem, w którym płynie prąd elektryczny wykazują, że wokoło takiego przewodu istnieje pewne pole, zwane polem magnetycznym. Właściwości pola magnetycznego są wykorzystywane w praktyce bardzo szeroko. Większa część maszyn, przyrządów i urządzeń elektrycznych w działaniu swym oparta jest o zjawiska związane z istnieniem pola magnetycznego. Dział omawiający zjawiska magnetyczne stanowi obszerny dział w Podstawach Elektrotechniki, który rozpatrywać będziemy osobno.

c. Zjawiska elektrochemiczne.

Prąd elektryczny, przepływając przez roztwory kwasów lub soli, powoduje działania elektrochemiczne, które praktycznie wykorzystane są w elektrochemicznych źródłach prądu tj. w ogniwach i akumulatorach. Zjawiska elektrochemiczne będziemy omawiać bliżej w dziale pt. Elektroliza.

(Ciąg dalszy nastąpi)

[1]) Wyraz **„przewód"** oznacza wykonany fabrycznie przewód — w postaci drutu, prętu, linki lub tp. Wyrażenie **„przewodnik"** należy natomiast używać wyłącznie w sensie fizycznym (np. miedź jest dobrym przewodnikiem prądu elektrycznego, srebro jest dobrym przewodnikiem ciepła itp.). Nie należy zatem w żadnym wypadku używać wyrazu „przewodnik" do oznaczania przewodów elektrycznych.

[2]) Wyrażenie „ciało" zostało tu użyte w sensie fizycznym, jak np.: ciało sztywne w mechanice; ciała niebieskie (gwiazdy, planety) w astronomii itd.

Nowiny elektrotechniczne.

NOWOCZESNE NAPOWIETRZNE PODSTACJE ROZDZIELCZE. — Gdyby przy budowie systemów rozdzielczych przytrzymywano się dawnej tendencji do coraz to większego komplikowania zarówno tych systemów, jak i podstacji, to systemy te stałyby się pewnego dnia tak niebywale złożone, że umysł ludzki nie byłby poprostu w stanie w nich się zorientować. Na szczęście jednak w ostatnich kilkunastu latach zapanowało dążenie do uproszczenia i uelastycznienia zarówno systemów rozdzielczych, jak i samych podstacji.

Podstacje rozdzielcze pochodzące z lat 1920-tych były o mocach stosunkowo dużych — rzędu od 10 do 40 MVA. Rozdział tak dużych mocy z jednego punktu wymaga zastosowania regulacji napięcia. Wiele z dużych tych podstacji znajduje się w ruchu do dziś dnia,

Pierwsze podstacje typu całkowicie zestawionego w fabryce powstały we wczesnych latach 1930-tych. W ciągu ostatnich lat piętnastu potęgowała się tendencja w kierunku budowy podstacji rozdzielczych mniejszych i prostszych. Ostatnio zbudowane podstacje są typu całkowicie zmontowanego na fabryce. Ich aparatura jest typu okapturzonego. Tendencja w tym kierunku nie tylko się utrzymuje, lecz i stale się rozwija.

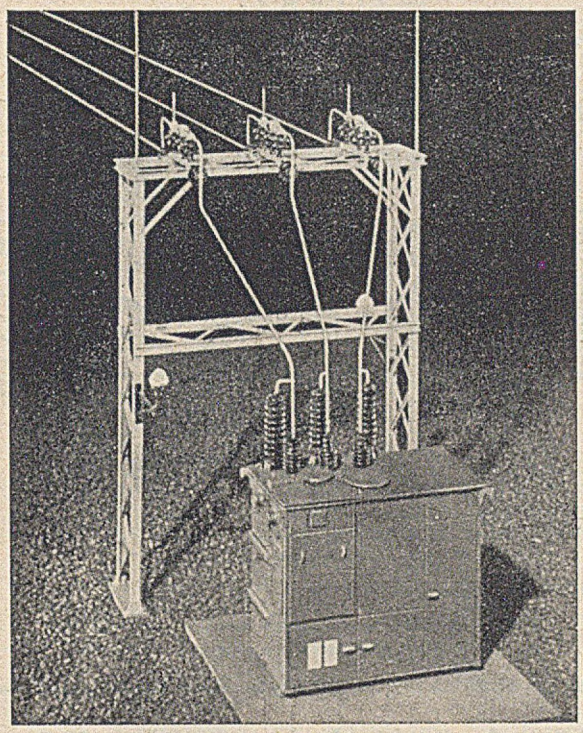
Nowy ten typ podstacji stał się możliwy dzięki przejściu na inny rodzaj przesyłania. Rozdział przy pomocy sieci państwowych i okręgowych, stosowany zazwyczaj przy zasilaniu dużych podstacji rozdzielczych, stopniowo zastąpiono przez prostsze układy promieniowe i zamknięte, co przejawiało się w uproszczeniu rodzajów (typów) podstacji rozdzielczych.

Jako skutek tych uproszczeń odpadają przede wszystkim szyny wysokiego napięcia. Stosowanie wyłączników na wysokim napięciu zostaje ograniczone. Często spotyka się transformatory trójfazowe z regulacją napięcia na szynach (za pomocą automatycznego przełączania zaczepów pod obciążeniem). Ustawione są także kondensatory statyczne — rzędu na ogół poniżej 5000 kVA.

Co do typów podstacji, to duża ich liczba jest z wielu względów niepożądana i to zarówno dla wytwórcy, jak i dla użytkownika — tym bardziej, że — jak się okazuje — wystarczy niewielka stosunkowo liczba typów, aby uczynić zadość wymaganiom — obecnym i przyszłym — nowoczesnych systemów rozdzielczych. Typy te są następujące:

a. Proste podstacje zasilane pojedyńczymi liniami. — Stosuje się je do zasilania niewielkich miast, linii wiejskich oraz małych i średnich zakładów przemysłowych. Mogą też one przejmować część znacznego obciążenia odpływów, co ma na celu poprawienie warunków napięciowych na dużych podstacjach. W podstacjach tego typu spotyka się cztery różniące się cokolwiek układy. Każdy z nich składa się w zasadzie z trójfazowego transformatora zaopatrzonego w regulację napięcia pod obciążeniem, w wyłącznik powietrzny okapturzony (typu rozłączalnego) do załączania z odległości linii po stronie pierwotnej, w komplet bezpieczników wysokonapięciowych, aparatów zabezpieczających oraz innego rodzaju aparaturę rozdzielczą wysokonapięciową. Podstacja tego rodzaju pokazana jest na rys. 1.

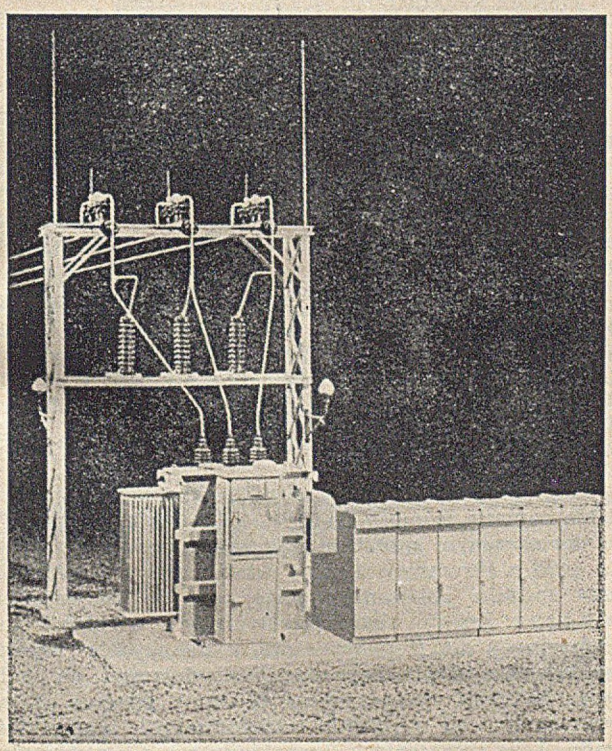
b. Podstacja u odbiorcy stanowi „popularny" typ podstacji, stosowany przy zasilaniu promieniowym oraz jako stacja końcowa. Transformator jest tu załączony na po-



Rys. 1. Podstacja zasilana pojedynczą linią.

jedynczy system szyn zbiorczych niskiego napięcia. Linie zasilające są przyłączone do szyn podstacji przez wyłącznik (rys. 2).

Zarówno wyłączniki, jak i transformator, wykonane są, jako okapturzone typu wysuwanego, co pozwala na szybkie ich wymontowanie na wypadek konieczności dokonania naprawy. W podstacji tego typu wyłącznik ob-



Rys. 2. Podstacja stosowana przy zasilaniu promieniowym wzgl. jako podstacja końcowa.

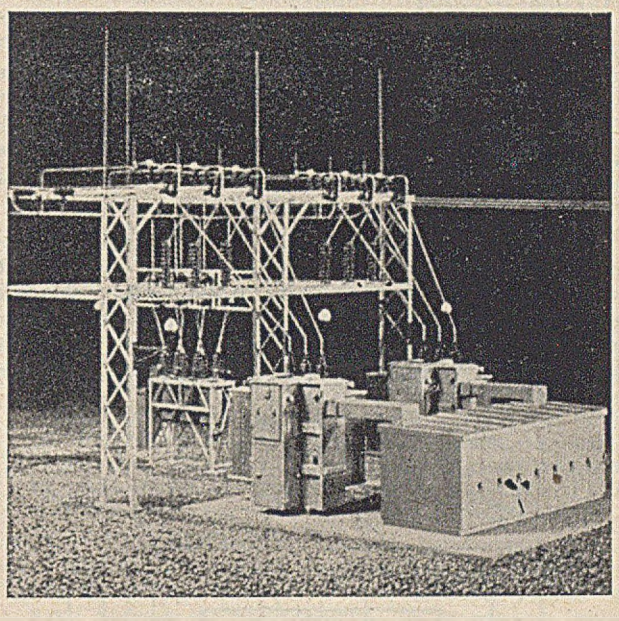
wodu transformatora z reguły jest używany w celu odłączenia od systemu uszkodzonego transformatora lub któregokolwiek z odpływów bez potrzeby odłączania linii zasilającej.

Sąsiednie podstacje tego typu są zasilane z różnych obwodów podrzędnych, dzięki czemu linie zasilające funkcjonują zadowalająco, jako zasilanie zapasowe na wypadek, gdyby jeden z obwodów podrzędnych wypadł z ruchu.

c. Najbardziej może c e l o w y typ podstacji rozdzielczej stosowanej w systemie promieniowym stanowi **podstacja o dwóch transformatorach z regulacją na szynach zbiorczych.** Podstacja tego rodzaju — obok opisanej w p. b. — stanowi najbardziej odpowiedni typ dla rozdziału energii w rejonach m i a s t.

Normalnie oba transformatory (rys. 3) zaopatrzone w regulatory napięcia działające pod obciążeniem, pracują równolegle, zasilając odpływy promieniowe.

Jeżeli chodzi o układ połączeń, to możliwe są tu różne odmiany. W wypadku uszkodzenia jednego z transformatorów lub odpływów następuje wyłączenie odpowied-



Rys. 3. Podstacja o dwóch transformatorach z regulacją na szynach zbiorczych.

niego wyłącznika (wzgl. wyłączników) na wysokim napięciu, sprzężony zaś wyłącznik transformatorowy odcina „chorą" część systemu od podstacji. Drugi transformator przejmuje wówczas obciążenie podstacji bez jakiejkolwiek przerwy w jej ruchu.

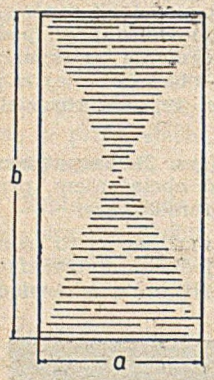
Oba transformatory zaopatrzone są w system chłodzenia (za pomocą wentylatorów) uruchamiany s a m o c z y n n i e w wypadku wypadnięcia z ruchu jednego z transformatorów.

Zarówno każdy z transformatorów, jak i wyłączników transformatorowych, może być wymontowany do naprawy bez jakiejkolwiek przerwy w ruchu. Specjalny typ wyłączników na odpływach ogranicza czas, potrzebny do wymiany każdego z nich, do krótkiej przerwy w ruchu. Układ podstacji pozwala na łatwe dodawanie wyłączników na liniach zasilających oraz na zamianę transformatorów przez inne — większe. Cała aparatura podstacji, jak widać z rys. 3, jest typu okapturzonego.

Referowany artykuł opisuje ponadto szereg i n n y c h typów podstacji.

Jeżeli chodzi o nowoczesne w y p o s a ż e n i e omawianych tu podstacji, to szyny i połączenia wykonane są z rur miedzianych lub aluminiowych, zamocowanych na izolatorach typu napowietrznego; są one połączone między sobą odłącznikami z bronzu lanego lub z lanego aluminium. Wszelkie połączenia urządzeń ułożonych lub zmontowanych na ziemi z częściami zamocowanymi na konstrukcji rozdzielni są wykonane, jako g i ę t k i e, aby wyeliminować wpływy zmian temperatury, wiatru oraz innych czynników atmosferycznych. Każda podstacja posiada o ś w i e t l e n i e ogólne (rys. 1, 2 i 3).

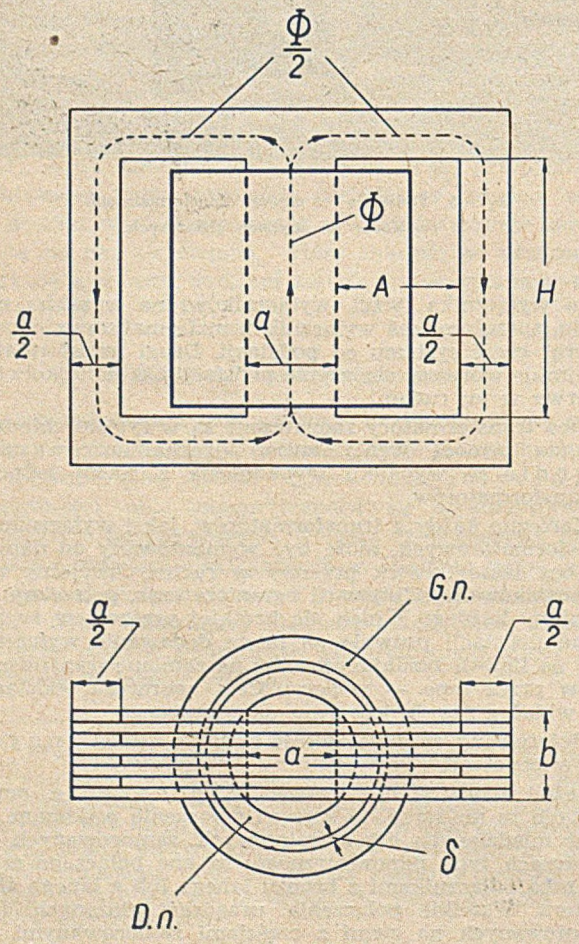
Biorąc ogólnie, okapturzone wyposażenie omówionych wyżej podstacji napowietrznych stanowi pewną odmianę aparatury wnętrzowej powszechnie stosowanej w urządzeniach przemysłowych oraz w urządzeniach potrzeb własnych dużych elektrowni. Wszystkie cechy zasadnicze wnętrzowej aparatury rozdzielczej zostały tu zachowane. Napięcia znamionowe izolacji wynoszą 5 i 15 kV. Moce wyłączalne wyłączników — od 50 do 250 MVA dla obwodów o napięciu znamionowym od 2,3 do 4,16 kV oraz od 150 do 500 MVA — dla obwodów od 4,8 do 13,8 kV.



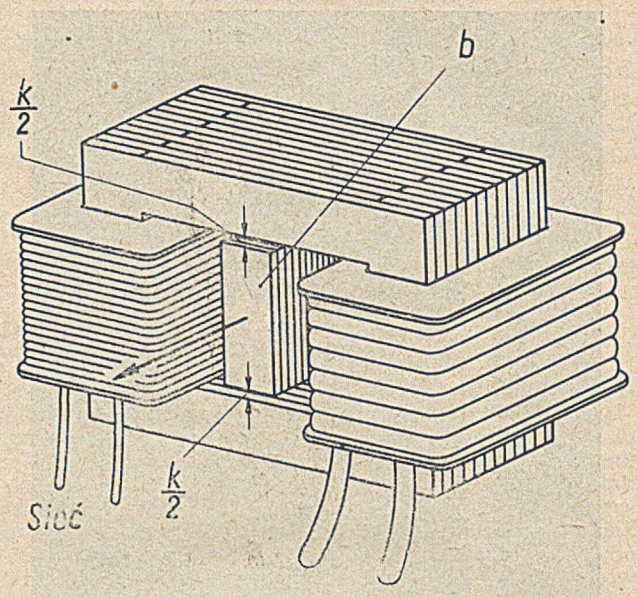
Rys. 1. Prostokątny przekrój rdzenia dla transformatora małej mocy. (do Skzynki Technicznej).

W projektowaniu urządzeń panuje jak najdalej idąca tendencja w kierunku normalizacji. Tak np. wszystkie wyłączniki są wymienne. Ta elastyczność i wymienność zapewnia maksymalny stopień wykorzystania aparatury rozdzielczej; obniża ona początkowe koszty inwestycyjne i zaoszczędza wyłączniki.

Jak widać ze zdjęć na rys. 1, 2 i 3, cała aparatura rozdzielni jest umieszczona wewnątrz skrzyń metalowych o budowie wodoszczelnej. Poszczególne celki posiadają wentylację. — (J. S. Parsons. Modern Distribution Substations oraz B. K. Smith i P. R. Pierson. Switchgear for Unit Substations. **Westinghouse Engineer.** Zeszyt majowy 1949 r.). — *Ko.*



Rys. 2. Uproszczony widok rdzenia jednofazowego transformatora płaszczowego wraz z cewką.



Rys. 3. Widok transformatora wraz z cewkami oraz przesuwalnym bocznikiem magnetycznym b.

Skrzynka techniczna.

Ob. Michał S. we Włocławku. Pytanie. Jestem początkującym monterem-elektrykiem. Pragnąłbym pogłębić swą wiedzę w elektrotechnice, ale na każdym kroku napotykam na przeszkody. Straciłem już nadzieję, bym mógł kiedykolwiek sam obliczać transformatory, ale poradzono mi, bym się zwrócił do redakcji „Wiadomości Elektrotechnicznych".

Zamierzam zbudować dla doświadczeń transformator na prąd jednofazowy do spawania żelaza o grubości blach od 2 mm do 5 mm. Proszę o podanie schematu obliczenia takiego transformatora oraz wzorów.

Odpowiedź. W liście swym do Redakcji zaznacza Pan, że zdobywanie i pogłębianie wiadomości z dziedziny elektrotechniki połączone jest u Pana z trudnościami. Nie wiemy, jakiego rodzaju są te trudności; czy jest to brak poprostu odpowiednich podręczników i głosu doradczego, czy też samo przyswajanie wiadomości teoretycznych przychodzi Panu z trudem.

Zdobycie umiejętności obliczania transformatorów i maszyn elektrycznych nie jest rzeczą łatwą i związane jest, jak wiadomo, ze studiami na szczeblu wyższym. Mamy tu, oczywiście, na myśli obliczanie pełnowartościowe, obejmujące całość zagadnień, występujących przy projektowaniu transformatorów lub maszyn elektrycznych.

Przy projektowaniu małych transformatorów na niskie napięcie (o mocy do kilku kVA) można posługiwać się **uproszczonym sposobem obliczania,** dostępnym nawet dla osób o skromnym zasobie wiadomości teoretycznych. Tego rodzaju obliczanie oparte jest na odpowiednim doborze trzech charakterystycznych wielkości konstrukcyjnych dla transformatora, a mianowicie: **napięcia zwojowego e** (czyli napięcia przypadającego na jeden zwój), **indukcji magnetycznej B** (czyli gęstości magnetycznych linii sił w rdzeniu transformatora) oraz **gęstości prądu j** w uzwojeniach transformatora — pierwotnym i wtórnym.

Zamieszczona niżej tablica podaje ustalone na podstawie ścisłych obliczeń oraz danych zaczerpniętych z praktyki wartości graniczne: napięcia zwojowego **e**, indukcji **B** oraz gęstości prądu **j**; wartości te dotyczą transformatorów suchych, dla częstotliwości przemysłowej (50 okr/s).

Tablica.

Moc transformatora (kVA)	od 0,1 do 0,5	od 0,5 do 1	od 1 do 5
Napięcie zwojowe e woltów	od 0,4 do 0,6	od 0,6 do 0,8	od 0,8 do 1,1
Gęstość prądu j A/mm²	od 1,4 do 1,7		
Indukcja magnetyczna B linii/ cm²	od 10.000 do 12.000		

Bieg uproszczonego obliczania transformatora jednofazowego byłby następujący:

1. — Ustalamy dane wyjściowe tj. moc **P** transformatora (w VA lub kVA), napięcie pierwotne U_1 (woltów) oraz napięcie wtórne U_2 (woltów) przy otwartych zaciskach (czyli w tzw. stanie jałowym transformatora).
2. — Ustalamy liczbę zwojów uzwojenia pierwotnego i wtórnego:
$$z_1 = \frac{U_1}{e} \text{ oraz } z_2 = \frac{U_2}{e}$$
(wartość e przyjmujemy — zależnie od mocy — wg. tablicy).
3. — Sprawdzamy tzw. przekładnię transformatora:
$$\ddot{u} = \frac{U_1}{U_2} \cong \frac{z_1}{z_2}$$
4. — Obliczamy prądy pierwotny i wtórny:
$$I_1 = \frac{P}{U_1} \text{ (A); } I_2 = \frac{P}{U_2} \text{ (A).}$$
5. — Ustalamy przekroje drutów nawojowych dla uzwojenia pierwotnego i wtórnego:
$$s_1 = \frac{I_1}{j_1} \text{ oraz } s_2 = \frac{I_2}{j_2}$$
(gęstości j_1 oraz j_2 ustalamy wg tablicy).
6. — Ustalamy na podstawie obliczonych przekrojów s_1 i s_2 średnicę lub profil drutów oraz izolację (papier + bawełna daje przyrost na grubości drutu ok. 0,25 mm).
7. — Obieramy następnie wg. tablicy odpowiednią wartość indukcji magnetycznej **B** i obliczamy potrzebny **przekrój żelaza** rdzenia $s_ż$ na podstawie wzoru:
$$s_ż = \frac{e \cdot 10^8}{222 \cdot B} \text{ (cm²)} . \qquad (10^8 = 100.000.000)$$
8. — Obliczamy rzeczywisty przekrój rdzenia transformatora, uwzględniając stopień zapełnienia rdzenia żelazem czynnym. Ponieważ rdzeń układany jest z tzw. blachy transformatorowej o grubości np. 0,5 mm izolowanej jednostronnie cienkim papierem (o grubości 0,03 mm) lub warstwą lakieru izolacyjnego, liczyć się należy ze stratą miejsca spowodowaną chropowatością powierzchni blach.

Całkowity przekrój rdzenia transformatora (żelazo + izolacja) przy tzw. współczynniku wypełnienia żelazem $f_ż = 0{,}9$ wynosić będzie:
$$s_r = \frac{s_ż}{0{,}9} = 1{,}11\ s_ż$$

9. — Następnie ustalamy wymiary przekroju rdzenia transformatora na podstawie zależności:
$$s_r = a \times b.$$

Dla małych transformatorów stosujemy kształt przekroju rdzenia prostokątny (rys 1) — najlepiej o stosunku boków $\frac{b}{a} = 2$.

W transformatorach jednofazowych **małej mocy** najczęściej spotykany jest rdzeń tzw. typu płaszczowego, gdyż osiągamy przy nim najmniejszy ciężar żelaza czynnego.

Ważne zagadnienie stanowi właściwe zaprojektowanie wymiarów uzwojenia (cewek), gdyż od tego zależy w dość znacznym stopniu wielkość spadku napięcia na zaciskach wtórnych podczas obciążenia transformatora. Przy projektowaniu uproszczonym musimy w tym wypadku oprzeć się na ogólnych wskazówkach, które są następujące:

1) stosunek wymiarów tzw. „okna" w rdzeniach transformatora (rys. 2) **A : H** powinien wynosić ok. 1 : 4;
2) pomiędzy uzwojeniem pierwotnym a wtórnym należy zachować wypełnioną materiałem izolacyjnym (preszpan, papier natronowy, ceratka) **szczelinę** ó o szerokości od 1,5 do 4 mm, — zależnie od mocy transformatora.

Taki jest ogólny bieg uproszczonego sposobu obliczania transformatorów małej mocy. Jeżeli chodzi o **transformatory spawalnicze,** to są one budowane na zasadach odmiennych od tych, na jakich oparte są zwykłe transformatory sieciowe, a to ze względu na specjalny charakter pracy transformatorów spawalniczych.

Transformatory spawalnicze łukowe tj. takie. które zasilają łuk elektryczny, wytworzony pomiędzy materiałem spawanym a elektrodą (spełniającą rolę spoiwa), muszą odpowiadać następującym warunkom technicznym:

1. — ich napięcie wtórne (przy otwartych zaciskach) powinno być dostateczne dla uzyskania łatwego zapłonu łuku (ok. 70 woltów);

2. — podczas palenia się łuku (tzn. podczas spawania) napięcie wynosić powinno ok. 25 woltów;

3. — wielkość prądu spawania powinna być dostosowana do grubości spawanego żelaza; wobec tego spawarki przewidziane do spawania różnych grubości blach winny posiadać regulację natężenia prądu wtórnego (ciągłą lub stopniową) w odpowiednim zakresie.

Podane wyżej warunki wymagają specjalnej konstrukcji transformatora; a spełnienie ich może być osiągnięte w praktyce różnymi sposobami. Dlatego też **nie istnieje** jakikolwiek **schemat** obliczania spawarek łukowych, a tym bardziej nie może być mowy o jakimkolwiek „uproszczonym" ich obliczaniu.

Każda niemal wytwórnia posiada swe własne metody obliczania transformatorów spawalniczych oparte na licznych danych doświadczalnych zdobytych na podstawie wieloletniej praktyki.

Spośród wielu różnorodnych rozwiązań najprostsze polegają na zasadzie tzw. **bocznika magnetycznego,** umieszczonego w „oknie" rdzenia pomiędzy uzwojeniami pierwotnym a wtórnym transformatora. Bocznik ten wykonany jest — podobnie jak i cały rdzeń — z blachy transformatorowej; może on być przesuwany w kierunku pokazanym na rys. 3.

KSIĘGARNIA TECHNICZNA N. O. T.
spółdz. z odp. udz.
Warszawa, Czackiego 3/5
otrzymała na skład główny następujące wydawnictwa SEP:
KALENDARZYK ELEKTROTECHNICZNY SEP
cena zł. 1300.—
Prof. E. Jezierski „**TRANSFORMATORY**„
cz. I, cena zł. 900.—
Wysyłka na prowincję za zaliczeniem pocztowym.
Księgarnie otrzymują rabat księgarski.
Na składzie książki naukowe i techniczne polskie, radzieckie i angielskie.
Katalog na żądanie.

Bardzo ważnym szczegółem konstrukcyjnym jest odpowiedni dobór przekrojów bocznika oraz wymiaru szczeliny k pomiędzy brzegami bocznika a jarzmem. Dane te można ustalić drogą doświadczeń. Na ogół szczelina **k** bywa rzędu od 1,5 do 2 mm.

Spawarka dla blach o grubości od 2 do 5 mm musi mieć zakres regulacji prądu wtórnego od ok. 60 do 150 A. Bocznik musi być tak dobrany, aby otrzymać przy całkowitym jego wsunięciu w okno **najmniejszy** prąd spawania, w położeniu zaś krańcowym (wysuniętym) po za oknem — prąd spawania ma osiągać swą wartość największą.

Gęstość prądu **j** w uzwojeniu transformatora spawalniczego można przyjąć ok. 2,5 A/mm² przy prądzie 150 A w łuku — o ile spawanie tym prądem miałoby charakter dorywczy. Dla obciążenia ciągłego nie należy przekraczać gęstości 1,8 A/mm².

Bocznik musi być tak zbudowany, aby można go było łatwo zamocować w dowolnym położeniu pośrednim. Regulacja tego rodzaju ma charakter ciągły (płynny), co znacznie ułatwia dobór najwłaściwszego prądu spawania. Zaznaczyć należy, że części obudowy, znajdujące się w pobliżu rdzenia, powinny być wykonane z materiału niemagnetycznego (mosiądz, drzewo).

Moc spawarki maksymalna (przy prądzie 150 A w łuku) wynosić będzie:

$$P = (U_2)_0 \cdot I_2 = 70\ V \cdot 150\ A = 10{,}5\ kVA,$$

moc zaś rzeczywista w łuku:

$$P = U_2 \cdot I_2 = 25\ V \cdot 150\ A = 3{,}75\ kW.$$

Z tego wynika, że współczynnik mocy ($\cos\varphi$) takiej spawarki wynosić będzie:

$$\cos\varphi = \frac{U_2\, I_2}{(U_2)_0\, I_2} = \frac{U_2}{(U_2)_0} = \frac{25}{70} = 0{,}35.$$

Wartość ta jest, jak widzimy, bardzo niska (niekorzystna). Jest to, niestety, cecha wspólna wszystkim spawarkom łukowym. Zaradzić temu można przez skompensowanie mocy indukcyjnej odpowiednio dobranym kondensatorem, załączonym równolegle do zacisków pierwotnych spawarki.

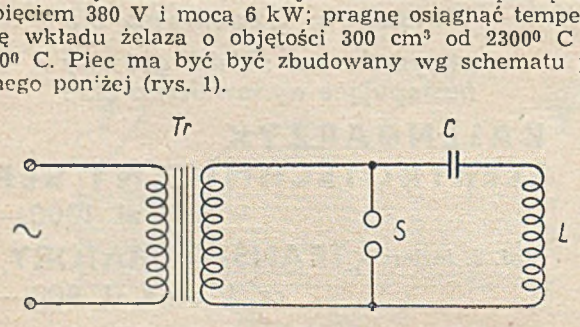
Blachy żelazne można również spawać punktowo czyli **zgrzewać**. Do tego celu służą aparaty nazywane zgrzewarkami lub spawarkami punktowymi.

Budowa zgrzewarek oparta jest na zasadzie łączenia dwóch kawałków żelaza przez silny docisk w punktach uprzednio rozżarzonych prądem o bardzo dużym natężeniu (rzędu kilku tysięcy amperów). Konstrukcja zgrzewarek jest już bardziej skomplikowana i nie nadaje się do wykonywania systemem uproszczonym, środkami „domowymi".

Szczegółowy opis zgrzewarki punktowej wraz z wyjaśnieniem zasady jej działania znajdzie Pan w broszurze inż. Sochora pt. „Zgrzewarka punktowa" wydanej przez Ministerstwo Przemysłu.

Inż. J. Św.

Ob. Grzelak Tadeusz, Łódź, Fabryczna 21. Pytanie. Proszę o udzielenie mi wskazówek, dotyczących budowy pieca indukcyjnego wysokiej częstotliwości. Piec ten zamierzam wykonać we własnym zakresie. Rozporządzam napięciem 380 V i mocą 6 kW; pragnę osiągnąć temperaturę wkładu żelaza o objętości 300 cm³ od 2300° C do 2500° C. Piec ma być być zbudowany wg schematu podanego poniżej (rys. 1).

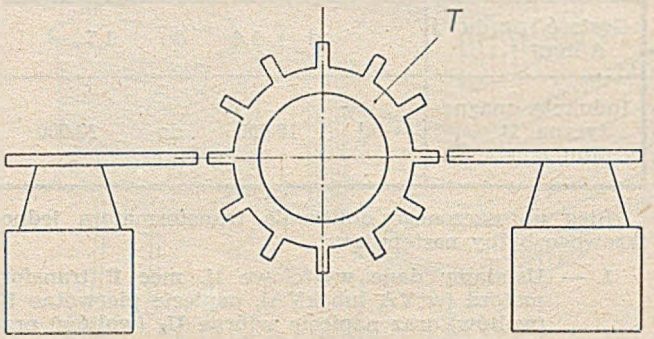


Rys. 1. Schemat ideowy pieca indukcyjnego wielkiej częstotliwości.

Proszę o podanie przekroju rdzenia transformatora oraz liczby zwojów cewek pierwotnej i wtórnej, przekrojów tych cewek oraz napięcia wtórnego, odległości między kulkami iskiernika, pojemności kondensatora oraz liczby zwojów cewki grzejnej przy średnicy cewki 7 cm.

Prosiłbym również o podanie na układzie współrzędnych przebiegu napięcia po stronie wtórnej transformatora i w obwodzie rezonansowym.

Odpowiedź. Chcąc odpowiedzieć na wszystkie postawione Skrzynce przez Pana pytania, należałoby właściwie wykonać cały projekt pieca indukcyjnego wraz z obliczeniem obwodu drgającego, transformatora i in. Nie mówiąc już o kosztach wykonania tego rodzaju obliczeń, pragniemy zaznaczyć, że Redakcja „Wiadomości Elektrotechnicznych" bynajmniej nie rozporządza — jak to się może niektórym spośród naszych Czytelników wydawać — sztabem fachowców, którzy projekty tego rodzaju mogą na zamówienie wykonywać.



Rys. 2. Iskiernik w kształcie tarczy wirującej.

Odpowiedzi do Skrzynki Technicznej są uprzejmie opracowywane przez wybitnych fachowców, którzy z reguły są bardzo zajęci normalną swą pracą zawodową i dlatego odpowiedzi te noszą na ogół charakter mniej może wyczerpujący, ale zato mogący zainteresować, jeśli nie wszystkich, to przynajmniej dużą liczbę Czytelników.

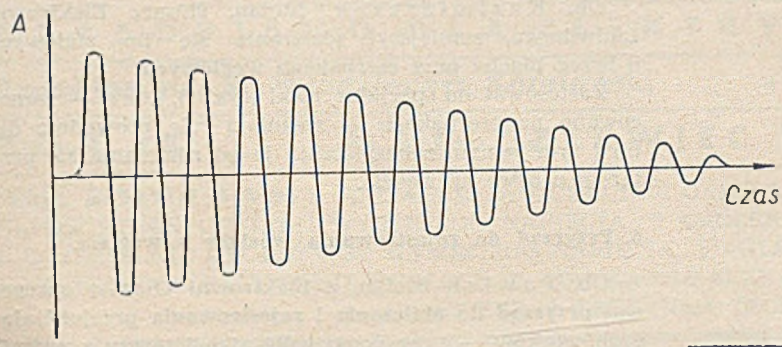
Przechodząc do konkretnej odpowiedzi, musimy w pierwszym rzędzie wyjaśnić, że uzyskanie temperatury od 2300° C do 2500° C w piecu indukcyjnym wykonanym wg podanych przez Pana założeń, jakkolwiek teoretycznie możliwe, byłoby w praktyce bardzo trudne. Ponadto samo założenie nagrzewania wsadu z żelaza do tej temperatury wymaga pewnych dodatkowych wyjaśnień.

Piece indukcyjne używane są zazwyczaj albo do powierzchniowego hartowania stali, albo też do topienia metali. W pierwszym przypadku temperatura pieca zawarta jest w granicach od ok. 800° C do 1300° C, w drugim zaś winna ona być wyższa od temperatury topnienia danego metalu. Dla żelaza więc — zależnie od zawartości składników (węgla) — wynosiłaby ona ok. 1500° C.

Trudności techniczne odnośnie osiągnięcia żądanej przez Pana temperatury 2500° C polegają między innymi na braku odpowiednich materiałów **izolujących** dobrze **elektycznie a zarazem cieplnie** przy tak wysokich temperaturach. Z tego powodu prosimy przede wszystkim o skontrolowanie swych wymagań odnośnie temperatury.

Urządzenie do uzyskiwania energii cieplnej na drodze wykorzystania prądów wielkiej częstotliwości składa się zasadniczo z dwóch części: generatora i pieca. Elementami składowymi generatora w podanym przez Pana układzie (rys. 1) jest iskiernik **S** oraz transformator **Tr.** Iskiernik wykonany w postaci dwóch kul, pomiędzy którymi występuje tzw. wyładowanie iskrowe przy częstotliwości 50 Hz, może dać 100 takich wyładowań na sekundę. Wtórne napięcie transformatora zasilającego winno być tego rzędu, by możliwy był przeskok iskry pomiędzy kulami iskiernika. Przy odstępie pomiędzy kulami wynoszącym 1 mm napięcie to winno być rzędu powyżej 3 kV. Tego rodzaju urządzenia pracują jednak bardzo nieekonomicznie, gdyż liczba wyładowań jest mała, a od tej liczby zależna jest energia, jaką możemy zamienić w tym układzie na ciepło. Z tego względu stosuje się iskiernik w kształcie wirującej tarczy **T** (rys. 2), zaopatrzonej w zęby; umożliwia to osiągnięcie znacznie większej liczby wyładowań, zależnej od obrotów oraz liczby zębów na tarczy. Ponieważ w tym przypadku na każdą połówkę sinusoidy prądu zmiennego przypada kilka wyładowań (wobec kilku zbliżeń zębów tarczy do nieru-

chomych elektrod) wobec tego występują one nie przy maksymalnym napięciu, lecz przy niższym. Aby wszystkie te wyładowania mogły nastąpić, musimy podnieść wartość napięcia wtórnego. Toteż transformator zasilający iskiernik z tarczą obrotową musi dawać napięcie wtórne rzędu od 8 kV do 20 kV przy odległości zęba od elektrody rzędu od 0,5 do 1,0 mm.



Rys. 3. Wykres drgań oscylacyjnych silnie tłumionych.

Bliższe dane na temat **generatorów z iskiernikiem** znajdzie Pan w artykule inż. B. Sochora pt. „Źródła prądu wielkiej częstotliwości w grzejnictwie indukcyjnym", zamieszczonym w Przeglądzie Elektrotechnicznym (zeszyt 6/1948 r.).

Obliczenia transformatora ze względu zarówno na brak wyczerpujących danych, jak i na zbyt obszerny temat, wykraczający daleko poza ramy Skrzynki Technicznej, podać nie jesteśmy, niestety, w stanie. Odsyłamy Pana do książki profesora E. Jezierskiego „Transformatory" **(wydanie pierwsze)**, w której znajdzie Pan odpowiednie wiadomości.

Drugim zagadnieniem jest budowa samego pieca. Z podanego przez Pana schematu widzimy, że układ drgań jest utworzony przez iskiernik **S**, indukcyjność cewki pieca **L** oraz pojemność (kondensator) **C**. Częstotliwość w tym układzie zależy od dobrania wielkości **L** i **C** i wyraża się znanym wzorem:

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{L\,C}}$$

Częstotliwość tych drgań nie ma nic wspólnego z liczbą wyładowań na iskierniku **S**. Tzw. drgania oscylacyjne powtarzają się po każdym wyładowaniu iskrowym, (tj. po każdym zbliżeniu się zębów tarczy wirującej do elektrod) i mają charakter drgań silnie tłumionych (rys. 3), a to na skutek istniejącej w obwodzie przerwy iskrowej. Prąd płynący w czasie drgań oscylacyjnych przez cewkę pieca indukcyjnego powoduje powstawanie energii cieplnej we wsadzie kosztem energii elektrycznej obwodu drgań oscylacyjnych.

Budując układ drgający, musimy się orientować, jaki proces produkcyjny chcemy wykonać, gdyż od tego zależy wybór częstotliwości **f**. I tak np. dla topienia metali używana jest częstotliwość od 500 do 2000 Hz z tym, że im większe są ilości topionego jednorazowo metalu (czyli im większy jest piec), tym częstotliwość winna być niższa. Piece używane do tego celu budowane są w ten sposób, że rury miedziane, zwinięte w cewkę o odpowiedniej średnicy, chłodzone są wodą. W środku cewki umieszczamy tygiel z odpowiedniej masy ceramicznej, odizolowany cieplnie od cewki. Wykonanie tygla wymaga pewnej wprawy przy ubijaniu i suszeniu. Tygiel, cewka i izolacja są następnie ujęte w obudowę z materiałów niemagnetycznych.

Mając zaprojektowaną cewkę pieca, możemy obliczyć — z pewnym przybliżeniem — jej indukcyjność **L**, a wówczas dobrać już możemy odpowiednią pojemność **C** dla uzyskania wymaganej częstotliwości w obwodzie drgań.

Dla hartowania powierzchniowego stosowana jest częstotliwość od kilku tysięcy Hz w górę. Wybór częstotliwości w tym przypadku zależy od rozmiarów nagrzewanych przedmiotów oraz od wymaganej grubości warstwy zahartowanej. Sposoby hartowania powierzchniowego są opisane między innymi w artykule inż. K. Ukielskiego pt. „Obróbka termiczna prądami szybkozmiennymi (Przegląd Mechaniczny luty — marzec 1948 r.), jak również w rosyjskiej książce W. Wołogdina „Powierchnostnaja indukcjonnaja zakałka" (Moskwa 1947 r.). — *B. S.*

Racjonalizacja i usprawnienia techniczne w Energetyce i w Przemyśle Elektrotechnicznym.

Usprawnienia techniczne w Energetyce.

Inż. ANTONI RADZIKOWSKI

1. Odłączniki 110 kV wykonane we własnym zakresie.

Grupa pracowników Zjednoczenia Energetycznego Okręgu Bydgosko-Toruńskiego pod kierownictwem Dyrektora Technicznego inż. Hellmanna Włodzimierza i przy współpracy: techników — Cieślewicza Józefa, Misterka Antoniego, Śmieciuszewskiego Zygmunta i Dropka Leona oraz mistrzów Dąbrowskiego Stanisława i Szybowicza Wacława skonstruowała i **wykonała 20 kompletów** odłączników R-110, 600 A, przeznaczonych dla rozdzielni państwowych 110 kV, budowanych na terenie Zjednoczenia, w ramach 3-letniego planu inwestycyjnego.

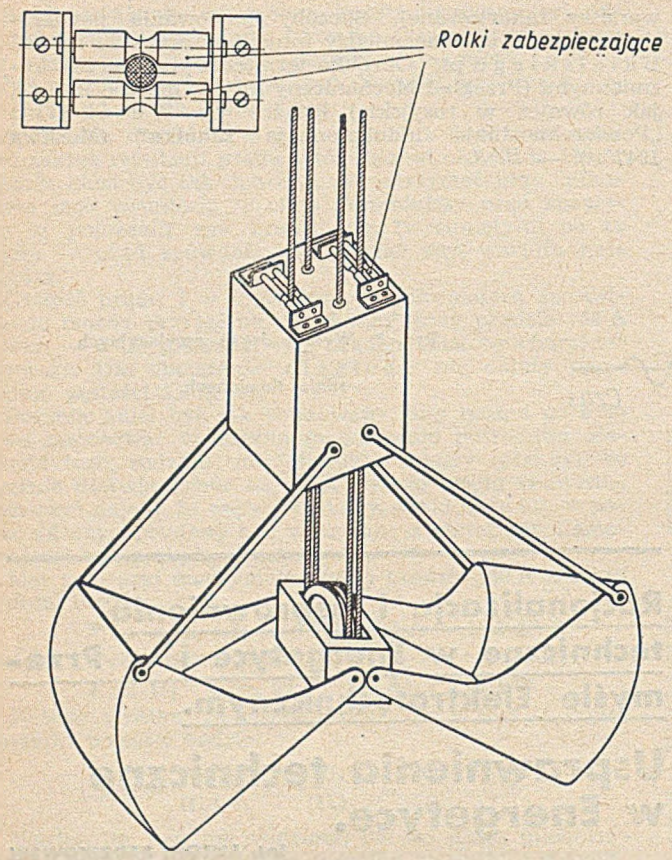
Odłączniki zdały pomyślnie egzamin w czasie prób laboratoryjnych i zostały oddane do ruchu. Ich wykonanie tym bardziej godne jest pochwały, że przewidywane na najbliższy okres dostawy zagraniczne zawiodły, a przemysł krajowy nie jest w stanie dostarczyć odłączników tego typu wcześniej, niż pod koniec 1950 r.

Dzięki zbiorowemu wysiłkowi wyżej wymienionej grupy pracowników osiągnięto znaczne korzyści w zaoszczędzonych dewizach zagranicznych oraz przyspieszono znacznie prace inwestycyjne, hamowane brakiem odłączników dla b. wysokich napięć na rynku krajowym.

2. Powiększenie mocy turbozespołu przez uregulowanie smoczka przy kondensatorze.

Ob. Służyński Leon, asystent ruchu Elektrowni Wałbrzych, uregulował przepływ wody w smoczku wodnym przy kondensatorze turbiny 3,5 MW, dzięki czemu osiągnięto **powiększenie mocy turbiny** z 2,5 MW na 3 MW.

Turbozespół o mocy znamionowej 3,5 MW wykazywał stale złą próżnię, co odbijało się ujemnie na pracy turbozespołu. Fakt ten ob. Służyński wytłumaczył sobie zbyt dużym ciśnieniem wody chłodzącej, tym bardziej, że obserwował — w czasie pracy turbiny — stały wyrzut wody przez przewód odpowietrzający.



Rys. 1. Czerpak węglowy pomysłu ob. S. Kazimierczaka.

Obniżając ciśnienie za pompą wody chłodzącej przez zamknięcie wentyla, uzyskano polepszenie się próżni w kondensatorze, a tym samym wzrost mocy turbozespołu do wysokości 3 MW, co dało poważne korzyści w zaoszczędzonych kWh wyrażające się liczbą 270.000 kWh rocznie.

3. Wysokosprawne wytwórnice dwuładunkowe z materiałów wyszukanych ze złomu.

Ob. Łopuszyński Stanisław, mistrz Elektrowni Wałbrzych zbudował dwie **wytwórnice acetylenowe** (w tym jedną przenośną) **typu ulepszonego**, we własnym zakresie z materiałów wyszukanych ze złomu.

Poprzednio używane wytwórnice, wykonane jako jednoładunkowe, były nieekonomiczne, gdyż każdorazowa zmiana ładunku połączona była z koniecznością przerwy w pracy oraz stygnięciem rozgrzanych części, co pociągało za sobą dalsze straty w tlenie i karbidzie.

Ulepszenie polega na zbudowaniu wytwornic dwuładunkowych znacznie ekonomiczniejszych i pozwalających na pracę ciągłą.

Ob. Łopuszyński Stanisław wykonał poza tym windę elektryczną do wywózki żużla z kotłowni, która, działając bez zarzutu, umożliwiła zastąpienie zbyt słabej starej windy. Zbudował on również walcarkę-zginarkę, uniezależniającą wszelkie remonty blaszanych rurociągów od obcych firm.

4. Ulepszony czerpak węglowy.

Ob. Kazimierczak Stefan, ślusarz Elektrowni Ludwikowo, zmniejszył zdzieranie się lin stalowych o brzeg blachy przy **czerpakach węglowych.**

Zastosował on specjalne rolki (rys. 1), które — zamocowane na czerpakach — spełniają rolę prowadnic dla lin i tym samym zabezpieczają je od zdzierania się przy tarciu o ostre krawędzie.

5. Przyrząd do rejestrowania wózków z węglem.

Ob. Pawlak Stefan, z Elektrowni Głogów opracował **przyrząd do obliczania i rejestrowania** przejeżdżających wózków — przy pomocy licznika i tarczy z wykresem, na której liczba wózków będzie zaznaczana kreskami. Impuls do zadziałania licznika i przyrządu rejestrującego dają kontakty, zwierane lub rozwierane w czasie ruchu wózka. Dzięki temu urządzeniu można dokładnie określić liczbę wywożonych wózków z węglem w ciągu pewnego okresu czasu (odczyt na liczniku) oraz ich liczbę w ciągu całej doby (odczyt na wykresie).

Przy jednakowej pojemności wózków można określić zużycie węgla, uniezależniając się w ten sposób od sumienności obsługi przy liczeniu wózków.

6. Lepsze uszczelnienie skraplacza.

Ob. Jurgielewicz Czesław z Elektrowni Głogów **ulepszył pracę kondensatora** (skraplacza) przez dokładniejsze uszczelnienie dna. Uzyskał on to, stosując blachy dociskające uszczelki gumowe do dna za pomocą śrub. Stosunkowo małym nakładem pracy i materiału uzyskano znaczne polepszenie się twardości wody kondensacyjnej.

7. Mniej szkodliwego pyłu przy wywożeniu żużla i popiołu.

Ob. Zajdel Stefan zaprojektował **komorę, pochłaniającą gryzący pył** wydzielający się przy zsypach popiołu do wózków. Komora zbudowana jest bardzo szczelnie, tak że przy zsypach popiołu pył nie wydostaje się na zewnątrz, lecz jest usuwany z komory przez rurociąg, połączony z wentylatorem.

Ulepszenie to tym bardziej zasługuje na szerokie rozpowszechnienie, że znacznie poprawia warunki higieniczne pracy najciężej pracujących w energetyce.

Wyżej wymienione usprawnienia techniczne przyniosły duże oszczędności, wyrażające się sumą około 4 milionów złotych, zaś autorzy pomysłów zostali nagrodzeni jednorazowymi premiami, których łączna suma wyniosła 130 tysięcy złotych.

WYDAWCA: Przegląd Elektrotechniczny, Spółka z ogr. odp. Udziałowcy Spółki: Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Centralny Zarząd Energetyki oraz Centralny Zarząd Przemysłu Elektrotechnicznego.

Ceny ogłoszeń:
cała strona (1/1) — zł 30.000.— pół strony (1/2) — zł 17.000.—
ćwierć strony (1/4) — „ 9.000.— ósemka „ (1/8) — „ 5.000.—

Adres Redakcji i Administracji: Warszawa, Czackiego 3/5 Telefon Redakcji 8-95-10 wewn. 14.

KONTO CZEKOWE W P. K. O. I — 4242.

P. W. Z. G. — Okr. Płd. Wrocław — Z.G. 52049 — F 68920