

Poszczególne grupy obliczymy na zasadzie tych samych wzorów, co w części średnioprężnej. Rezultaty obliczenia podane są w tabelce.

Grupa	α_1	u m/sek	D_m m/m	c_1 m/sek	v_m m ³ /kg	$\frac{v_{VII}}{v_{VI}}$	l' m/m	l m/m
VI	33°30'	88,5	564	170	3,927	1,54	47,3	46
VII	36°30'	91	580	175	6,08	1,55	63,3	62
VIII	40°10'	94,5	602	182	6,62	1,6	85,4	84
IX	43°	97,8	623,5	188	13,82	1,33	107	105,5
X	46°	101,7	648	195,5	19,27	1,43	131,5	130

V. Regulacja turbin parowych.

§ 29. Rodzaje regulacji.

Turbiny parowe podlegają w ruchu, tak samo jak wszystkie inne silniki, zmianom obciążenia. Regulacja ich musi być bardzo czuła, aby zadość uczynić wymaganiom pędzonych maszyn elektrycznych, t. j. aby zapewnić możliwie dokładne zachowanie normalnej liczby obrotów przy wszystkich zachodzących obciążeniach i możliwie najkrótszą i najmniejszą zmianę prędkości przy zmianie obciążenia. Beznaganne spełnienie zadania jest tutaj stosunkowo łatwe, bo turbina, w przeciwstawieniu do silników tłokowych, posiadających pewien stopień niejednostajności, biegnie zupełnie równomiernie. Z powodu działania mas wirników następuje zmiana liczby obrotów powoli, a regulacja ma pewien czas do dyspozycji na wywieranie swego działania.

Dobra regulacja winna, oprócz niezawodności mechanicznej, zapobiegać znacznieszemu wzrostowi spożyczenia pary na jednostkę mocy przy zmniejszającym się obciążeniu. Najkorzystniejsze wyniki w tym względzie możnaby uzyskać w turbinach parowych zapomocą regulacji, któraby zmieniała, zależnie od obciążenia, wolne przekroje przepływowe i kąty nachylenia we wszystkich dyszach, kierownicach i wirnikach. Do tego ideału można się najwięcej zbliżyć w jednostopniowej turbinie akcyjnej, np. przez samoczynne (zapomocą regulatora) zamykanie i otwieranie jednej dyszy po drugiej lub też przez samoczną (zapomocą regulatora) zmianę wolnych przekrojów w dyszach;—np. w turbinie Elektra regulacja odbywa się zapomocą zmniejszania najmniejszego przekroju dyszy F_m przez wsuwanie w dyszę stożkowego sworznia. Ze względu na zawartość konstrukcji i duże koszty wykonania zaniechano stosowania tego rodzaju regulacji nawet w jednostopniowych turbinach akcyjnych.

W turbinach wielostopniowych trzeba z konieczności ograniczyć regulację na pierwszy stopień ciśnienia. Jedynie w razie przeciążenia turbiny można przy pomocy wentyla samoczynnego doprowadzać parę świeżą do jednego z dalszych stopni ciśnienia.

Obecnie najwięcej rozpowszechnione rodzaje regulacji są następujące:

- 1) regulacja jakościowa, t. j. przez samoczynne dławienie pary dolotowej;
- 2) regulacja ilościowa, t. j. przez samoczynne zamykanie i otwieranie dysz poszczególnych;
- 3) regulacja kombinowana.

§ 30. Regulacja jakościowa.

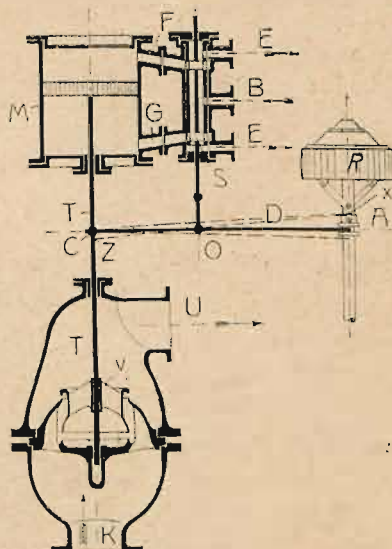
Regulacja przez dławienie pary dolotowej jest w wielostopniowych turbinach reakcyjnych, z powodu zasilania ich na całym obwodzie wirników, jedynie możliwa, w wielostopniowych turbinach akcyjnych ze względów konstrukcyjnych bardzo często używana, a może być także stosowana we wszystkich innych systemach turbin.

Dławienie pary dolotowej nie powoduje w turbinie parowej tak wielkich strat jak w tłokowej maszynie parowej, gdyż turbina wyzyskuje energię prędkości pary. Przez dławienie pary praktycznie nie zmniejsza się całkowity ciepłik pary świeżej, lecz całkowity spadek ciepłika w turbinie i ilość przepływającej pary. W wykresie $J - S$ (rys. 51) dławienie pary wyraża się linią prostą, równoległą do odciętej S ; — zmniejszenie spadku ciepłika, spowodowane dławieniem pary dolotowej, jest więc określone pochylnością linii ciśnienia wylotowego p_2 . Ponieważ turbina wyzyskuje przede wszystkim najlepiej niskie ciśnienie pary, zdławienie kilku atmosfer wysokiego ciśnienia nie powoduje tak dużych strat, jak zmniejszenie próżni o kilka dziesiątych atmosfery. Dławienie pary przynosi także pewne korzyści, które wyrównywuja do pewnego stopnia straty, powstałe przez zmniejszenie spadku ciepłika. Mianowicie straty tarcia zmniejszają się przy mniejszej prężności pary, a w razie stosowania pary nasyconej, uzyskuje się przez dławienie parę jakościowo lepszą, bo mniej wilgotną. Dalej, w turbinach akcyjnych stosujemy zwykle $u : c_1$ tylko tak duże, że przy normalnem obciążeniu turbiny współczynnik sprawności na obwodzie η_u nie osiąga maksimum, przedstawionego na rys. 70; — przy zmniejszającej się (skutkiem dławienia pary) prędkości c_1 współczynnik η_u najpierw powiększa się aż do osiągnięcia maksimum, a dopiero potem zaczyna spadać według krzywych rys. 70. Skutkiem wymienionych przyczyn spotrzebowanie pary wzrasta przy zmniejszającym się obciążeniu przy jakościowej regulacji stosunkowo nieznacznie, zwłaszcza w turbinach, posiadających małą prędkość obwodową u , bo jest np. przy $\frac{3}{4}$ obciążenia normalnego o 2% do 8% większe, a przy połowie obciążenia 7% do 20% większe niż przy obciążeniu normalnem.

W turbinach o mocy aż do około 300 do 400 kW stosuje się przeważnie zwykłą mechaniczną regulację przez dławienie pary dolotowej; — np. w turbinie, przedstawionej na rys. 22, regulator R , znajdujący się na końcu wału turbinowego, jest bezpośrednio połączony z wentylem dławiącym C zapomocą dźwigni i drążka G . Szczeliny, znajdujące się w mechanizmie pomiędzy regulatorem a wentylem dławiącym, zostają unieszkodliwione przez działanie sprężyny, widocznej na rys. 22 i 23.

W turbinach o mocy większej od 300 do 400 kW używa się, w celu uzyskania regulacji możliwie czulej i uzyskania możliwie najmniejszego obciążenia regulatora, najczęściej pośredniego działania regulatora na wentyl dławiący, które ułatwia także łączenie równoległe silników, pędzących generatory o prądzie zmiennym. Konstrukcyjne rozwiązania są bardzo różnorodne. Jedno z najczęściej rozpowszechnionych przedstawiono schematycznie na rys. 82; — cechą jego charakterystyczną jest zastosowanie serwo-motoru oliwnego.

Cały aparat regulacyjny posiada następujące główne części składowe: wentyl dławiący V , cylinder serwowatoru M wraz z tłokiem, suwak regulacyjny S , sprężynowy, pseudoastatyczny regulator odśrodkowy R , pędzony przez turbinę. Trzon T łączy tłok serwowatoru z wentylem V , a dźwignia D pochwę regulatora A z suwakiem S i trzonem T . Oliwa o ciśnieniu 2 do 3 atmosfer, w niektórych systemach 4 do 5 atmosfer, dopływa otworem B do skrzynki suwakowej, a tłoczy ją pompka, składająca się z dwóch kół zębatach, całkowicie obrobionych i szczelnie zamkniętych w osłonie. Para świeża dopływa przy K , a uchodzi przy U do pierwszych dysz, względnie kierownic.



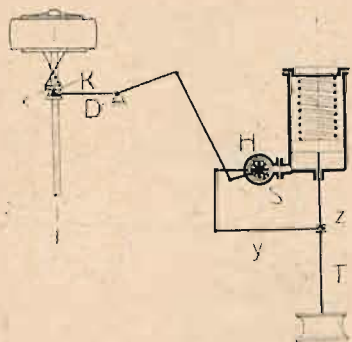
Rys. 82.

Na podstawie powyższego rysunku można wytłumaczyć działanie regulacji. Niechaj tłok i suwak znajdują się w położeniu środkowym. Przy zwiększaniu się liczby obrotów postępuje pochwę regulatora A w górę i podnosi zapomocą dźwigni D również suwak S w górę, punkt C natomiast służy jako punkt obrotu, czyli narazie nie rusza się z miejsca. Skutkiem tego suwak S wpuszcza oliwę o wspomnianem ciśnieniu kanałem F na część górną tłoka, a równocześnie wypuszcza kanałem G z dolnej części tłoka oliwę, która odpływa dolnym otworem E . Pod wpływem powstałej różnicy ciśnień zaczyna tłok wraz z wentylem V postępować na dół, czyli że wentyl zaczyna dławić parę. Równocześnie z wentylem obniża się także punkt C , podczas gdy pochwę A znajduje się w położeniu, które zajął regulator z powodu powiększenia się liczby obrotów, np. środek pochwę w punkcie X , który tworzy teraz stały punkt obrotu dla dźwigni D . Regulator, tłok serwowatoru wraz z wentylem dławiącym i suwak wykonywują szereg wahań tak długo, aż równowaga mechanizmu regulacyjnego przy nowym obciążeniu silnika nie zostanie osiągnięta. Jeśli regulator posiada jako nowe położenie punkt X , to po osiągnięciu nowej równowagi, gdy punkt C dochodzi do punktu Z , sworzeń, łączący suwak S z dźwignią D , powraca do punktu O , czyli że suwak znajduje się znów w położeniu środkowym, a dopływ oliwy kanałem F jako i odpływ kanałem G jest uniemożliwiony. W sposób opisany uzyskuje się ten wynik, że tłok serwowatoru wraz z wentylem V nie opada za nisko i nie powoduje większego dławienia pary dolotowej niż tego wymagają warunki, oraz że pewnemu położeniu pochwę regulatora odpowiada pewne położenie wentyla dławiącego. Przy zmniejszeniu się liczby obrotów regulator opada, a regulacja odbywa się w sposób odwrotny, niż powyżej opisano. Dzięki swemu działaniu regulacja zapobiega za dużemu otwarciu wentyla, czyli rozbieganiu się turbiny.

Zasada regulacji z serwowatorem oliwnym polega na tak zwanym „odwodzeniu”, t. j. że suwak regulacyjny zostaje zapomocą mechanizmu odpowiedniego zawsze przywiedziony do swego położenia środkowego, podczas gdy regulator i wentyl dławiący znajdują się w położeniach nowych. Nadmienić należy, że regulacji bez „odwodzenia” nie można stosować, ponieważ wahania regulatora, po wyprowadzeniu go ze stanu równowagi, byłyby coraz większe.

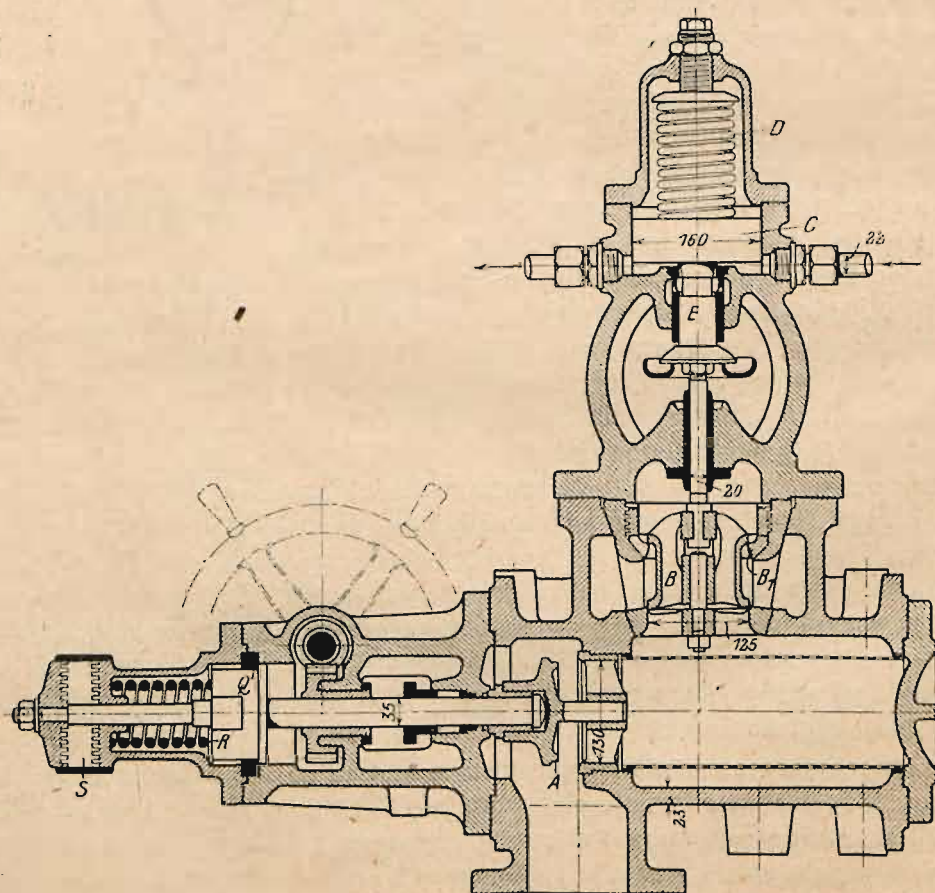
Beznaganne działanie regulacji opisanej wymaga bardzo starannego wykonania. Suwak winien być szczelny, a posiadać przysłonięcia bardzo małe, 0,1 do 0,3 mm, aby

uzyskać regulację możliwie czułą. Przy najmniejszym przesunięciu suwaka z położenia środkowego, oliwa powinna dopływać na jedną stronę tłoka, a odpływać z drugiej, tak że w rzeczywistości cały mechanizm wykonywa wciąż małe ruchy.



Rys. 83.

Mniej rozpowszechniona jest regulacja, u której na jedną stronę tłoka serwowatora działa siła sprężyny, a na drugą ciśnienie oliwy. Schematyczny rys. 83 uwi-
docznie regulację, podobną do stosowanej przez fabrykę Tosi'ego w Legnano. Suwak okrągły *S*, posiadający na swej powierzchni obwodowej kanałki, stosowane dla dopływu i odpływu oliwy, spoczywa w ruchomej tuleji *H*, zaopatrzonej w otwory, odpowiadające kanałkom w suwaku. Otwory te są około 1 mm szersze od kanałków. Suwak znajduje się pod wpływem regulatora, a okręcanie tulei *H* uskutecznia mechanizm „od-
wodzący” *Y*. Przy zmniejszeniu się liczby obrotów re-
gulator okręca suwak w prawo, pod tłok dopływa więk-
sza ilość oliwy, podnosząc go w górę przeciw działaniu sprężyny. Ponieważ mechanizm

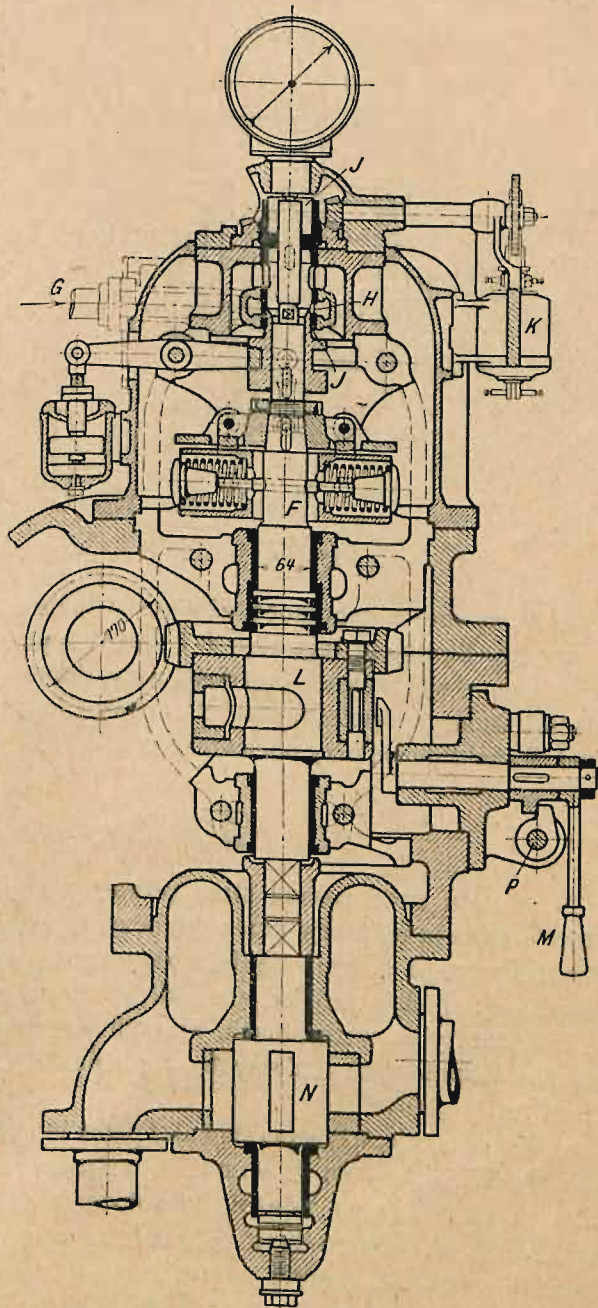


Rys. 84.

Y przytwierdzony jest w punkcie *Z* do trzonu *T*, okręca on tuleję *H* również w pra-
wo, zamykając przez to kanałki, prowadzące do cylindra serwowatora. Każdemu poło-

zeniu tłoka odpowiada pewne położenie tuleji *H*, a zatem i suwaka oraz regulatora. W celu uzyskania możliwie łatwego uruchomienia suwaka i małego tarcia w sworzniach, suwak wykonywa wciąg, t. j. przy każdym obrocie regulatora małe ruchy. Wywołać je można w sposób różny, np. przez umieszczenie na pochwie regulatora pochyłych powierzchni *X*, pomiędzy którymi znajdują się krążki *K*, umocowane w dźwigni *D*, połączonej z suwakiem.

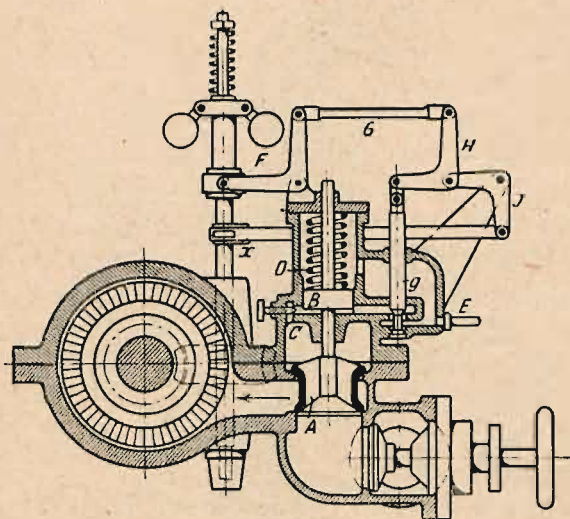
Zamiast mechanizmu odwodzącego, niektóre fabryki używają zmiennego ciśnienia oliwy na jedną stronę tłoka, obciążonego z drugiej strony siłą sprężyny. Brown - Boveri np. stosował dawniej we wszystkich większych turbinach, a stosuje obecnie jeszcze w tych rodzajach turbin, które wymagają używania regulacji jakościowej, konstrukcję według rys. 84 i 85. Para świeża dopływa przez wentyl główny *A* do wentyla dławiącego *B*, połączonego trzonem z tłokiem *C* serwowatora, obciążonym z górnej strony sprężyną *D*. Oliwa, stojąca pod ciśnieniem 2,5 do 3 atm., przepływa pod tłokiem serwowatora; — odpływ oliwy jest połączony z rurką *G*, prowadzącą do właściwej regulacji. Suwak regulacyjny *H* znajduje się pod wpływem regulatora sprężynowego *F*. W razie zmniejszenia się liczby obrotów wału turbinowego, pochwa regulatora postępuje w górę, zmniejszając szczeliny odpływowe dla oliwy przy *H*. Skutkiem tego ciśnienie oliwy zwiększa się, a tłok serwowatora oraz wentyl dławiący *B* postępują w górę. Przy zwiększeniu się liczby obrotów, regulacja odbywa się w sposób odwrotny. Oliwa, która przepłynęła przez otwory w suwaku regulacyjnym *H*, spada na dół i smaruje mechanizmy, znajdujące się w osłonie regulatora, z której w końcu odpływa do zbiornika. Górna krawędź pochwy regulatora *J* jest skośnie ścięta o 0,5 do 1 mm, skutkiem czego, nawet przy niezmienionem położeniu regulatora, powstają przy każdym jej obrocie małe zmiany ciśnienia oliwy w prze-



Rys. 85.

wodzie *G*, powodujące małe ruchy tłoka serwomotoru, zapewniając przez to dużą czułość regulacji.

Dawniej stosowano dosyć często regulację zapomocą serwomotoru parowego. Jedno z pierwszych wykonanń według pomysłów Parsons'a uwidocznia rys. 86, w którym



Rys. 86.

A oznacza wentyl dławiący, *B* tłok serwomotoru, obciążony sprężyną *D*, a *g* suwak regulacyjny. Po otwarciu wentyla głównego płynie para świeża przez otwór nastawialny *C* pod tłok *B*. Ponieważ odpływ pary jest zamknięty suwakiem *g*, tłok *B* postępuje w górę i otwiera wentyl *A*. Przy zwiększeniu się liczby obrotów turbiny, regulator podnosi zapomocą mechanizmu *F, G, H* suwak *g* i umożliwia częściowy odpływ pary rurką *E*. Położenie tłoka *B* i wentyla *A* zależy więc od ciśnienia pary, panującego pod tłokiem *B*, czyli od chwilowego położenia suwaka i regulatora. W celu uzyskania możliwie najmniejszego tarcia w sworzniach, mimo-

śród *X* wywołuje zapomocą dźwigni *J* małe wahania całego mechanizmu, a więc także i suwaka. Skutkiem tego tłok *B* i wentyl *A* poruszają się wciąż do góry i na dół, wywołując pewne wahania się prężności pary, dopływającej do turbiny. W nowszych wykonaniach jest oczywiście regulator ciężarowy zastąpiony regulatorem sprężynowym, a mimo-śród *X* znajduje się przy pochwie regulatora i wpływa bezpośrednio na mechanizm *F, G, H*.

§ 31. Regulacja ilościowa.

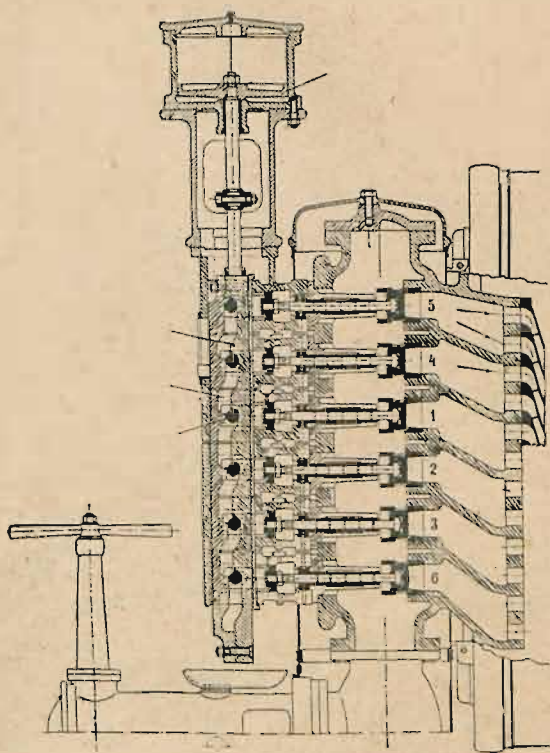
W celu zmniejszenia strat, powstałych przez dławienie pary dolotowej, niektóre fabryki stosują regulację przez samoczynne zamykanie i otwieranie dysz poszczególnych, skutkiem czego zmienia się ilość pary przepływającej, lecz stan jej przed wlotem do turbiny, więc spadek cieplika, nie podlega żadnej zmianie. Regulację tę można wykonywać oczywiście tylko w turbinach, których pierwszy stopień ciśnienia posiada dysze, więc w jednostopniowych akcyjnych, w turbinach Curtis'a, oraz w kombinowanych z kołem Curtis'a.

Konstrukcję, używaną dawniej przez fabrykę turbin A. E. G. w Berlinie, przedstawia rys. 87. Z tłokiem serwomotoru połączone są tutaj krzywizny, które zapomocą krążków na nie ciskających, zależnie od położenia tłoka, zamykają lub otwierają wentyle, przez które dopływa para do dysz. Gdy tłok serwomotoru znajduje się w końcowym położeniu dolnym, wszystkie wentyle są zamknięte, gdy znajduje się natomiast w końcowym położeniu górnym, wszystkie wentyle są otwarte; w innych położeniach tłoka powinna być część wentyli całkowicie otwarta, reszta całkowicie zamknięta, np. wentyle 1 do 4 otwarte, 5 i 6 zamknięte. Ponieważ jednakże krzywizny *K* muszą posiadać pewną pochyłość, aby krążki mogły na nich postępować, łatwo zachodzić mogą położenia, w których jeden lub dwa krążki spoczywają na pochyleniu *K*. Skutkiem tego odnośne wentyle są tylko czę-

ściowo otwarte, powodując dławienie pary; — przez równocześnie całkowicie otwarte wentyle płynie natomiast para o pierwotnej prężności do dysz.

Inne konstrukcyjne wykonanie powyższej regulacji, wprowadzone przez fabrykę General Electric Company w Schenectady, a obecnie także stosowane przez inne fabryki, znajduje się na rys. 88. Regulator sprężynowy, umieszczony w osłonie *E*, działa na suwak regulacyjny serwowatoru oliwnego *A*. Z tłokiem serwowatoru połączona jest zębica *B*, okręcająca przy pomocy kółka zębatego wał, na którym znajduje się kilka tarczy nieokrągłych *C*. Ostatnie są tak zaklinowane, aby krzywizny były względem siebie przesunięte. Każda tarcza nieokrągła uruchamia jeden wentyl *D*, zasilający jedną lub kilka dysz.

Regulacja działa tutaj w sposób podobny jak w konstrukcji według rys. 87. Konstrukcyjnie jest ona może korzystniejsza, lecz posiada tę samą wadę, mianowicie możliwość dopływu pary o różnej prężności do dysz tego samego stopnia. Jest to pewną słabą stroną regulacji samoczynnej zapomocą dysz. Przy zmniejszającym się obciążeniu próżnia wprawdzie polepsza się, lecz opór wentylacji wzrasta z powodu mniejszego stopnia zasilania, tak że współczynnik sprawności na obwodzie η_u jest mniej korzystny. Skutkiem tego wzrasta także przy tej regulacji zużycie pary na jednostkę mocy przy zmniejszeniu obciążenia, choć w stopniu trochę mniejszym niż przy regulacji jakościowej.



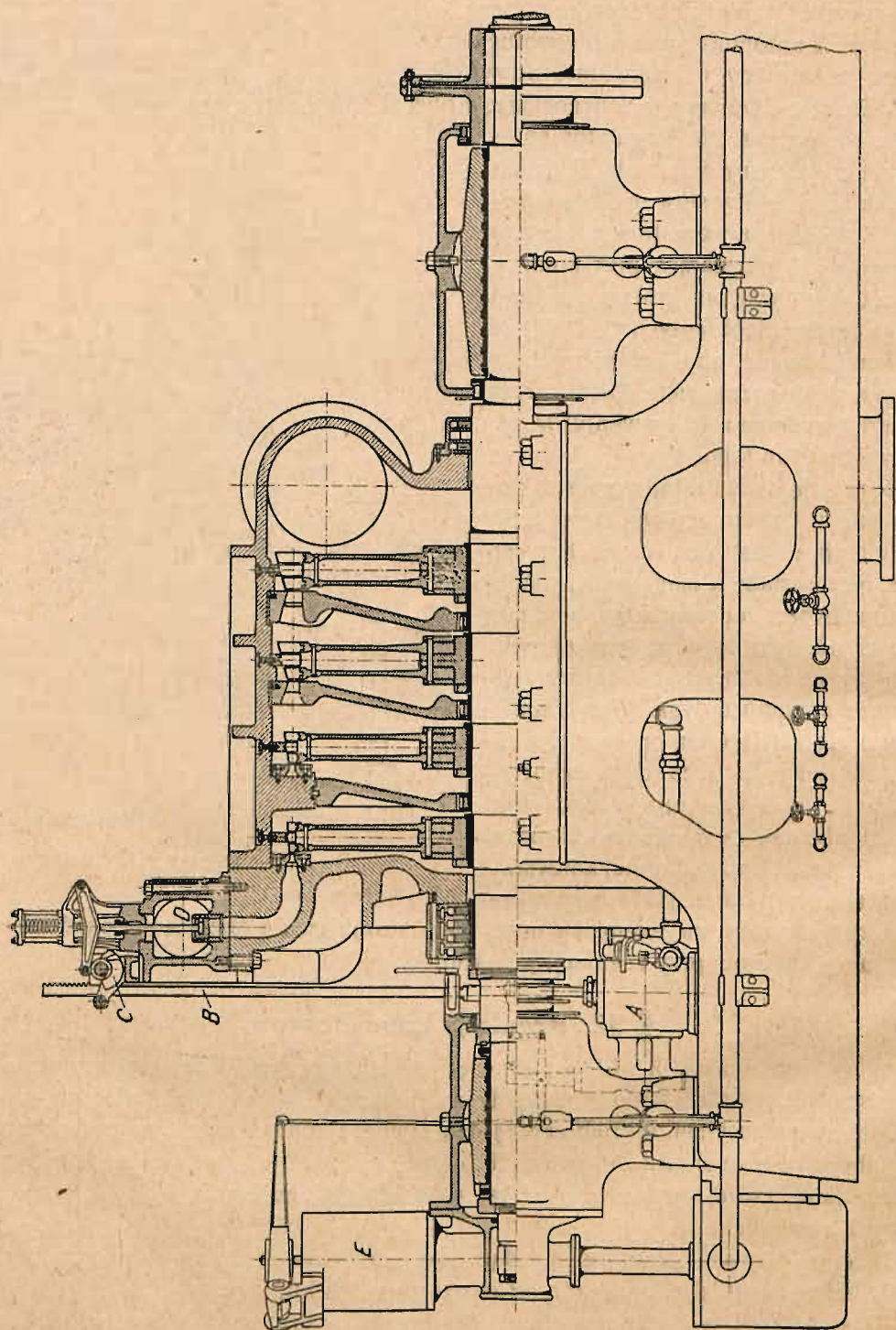
Rys. 87.

§ 32. Regulacja kombinowana.

W wielostopniowych turbinach o większej mocy prowadziłoby wykonywanie regulacji ilościowej, w której kolejno jedna dysza po drugiej miałaby być otwierana lub zamykana osobnym wentylem, do budowy bardzo zawiłej i kosztownej. Z tej przyczyny większość fabryk stosuje obecnie w turbinach o średniej i wielkiej mocy najczęściej regulację kombinowaną, której można używać tak w turbinach z kołem Curtis'a jak i w wielostopniowych akcyjnych.

Dawniej używane konstrukcje, dążące do zbliżenia się do regulacji ilościowej, posiadały liczne braki, skutkiem których zaprzestano ich budowy.

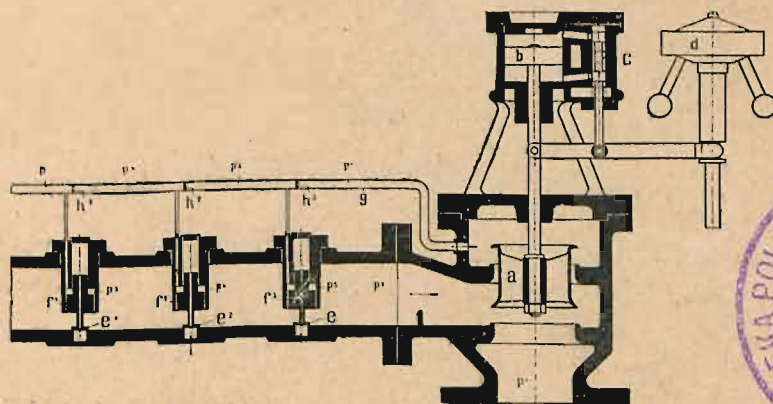
Tow. A. E. G. w Berlinie wykonywało dawniej w turbinach, których obciążenie nie podlegało częstej zmianie (np. w elektrowniach miejskich), regulację, w której część pary świeżej płynęła przez wentyl dławiący bezpośrednio do jednej części dysz. Dopływ pary do reszty dysz można było skutecznie przez otworzenie ręcznie obsługiwanych wentyli. Przestrzenie odnośne były połączone z manometrami. Jeśli maszynista zauważył znaczniejszy spadek ciśnienia na manometrze, w pobliżu dysz umieszczonym, co wskazywało



Rys. 88.

na dławienie nadmierne pary przez wentyl, winien zamknąć jeden wentyl, a gdy to nie wystarczało, także i drugi, a przy małym obciążeniu także i trzeci wentyl. Regulacja opisana może przy obsłudze uważnej dać w praktyce wyniki dobre, — w rzeczywistości wyniki są naogół bardzo złe, ponieważ nie można polegać na sumienności maszynisty.

W celu uniezależnienia się od uwagi maszynisty, inne fabryki np. Brown Boveri, M. A. N. w Norymberdze używały dawniej samoczynnie działających wentyli V. Schemat regulacji systemu M. A. N. znajduje się na rys. 89. Para świera dopływa od dołu do osłony wentyla dławiącego a , który opanowuje regulację przy małym obciążeniu turbiny; — wentyle e , e_1 i e_2 , dopuszczające parę do dalszej części dysz, są wtedy zamknięte.



Rys. 89.

Wentyle te są połączone z tłoczkami różnicowymi, a trzony ich są przewiercone. Skutkiem tego działa na małą średnicę tłoczków, która się równa średnicy wentyli, ciśnienie, panujące w przestrzeni pod wentylami, t. j. w przestrzeni dysz. Na dolną powierzchnię tłoczków działa ciśnienie p_2 , na górną pierścieniową działają ciśnienia p_3 , p_4 i p_5 . Wielkość tych ciśnień można nastawiać zapomocą klap dławiących h_3 , h_2 , h_1 . Przy zwiększającym się obciążeniu turbiny otwierają się zależnie od położenia wentyla a , kolejno wentyle e pod wpływem różnicy ciśnień na tłoczki różnicowe. Regulacja powyższa jest w zasadzie słuszną, lecz można mieć pewne wątpliwości co do działania niezawodnego wentyli samoczynnych, co prawdopodobnie skłoniło fabryki do zaniechania jej budowy.

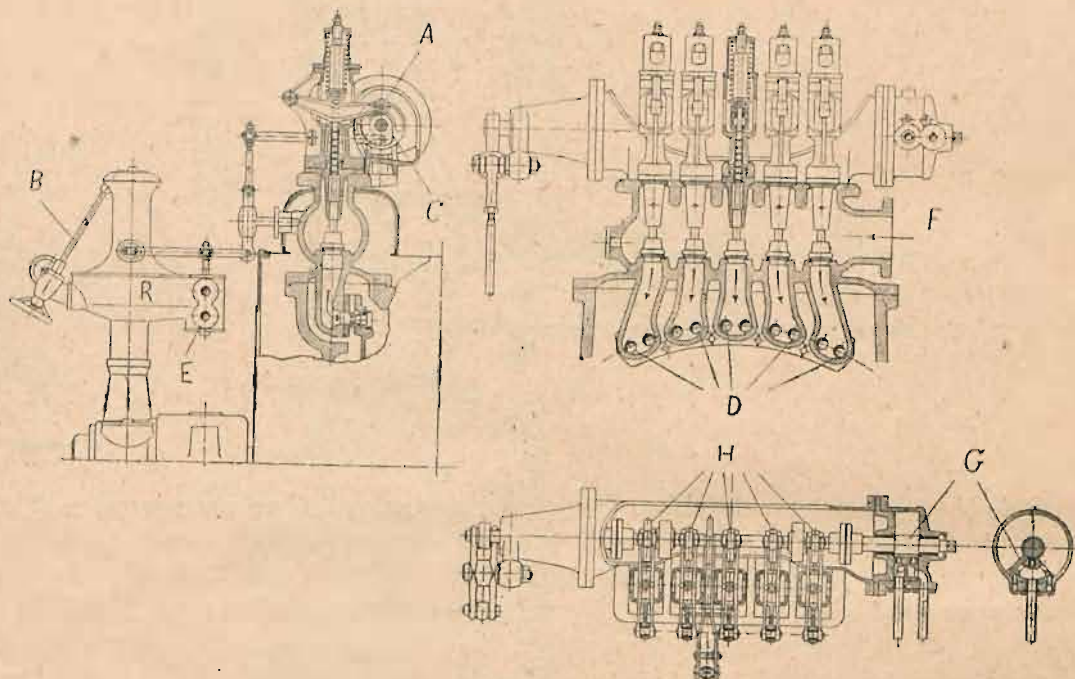
Cechą charakterystyczną nowszych konstrukcji regulacji kombinowanej, ilościowo-jakościowej, jest dążność do zmniejszenia strat, zachodzących przy zwykłej regulacji dławiącej, przez podzielenie jednego wentyla dławiącego na kilka mniejszych, kolejno otwierających się w zależności od obciążenia silnika; — każdy z tych wentyli reguluje dopływ pary do szeregu dysz, względnie do części obwodu kierownicy.

W nowoczesnej regulacji ilościowo-jakościowej używa się najmniej 3 wentyli samoczynnie regulujących (jeden dla obciążenia od 0 do $1/3$, dwa dla obciążenia od $1/3$ do $2/3$, a trzy dla obciążenia $2/3$ do $3/3$ mocy normalnej), a czwarty, ręcznie obsługiwany, działa przy przeciążeniu turbiny; — w turbinach o większej mocy stosuje się nawet 4 lub 5 wentyli samoczynnych dla różnych stopni obciążenia, a oprócz tego jeden dodatkowy dla przeciążenia silnika.

Fabryka M. A. N. w Norymberdze używa budowy zasadniczo podobnej do przedstawionej na rys. 87, drążek z krzywiznami jest jednakże poziomo ułożony w górnej części turbiny, a regulacja posiada 3 do 5 wentyli regulacyjnych, z których każdy opanowuje szereg dysz, względnie pewne części obwodu pierwszej kierownicy. Inne wytwórnie uskuteczniają tę regulację zapomocą mechanizmu, podobnego do uwidocznionego na rys. 88.

W celu uproszczenia mechanizmu niektóre fabryki (A. E. G., Thyssen) stosują w serwomotorze tłok obrotowy. Budowę Tow. A. E. G. widzimy na rys. 90, na którym

oznacza *R* — regulator, *E* — suwak regulacyjny, *G* — tłok obrotowy serwomotoru, *H* — tarcze nieokrągłe, *A* — krążki, umieszczone w dźwigniach, uruchamiających jednosiedzeniowe wentyle regulacyjne, przez które para dopływa do dysz *D*; — *C* jest dźwignią, z którą połączony jest mechanizm odwodzący, a za pomocą drążka *B* zmieniać można napięcie sprężyny regulatora, umożliwiając przez to zmianę liczby obrotów silnika. W powyższej



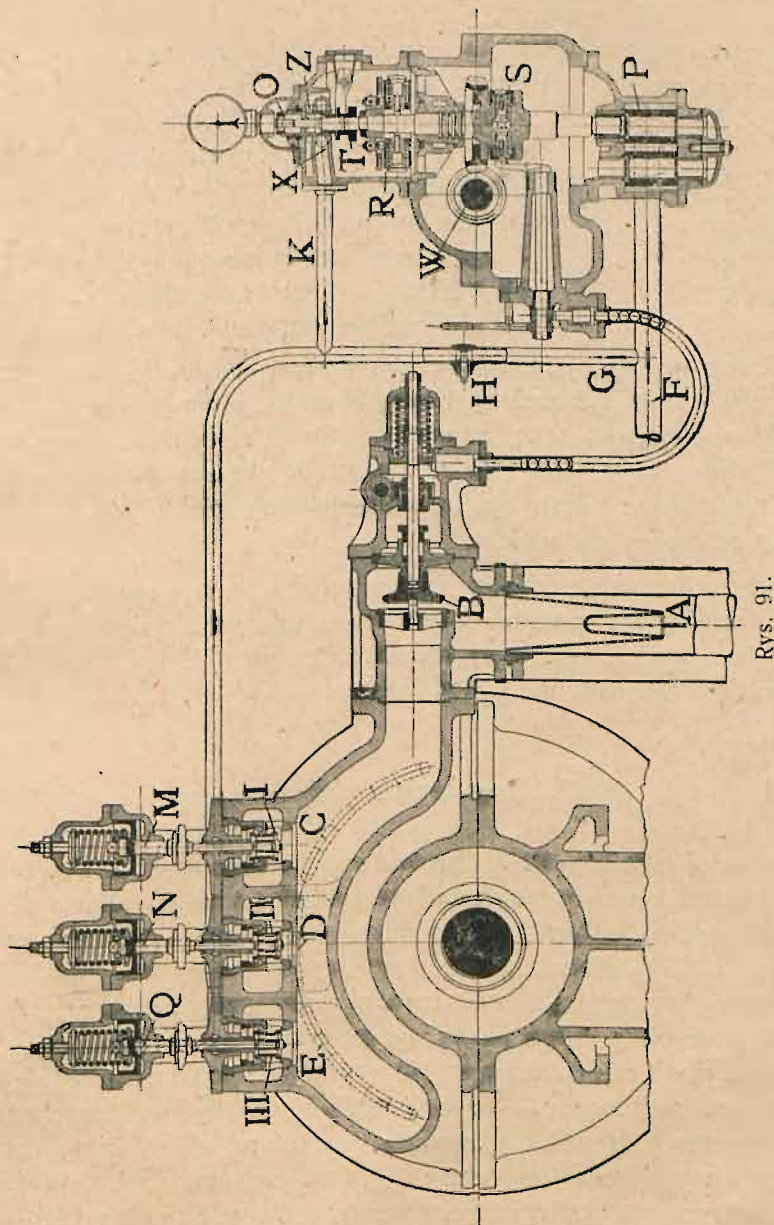
Rys. 90.

budowie uszczelnienie tłoka obrotowego jest trudne i wymaga wielkiej staranności. Dopływ pary znajduje się przy *F*, a do — i odprowadzanie oliwy, znajdującej się pod ciśnieniem, do cylindra serwomotoru uskutecznia się rurkami, widocznymi po prawej stronie rysunku.

Brown-Boveri używa obecnie w turbinach, w których pierwszy wirnik jest akcyjny, także regulacji kombinowanej, ilościowo-jakościowej, której działanie można wytłumaczyć na podstawie rys. 91. Para świeża dopływa przy *A*, płynie przez główny wentyl *B* do komory, znajdującej się pod wentylami regulacyjnymi I, II, III. Wentyl I reguluje dopływ pary do szeregu dysz *C*, wentyl II do drugiego, oddzielnego szeregu dysz *D*, a wentyl III do trzeciego, oddzielnego szeregu dysz *E*. Wentyle są połączone trzonami z tłokami serwomotorów, sterowanymi zmiennym ciśnieniem oliwy (około 2,5 do 3 atm.), w zależności od położenia odśrodkowego regulatora sprężynowego *R*.

Wałek regulatora *R*, uruchamiany wałem głównym *W*, napędza pompkę *P*, składającą się z dwóch kół zębatach, całkowicie obrobionych. Pompka *P* ssie oliwę ze zbiornika i tłoczy ją przewodem *F* do łożysk wału turbinowego, a przewodem *G* do serwomotorów. Ilość oliwy, przepływającej rurą *G*, można ręcznie uregulować za pomocą wentylka *H*. W dalszym ciągu pewna część oliwy odpływa przewodem *K* do osłony regulatora przez otwory *X* i *Z*, znajdujące się w tulei regulacyjnej *O*, a spadając na dół, smaruje mechanizmy, znajdujące się w tejże osłonie, z której w końcu odpływa do zbiornika.

Ilość oliwy, przepływająca przez rurę *K*, zależy od każdorazowego położenia pochwy regulatora *T*, która steruje wielkość otworu w kanałkach *X*. Przy zwiększeniu się liczby obrotów (zmniejszenie obciążenia) pochwa *T* opada w kierunku dolnym, przepuszcza więc większą ilość oliwy przez otworki *X*, skutkiem czego zmniejsza się w rurze, prowa-



Rys. 91.

dzącej do serwowatorów, ciśnienie oliwy, z którą ona dopływa pod tłoki serwowatorów w miejscach *M*, *N* i *Q*. Przy zmniejszającej się liczbie obrotów regulacja działa odwrotnie. Odpływ oliwy z serwowatorów, smarującej zarazem mechanizm stawidłowy, znajduje się po drugiej stronie cylindrów.

Pod wpływem ciśnienia oliwy, panującego w rurze, prowadzącej do serwowatorów, wentyle regulacyjne I, II i III otwierają się kolejno przy zwiększającym się obciążeniu

(po całkowitem otwarciu wentyla I zaczyna się otwierać wentyl II, a po całkowitem otwarciu wentyla II zaczyna podnosić się wentyl III), a zamykają się w kolejności III, II i I przy zmniejszającym się obciążeniu, ponieważ działają na nie sprężyny o różnej sile. Górna krawędź pochwy regulatora T jest tak samo ścięta jak pochwy J na rys. 85, co wywołuje poprzednio opisane dodatnie skutki.

Dodatni wpływ regulacji kombinowanej jest widoczny z rys. 92, na którym krzywa I przedstawia wzrost zużycia pary przy regulacji jakościowej, a krzywa II przy regulacji kombinowanej. Widzimy, że przy każdym zamknięciu wentyla oddzielnego, opanowującego szereg dysz, sportrzebowanie pary zmniejsza się, a w ogólności wzrost zużycia jest mniejszy niż przy regulacji jakościowej.



Rys. 92.

Zużycie pary jest bowiem przy $3/4$ obciążeniu o 2% do 5% większe, a przy $1/2$ obciążenia o 5% do 11% większe niż przy pełnym obciążeniu.

Przyłączeniu równoległym silników, pędzących generatory o prądzie zmiennym, trzeba umożliwić zmianę liczby obrotów o około 5%. Uzyskać to można przez włączenie w miejscu stosownym mechanizmu regulacyjnego sprężyny dodatkowej (patrz B rys. 90) lub przez zmianę ciśnienia oliwy, działającej w serwomotorze. Obsługa tych aparatów dodatkowych może być uskuteczniiona ręcznie przy turbinie lub też w sposób elektryczny od tablicy rozdzielczej.

Do powyższych uwag dodaćby jeszcze można, że serwomotory oliwne powodują zatrzymanie się turbiny w razie braku oliwienia łożysk, gdyż otrzymują oliwę z tej samej pompy, co łożyska, lub z drugiego jej stopnia ciśnienia. W ten sposób zapobiega się także wytopieniu białego metalu z panwi łożysk.

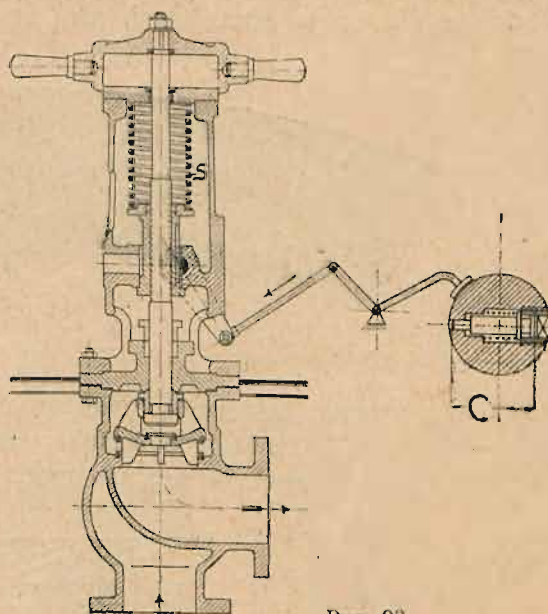
§ 33. Regulacja bezpieczeństwa.

Oprócz zwykłej regulacji liczby obrotów wału turbinowego, działającej w zależności od obciążenia silnika, każda turbina powinna posiadać t. zw. regulator bezpieczeństwa, zamykający całkowicie dopływ pary do turbiny przy przekroczeniu normalnej liczby obrotów o 10% do 15%. Zastosowanie powyższego środka jest konieczne, ponieważ w razie zepsucia się regulacji głównej, turbina bezwarunkowo rozbiegałaby się, gdyż maszynista nie może po jej biegu poznać nawet znacznego zwiększenia się liczby obrotów, a tachometru wciąż nie obserwuje. Konstrukcyjne wykonania regulatorów bezpieczeństwa są bardzo różnorodne, — sposób działania można wytłumaczyć na podstawie rys. 93. W wale głównym turbiny znajduje się ciężarek C , na który działa sprężyna. Przy przekroczeniu dopuszczalnej liczby obrotów, ciężarek ściska sprężynę, wychodzi z wału i wyłącza wychwyt, podtrzymujący wentyl główny. Skutkiem tego sprężyna S zamyka główny wentyl dopływowy, a turbina zatrzymuje się w krótkim czasie.

Innego rodzaju rozwiązanie konstrukcyjne widzimy na rys. 91 i 22. Regulator bezpieczeństwa Q (rys. 22) wyłącza tutaj wychwyt, skutkiem czego kulki stalowe, znajdujące się w rurze R , postępują w kierunku dolnym, a sworzeń Z cofa się w lewo pod wpływem działania sprężyny, która zamyka momentalnie wentyl główny B . Również ręcznie można wyłączyć wychwyt przez naciśnięcie na guzik L .

Niektórzy konstruktorzy przeprowadzają działanie regulatora bezpieczeństwa na serwowmotor i to w ten sposób, że zamyka on dopływ oliwy do serwowmotoru i równocześnie wypuszcza oliwę, znajdującą się w dolnej części cylindra serwowmotoru. Skutkiem tego wentyl dławiący zamyka się bezzwłocznie, a turbina zatrzymuje się. Do stosowania działania regulatora na serwowmotor skłaniają obawy o niezupelną niezawodność i szczelność wentyla, wykonanego według rys. 93.

W ogólności przyznać trzeba, że wentyle i suwaki rzadko używane łatwo zawodzą w chwili decydującej, lecz praktyka wykazała drugostronnie, że regulacja bezpieczeństwa, oparta na zasadzie, opisanej przy rysunku 93, działa zupełnie pewnie. Oprócz tego można uważać bezpośrednie działanie tejże regulacji na główny wentyl dopływowy za racjonalniejsze niż na wentyl dławiący.



Rys. 93.

VI. Części składowe.

§ 34. D y s z e.

Dysze wykonywa się jako części poszczególne lub też łączy się kilka dysz w jedną całość, jeden odlew. Zewnętrzny wygląd pierwszego rodzaju widzimy na rys. 94, a rodzaju drugiego na rys. 95. Dysze przytwierdza się do osłony turbiny lub do jej pokrywy po stronie wysokoprężnej (patrz § 8 do 9-b, także rys. 102 i 103).

Dysze poszczególne wykonywa się, przy użyciu pary nasyconej, ze spiżu odpowiedniego, przy użyciu pary przegrzanej — ze stali niklowej. Koniec otworu w dyszy po-



Rys. 94.

winien być prostokątny, aby nakrywał całkowicie komórki łopatkowe wirników; — przy eliptycznym kształcie otworu powiększa się bowiem rozpryskiwanie pary. Ze względu na zmniejszenie oporów wentylacyjnych powinno zasilenie wirników odbywać się możliwie złączonym strumieniem pary. W tym celu umieszcza się szereg dysz poszczególnych tuż obok siebie, skutkiem czego muszą one posiadać odpowiednie kształty zewnętrzne (patrz rys. 94).