

TECHNIKA CIEPLNA

Czasopismo Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Warszawie.

Oficjalny Organ Polskiego Komitetu Normalizacyjnego dla Spraw Kotłowych.

Redaktor: Inż. techn. JAN KOMARNICKI.

Wydawca: Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.

REDAKCJA i ADMINISTRACJA: Warszawa, Chmielna 2, m. 6. Tel. 275-45.

GODZINY BIUROWE: Redakcji—piątki, od 18 do 20, Administracji—codziennie, od 10 do 15.

TREŚĆ: Prof. W. Chrzanowski. Nowoczesne turbiny parowe. — H. S. Wybuch naczynia w łaźni. — KRONIKA TECHNICZNA. — L. B. Podgrzewacz powietrza dla palenisk kotłowych. — POLEMIKA. — Prof. L. Eberman i inż. W. Pac. W sprawie artykułu p. t. Kilka uwag o wyborze silników Diesela. — PRZEGLĄD WYTWÓRCZO CI. — M. R. Przewodnictwo cieplne w ekonomizerach żebrowych. — SPROSTOWANIA. — Do art. inż. J. Obrąpalskiego p. t. Kilka uwag w sprawie elektryfikacji Polski.

SOMMAIRE: W. Chrzanowski, proff. Las turbines à vapeur d'aujourd'hui. — H. S. Une explosion du récipient à vapeur. — POLEMIQUE. — L. Eberman, proff. et W. Pac ing. à propos de l'article sur la choix des générateurs Diesel. — NOUVEAUX PROCÉDÉS. — M. R. La conductivité de la chaleur dans les économiseurs aux tubes à ailettes. — ERRATA. — A propos de l'article de M. J. Obrąpalski, ing. concernant quelques remarques sur l'électrification en Pologne.

Prof. Dr. inż. WIESŁAW CHRZANOWSKI.

NOWOCZESNE TURBINY PAROWE.

(por. *Technika Ciepła*, 1929, str. 24)

IV. Turbiny pracujące z pobieraniem pary.

Turbiny powyższego rodzaju stosuje się w tych wypadkach, w których para wylotowa nie może być całkowicie wyzyskana do celów fabrykacyjnych, lub też w których zapotrzebowana ilość pary wylotowej jest zmienna i nie pokrywa się w czasie z obciążeniem silnika; — miejsce pobierania pary z turbiny zależy od wysokości ciśnienia pary dolotowej i pary pobieranej. Turbiny z pobieraniem pary pracują przeważnie z kondensacją, choć w niektórych wypadkach także z przeciwpężnością, jeśli do celów fabrykacyjnych potrzebna jest para o dwóch różnych ciśnieniach, a para wytwarzająca moc może być całkowicie zużyta do fabrykacji.

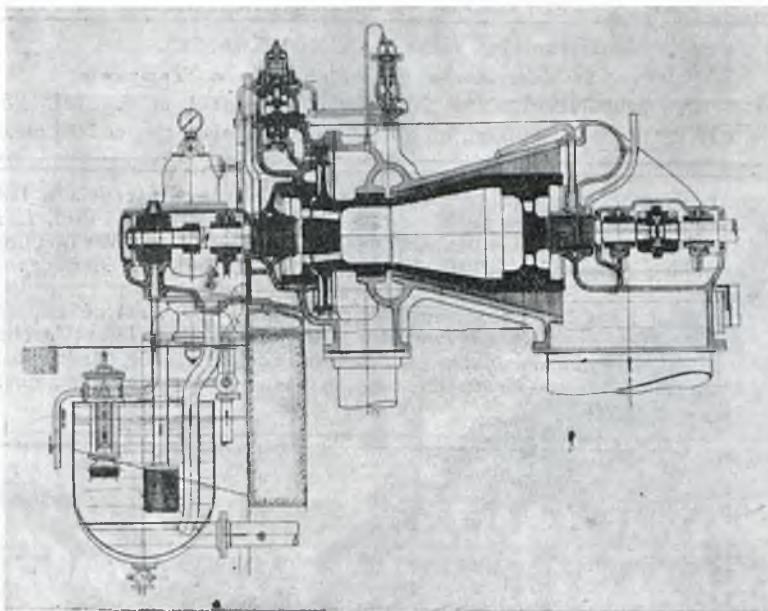
Turbiny z pobieraniem pary stosuje się ze względu na zmniejszenie kosztów inwestycyjnych; — każdy turbogenerator tego rodzaju zastępuje bowiem dwa agregaty, mianowicie jeśli pracuje z kondensacją, — turbinę przeciwpężną i kondensacyjną, — a jeśli pracuje z przeciwpężnością, to zastępuje dwa turbogeneratory przeciwpężne o ciśnieniu wylotowym różnej wysokości. Turbiny pracujące z pobieraniem pary o wyższym ciśnieniu powinny być zasilane parą dolotową o znacznie wyższym ciśnieniu niż turbiny kondensacyjne, aby otrzymać najkorzystniejsze wyniki rentowności siłowni. Nie posiadają one jednak tak wysokiej sprawności jak turbiny kondensacyjne dla jednakowych warunków pracy, ponieważ część wysokoprężna musi

być zbudowana dla przepływu największej ilości pobieranej pary i wytworzenia normalnej mocy silnika, a część niskoprężna — dla wytworzenia normalnej mocy silnika przy najmniejszej ilości pobieranej pary; oprócz tego zachodzą straty w organach regulacyjnych części niskoprężnej. Im mniejsze są różnice ilości pobieranej pary, tem wyższa może być sprawność turbiny. Z tej przyczyny zamawiający turbinę pracującą z pobieraniem pary powinien starannie zbadać przewidywane warunki pracy, a nie stawiać lekkomyślnie warunku, że pobieranie pary wynosi o do x kg/h. O ile możliwości należy pobieranie o kg wykluczyć, aby umożliwić konstruktorowe budowę turbiny o wyższej sprawności i aby zmniejszyć koszty budowy i napędu urządzenia kondensacyjnego. Naogół turbina zbudowana dla pobierania pary zużywa, pracując wyłącznie na kondensację, około 5% do 8% więcej pary od normalnej turbiny kondensacyjnej. Budowa turbin pracujących z pobieraniem pary jest bardzo różnorodna. Są one wykonywane wyłącznie jako turbiny osiowe, jedno — i kilkokadłubowe, bo turbin promieniowych Ljungstroema nie można do tego celu odpowiednio zmienić. Chcąc przy pobieraniu pary zastosować system Ljungstroema, trzeba ustawić dwa agregaty, jeden przeciwpężny (por. rys. 73), zaopatrzony w regulację według zasad rys. 81, a drugi kondensacyjny (rys. 21). Wykonanie takie, posiadające zamiast jednego generatora elektrycznego o dużej sprawności cztery generatory małe, jest oczywiście o około

35% kosztowniejsze, a pewne oszczędności, które uzyskuje się na paliwie, nie są jednak decydujące. W niektórych wypadkach układ tego rodzaju może być wskazany, mianowicie jeśli chodzi o zapewnienie mocy zapasowej.

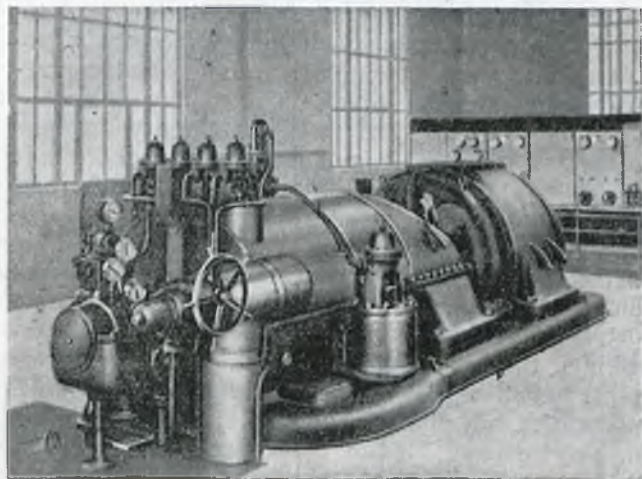
naogół nie znajdują zastosowania jako silniki o wielkiej mocy.

Najprostsza turbina z pobieraniem pary składa się z dwóch wirników Curtis'a; — pobieranie pary odbywa się za pierwszym kołem. Sil-



Rys. 88. Turbina kondensacyjna z pobieraniem pary fabryki Brown-Boveri.

Osiowe turbiny jednokadłubowe z pobieraniem pary buduje się przeważnie dla ciśnień do 22 atn, 375° C i średnich mocy, natomiast dla



Rys. 89. Turbina z pobieraniem pary fabryki Brown-Boveri.

wyższych ciśnień i temperatur oraz większych mocy buduje się dwukadłubowe turbiny; — silniki trójkadłubowe są bardzo rzadko wykonywane (tylko przy bardzo wysokim ciśnieniu pary dolotowej), ponieważ turbiny z pobieraniem pary

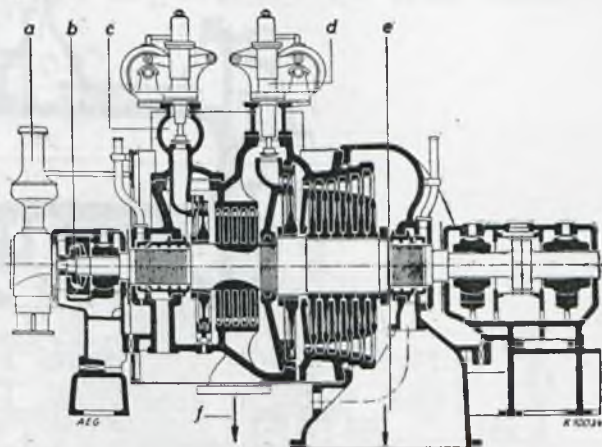
nik taki nie posiada wysokiej sprawności, — zużycie pary jest duże, również duże jest zdzieranie się łopatek, lecz małe są koszty jego budowy. Chcąc osiągnąć wyższą sprawność, trzeba budować turbiny wielostopniowe. Wytwórnia *Brown-Boveri* buduje jednokadłubowe turbiny kondensacyjne z pobieraniem pary według rys. 88. Pobieranie pary odbywa się za kołem Curtis'a, a niskoprężna część kondensacyjna jest wielostopniową reakcyjną. Ze względu na niską sprawność koła Curtis'a powyższy ustrój jest odpowiedni tylko dla ciśnienia dolotowego poniżej 20 atn i dość wysokiego ciśnienia pobieranej pary, zwłaszcza że część niskoprężna jest kosztowna, a zatem rentuje się tylko wówczas, gdy duży procent pary w niej pracuje. Część wysokoprężna jest wyposażona w regulację ilościowo-jakościową zapomocą czterech zaworów regulacyjnych, jak to także widoczne z rys. 89, natomiast część niskoprężna posiada regulację jakościową przez dławienie pary w zależności od regulatora ciśnienia, ustawionego na kadłubie turbiny w środku jego długości. Jeden lub przeważnie dwa zawory regulacyjne części niskoprężnej są ustawione obok kadłuba turbiny, której sprawność przy zmiennym obciążeniu i zmiennej ilości pobieranej pary mogłaby być powiększona przez dodanie na początku części niskoprężnej jednego koła akcyjnego, umożliwiającego zastosowanie regulacji ilościowo-jakościowej.

Wytwórnie *Tow. A. E. G., Pierwsza Brneń-*

ska Fabryka, Skoda, Escher - Wyss stosują w swych jednokadłubowych turbinach z pobieraniem pary system akcyjny, jedynie w wypadkach, w których część niskoprężna ma posiadać dużą sprawność, pierwsze dwie fabryki budują ją jako koło akcyjne o jednym lub dwóch stopniach prędkości w połączeniu z reakcyjną częścią. Rys. 90 przedstawia jednokadłubową kondensacyjną turbinę z pobieraniem pary Tow. A. E. G. Na rysunku tym oznacza *c* regulację ilościowo-jakościową części wysokoprężnej w zależności od regulatora obrotów *a*, *d* oznacza regulację ilościowo-jakościową części niskoprężnej w zależności od regulatora ciśnienia i regulatora obrotów, — *f* — odpływ pary pobieranej, — *e* — odpływ pary do kondensatora, — *b* — klockowe łożo stopowe. Część wysokoprężna turbiny tworzy jedno koło Curtis'a i kilka całkowicie zasilanych kół akcyjnych, część niskoprężną natomiast jedno częściowo zasilane koło akcyjne i kilka całkowicie zasilanych kół akcyjnych. Turbina powyższego rodzaju odznacza się nawet przy ciśnieniu dolotowym około 22 atn i 375° C dużą niezawodnością biegu i posiada dość wysoką sprawność części wysokoprężnej, a sprawność części niskoprężnej może być powiększona przez zastąpienie wirników akcyjnych systemem reakcyjnym (rys. 91). Ostatnia zmiana jest wtedy pożądana, gdy praca części niskoprężnej ma być przeważnie większą od pracy części wysokoprężnej, którą wykonywa się czasem, słusznie, o kształcie stożkowym. Natomiast pewne zastrzeżenia można wyrazić w stosunku do budowy turbiny według

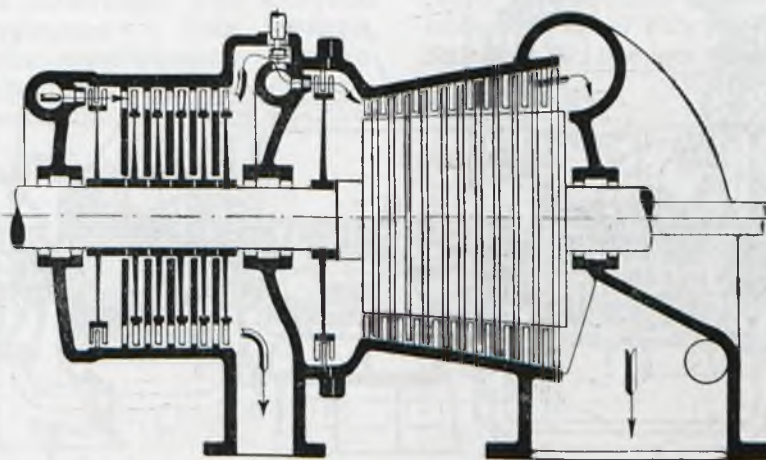
ność tego systemu wpływają straty spowodowane tłokami odciażającymi *T* i *O*.

Ze względu na stosowanie w turbinach pracujących z pobieraniem pary wyższych ciśnień i temperatur pary dolotowej, używa się w nich nawet dla mniejszych mocy około 2000 kW tur-



Rys. 90. Turbina kondensacyjna z pobieraniem pary A.E.G.

bin dwukadłubowych. Poszczególne wytwórnie wykonywują przeważnie typy podobne do budowanych przez nie turbin kondensacyjnych, względnie przeciwprężnych, starając się umieszczać pobieranie pary pomiędzy kadłubem wysoko- i niskoprężnym.



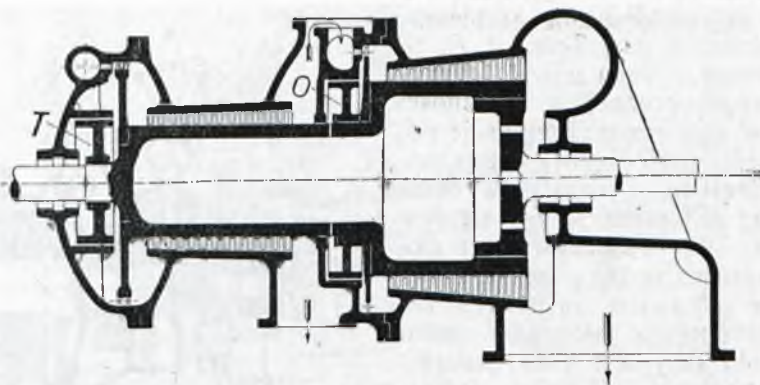
Rys. 91.

rys. 92, mianowicie w stosunku do zbyt krótkich łopatek reakcyjnych części wysokoprężnej, jeśli moc turbiny nie jest duża. Część wysokoprężna składa się tutaj bowiem z koła Curtis'a i z wielostopniowej turbiny reakcyjnej, a część niskoprężna z jednego koła akcyjnego i z wielostopniowej turbiny reakcyjnej. Ujemnie na spraw-

Normalna dwukadłubowa turbina kondensacyjna z pobieraniem pary fabryki Brown-Boveri jest budowana według rys. 51-go z tą różnicą, że tak wirnik wysoko- jak i niskoprężny otrzymują ze względu na duże wahania ciśnień w silniku po jednym tłoku odciażającym, co wpływa oczywiście ujemnie na sprawność turbiny. Pobieranie

pary odbywa się pomiędzy cylindrem wysoko- i niskoprężnym. Ponieważ jednak w turbinach z pobieraniem pary przepływa przez część wysokoprężną większa ilość pary, niż w kondensacyjnych, przeto otrzymuje się w nich przeważnie już przy mocy mniejszej powyżej około 4000 kW,

bieraniem pary w wykonaniu Tow. A. E. G. Na rys. 93 widzimy taką turbinę o mocy 10,000 kW przy $n = 3000$ obr/min dla ciśnienia dołotowego 32,5 atn i 400° C, dla ciśnienia pobieranej pary za cylindrem wysokoprężnym 4 ata i dla przeciwcisnienia za cylindrem niskoprężnym

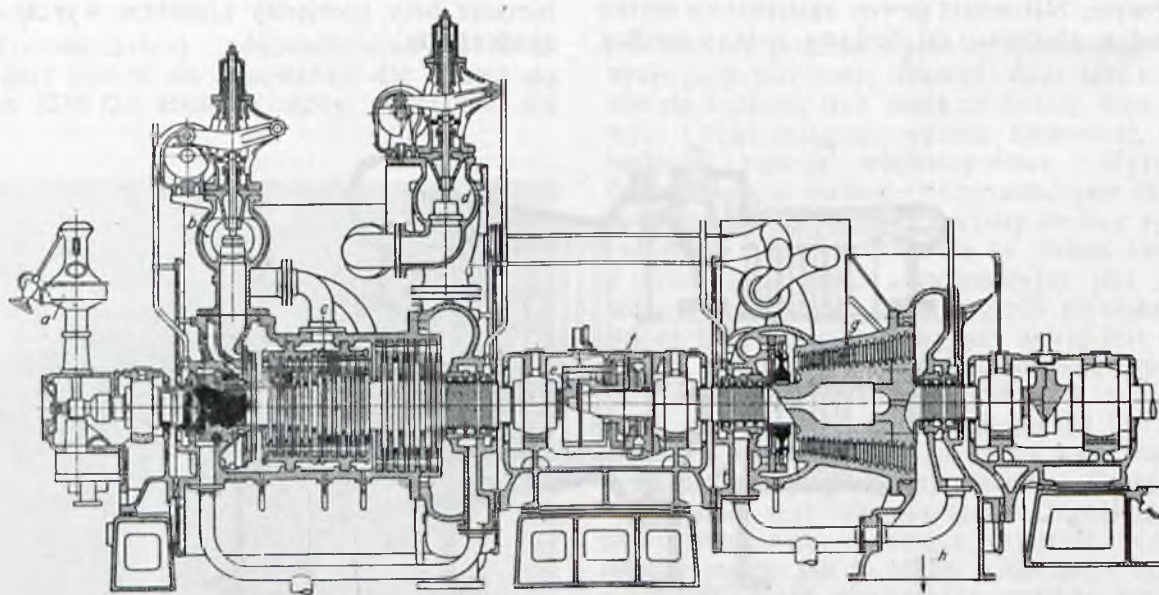


Rys. 92.

taką długość łopatek, która pozwala na zastosowanie dostatecznie dużej szczeliny pomiędzy częściami wirującymi i nieruchomymi.

Dwukadłubowe turbiny kondensacyjne z pobieraniem pary za cylindrem wysokoprężnym buduje fabryka Skody jako czysto akcyjne według

0,45 ata; para wylotowa zostaje bowiem w ilości aż do 65000 kg/h zużyta do podgrzewania wody zasilającej kotły. Część wysokoprężna *c* jest tutaj akcyjną, a część niskoprężna *g* składa się z koła Curtisa'a i z wielostopniowej turbiny reakcyjnej;— *b* oznacza regulację cylindra wysokoprężnego,



Rys. 93. Dwukadłubowa turbina z pobieraniem pary A.E.G. (10000 kW).

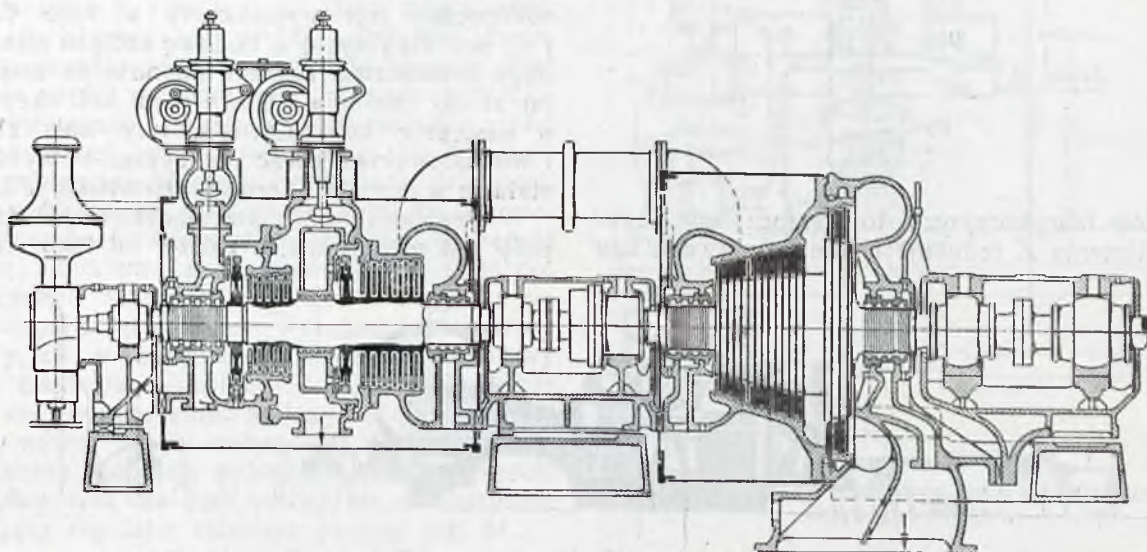
rys. 47-go, natomiast Pierwsza Brneńska Fabryka wyposaża cylinder wysokoprężny w koło *U* i w kilkanaście stopni akcyjnych, czasem o średnicach stożkowo wzrastających, a cylinder niskoprężny w koło *U* i kilkanaście stopni reakcyjnych (patrz rys. 52). Bardzo podobną do ostatniego rodzaju jest budowa turbiny z po-

natomiast *d*—niskoprężnego. Silnik posiada tylko jedno klockowe łożo stopowe *f* i stałe sprzęgło *e*, a napęd generatora elektrycznego znajduje się po stronie niskoprężnej.

Przy pobieraniu pary o wyższym ciśnieniu Tow. A. E. G. zmienia trochę powyższą budowę. jak to wynika z rys. 94, przedstawia-

jącego turbinę o mocy 10,000 kW przy $n = 3000 \text{ obr/min.}$ Ciśnienie pary dołotowej wynosi tutaj 25 atn, 375°C, pary pobieranej w ilości do 20 t/h—10 atn, a silnik pracuje z kondensacją. Pobieranie pary odbywa się mniej więcej w środku długości zajmowanej przez wirniki wysoko- i niskoprężne wyłączone akcyjnie z pierwszymi stopniami regulacyjnymi Curtis'a;—kadłub niskoprężny posiada łopatki reakcyjne, umieszczone na bębnie.

rozłączenia sprzęgła S i nie zawsze jest wskazane ze względów na budynek. W obydwóch rysunkach zastosowano następujące oznaczenia: $W. P. C.$ —wysokoprężny cylinder, $N. P. C.$ —niskoprężny cylinder G i H —generatory elektryczne, A i B —regulacje, które powinny być uzależnione nie tylko od oddzielnych regulatorów obrotów, lecz także od ciśnienia pobieranej przy F pary, — Z —samoczynny zawór redukcyjny,

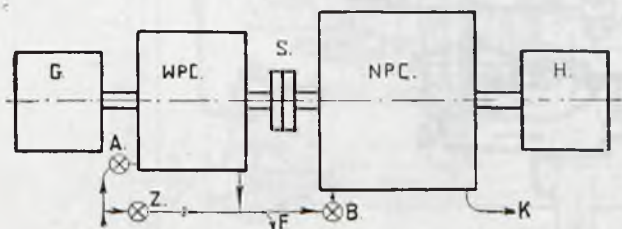


Rys. 94. Dwukadłubowa turbina z pobieraniem pary A.E.G. (10000 kW).

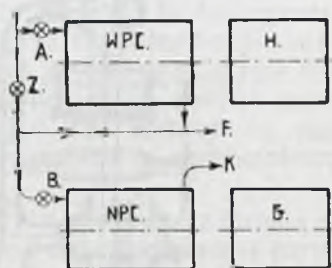
Każda z ostatnio rozważanych turbin napędza tylko jedną prądnicę. W niektórych wypadkach jest jednakże wskazane wykonać dwukadłubową turbinę z pobieraniem pary z dwoma generatorami elektrycznymi i z taką regulacją, aby i turbogenerator wysokoprężny i niskoprężny mogły oddzielnie pracować. Wprawdzie instalacja tego rodzaju jest trochę kosztow-

t. zw. regulator ciśnienia,— K —odpływ pary do kondensatora.

Powyżej zaznaczone względy były też przyczyną zastosowania układu compound turbogeneratora w siłowni Fabryki Celulozy we Włocławku Sp. Akc. R. Saenger (rys. 97). Silnik pracuje



Rys. 95.



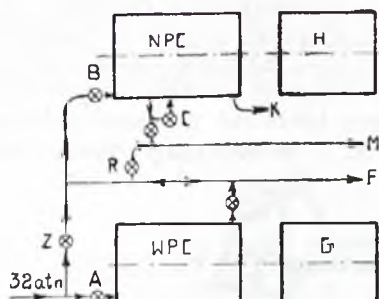
Rys. 96.

niejsza, lecz zaoszczędza się wydatków na silniki zapasowe, jeśli część mocy zapasowej można uzyskać z istniejących silników.

Zagadnienie to można rozwiązać zapomocą układu tandem (rys. 95) lub układu compound (rys. 96). Wykonanie pierwszego rodzaju jest tańsze, posiada korzystniejszy przepływ pary z cylindra wysoko- do niskoprężnego, lecz drugostronnie wymaga przy pracy jednego silnika

z ciśnieniem dołotowym 32 atn i 400°C; za cylindrem wysokoprężnym $W. P. C.$, który napędza prądnicę G pobiera się parę w ilości do 12 t/h o ciśnieniu około 7 atn, która przy F płynie do warników. Z cylindra niskoprężnego, który napędza drugą prądnicę H , pobiera się parę C w ilości do 12,5 t/h o ciśnieniu około 3,5 atn, która przy M płynie do ogrzewania maszyn papierniczych. Reszta pary odpływa przy K do

kondensatora, który może skroplić do 7 t/h pary. W razie gdyby silniki dostarczały za mało pary

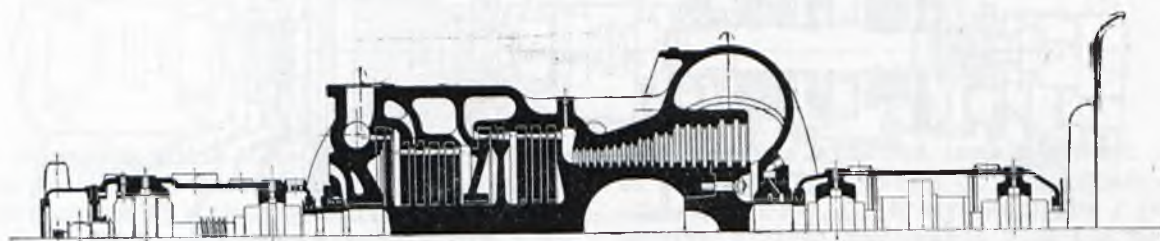


Rys. 97.

do celów fabrykacyjnych, to samoczynny regulator ciśnienia Z redukuje ciśnienie pary z 32 atn

prężnego również o czterech zaworach, a C — regulację pobierania pary o ciśnieniu 3,5 atn. Moc obydwóch turbogeneratorów ma wynosić 3.000 kW przy $n=3000 \text{ obr./min}$, moc oddzielnie pracującego turbogeneratorsa wysokoprężnego — 2200 kW, a moc oddzielnie pracującego turbogeneratorsa niskoprężnego 1000 kW. W razie unieruchomienia turbogeneratorsa wysokoprężnego, turbogenerators niskoprężny łącznie z istniejącym starym silnikiem może uruchamiać fabrykę przy-czem oczywiście działa regulator Z. Kadłub wy-sokoprężny jest wyposażony w koło Curtis'a i 17 kół akcyjnych, a budowę kadłuba niskopręż-nego przedstawia rys. 98, mianowicie mamy tu-taj aż do ciśnienia 3,5 atn pięć kół akcyjnych, a następnie koło Curtis'a, trzy koła akcyjne i wielostopniową część reakcyjną. Powyższą in-stalację wykonała Pierwsza Brzeńska Fabryka.

Regulacja turbin pracujących z pobieraniem pary jest różnorodna, a zależy od tego, czy po-

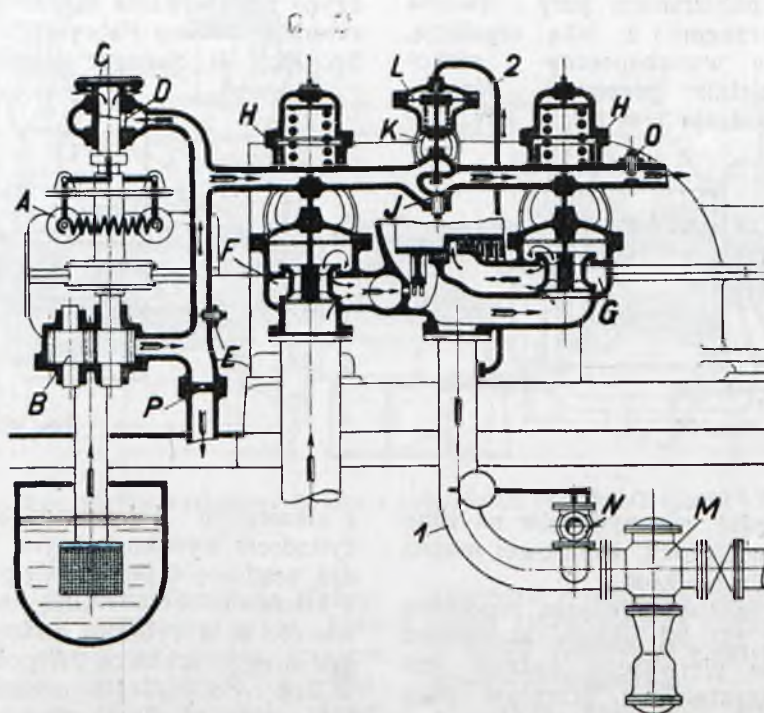


Rys. 98. Niskoprężny cylinder turbiny z pobieraniem pary Pierwszej Brzeńskiej Fabryki.

do 7 atn, a samoczynny regulator ciśnienia R ciś-nienie pary z 7 atn do 3,5 atn,

A oznacza regulację cylindra wysokopręż-nego o czterech zaworach, B — cylindra nisko-

bieira się parę w jednym lub dwóch miejscach i czy silnik pracuje z kondensacją lub z przeci-wprężnością. Firma Brown-Boveri, która w re-gulacjach turbin zajmuje przodujące stanowisko,

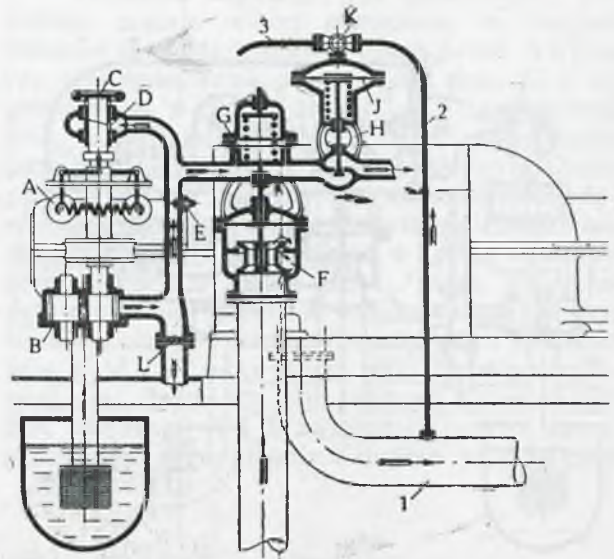


Rys. 99. Regulacja turbiny z pobieraniem pary budowy Brown-Boveri.

stosuje w turbinach kondensacyjnych regulację pobierania pary, której zasady podaje rys. 99. *B* oznacza tutaj pompkę olejową, *P* — odpływ oleju do smarowania łożysk, *D* — szczelinę sterowaną regulatorem obrotów *A*, *H* i *F* — regulację pary świeżej, *H* i *G* — regulację pary pobieranej, *L* — membranę, na której jedną stronę działa ciśnienie pary pobieranej, doprowadzanej rurką 2; *M* — jest zaworem zwrotnym, a zawór *J* służy do wyłączania regulacji pobierania pary.

Przy zwiększaniu się ciśnienia pary pobieranej w rurce 1, zaworek, na który działa membrana *L*, otwiera się więcej, skutkiem czego zawory regulacyjne *G* wpuszczają większą ilość pary do części niskoprężnej, a zawory regulacyjne *F* wpuszczają mniejszą ilość pary do części wysokoprężnej; — przy zmniejszeniu się ciśnienia pary pobieranej w rurce 1, regulacja działa odwrotnie. Natomiast przy zwiększeniu się obciążenia turbiny pochwą regulatora obrotów *A* postępuje w górę, skutkiem czego zmniejsza się ilość dopływającego szczeliną *D* oleju, a zwiększa się ilość dopływającej przez wysokoprężne zawory *F* pary, co w następstwie powoduje chwilowy zwrot ciśnienia w rurce 1, który wyregulowuje się w sposób poprzednio podany. Chcąc zapewnić sobie nawet przy małym obciążeniu silnika dostateczną ilość pary pobieranej, trzeba umieścić pomiędzy rurą dla pary pobieranej samoczynnie działający regulator ciśnienia według rys. 84.

obciążenia jest wyższe od ciśnienia pary fabrykacyjnej. Olej pod ciśnieniem dopływa do regulatora ciśnienia *E* rurką 4, a odpływa rurką 7, natomiast rurką 6 płynie do serwowatoru *B*. Przy wyższym ciśnieniu pary pobieranej z turbiny, zawór *C*, regulowany serwowatorem *D* w zależ-

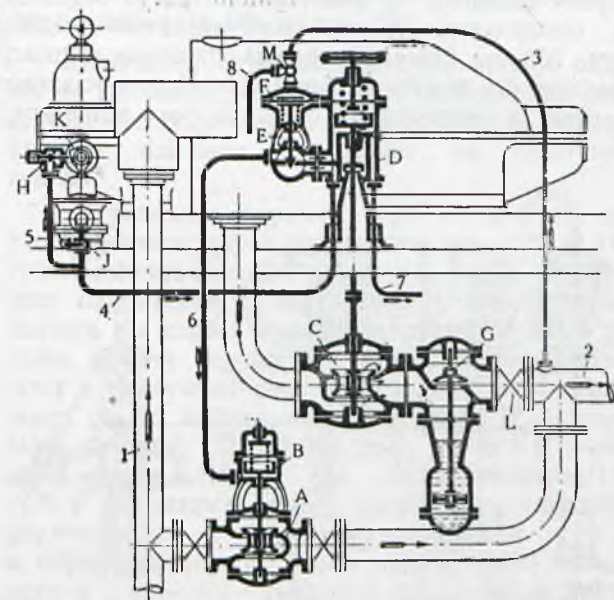


Rys. 101. Regulacja pobierania pary przez zmianę mocy fabryki Brown-Boveri.

ności od membrany *F*, dławii parę na ciśnienie, jakie ma panować w rurce 2, natomiast przy niższym ciśnieniu pary pobieranej z turbiny, które otrzymuje się przy małym obciążeniu silnika, zawór *A*, regulowany serwowatorem *B* w zależności od membrany *F*, wpuszcza do rury 2 odpowiednio zdławioną parę świeżą.

W ostatnim wypadku zawór *C* jest całkowicie otwarty, a zawór zwrotny *G* zamknięty. Gdyby ostatni zawiódł, to turbogenerator nie rozbiega się, gdyż regulator bezpieczeństwa *K*, zamyka nie tylko zawory regulacyjne dla pary świeżej, lecz równocześnie otwiera zawór *H*, przez który odpływa olej służący do regulacji, skutkiem czego sprężyna w serwowatorze *D* zamyka zawór *C*.

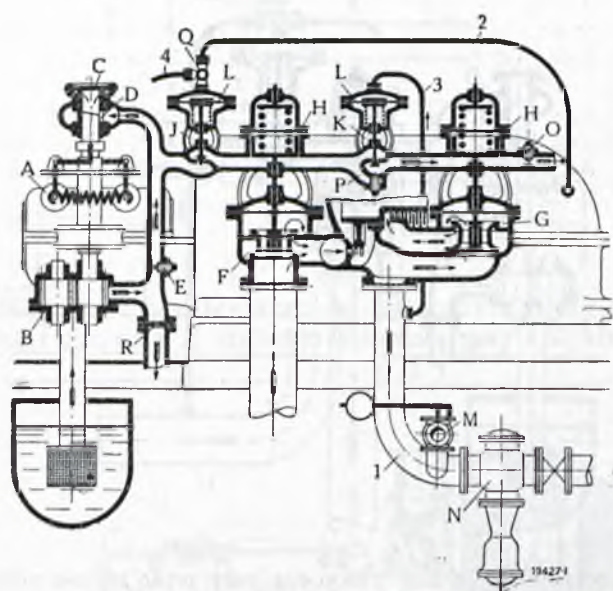
Jeśli wytwarzana przez turbinę moc ma być uzależniona od ilości pobieranej pary, to *Brown-Boveri* stosuje regulację według rys. 101. Regulator ciśnienia *H* utrzymuje tutaj stałe ciśnienie pary pobieranej rurą 1 przez zmianę ilości pary świeżej, dopływającej do turbiny przez zawory regulacyjne. Ilość pary przepływającej przez część niskoprężną turbiny pozostaje bez zmiany, natomiast ilość pary przepływającej przez część wysokoprężną zależy od ilości pary pobieranej. Ponieważ turbogenerator tego rodzaju wytwarza moc zmienną, przeto może on tylko pracować na sieć elektryczną, w której wahania wyrównują inne silniki, a zastosowanie tej regulacji nie jest zbyt szerokie.



Rys. 100. Regulacja fabryki Brown-Boveri przy małej ilości pary pobieranej.

Przy małych ilościach pary pobieranej *Brown-Boveri* unika strat przy przepływie przez niskoprężne zawory regulacyjne stosując budowę według rys. 100. Turbina posiada taką samą regulację obrotów jak każda inna turbina kondensacyjna, a parę fabrykacyjną pobiera się z kadłuba w miejscu, w którym ciśnienie jej przy około 50%

Regulacja *Brown-Boveri*'ego dla przeciwpężnych turbin pracujących z pobieraniem pary (rys. 102) zbudowana jest na tych samych zasadach, co regulacja tychże silników kondensacyjnych (patrz rys. 99). Regulacja pobierania pary



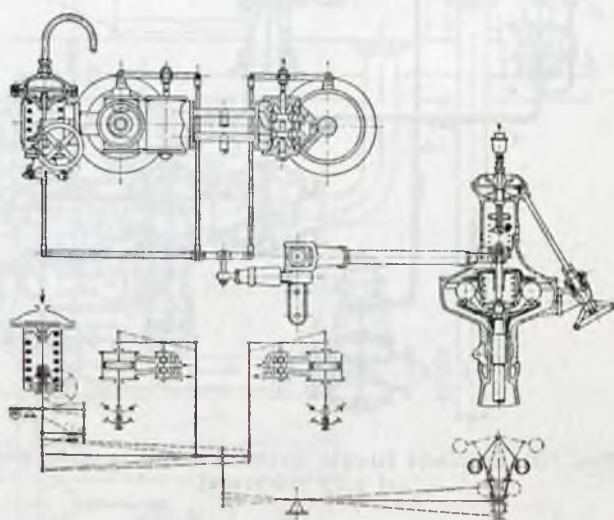
Rys. 102. Regulacja turbiny przeciwpężnej z pobieraniem pary fabryki Brown-Boveri.

odbywa się według rys. 102 również przy pomocy regulatora ciśnienia *K*, oddziałującego na regulacyjne zawory niskopężne *G* i wysokopężne *F*. Natomiast przeciwcisnienie pary wylotowej doprowadza się rurką 2 na jedną stronę membrany *L*, która działa na regulator ciśnienia *J* w ten sposób, że przy wzroście przeciwpężności dopuszcza on mniejszą ilość oleju pod tłoki serwowatorów *H*, wywołując przez to przemykanie się zaworów *F* i *G*,—przy zmniejszeniu się przeciwpężności działanie regulacji jest odwrotne. Regulacja stałej przeciwpężności w zależności od ilości odbieranej pary wylotowej działa w okresie, w którym turbogenerator pracuje na sieć elektryczną, której wahania obciążenia wyrównują inne silniki; — regulator obrotów jest wówczas wyłączony zapomocą kółka ręcznego *C*. Jeśli natomiast turbogenerator powyższego rodzaju pracuje oddzielnie, to trzeba zapomocą kurka *Q* wyłączyć regulację ciśnienia, a wówczas regulator obrotów *A* działa po włączeniu go w taki sam sposób, jak w każdej turbinie kondensacyjnej pracującej z pobieraniem pary (rys. 99).

Cechą charakterystyczną wszystkich regulacji turbin firmy *Brown-Boveri* (rys. 82, 83, 99, 100, 101 i 102), jest to, że nie posiadają one żadnego mechanizmu do odwodzenia, które uzyskuje się przez to, że każdemu położeniu suwaka, regulującego dopływ względnie odpływ oleju pod ciśnieniem, odpowiada w stanie ustalenia, inne położenie tłoka serwowatora. Dzięki

temu uzyskuje się nadzwyczajną prostotę urządzenia regulacyjnego, nawet przy użyciu kilku parowych zaworów regulacyjnych, bo nad poszczególnymi tłokami serwowatorów umieszcza się sprężyny o różnej sile, które ustalają chwilę otwarcia względnie zamknięcia każdego zaworu. Ponieważ zamykanie zaworu skutecznia sprężyna, przeto nasuwa się tutaj jednak wątpliwość, czy sprężyna zdoła to skutecznie, jeśli otwarty został zawór, który zardzewiał z powodu nieczynności, n. p. jeśli silnik z regulacją ilościowo-jakościową przez dłuższy okres czasu był mało obciążony, a następnie tak obciążony, że następny zawór regulacyjny musi działać. Regulację *Brown-Boveri*'ego można jednak wykonać także z zamykaniem zaworów olejem pod ciśnieniem, jak wynika z rys. 42. Olej pod ciśnieniem dłynie tutaj rurkami 6 pod mały, sprężyną obciążony tłoczek, który steruje dopływ oleju pod ciśnieniem, doprowadzonego rurkami 7, na jedną lub drugą stronę tłoka serwowatora połączonego z zaworem;—sprężyny znajdujące się nad tłokami serwowatorów dla zaworów *M* i *L* ustalają kolejność otwierania i zamykania się zaworów. Nie ulega wątpliwości, że powyższe urządzenie, wprawdzie kosztowniejsze od normalnego, zwiększa niezawodność działania regulacji firmy *Brown-Boveri*.

Tow. A. E. G. stosuje w kondensacyjnych turbinach z pobieraniem pary, regulację z obrotowymi tłokami serwowatorów według rys. 103, na którym schemat działania regulacji podano dla tłoków posuwistych. Przy odciążeniu turbiny, a niezmiennem ciśnieniu pary pobieranej,



Rys. 103. Regulacja turbiny z pobieraniem pary A. E. G.

pochwa regulatora obrotów idzie w górę, powodując ruch suwaków regulacyjnych w dół, skutkiem czego zawory parowe i wysoko — i niskopężne, zmniejszają dopływ pary do turbiny. Natomiast przy stałym obciążeniu silnika,

a zmniejszeniu się ciśnienia pobieranej pary, mechanizm uruchamiany membraną (na rysunku po lewej stronie) postępuje z powodu przekładni w dół, powodując ruch tego samego kierunku suwaka serwowatoru dla pary niskoprężnej (na rysunku po lewej stronie) i ruch w górę suwaka serwowatoru dla pary wysokoprężnej (na rysunku po prawej stronie); — skutkiem tego parowe zawory niskoprężne zostają więcej domknięte, a wysokoprężne więcej otwarte, przez co osiąga się zwiększenie ciśnienia pary pobieranej. Przy zwiększeniu obciążenia silnika względnie ciśnienia pary pobieranej, regulacja działa odwrotnie, jak powyżej opisano.

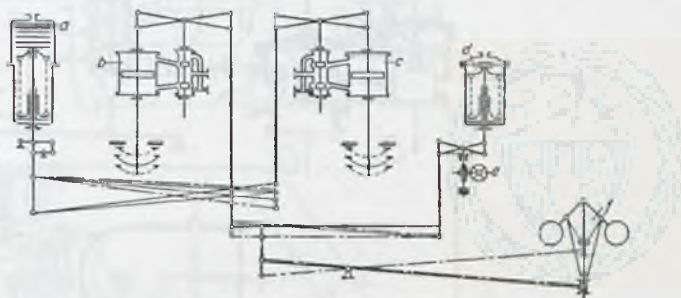
W zupełnie podobny sposób działa regulacja Tow. A. E. G., stosowana dla przeciwpężnych turbin pracujących z pobieraniem pary (rys. 104). Na rysunku tym znajdują się następujące oznaczenia: *a* — regulator ciśnienia wraz z przekładnią, *b* — regulacja pobierania pary (niskoprężna), *c* — regulacja wysokoprężna, *d* — regulator przeciwpężności, *e* — wyłącznik regulacji przeciwpężności, *f* — regulator obrotów. Jak ze schematu regulacji wynika, przy zmianach obciążenia silnika regulator obrotów działa na obydwa serwowatory *b* i *c*; — również przy zmianach przeciwpężności regulator ciśnienia *d* działa na obydwa serwowatory. Natomiast przy zmianie ciśnienia pobieranej pary, regulator ciśnienia *a* działa tylko na regulację wysokoprężną *c*, więc odmiennie jak na rys. 103.

Pierwsza Brneńska Fabryka stosuje obecnie w turbinach, pracujących z pobieraniem pary regulację z *regulatorem strumieniowym Askanji*, którego działanie omówiono na podstawie rys. 87.

Wykonanie regulacji tego rodzaju dla turbin kondensacyjnych uwidocznia rys. 105, w którym zastosowano dla głównych części następujące oznaczenia: *C* i *S* — tłok i suwak serwowatoru dla części wysokoprężnej, *V* i *W* — parowe zawory regulacyjne części wysokoprężnej wraz z dopływem pary świeżej przy *M* i odpływami jej do turbiny przy *O* i *Q*; — *R* — regulator obrotów, *D* i *E* — tłoki, a *m* i *n* — suwaki serwowatorów dla części niskoprężnej, *X* i *Y* — parowe zawory regulacyjne wraz z dopływem pary z części wysokoprężnej przy *Z*, a odpływem jej do części niskoprężnej turbiny przy *a* i *b*; — *P* — regulator ciśnienia dla części wysokoprężnej, *K* i *L* — regulatory ciśnienia dla części niskoprężnej turbiny. Oczywiście można zastosować większą liczbą zaworów regulacyjnych, bo tłoki regulatorów ciśnienia obciążone są sprężynami o różnej sile, tak że parowe zawory regulacyjne działają kolejno. Ciśnienie pary pobieranej *p* działa na sprężynującą rurkę *A*, która ustala położenie rurki strumieniowej *B*. Regulacja działa za pomocą oleju pod ciśnieniem, który dopompowuje pompka, napędzana turbiną parową, rurką *1*, lub też przed uruchomieniem silnika pompka pomocnicza rurką *12*. Olej płynie rurką *2* do skrzynek

ki suwakowej regulacji wysokoprężnej, rurką *5* do skrzynek suwakowych regulacji niskoprężnej, rurką *3* do rurki strumieniowej *B*, a rurką *10* do skrzynki suwakowej suwaka, którego położenie ustala tłok *J* w zależności od działania rurki strumieniowej *B*.

Działanie regulacji jest następujące. Jeśli turbina zostaje więcej obciążona, to regulator obrotów *R* opada, skutkiem czego suwak *S* wpuszcza olej rurką *H* na dolną stronę tłoka *C*, a wypuszcza go z górnej strony; — z tego powodu tłok *C* postępuje w górę, zwiększając dopływ pary do części wysokoprężnej turbiny. Ostatni przyczynia się narazie do wzrostu ciśnienia *p* w miejscu pobierania pary, skutkiem czego rurka strumieniowa *B* wychyla się w lewo, wywołując przez to ruch w prawo tłoka *J* wraz z połączonym z nim suwakiem. W wyniku ostatniego przesunięcia olej pod ciśnieniem odpływa z pod tłoczków *K*, *L* i *P* rurką *4* do rurki *11*, odprowadzającej olej. Z powodu obniżenia się ciśnienia oleju pod tłoczkami *K* i *L* zwiększają parowe zawory regulacyjne *X* względnie *Y* dopływ pary do części



Rys. 104. Regulacja turbiny przeciwpężnej z pobieraniem pary fabryki A. E. G.

niskoprężnej turbiny, a obniżenie ciśnienia oleju pod tłoczkami *P* powoduje przesunięcie ruchomej tulei suwakowej *U* w dół, skutkiem czego zawory wysokoprężne zmniejszają dopływ pary do turbiny. Po szeregu wahań ustala się stan równowagi w regulacji.

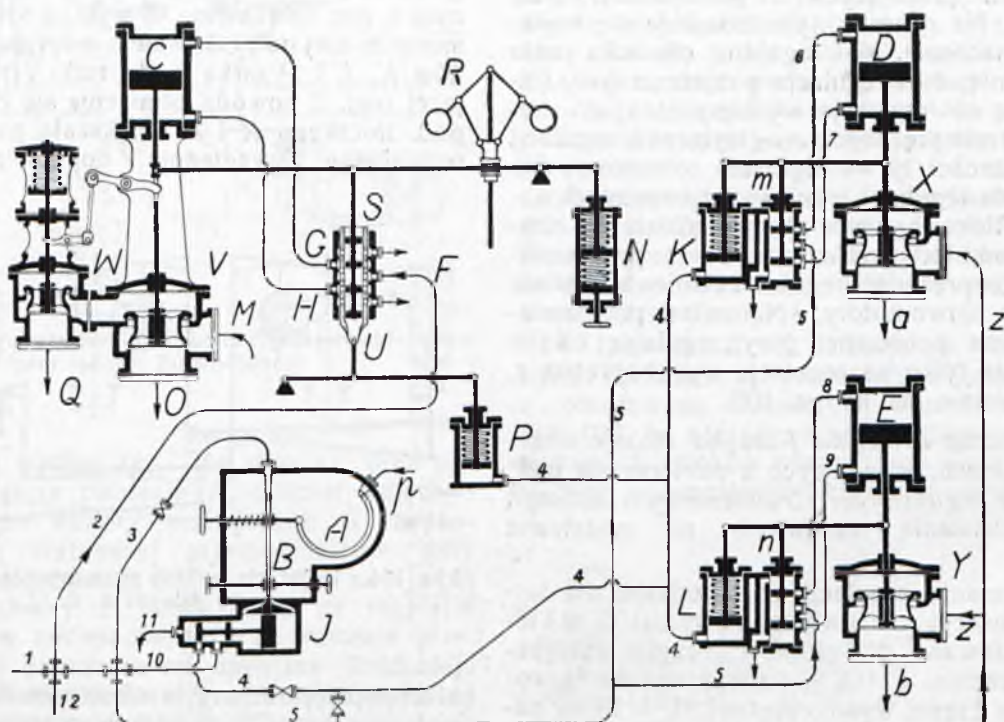
Przy zmniejszeniu się ciśnienia *p* pary pobieranej rurka strumieniowa *B* wychyla się w prawo, wywołując ruch w lewo tłoka *J*. Skutkiem tego dopływający rurką *10* olej pod ciśnieniem płynie przez skrzynkę suwakową do rurki *4* i wywołuje zwiększenie się ciśnienia pod tłoczkami *K*, *L* i *P*. Z tej przyczyny zmniejszają ilość dopływu pary do części niskoprężnej turbiny parowe zawory regulacyjne *X* względnie *Y*, a tłoczek *P* przesuwają w górę ruchomą tuleję *U*, przez co zawory *V* względnie *W* zwiększają dopływ pary świeżej do turbiny. Sprężyna *N* służy do podregulowania liczby obrotów turbogeneratora.

Z powyższego opisu wynika, że regulacja ciśnienia działa tutaj nie tylko na parowe zawory

regulacyjne niskoprężne, lecz także i wysokoprężne, które są nie tylko otwierane, lecz i zamykane olejem pod ciśnieniem, skutkiem czego nie tak łatwo może nastąpić ich zahaczenie się, jak przy zamykaniu ich siłą sprężyny.

W turbinach przeciwpężnych, pracujących z pobieraniem pary, *Pierwsza Brzeńska Fabryka* stosuje regulację według rys. 106, która jest analogiczną do opisanej dla turbin kondensacyjnych z pobieraniem pary. W rys. 106 *W.P.C.* oznacza cylinder wysokoprężny, *N.P.C.* — cylinder nisko-prężny turbiny; — litery *C, S, V, W, M, O, Q, R, E, m, X, Y, U, Z, a, b* i *N* oznaczają te same części regulacji, co w rys. 105. Ciśnienie pary pobieranej za cylindrem wysokoprężnym

prężnej turbiny. bo n. p. zmniejszenie się tegoż ciśnienia powoduje wychylenie rurki strumieniowej *h* w prawo, skutkiem czego olej pod ciśnieniem dopływa rurką *3* na dolną część tłoczka *P*, a odpływa z górnej jego części przesuwając go i rurkową tuleję suwakową *U* w górę. W wyniku tego olej pod ciśnieniem, dopływający przy *F*, płynie rurką *H* na dolną część tłoka serwomotoru *C*, a odpływa rurką *G* z górnej jego części, skutkiem czego zawory *V* względnie *W* zwiększają ilość dopływu pary świeżej do turbiny. Jeśli ostatni nie wywoła zwiększenia się przeciwpężności pary wylotowej, to regulacja uzależniona od teje nie działa, a w razie przeciwnym działa, jak w następnym ustępie opisano.



Rys. 105. Regulacja pobierania pary w turbinie kondensacyjnej w wykonaniu Pierwszej Brzeńskiej Fabryki.

dochodzi przez rurkę *L* do rurki sprężynującej *f*, która działa na rurkę strumieniową *h*, a ciśnienie pary wylotowej dochodzi przez rurkę *K* do rurki strumieniowej *A*, która działa na rurki strumieniowe *B* i *D*. Olej pod ciśnieniem dopływa do skrzynki suwakowej regulacji wysokoprężnej przy *F*, do rurek strumieniowych rurkami *1* i *2*, a do skrzynki suwakowej regulacji niskoprężnej przy *6*.

Regulacja przedstawiona na rys. 106 posiada następujące cechy charakterystyczne:

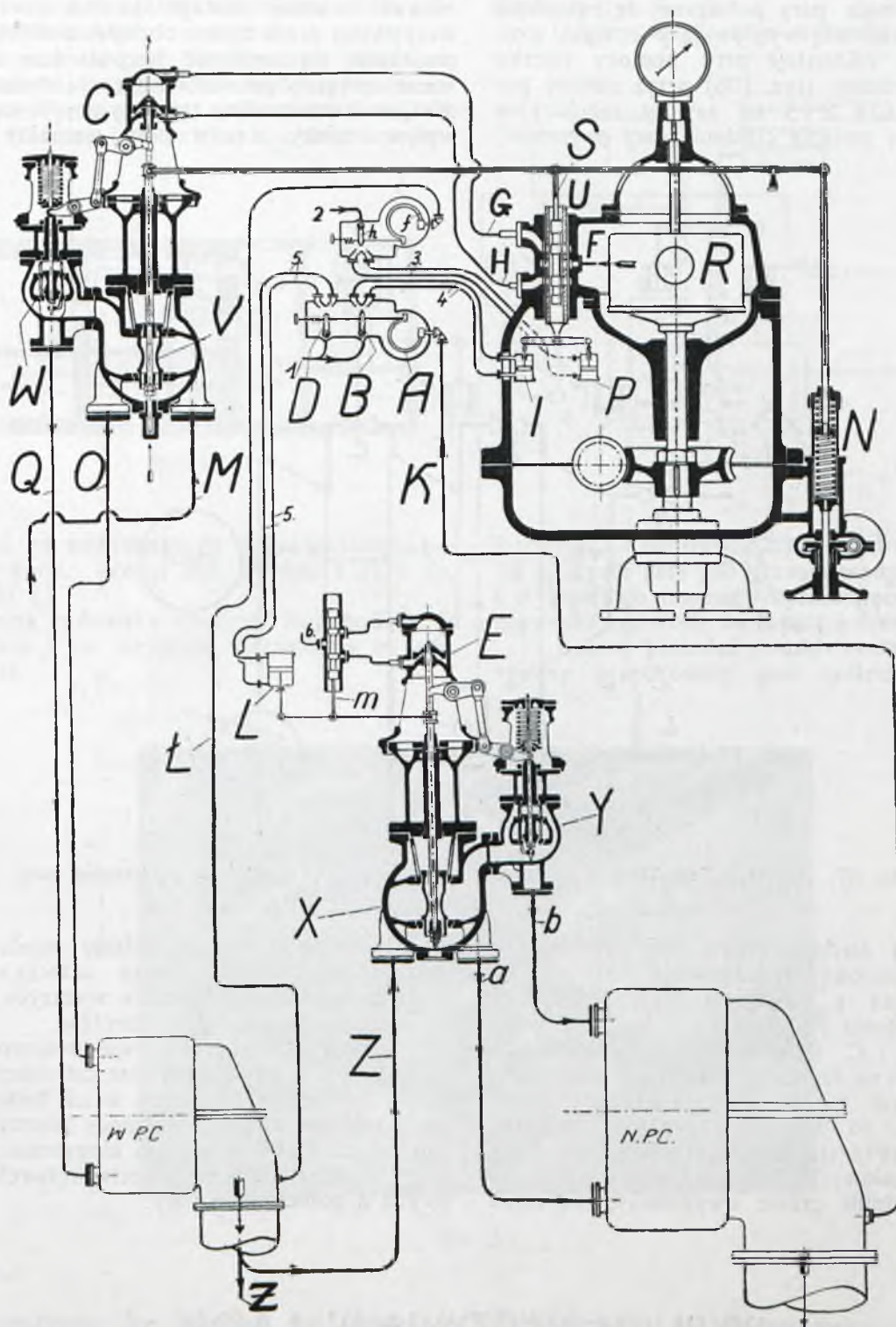
1) regulator obrotów *R* działa za pomocą suwaka *S* tak samo na regulację wysokoprężnej części turbiny jak w regulacji przedstawionej na rys. 105.

2) przy zmianie ciśnienia pary pobieranej przy *Z* działa tylko regulacja dla części wysoko-

3) przy zwiększeniu się przeciwpężności pary wylotowej rurki strumieniowe *B* i *D* wychylają się w lewo. Skutkiem tego olej płynie rurką *4* na górną część tłoczka *I*, a odpływa z dolnej jego części, wywołując ruch w dół tegoż tłoczka i ruchomej tulei *U*, przez co zmniejsza się dopływ pary świeżej do turbiny przez zawory *V* i *W*; jednocześnie olej płynie rurką *5* na dolną stronę tłoczka *L*, a odpływa z górnej jego części, skutkiem czego suwak *m* postępuje w górę, wpuszczając olej dopływający przez *6* na górną stronę tłoka serwomotoru *E*, a wypuszczając olej z dolnej jego części, w wyniku czego zawory *X* i *Y* zmniejszają również dopływ pary z cylindra wysokoprężnego do niskoprężnego. Przy zmniejszeniu się przeciwpężności regulacja działa odwrotnie.

4) przy równoczesnej zmianie ciśnienia pary pobieranej i przeciwpężności działają wszystkie trzy tłoczki I , P i L .

cyjnych pracujących z podwójnym pobieraniem pary w projekcie *Tow. Askania* (rys. 107). Tutaj mamy następujące oznaczenia: *W.P.C.*—cylinder wyso-



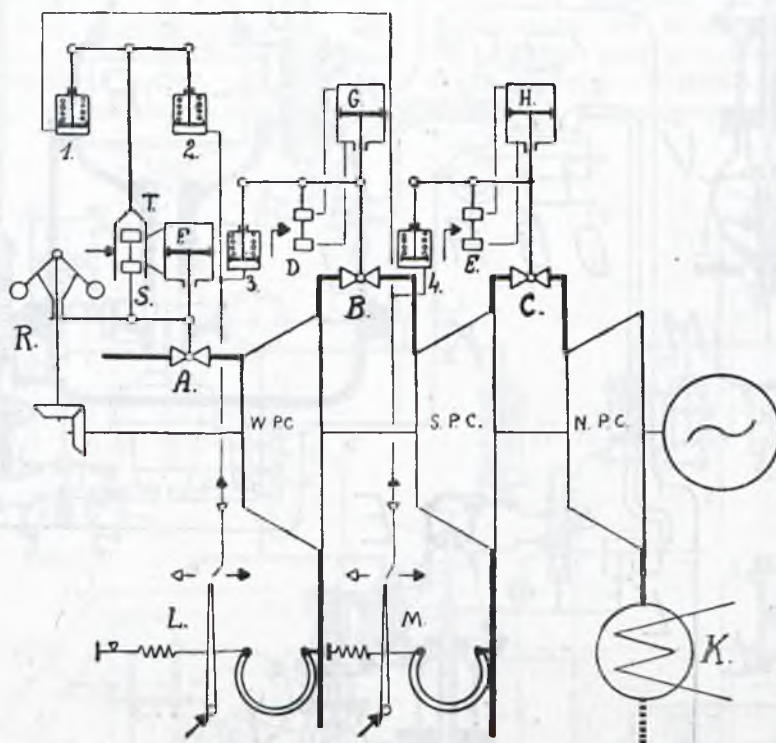
Rys. 106. Regulacja turbiny przeciwpężnej z pobieraniem pary Pierwszej Brzeńskiej Fabryki.

Po szczegółowym omówieniu regulacji przedstawionych na rys. 105 i 106 z łatwością będzie zrozumiałe działanie regulacji dla turbin kondensa-

kopężny, *S.P.C.* — cylinder średniopężny, *N.P.C.* — cylinder niskopężny, *F*, *G* i *H* względnie *S*, *D* i *E*—tłoki, względnie suwaki serwowatorów

wraz z parowemi zaworami regulującymi dla powyższych części turbiny, *T*—ruchoma tuleja suwakowa, *K*—kondensator. Regulator obrotów *R* działa tylko na regulację wysokoprężnej części. Natomiast przy zmianie ciśnienia pary pobieranej za cylindrem wysokoprężnym olej wypływający z rurki strumieniowej *L* oddziałuje przy pomocy tłoczka *I* wraz z suwakiem (rys. 105) przez zmianę położenia tłoczków 2 i 3 na zawory regulacyjne *A* i *B*, a przy zmianie ciśnienia pary pobieranej

dobitniej dążenia do zwiększenia czułości regulacji turbogeneratorów przez usunięcie mechanicznych regulatorów obrotów, które zaczynają dopiero działać przy zmianie liczby obrotów silnika. Ponieważ ostatnia zostaje spowodowana przede wszystkim przez zmianę obciążenia silnika, przeto projektuje się wykonać bezpośrednie oddziaływanie przyrządów, oznaczających obciążenie silnika, na serwomotory regulacyjne; — oczywiście wpływ zmiany stanów pary musiałby być też



Rys. 107. Regulacja Tow. Askania dla turbin kondensacyjnych z podwójnym pobieraniem pary.

za cylindrem średnioprężnym olej wypływający z rurki strumieniowej *M* oddziałuje przy pomocy tłoczka *I* wraz z suwakiem (rys. 105) przez zmianę położenia tłoczków 1 i 4 na zawory regulacyjne *A* i *C*. Dzięki takiemu podwójnemu oddziaływaniu na regulację części wysokoprężnej można uzyskać bardzo wielką dokładność regulacji turbiny, co oczywiście wpływa na coraz większe rozpowszechnianie się regulacji zapomocą rurek strumieniowych Tow. Askania.

W ostatnim czasie uwydatniają się coraz

uwzględniony przy tego rodzaju regulacji, która narazie nie została jeszcze urzeczywistniona, może z powodu jej znacznie wyższych kosztów od normalnego regulatora obrotów.

Z powyższego przedstawienia nowoczesnych turbin wynika, że w ostatnim czteroleciu poczyniono bardzo duże postępy w ich budowie, tak pod względem zwiększenia mocy poszczególnego silnika, jak i pod względem ulepszenia regulacji, w szczególności turbin przeciwpłynnych i pracujących z pobieraniem pary.

WYBUCH NACZYNNIA W ŁAŹNI.

1-sza eksplozja naczynia pracującego pod ciśnieniem w roku 1929.

W miasteczku Kurzeńcu pow. Wilejskiego w 1921 roku gmina żydowska ustawiła w swej

łaźni prowizoryczne naczynie do grzania wody (rys. 1).

Naczynie to było połączone rurami z miedzią i żelazną kadzią w łaźni (rys. 2); para z ko-