

II-616836

X 190

Melanyta

PROF. M. POŻARYSKI

WSPÓŁCZESNE ELEKTROWNIE ORAZ
SIECI PRZESYŁOWE I ROZDZIELCZE
URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH.

Odbitka z Kwartalnika „Fizyka i Chemja w Szkole”, zeszyt 4, czerwiec 1936 r.



II-616836

WSPÓŁCZESNE ELEKTROWNIE ORAZ SIECI PRZESYŁOWE I ROZDZIELCZE URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH.

1. Zadanie urządzeń elektrycznych.

Technika ostatnich lat kilkudziesięciu odznacza się bardzo szerokim zastosowaniem prądu elektrycznego.

Zadaniem urządzeń elektrycznych jest przede wszystkim wytworzenie tego prądu, przesłanie i rozdzielenie po całym kraju, aby można było wszędzie z niego korzystać dla najrozmaitszych celów.

Wobec tego w każdym urządzeniu wyróżniamy trzy składowe części: źródła prądu, sieć i odbiorniki.

Źródłami prądu są prądnice elektryczne. Prądnice, czyli generatory, wytwarzają prąd elektryczny, czy może lepiej, wywołują przepływ prądu elektrycznego. Sieć przewodów odpowiednio izolowanych rozprowadza prąd wszędzie, gdzie ma być zużytkowany w tak zwanych odbiornikach.

Odbiorniki pod wpływem prądu elektrycznego wypełniają najrozmaitsze zadania: lampy świecą, silniki obracają różne maszyny, poruszają wozy, piece grzeją i t. p.

Nie byłibyśmy jednak w stanie dojść do tak szerokiego i wielostronnego rozwoju elektrotechniki, gdyby nie poprzedził go wysiłek badawczy myśli ludzkiej, która ujęła zjawiska prądu elektrycznego w prawa rządzące nimi, tworząc koncepcje myślowe, umożliwiające liczbowe ujęcie i następnie rozważenie i przewidywanie zjawisk elektrodynamicznych. W dziedzinie elektrotechniki temi podstawowymi koncepcjami są pojęcia natężenia, napięcia i energii prądu.

Gdy zechcemy szczegółowo i dokładnie rozważyć zadania urządzeń elektrycznych, to nie wystarczy mówić o wytwarzaniu i rozdzielaniu prądu elektrycznego, lecz należy wziąć za obiekt istotny energję w jej najrozmaitszych postaciach.

Różne postacie energii mają własności, ujawniające się w najrozmaitszy sposób, wszystkie jednak dają się zawsze ująć jako wielkości wyrażone liczbami, stanowiącemi ilość energii, która jest niezniszczalna.

Ilość energii mierzymy rozmaicie zależnie od jej postaci, otrzymane jednak przytem liczby są skojarzone niezmiennemi równoważnikami, jest to najcenniejsza własność tej koncepcji myślowej.

Wyobrażenie energii o niezmiennej ilości i stałości równoważników przy przemianach jej postaci jest podstawą, na której opiera się niemal cała współczesna technika, a elektrotechnika w szczególności.

Z energetycznego punktu widzenia w urządzeniach elektrycznych odbywa się czerpanie energii z różnych źródeł, następnie przemiana w energię prądu elektrycznego, dalej przesyłanie i rozdzielanie tej energii, a potem odwrotne przetwarzanie w najrozmaitsze postacię użyteczne.

Głębsze i szersze rozważenie zagadnienia otrzymywania, przesyłania i najrozmaitszego zastosowania prądu elektrycznego wymaga poza tem jeszcze innych podstawowych pojęć skojarzonych z energią prądu. Przenoszenie energii wzdłuż przewodów urządzenia elektrycznego odbywa się głównie w przestrzeni otaczającej te przewody, w polu elektromagnetycznym, mającym dwa charakterystyczne, prostopadłe do siebie wektory: natężenia pola elektrycznego i natężenia pola magnetycznego.

Zdolność pola elektromagnetycznego, otaczającego przewody, do przenoszenia energii zależy od wielkości obu wektorów natężeń magnetycznych i elektrycznych, a ilość przeniesionej w jednostkę czasu energii jest do tych natężeń wprost proporcjonalna.

Z pojęciami dwóch składowych pola elektromagnetycznego kojarzą się bezpośrednio pojęcia natężenia i napięcia prądu elektrycznego. Gdzie mamy większe siły magnetyczne, tam jest większe natężenie prądu, gdzie są większe siły elektryczne, tam większe napięcie prądu. Liczbowe określenie wielkości natężenia i napięcia prądu zostało ustalone w ten sposób, że iloczyn tych liczb wyraża wprost ilość energii, przenoszonej przez prąd w jednostkę czasu, czyli jego moc.

Pod względem energetycznym jest więc rzeczą obojętną, czy mamy znaczne natężenie prądu i małe napięcie, czy też małe natężenie prądu, a znaczne napięcie.

Natomiast gdy rozważymy wykonanie odpowiedniego urządzenia elektrycznego, to zawsze można znaleźć takie natężenie i napięcie prądu, przy których urządzenie to będzie w danych okolicznościach najlepsze.

Najbardziej charakterystyczną cechą prądów o niskim napięciu, a znacznym natężeniu jest ta okoliczność, że dla uniknięcia nadmiernego grzania się przewodów musimy brać materiał o możliwie wyższej przewodności¹⁾, a przekroje przewodów stosować znaczne, izolację możemy dać mierną, ze względu na małe natężenie pola elektrycznego. Odwrotnie, gdy mamy natężenie prądu niewielkie, a natomiast napięcie wysokie, to wystarczą przewody względnie cienkie, ale izolacja ich musi być doskonalsza, aby wytrzymała wysokie natężenie pola elektrycznego, gdyż wielkie siły elektryczne przebijają izolację niedość wytrzymałą.

¹⁾ t. j. o małym oporze właściwym.

Im większy jest obszar zasilany prądem elektrycznym, tem dłuższe wypada ciągnąć przewody. Strata energii w tych przewodach jest wprost proporcjonalna do oporu elektrycznego przewodów i do kwadratu natężenia prądu. Opór zaś przewodów jest wprost proporcjonalny do długości, a odwrotnie proporcjonalny do przekroju.

Jeżeli przewody są długie, to chcąc uniknąć nadmiernych strat energii przez zmniejszenie oporu tych przewodów, musielibyśmy brać przewody bardzo grube, a więc i kosztowne. Godzimy się więc z tem, że przy znacznych długościach przewodów będziemy mieli znaczny opór elektryczny, a straty energii zmniejszamy przez obniżenie natężenia prądu elektrycznego, dla zachowania jednak jego mocy podwyższamy odpowiednio napięcie.

Im większy więc jest obszar, na którym mamy rozdzielić pewną ilość energii, tem mniejsze stosujemy natężenie prądu i wyższe napięcie. Gdy obszar zasilany ma setki metrów w promieniu, wystarczy napięcie prądu wynoszące setki woltów, gdy jednak wypadnie zasilać odbiorniki w promieniu kilku kilometrów, to potrzebny już jest prąd o napięciu kilku tysięcy woltów, a gdy przewody przesyłowe rozciągają się będą na kilkanaście czy kilkadziesiąt kilometrów, przejdziemy do napięć kilkunastu i kilkadziesiąt tysięcy woltów. Linje przesyłowe, biegnące na setki kilometrów, prowadzą prąd rzadko poniżej 100000 woltów. Najwyższe napięcia w linjach przesyłowych dziś dosięgają 380000 V.

Z punktu widzenia energetycznego jest obojętne, czy zastosujemy prąd stały, czy zmienny, jednak różne własności tych prądów i urządzeń stosowanych dla przetwarzania i rozsyłania energii przemawiają w pewnych razach za prądem stałym, w innych za zmiennym. Obecnie najszersze rozpowszechnienie w urządzeniach elektrycznych uzyskał prąd zmienny trójfazowy. W tych nielicznych przypadkach, gdy ze względu na własności odbiorników, potrzebny jest prąd stały, stosowane są przetwornice i prostowniki, które prąd trójfazowy przetwarzają na stały.

Stalym prądem są zasilane koleje miejskie i podmiejskie, a części również międzymiastowe.

Prąd stały mamy jeszcze w elektrowniach małych, które zostały zbudowane przed kilkadziesiąt laty, tu stosujemy go tak do napędu elektrycznego, jak i do światła.

2. Źródła energii.

Działanie urządzeń elektrycznych opiera się na naturalnych zasobach energii różnego rodzaju. U nas źródłami energii dla urządzeń elektrycznych są przede wszystkim złoża węgla kamiennego, poza tem mamy węgiel brunatny, torf, ropę naftową, gaz ziemny oraz strumienie i rzeki.

Najważniejsze źródła energii w Polsce, złoża węgla kamiennego, znajdują się głównie na Górnym Śląsku i w województwie krakowskim; ogólna powierzchnia tych złóż wynosi około 3880 km². Wydobycie węgla w Polsce stanowi 7% całej produkcji europejskiej i 3,26% światowej.

Węgiel brunatny mamy w wielu miejscowościach, ale znaczenie jego jest małe i wydobycie wynosi zaledwie 0,25% wydobycia węgla kamiennego. Torfy w Polsce zajmują około 3 milionów hektarów, a więc 8% całej powierzchni kraju, wyrób torfu na opał prowadzi się w wielu miejscach, w elektrowniach jednak torf znajduje zastosowanie tylko wyjątkowo.

Ropa naftowa w znacznej ilości (około 700.000 tonn rocznie) wydobywana jest na południu naszego kraju. Niektóre produkty przeróbki tej ropy mają zastosowanie w licznych elektrowniach z silnikami Diesela. Obok ropy naftowej mamy setki milionów metrów sześciennych rocznie palnego gazu ziemnego, rozprowadzanego długimi rurociągami.

Siły wodne skupione są głównie w Małopolsce, na Pomorzu i w Wileńszczyźnie. Ogólna ich moc wynosi około 1,32 milionów koni mechanicznych przy średniej wodzie, stanowi to zaledwie 12% wszystkich źródeł energii. Dotychczas wyzyskujemy tylko niewielką część powyższych sił wodnych. Obecnie moc siłowni wodnych, razem z budującymi się, wynosi około 42000 koni mechanicznych, poza tem ze 100000 K. M. idzie głównie na małe instalacje, zużywające siłę mechaniczną przeważnie na miejscu.

3. Elektrownia.

Całe urządzenie, które służy dla przetworzenia energii, zaczerpniętej w jakiegokolwiek postaci, na energję prądu elektrycznego, nazywamy elektrownią. Przy małej mocy jest tu wszystko proste, maszyny i rozdzielnie mieszczą się nieraz w jednej niewielkiej sali, obok której jest kilka małych pokoików dla warsztatu pomocniczego i t. p.

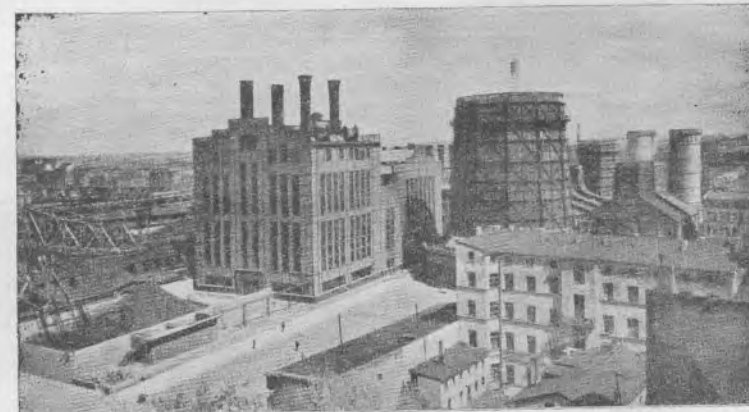
Natomiast elektrownia duża stanowi urządzenie bardzo skomplikowane i zajmuje wielki obszar placu często z kilku lub kilkunastu budynkami.

Dla przykładu opiszemy pokrótce jedną z dużych, najnowocześniejszych urządzonych elektrowni — elektrownię Łódzką (ryc. 1), w takiej kolejności, jak ją zwykle zwiedzamy¹⁾.

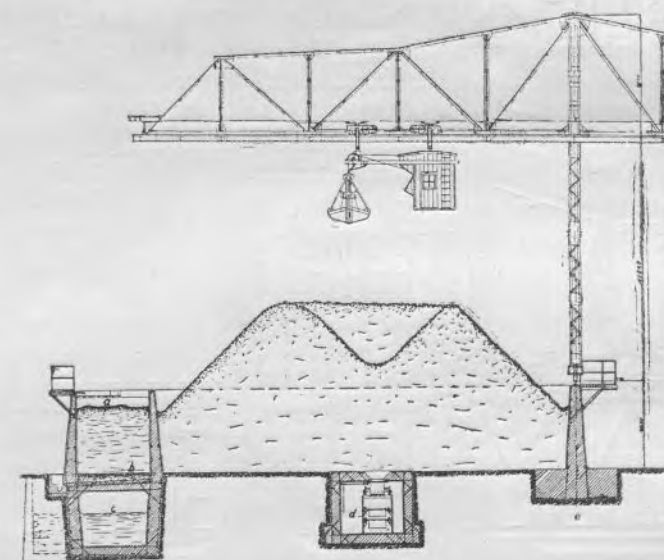
Zaczynamy od składu węgla, który znajduje się pod gołem nie-

¹⁾ Dane i rysunki zaczerpnięte z jubileuszowego wydawnictwa „Elektrownia Łódzka 1907—1932 r.”.

bem (ryc. 1); stanowi on plac, obudowany ściankami żelbetowymi (beton ze szkieletem żelaznym), mającymi wysokość 4 m. Węgiel dostarcza się do składu kolejką napowietrzną i suwnicą z wysięgiem i czerpakami, zapomocą których węgiel przesypuje się z wagonów (ryc. 2).



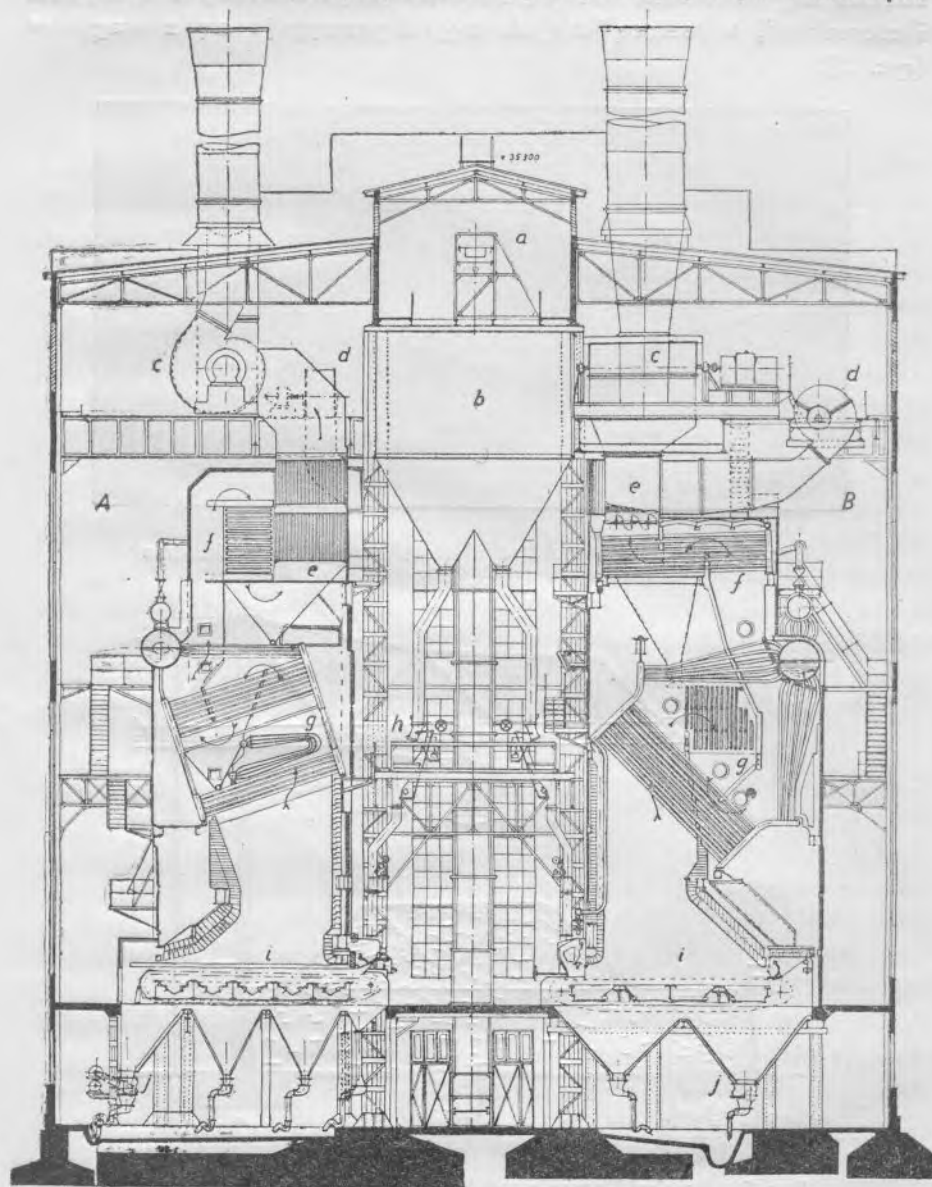
Ryc. 1. Widok nowego budynku elektrowni, obok chłodnia.



Ryc. 2. Przekrój przez popielnik, skład węgla nowej elektrowni i suwnicę węglową.

Ze składu węgla do kotłowni węgiel dostarcza się zapomocą konwojera, który stanowi łańcuch bez końca, utworzony z kubelków blaszanych, połączonych ze sobą przegubowo. Konwojer przechodzi

pod warstwą węgla i jest zasypywany wprost ze składu, przenosi on węgiel do sasekówek o dużej pojemności, 700 tonn, znajdujących się w środku kotłowni powyżej kotłów (ryc. 3). Przy przejściu nad sase-

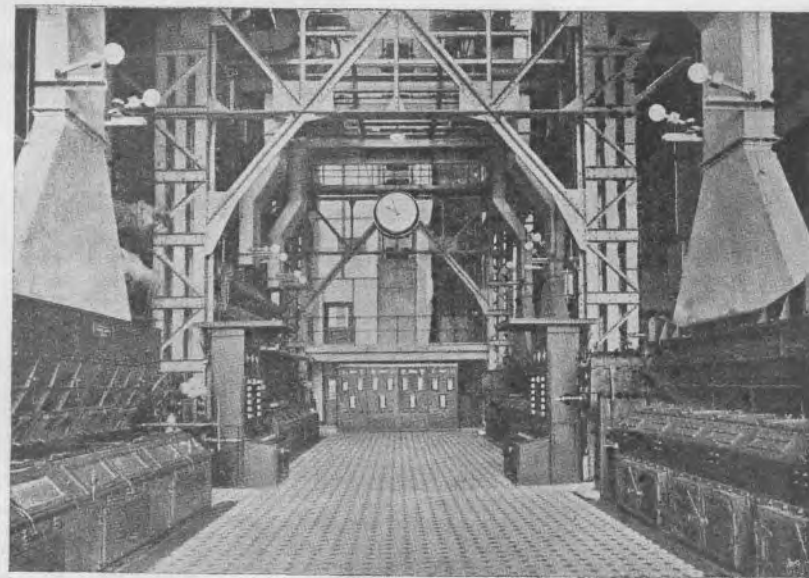


Ryc. 3. Przekrój poprzeczny kotłowni nowej elektrowni.

kami w kotłowni, kubelki konwojera przechylają się i wysypują zawartość. Konwojer jest wprawiany w ruch silnikiem elektrycznym.

Z sasekówek przez rury pionowe dostaje się węgiel do palenisk

kotłów na ruszta ruchome, posuwane wolno, również silnikami elektrycznymi (ryc. 3 i 4).



Ryc. 4. Widok kotłowni nowej elektrowni.

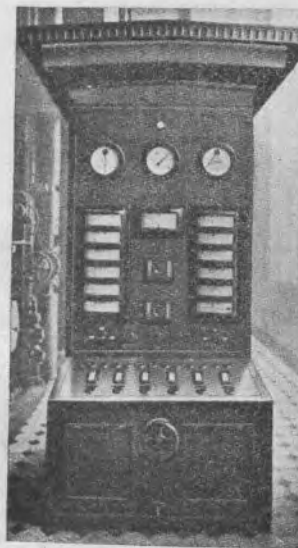
Jeden wentylator wdmuchuje powietrze podgrzewane do 150° pod ruszty, a drugi, silniejszy, wyciąga gazy spalinowe, wytwarzając ciąg sztuczny. Ciąg sztuczny pozwala uniknąć stawiania wysokich i kosztownych kominów.

Woda w kotłach krąży w rurkach żelaznych, gdzie tworzy się para, która następnie przegrzewa się do 425°.

Praca kotła jest stale kontrolowana zapomocą szeregu dość skomplikowanych przyrządów, sporządzonych w ten sposób, że wyniki pomiarów odczytujemy odrazu na odpowiednich skalach, nad którymi przesuwiają się wskazówki (ryc. 5).

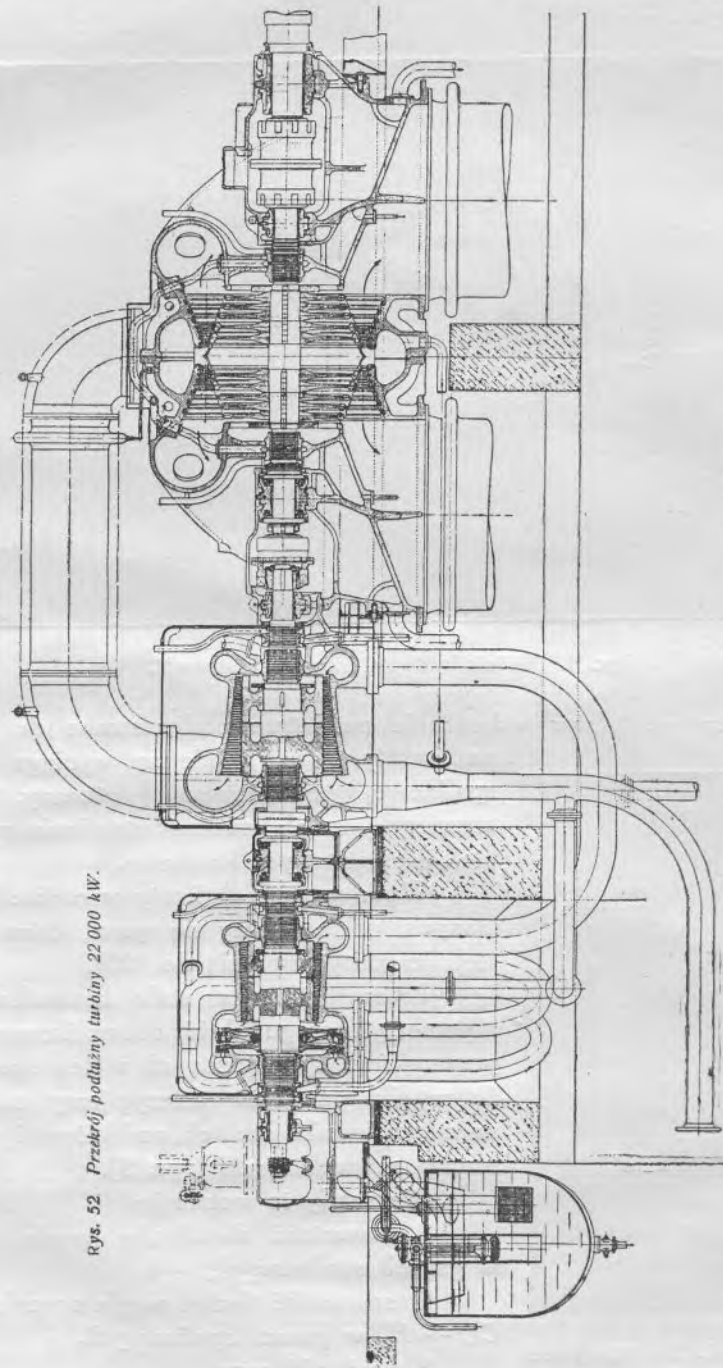
Przyrządy te wskazują:

1. zawartość dwutlenku węgla CO_2 w gazach spalinowych,
2. zawartość tlenku węgla z wodorem $CO + H_2$ w gazach spalinowych,
3. prężność pary,
4. temperaturę pary,



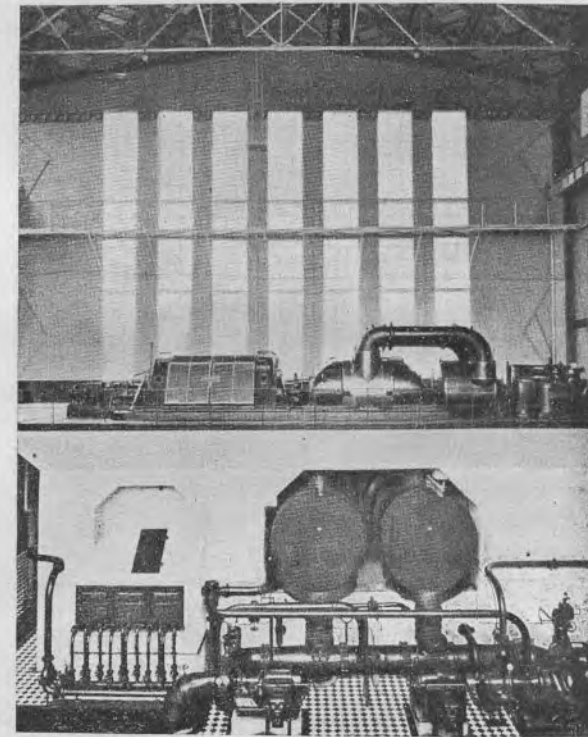
Ryc. 5. Tablica przy kotle z aparatami kontrolującymi i regulującymi.

Rys. 52 Przekrój podłużny turbiny 22 000 kW.



Ryc. 6. Przekrój podłużny turbiny 22000 kW.

5. temperaturę gazów spalinowych,
 6. temperaturę wody zasilającej kotły,
 7. temperaturę powietrza podwiewanego pod ruszta,
 8. ciśnienie powietrza podwiewowego,
 9. gęstość dymu,
 10. ciąg w kominie,
 11. liczbę obrotów silników napędowych wentylatorów,
 12. ilość tonn wody wyparowanej w ciągu godziny.
- Poza tem jest licznik, zliczający masę odparowanej wody i spalonego węgla przy każdym kotle.

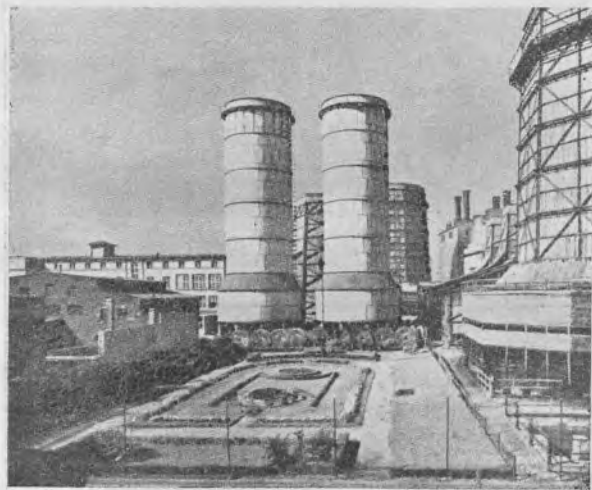


Ryc. 7. Widok kondensacji turbozespołu.

Na podstawie tych danych, których dokładność zresztą nie przewyższa 1 do 2%, oraz uwzględniając analizę kalorymetryczną węgla, elektrownia ma możliwość codziennie przekonać się, ile kaloryj ciepła zużyto na odparowanie jednego kilograma wody, a więc jaka jest sprawność kotła.

Para z kotłów po rurach żelaznych osłoniętych izolacją cieplną okrzemkową przepływa do turbiny parowej, znajdującej się obok w sali maszyn (ryc. 6).

Ciśnienie pary przy wlocie do turbiny wynosi 31 atmosfer, a temperatura 400°. Turbina jest trójkadłubowa, złożona z trzech turbin osadzonych na jednym wale, przez które para przechodzi kolejno, nazywamy więc je stopniami wysokiego, średniego i niskiego ciśnienia. Ze stopnia o niskim ciśnieniu para idzie do skraplacza powierzchniowego, w którym ochładza się za pomocą wody, przepływającej przez wielką liczbę cienkich rurek mosiężnych, których powierzchnia wynosi 2100 m². Odpowiednie pompy tłoczą wodę chłodzącą i wysysają wodę skondensowaną i powietrze z przestrzeni kondensacyjnej (ryc. 7). Woda chłodząca z kondensatorów wtłaczana jest na chłodnie, gdzie ciągiem naturalnym powietrza, wywołującym silne parowanie, ochładza się i wraca znowu do kondensatorów i tak w kółko (ryc. 8 i 1).



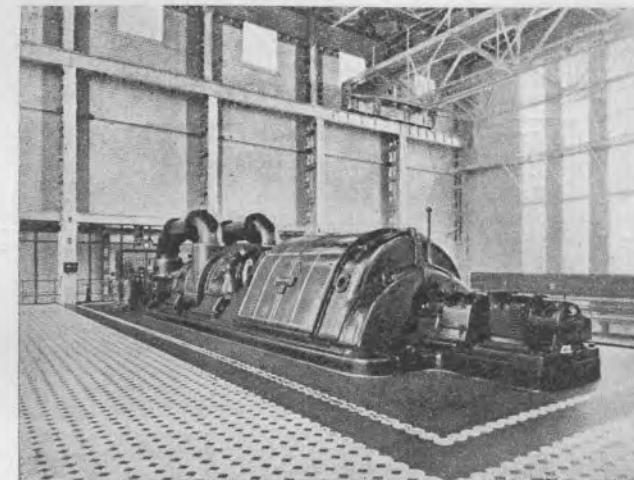
Ryc. 8. Chłodnie żelazne systemu „Worthington”, obok chłodnia z szalowaniem z desek.

Moc turbiny wynosi 22000 kilowatów (*kW*) przy 3000 obrotów na minutę i zużyciu około 4,3 kilogramów pary na jedną kilowatogodzinę (*kWh*) energii prądu elektrycznego.

Turbina napędza prądnicę trójfazową (ryc. 9 i 10), której wirująca magneśnica jest osadzona na przedłużeniu wału turbiny. Prądu do magneśnicy dostarcza mała prądnica prądu stałego, czyli tak zwana wzbudnica, której twornik jest osadzony na wale, stanowiącym przedłużenie wału głównej prądnicy. Prądnica trójfazowa jest zbudowana w ten sposób, że pełna, czyli tak zwana znamionowa pozorna moc prądu wynosi 31400 kilowoltamperów (*kVA*), moc zaś rzeczywista przy różnicy faz prądu i napięcia, odpowiadającej kątowi, którego $\cos = 0,7$, będzie $31400 \times 0,7 = 22000$ kilowatów.

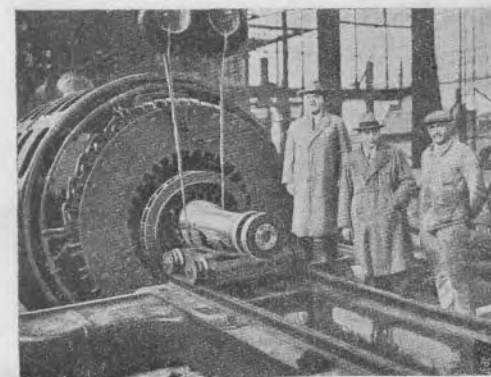
Napięcie prądu na zaciskach prądnicy wynosi 6300 woltów, a natężenie prądu 2880 amperów. Związek pomiędzy natężeniem, napięciem i mocą pozorną wyraża się dla prądu trójfazowego równaniem:

$$31400000 = \sqrt{3} \times 6300 \times 2880.$$



Ryc. 9. Widok turbozespołu — 22000 kW.

Moc wzbudnicy wynosi 107 kW, napięcie stałego prądu wzbudzającego 230 V.



Ryc. 10. Prądnica 30800 kVA podczas montażu.

Regulacja napięcia prądnicy prądu trójfazowego odbywa się przez zmianę natężenia prądu, magnesującego wirującą magneśnicę.

Poza wyżej podaną prądnicą elektrownia ma jeszcze jedną dużą prądnicę na 26660 kVA i sześć mniejszych po kilka tysięcy kilowoltamperów (ryc. 11).

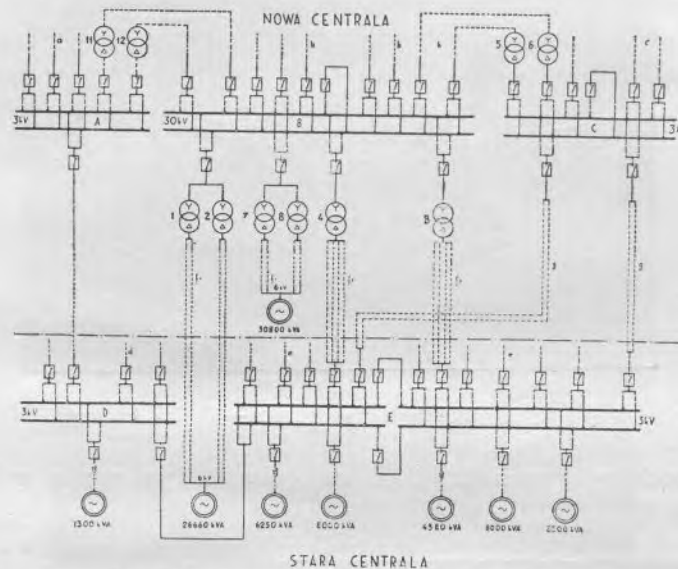
Obie duże prądnice są bezpośrednio połączone z transformatorami odpowiedniej mocy, które podwyższają napięcie prądu do 30000 V. Pod tym napięciem prąd rozprowadza się na krańce miasta. Dla średnicy odpowiednia część energii transformuje się na napięcie niższe 3000 V.

Transformatory i szyny zbiorcze i rozdzielcze oraz rozłączniki



i wyłączniki olejowe mieszczą się w osobnym budynku (ryc. 12), który stanowi tak zwaną rozdzielnię. W rozdzielni przewody prowadzone są przeważnie gołe, bez izolacji, zawieszane na odpowiednich porcelanowych izolatorach, które są tem wyższe i większe, im wyższe jest napięcie prądu (ryc. 13).

Kierowanie pracą prądnic i kontrola nad nią są ześrodkowane w tak zwanej nastawni (ryc. 14). Nastawnia zajmuje salę niemal kwadratową o wymiarach $20 \times 19,2$ m, nie licząc oszklonego balko-

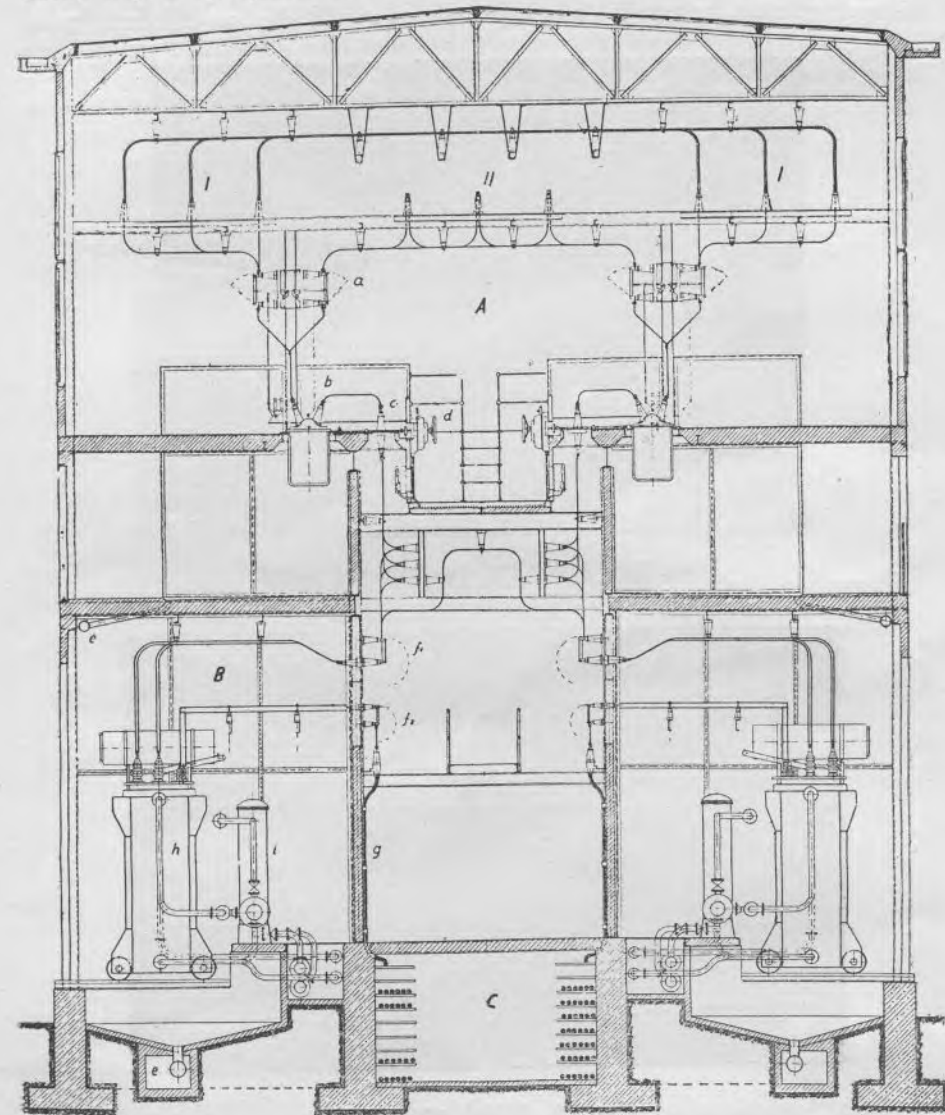


Ryc. 11. Zasadniczy układ połączeń elektrycznych.

- a 10 kabli w rozdzielni własnych potrzeb (A)
- b 8 „ zasilających 30 kV (B)
- c 22 „ „ 3 „ (C)
- d 20 „ w rozdzielni własnych potrzeb (D)
- e 14 „ zasilających 3 kV (E)
- f₁—f₂ kabie jednożyłowe o przekroju 800 mm²
- g „ „ „ 500 „
- h „ „ „ 185 „
- 1 do 8 Transformatory po 16000 kVA
- 11 i 12 „ „ 2000 „

nu, wystającego na maszynownię. Z przodu w nastawni widzimy pulpit sygnalizacyjny, służący dla optycznej i akustycznej sygnalizacji. Zapomocą odpowiednich przełączników włączają się prądy sygnalizacyjne do obwodów elektrycznych poprowadzonych do kotłowni i maszynowni. Poza tem na pulpicie są lampki elektryczne, zapalające się przy zamknięciu obwodów w kotłowni i maszynowni, służąc dla sygnalizacji w odwrotnym kierunku.

Z kotłowni sygnalizują włączenie do pracy nowego kotła, podając jego numer. Do kotłowni na odpowiedniej podziałce podawane jest znakami świetlnymi całkowite obciążenie elektrowni w megawatach, t. j. w tysiącach kilowatów, a także daje się znać sygnałem

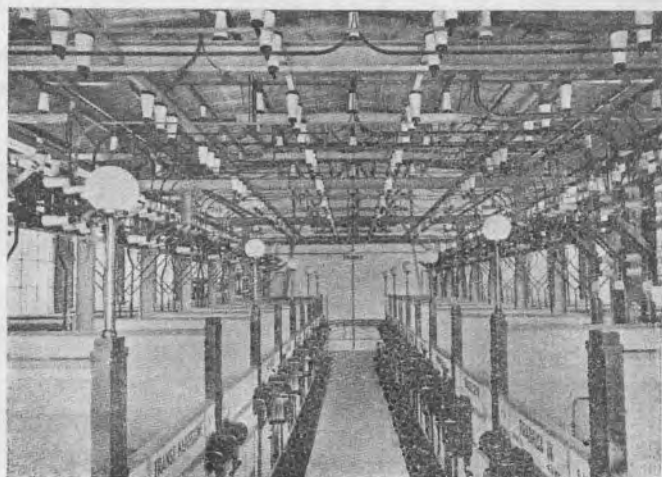


Ryc. 12. Przekrój rozdzielni nowej elektrowni.

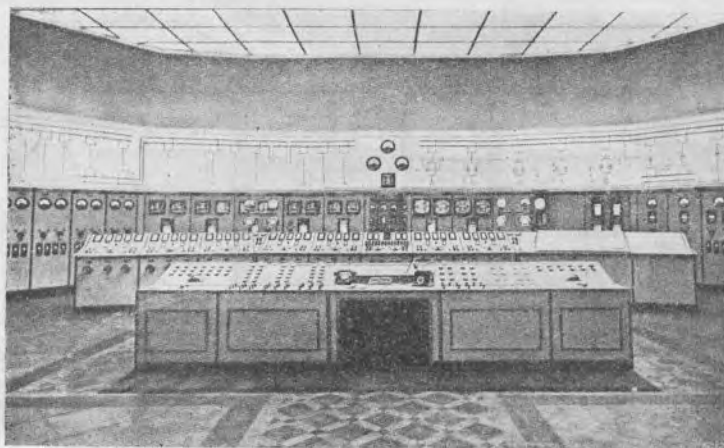
świetlnym i dźwiękiem syreny o wyłączeniu obciążenia na wszystkich prądnicach.

Do maszynowni nadają się sygnały dla maszynistów przez oświetlenie odpowiednich napisów, włączana równocześnie syrena

zwraca uwagę na nadanie sygnału. Poza tem na pulpicie sygnalizacyjnym jest kilka telefonów. Drugi większy pulpit ma 11 pól, w tem 3 rezerwowe. Na tym pulpicie są umieszczone przyrządy miernicze zagłębione, ze skalami prostokątnymi: woltomierze, amperomierze, kilowatomierze, mierniki mocy bezwzględnej. Nadto w każdym polu



Ryc. 13. Widok hali rozdzielczej 30 kV.



Ryc. 14. Widok nastawni.

znajduje się rączka nadawcza napędu wyłącznika odpowiedniej prądnicy z lampkami sygnalizacyjnymi, które wskazują stan wyłącznika: lampka zielona świeci wówczas, gdy wyłącznik jest otwarty, a lampka czerwona, gdy jest zamknięty.

Są tu również gniazdka do wtyczek używanych przy synchroni-

zacji prądnic. Synchronizacja polega na wyrównaniu częstotliwości¹⁾ i faz napięcia prądnic, które mają być równolegle połączone.

Na przedniej ścianie pulpitu są kółka, zapomocą których przedstawiane są łapki oporników regulujących natężenie prądu magnesującego magnesnice prądnic trójfazowych oraz rączka wyłącznika sprawiającego zniesienie pola magnetycznego prądnicy.

Środkowe pole pulpitu zajmują amperomierze i rączka nadawcza wyłącznika, łączącego przez transformator systemy szyn zbiorczych



Ryc. 15. Zbiornik wody.



Ryc. 16. Kanał roboczy.

na 3 kV i 30 kV oraz odpowiednie woltomierze i gniazda wtyczkowe, służące dla samoczynnego równoległego łączenia prądnic.

W pewnej odległości za pulpitami ustawione są tablice z wieloma innymi aparatami pomiarowymi i kontrolującymi. Stałość częstotliwości

¹⁾ Fizycy mówią „częstości“ (p r z y p. R e d.).

prądu zmiennego elektrowni, czyli liczby okresów na sekundę, jest kontrolowana przez elektryczny zegar synchroniczny wskazówkowy.

Pośrodku nastawni nad tablicami znajdują się trzy duże woltomierze, wskazujące napięcie prądu zmiennego w różnych miejscach rozdzielni. Poza tem na jednej z tablic umieszczone są woltomierze samopiszące, notujące wahania napięcia prądu w elektrowni. Nad wszystkimi tablicami aparatowemi znajduje się tablica schematowa, na której przedstawiony jest pojedynczemi kreskami cały układ połączeń elektrycznych.

Wyłączniki i odłączniki są przedstawione zapomocą obracających się małych wskazówek. Wskazówki te obracane są przez umieszczone za tablicą magnesiki, uzależnione elektrycznie od napędów właściwych aparatów.



Ryc. 17. Elektrownia wodna.

Na dwóch tablicach znajdują się elektryczne termometry, które wskazują temperaturę oleju i wody chłodzącej transformatorów. Obok termometrów są aparaty sygnalizujące przerwę w obiegu oleju lub wody oraz przekroczenie temperatury dopuszczalnej oleju.

Na ścianie nastawni — nad balkonem — wiszą 2 manometry, wskazujące prężność pary w rurociągach. Na samym zaś balkonie jest ustawiony duży dwustronny wskaźnik całkowitego obciążenia elektrowni w megawatach, widoczny z maszynowni i z nastawni.

Równoległe z tym przyrządem włączone są dwa mierniki samopiszące: jeden w nastawni, drugi w gabinecie dyrektora, które notują przebieg obciążenia elektrowni w ciągu całej doby.

Drugi rodzaj elektrowni, których mamy w Polsce dużo lecz mniejszej mocy, stanowią elektrownie, posługujące się silnikami spalinowemi, najczęściej systemu Diesela, napędzanemi ropą naftową, czy też silnikami gazowemi, czerpiącemi gaz z koksowni, z wielkich pieców albo z własnego generatora.

Małe prądnice są zwykle sprzęgane z silnikami zapomocą pasa, natomiast prądnice większe mają wirniki osadzone bezpośrednio na wale silnika napędowego.

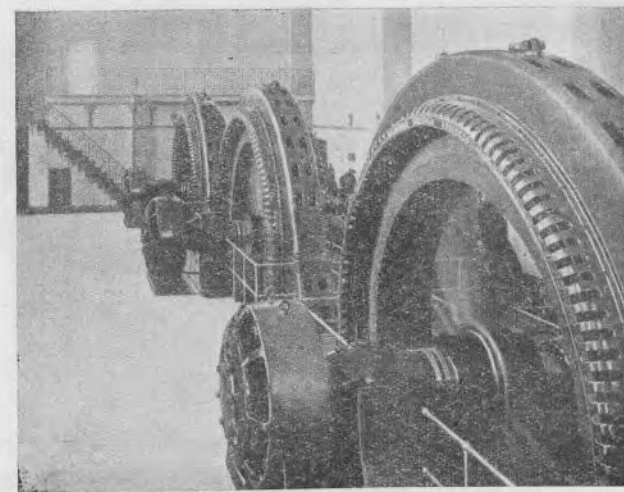
Ogólny układ elektrowni jest prostszy. Nieraz prądnice wytwa-

rzają bezpośrednio prąd niskiego napięcia, np. 220 V, który idzie przez rozdzielnię do sieci, bywa to jednak tylko przy małym obszarze zasilania.

Dziś urządzenia elektryczne szybko się rozrastają i z tego względu nawet początkowo niewielkie elektrownie mają prądnice prądu trójfazowego o napięciu kilku tysięcy woltów.

Nieliczne elektrownie wodne budują się zwykle w takich miejscowościach, gdzie łatwo uzyskać znaczny spad wody w niezbyt długim kanale i urządzić zbiornik (ryc. 15, 16 i 17).

Przepływ wody reguluje się odpowiednimi zaworami ręcznie i automatycznie zapomocą ruchomych łopatek wieńca kierowniczego turbiny w ten sposób, aby przy różnych obciążeniach zachować stałą liczbę obrotów wału na minutę.



Ryc. 18. Wnętrze elektrowni wodnej z maszynami o wale poziomym.

W porównaniu do turbin parowych u nas używane turbiny wodne są wolnobieżne, gdyż wykonywają zwykle zaledwie kilkaset obrotów na minutę.

Turbiny wodne bywają stosowane z wałem pionowym lub poziomym (ryc. 18 i 19). Na wale turbiny jest osadzony nie tylko wirnik prądnicy trójfazowej prądu zmiennego, ale również i twornik prądnicy prądu stałego, wzbudzającej prądnice prądu zmiennego. Prąd zwykle o napięciu kilku tysięcy woltów przesyłamy przez rozdzielnię do sieci.

Statystyka elektrowni w Polsce za rok 1933 podaje 480 elektrowni z prądnicami prądu stałego, są to przeważnie elektrownie stare, większe z nich są przeznaczone dla zasilania sieci tramwajowch,

428 elektrowni na prąd zmienny, w tem 426 trójfazowy,
 100 elektrowni ma prądnice dwojakie, na prąd stały i zmienny,
 94 elektrownie są napędzane turbinami parowymi,

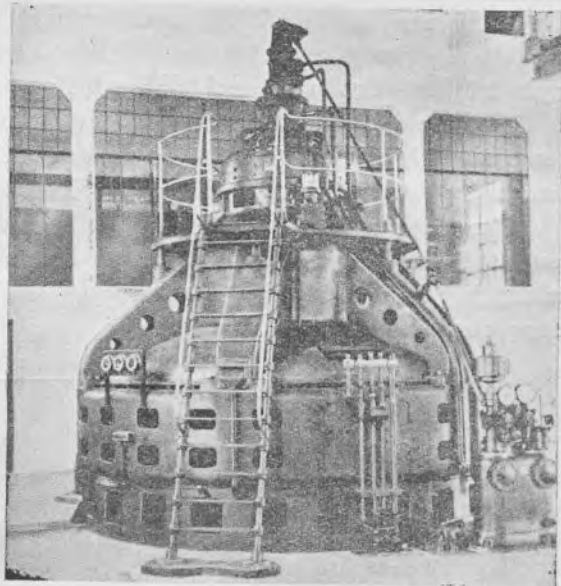
250 elektrowni małych lub starych ma jeszcze napęd parowymi silnikami tłokowymi,

68 stosuje napęd parowy częściowo silnikami parowymi tłokowymi, a częściowo turbinami parowymi,

394 elektrownie stosuje napęd silnikami spalinowymi,

53 elektrownie ma napęd turbinami wodnymi,

149 elektrowni stosuje napęd mieszany.



Ryc. 19. Prądnica napędzana turbiną wodną o wale pionowym.

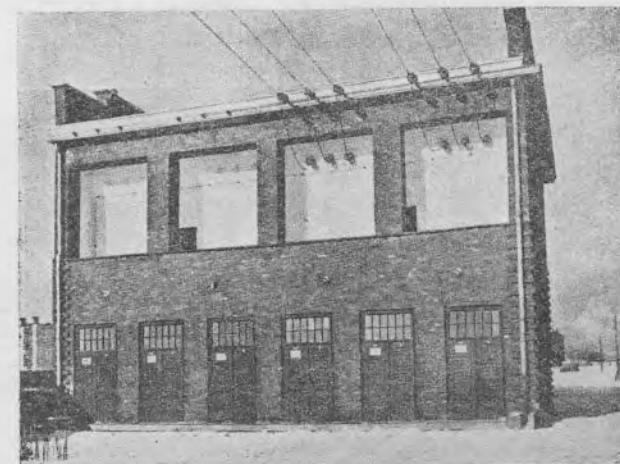
4. Sieć przesyłowa i rozdzielcza.

Wszystkie przewody, prowadzące prąd z elektrowni do odbiorników, stanowią tak zwaną sieć elektryczną. W tej sieci wyróżniamy zazwyczaj dwa rodzaje przewodów. Jedne przewody służą tylko do przesyłania energii, do tych przewodów odbiorniki bezpośrednio nie przyłączają się, drugi rodzaj przewodów stanowi sieć rozdzielczą, do której odbiorniki przyłączamy w dowolnych miejscach, bądź bezpośrednio, bądź też za pośrednictwem rozgałęzień wtórnych.

Oto kilka charakterystycznych sieci elektrycznych.

Elektrownia w małym mieście wytwarza prąd niskiego napięcia 220 V. Prąd ten prowadzi kilka odgałęzień od szyn zbiorczych elektrowni zapomocą dość długich przewodów przesyłowych, tak zwanych zasilających, do kilku miejsc sieci rozdzielczej, poprowadzonej wzdłuż ulic i często stanowiącej jedną całość połączoną elektrycznie na poszczególnych biegunach. W tych okolicznościach zarząd elektrowni dbać musi o utrzymanie możliwie stałego i równego napięcia tylko w sieci rozdzielczej, od której prowadzą się odgałęzienia do domów.

Inny rodzaj sieci mamy w mieście średniej wielkości. Tam w elektrowni prądnice wytwarzają prąd trójfazowy zmienny o napięciu kilku tysięcy woltów (zwykle 3000 V lub 6000 V). Z elektrowni przewody zasilające prowadzą prąd do sieci rozdzielczej wysokiego napięcia, do której przyłączeni są konsumenci, pobierający znaczne ilości energii przy dużej mocy. Poza tem jest znacznie rozleglejsza sieć niskiego napięcia (zwykle 220 V lub 120 V), która czerpie energię z sieci wysokiego napięcia zapomocą transformatorów, obniżających napięcie. Sieć ta u nas przeważnie dzieli się na niewielkie okręgi, które między sobą nie mają bezpośredniego elektrycznego połączenia.



Ryc. 20. Podstacja przejściowa z kabli na sieć napowietrzną 30 kV.

Wielkie miasta, w których elektrownie zasilają muszą zasilać wielkie obszary, zmuszone są, dla uniknięcia wielkich strat w przewodach, dzielić miasto na okręgi położone w pobliżu elektrowni i okręgi dalsze.

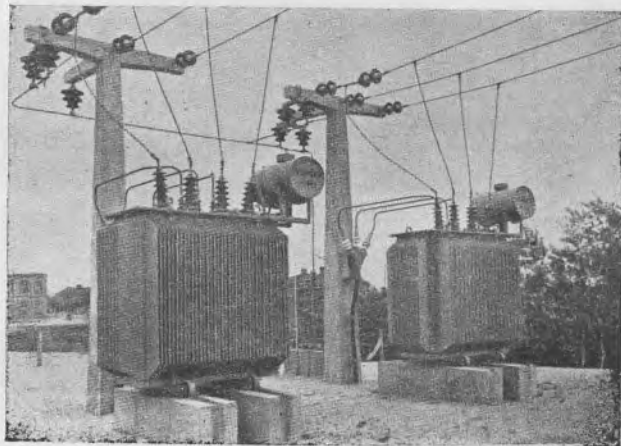
W pobliżu elektrowni prąd o napięciu 6000 V wychodzący z prądnic wprost przez szyny rozdzielcze idzie do przewodów, zasilających sieć miejską wysokiego napięcia. Natomiast okręgi dalsze otrzymują energię pod wyższym jeszcze napięciem prądu: prąd, płynący z prądnic pod napięciem 6000 V, przetwarza się w transformatorach, znajdujących się w rozdzielni elektrowni, na prąd wyższego napięcia 15000 lub 30000 V, który przewodami przesyłowymi doprowadzany jest do odpowiednich podstacji, gdzie transformuje się na napięcie 6000 lub 3000 V (ryc. 20) albo też od razu na niskie napięcie 220 V.

Jeżeli urządzenia miejskie są zasilane z kilku elektrowni, to zazwyczaj na najwyższym napięciu (15000 lub 30000 V) elektrownie są połączone między sobą odpowiednimi przewodami, zapomocą których mogą wymieniać między sobą energję, zarazem, w razie uszkodzenia jednej z elektrowni, przewody te pozwalają zastąpić ją inną.

Największe sieci elektryczne mają elektrownie okręgowe, których zadaniem jest zasilanie wielu miast i miasteczek oraz wsi.

Elektrownia okręgowa ma zazwyczaj prądnice tego samego rodzaju co miejska, czasem tylko znajdują zastosowanie prądnice, wytwarzające zmienny prąd trójfazowy o napięciu 10500 lub 15750 V.

Stosownie do odległości okręgów zasilania od elektrowni, prąd płynący z prądnic transformuje się w rozdzielni elektrowni na prąd



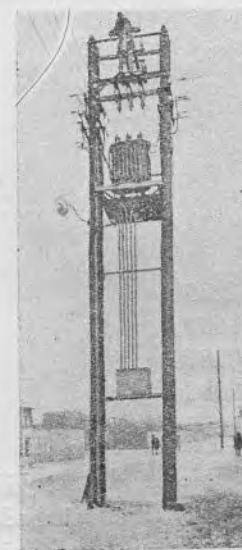
Ryc. 21. Widok transformatorów po 1600 kVA.

odpowiednio wyższego napięcia. Obecnie są najczęściej stosowane napięcia bardzo wysokie: 30000 V, 60000 V, 100000 V i 200000 V albo jak zwykle mówimy: 30, 60, 100 i 200 kilowoltów (kV). Energję tym prądem bardzo wysokiego napięcia można rozprzewadzać bardzo daleko bez znacznych strat.

W podstacjach ustawiamy odpowiednie transformatory, obniżające napięcie prądu. Od 30 kV wzwyż opłaca się budować podstacje tak zwane napowietrzne pod gołym niebem (ryc. 21), gdyż odległości potrzebne pomiędzy przewodami różnych biegunów i rozgałęzień są tak znaczne, że budynek wypada bardzo duży, wewnątrz zaś jego nie jest dostatecznie wyzyskane, a więc urządzenie drogie. Dla odgałęzień małej mocy są nieraz stosowane podstacje słupowe, z jednym transformatorem umocowanym wprost na słupach (ryc. 22).

Budowa sieci elektrycznych bywa rozmaita zależnie od wysokości napięcia prądu i warunków otoczenia. W miastach wielkich przeważnie stosuje się przewody podziemne w postaci kabli z żyłami miedzianymi, otoczonymi izolacją papierową i osłoniętymi szczelną powłoką ołowianą. Powłoka ta jest następnie zabezpieczona jutą asfaltowaną i taśmą żelazną albo drutami stalowymi. Kable takie dobrze sporządzone są bardzo trwałe i pewne w użyciu, stosują się do prądów o napięciu najczęściej do 30000 V, jednak bywają kable i na napięcia wyższe.

Znacznie tańsze są przewody napowietrzne używane zawsze, gdy wchodzi w grę znaczne odległości. Przewody napowietrzne ciągnię



Ryc. 22. Transformator słupowy.



Ryc. 23. Słup linii 60000 V.

są najczęściej z miedzi twardej, nie izolowane, czyli t. zw. gołe. W przypadkach wyjątkowych, gdy jest obawa zetknięcia się z takimi przewodami, dajemy im odzież, owijając je nasyconą taśmą papierową, następnie bawełną i wreszcie oplatając nitkami nasycionymi. Nasyconie sporządza się z oleju lnianego zarobionego minią ołowianą.

Zależnie od wysokości napięcia prądu przewody są zawieszane na izolatorach porcelanowych odpowiedniej wielkości, stojących, a przy bardzo wysokich napięciach — wiszących (ryc. 23).

Siec przewodów rozdzielczych w budynkach prowadzimy dziś najczęściej w rurkach izolacyjnych pod tynkiem lub na tynku. Przewody wciągamy z miedzi miękkiej, izolowane gumą wulkanizowaną bez szwu, zabezpieczoną np. plecionką z nitki bawełnianych nasyc-

-3 LIP. 1936

nych. Poza tem nieraz bywa stosowany również przewód wielożyłowy w gołej powłoce ołowianej, gdzie poszczególne żyły są izolowane gumą wulkanizowaną i owinięte taśmą.

5. Statystyka.

Zasadnicze dane statystyczne dotyczące, elektryfikacji Polski, zawiera następujące zestawienie:

Rok	Moc prądnic wszystkich elektrowni w kW	Wytwórczość roczna	
		Ogółem milionów kWh	Na jednego mieszkańca kWh rocznie
1932	1471884	2242	69
1933	1470000	2400	74
1934	1500000	2650	80

Dla porównania przytaczam jeszcze wytwórczość roczną w milionach kWh w innych państwach w r. 1934.

Italia	12850
Francja	15820
Anglja	22800
Niemcy	30500
Stany Zjednoczone A. P. . . .	84900

W ośrodkach przemysłowych, w znacznej mierze zelektryfikowanych, na jednego mieszkańca wypada kilkaset kilowatogodzin rocznie energii prądu, a niektóre kraje uprzemysłowione z rozwiniętą siecią przewodów elektrycznych mają taką samą wytwórczość średnio na całym obszarze.

Politechnika Warszawska.



6308/36

