

Kal/t), proporcjonalnie spadły, co pozwoli — zamiast obecnych $2,271 \cdot 10^6$ Kal/t — zużywać najwyżej $2,041 \cdot 10^6$ Kal/t⁹⁾, czyli gazu o 10% mniej, albowiem wskazana wyżej oszczędność wyniesie:

$$1,936 \cdot 10^6 \times 0,43 \times \frac{(7,6 - 5,5)}{7,6} = 0,230 \cdot 10^6 \text{ Kal/t,}$$

nie licząc zmniejszenia strat ciepła w spalinach i fałszywym powietrzu, powstającego wskutek spadku rozchodu gazu na 1 t stali, co spowoduje dalszych 5—10% oszczędności na gazie.

W ten sposób staje się aktualnym zagadnienie podniesienia ilości gazu i powietrza w piecu martenowskim w okresie topienia wsadu, przy jednoczesnej konieczności tłumienia płomienia przy końcu topu — bez jakichkolwiek poważniejszych przeróbek i wkładów pieniężnych na zmianę lub unowocześnienie urządzeń technicznych stalowni.

Znamionuje to konieczność zastąpienia pieca o „sztywnym” régimie cieplnym przez piec o miarowanych — zależnie od potrzeby — ilościach gazu i powietrza.

Wnioski.

1. Charakter i wymagania prowadzonego przez stalownię procesu martenowskiego, w szczególności zaś rozchód na jednostkę czasu gazu czadnicowego określa się zapomocą obliczenia (porównaj rys. 1 oraz tab. 3).

2. Dla podniesienia sprawności pieca martenowskiego, jak również dla skrócenia czasu topu, jedyną drogą jest zwiększenie dopływu gazu i powietrza do pieca na h w okresie topienia wsadu, sposobem, nie wymagającym nowych wkładów pieniężnych, a przedstawionym w zgłoszonym przez autora wynalazku p. t. „Naturalny sposób zwiększenia wydajności pieców Siemens'a-Martin'a”.

Obecny stan budowy turbin parowych¹⁾.

Napisał Dr. Inż. Wiesław Chrzanowski, Profesor Politechniki Warszawskiej.

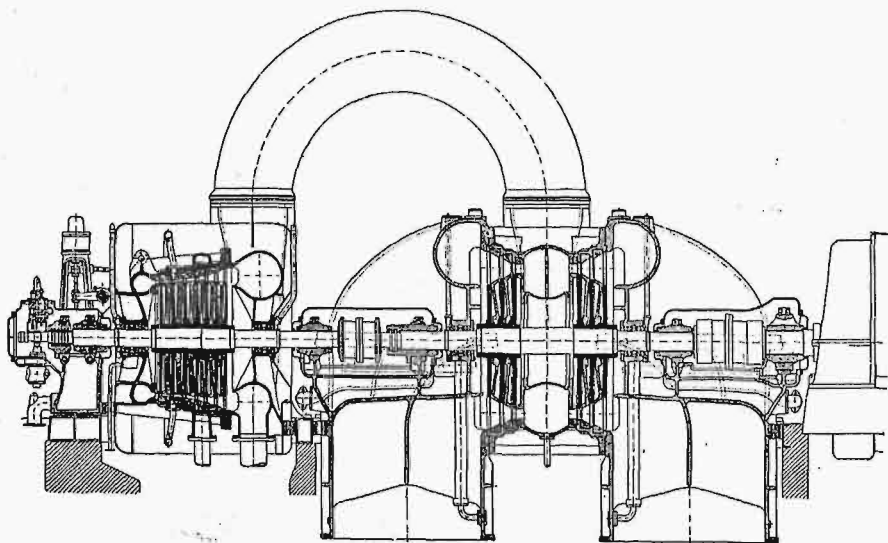
Współczesne wielkie turbiny akcyjne, pracujące, jak już wspominałem, przeważnie z małym stopniem reakcyjności, przedstawiają rys. 16 do 20 włącznie. Na rys. 16 widzimy znany typ dwukadłubowej turbiny Zoelly'ego w wykonaniu firmy Escher-Wyss. Wytwórnia ta stara się budować typy możliwie krótkie, celem potanienia silnika i jego fundamentów. Dąży ona do budowy turbin możli-

wątpliwości, że turbina możliwie krótka, a przytem posiadająca dużą sprawność, jest ideałem każdego konstruktora i właściciela jej. Niestety, przy obecnym stanie materiałów, nie możemy w dość krótkim odlewie opanować bardzo dużych spadków temperatury i łatwo mogą powstać odkształcenia, a nawet pęknięcia kadłubów. Oprócz tego krótka budowa wymaga stosowania dużych prędkości pa-

ry, a przy bardzo wysokim ciśnieniu pary dółowej duża prędkość jej nie daje dobrej sprawności, przynajmniej przy dziś używanych kształtach łopatek do przepływu pary. Escher-Wyss stosuje wały gibkie, przez co zmniejszają się poważnie straty w dławnicach, a w najnowszych konstrukcjach układu kadłuby wysokoprężne także na łopach w osi geometrycznej silnika. W celu uniknięcia skrzywienia wału turbiny, które łatwiej zachodzi po zatrzymaniu jej przy dużych średnicach wirników z powodu nierównego ostygania ich, fa-

bryka ta zaopatruje turbogenerator w przyrząd do powolnego okręcania wirnika po wyłączeniu turbiny z pracy.

Metropolitan-Vickers, względnie główny konstruktor tej firmy Baumann stosuje za wzorem prof. Rateau w swych turbinach dość dużą liczbę stopni ciśnienia, np. w kondensacyjnej turbinie przedstawionej na rys. 17, zbudowanej dla $p_1 = 28,1$ atn



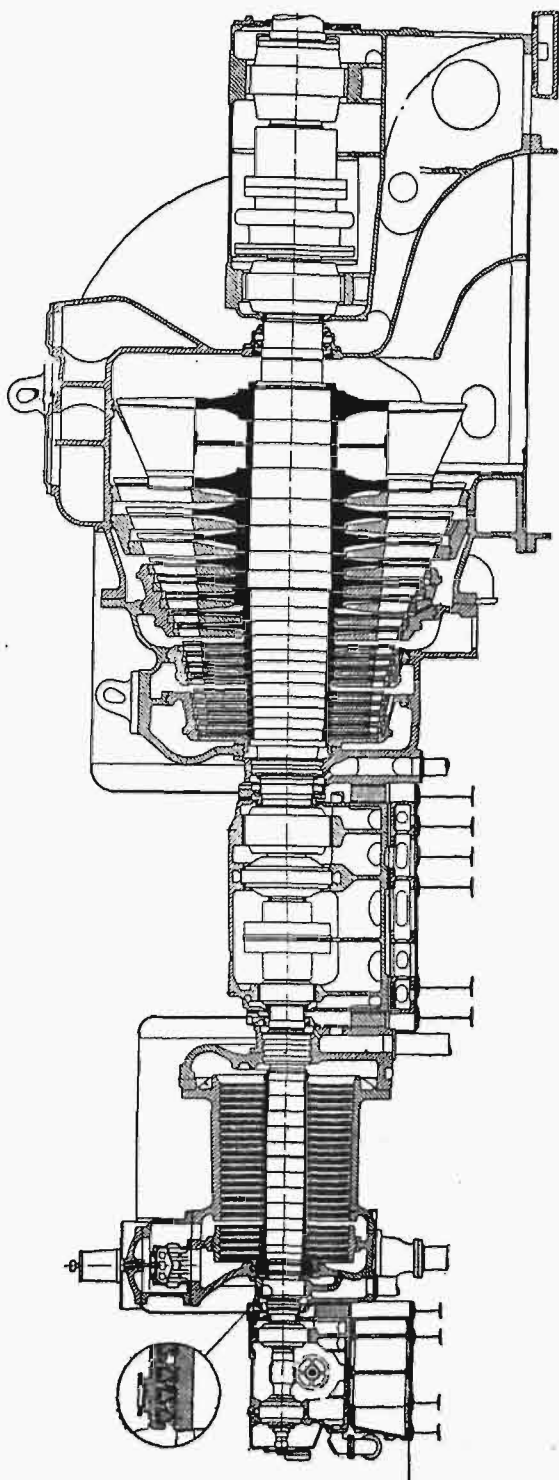
Rys. 16. Dwukadłubowa akcyjna turbina Zoelly'ego budowy firmy Escher-Wyss.

wie jednokadłubowych, nawet dla bardzo wysokich ciśnień i temperatur, a dwukadłubowe buduje o możliwie małej liczbie stopni ciśnienia. Zmusza to, oczywiście, ze względu na osiągnięcie dużej Σu^2 , do stosowania dużych średnic wirników. Nie ulega

⁹⁾ Według „Anhaltzahlen für den Energieverbranch in Eisenhüttenwerken” nawet $1820 \cdot 10^6$ — $1620 \cdot 10^6$ Kal/t.

¹⁾ Ciąg dalszy do str. 255 w zesz. 23—24 z r. b.

i 427°C oraz mocy największej 51 250 kW (moc najekonomiczniejsza 41 250 kW) przy $n=1500$ obr/min, — 23 stopnie w kadłubie wysokoprężnym, a w niskoprężnym 16 stopni i jeden stopień z podwójnym przepływem dla zmniejszenia straty wyłotowej. Każdy wirnik posiada osobne łoże sto-



Rys. 17. Kondensacyjna turbina firmy Metropolitan Vickers.
Ciśnienie dołotowe 28,1 atn, temperatura 427°C . Moc największa 51 250 kW, 1500 obr/min.

powe, skutkiem czego można szczeliny osiowe ustawiać oddzielnie. Wały są sztywne. Jak wynika z rysunku, konstruktor zwrócił szczególną uwagę na możliwie najlepsze odwodnienie pary w cylindrze niskoprężnym.

Fabryka M. A. N. wykonała potrójny przepływ pary przez część niskoprężną (rys. 18) w turbinie

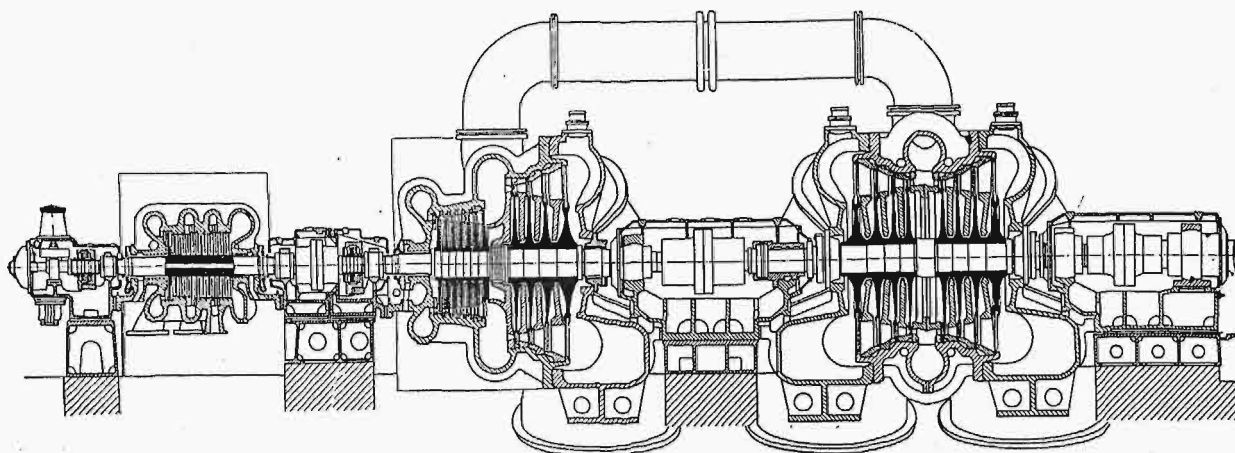
o mocy 36 000 kW (moc najekonomiczniejsza — 27 000 kW) przy $n=3000$ obr/min oraz $p_1=35$ atn, $t_1=410^{\circ}\text{C}$, $p_2=0,04$ ata. Natomiast fabryka Wumag stosuje w większych jednostkach poczwórny przepływ pary w części niskoprężnej, np. (rys. 19) w turbinie o mocy 30 000 kW przy $n=3000$ obr/min oraz $p_1=35$ atn, $t_1=410^{\circ}\text{C}$, $p_2=0,04$ ata.

Nie ulega wątpliwości, że dzięki wielokrotnemu przepływowi pary w części niskoprężnej osiąga się się znacznie mniejsze naprężenia w częściach wirujących oraz dzięki możliwości stosowania w ostatnich stopniach ciśnienia znacznie mniejszych kątów łopatkowych — lepszą sprawność. Mimo to zbyt dalekie posuwanie się w tym kierunku, t. j. wykonywanie wielokrotnego przepływu w wypadkach, w których nie jest to bezwzględnie konieczne, nie wydaje mi się słuszne z powodu wzrostu kosztów budowy silnika i jego fundamentów oraz z powodu komplikacji całości. Ostatnia zachodzi nawet przy umiejętnym rozwiązaniu odpływu pary z turbiny, a cóż dopiero przy czterech kondensatorach według rys. 20.

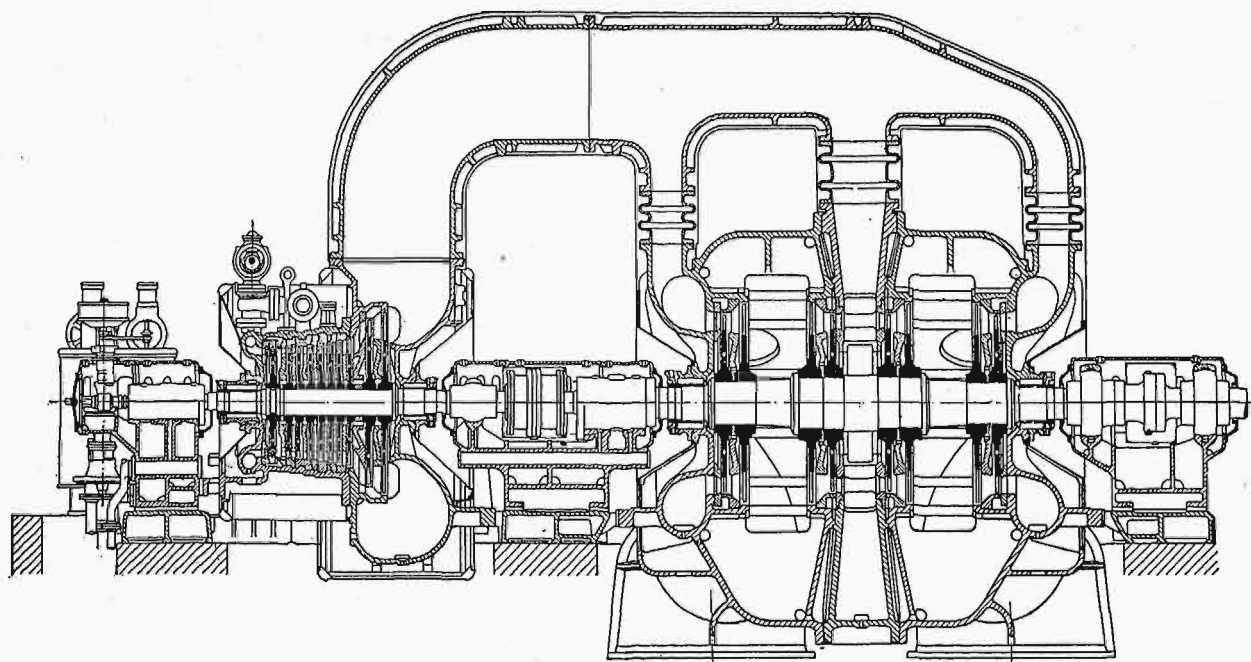
Również poczwórny przepływ w części niskoprężnej urzeczywistniła Sp. Akc. Oerlikon w czterocyndrowej turbinie (rys. 21), która w roku bieżącym zostanie uruchomiona w centrali St. Denis pod Paryżem. Moc największa tego silnika wynosi 50 000 kW, moc najekonomiczniejsza — 40 000 kW, $n=3000$ obr/min, $p_1=54$ atn, $t_1=450^{\circ}\text{C}$, $p_2=0,032$ ata. Turbina jest układu tandem, a para płynie z cylindra średnioprężnego do dwóch równoległe pracujących cylindrów niskoprężnych o dwukierunkowym przepływie pary. Budowa tego silnika jest kosztowna, bo posiada on dość dużą liczbę akcyjnych stopni ciśnienia o małych średnicach, z czego wynikałoby, że szczególną zwrócono uwagę na niezawodność pracy. Ekonomiczną pracę przy większych obciążeniach od najekonomiczniejszego uzyskuje fabryka Oerlikon w turbinach z pierwszymi wirnikami częściowo zasilanymi zapomocą regulacji uwidocznionej na rys. 22. Mianowicie przy większym obciążeniu otwierają się zawory 2 i 3; — pierwszy zwiększa stopień zasilania pierwszego wieńca, a zawór 3 — stopień zasilania jednego z dalszych wirników. Zawory regulacyjne, ustawione obok kadłuba wysokoprężnego, połączone są z nim zapomocą rur falistych, prowadzonych możliwie ponad fundamentem celem zapobieżenia nadmiernemu jego ogrzewaniu.

W Ameryce stosuje się czasem, ze względu na brak miejsca w centrali, ustrój sprzężony (compound) z dwoma generatorami elektrycznymi, w którym część wysokoprężna spoczywa na niskoprężnej. Rys. 23 przedstawia taką turbinę w wykonaniu Tow. General Electric Co. o mocy 110 000 kW przy 1800 obr/min; $p_1=84,5$ atn, $t_1=399^{\circ}\text{C}$. Cylinder wysokoprężny, składający się z koła Curtis'a i 11 stopni akcyjnych, posiada moc 49 000 kW, a cylinder niskoprężny z 10 stopniami akcyjnymi o dwukierunkowym przepływie pary moc — 61 000 kW. Wątpić jednak należy, czy typ tego rodzaju znajdzie zwolenników wśród inżynierów ruchu.

Firma Siemens-Schuckert-Werke, budująca typ prof. R o e d e r a, składający się z akcyjnego koła

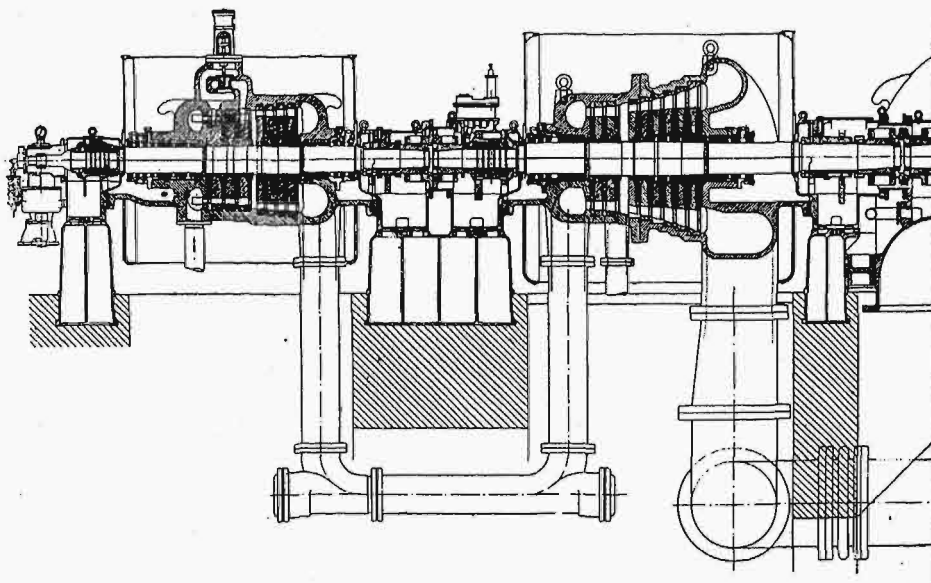


Rys. 18. Turbina firmy M. A. N. o mocy max. 36 000 kW przy 3000 obr./min z potrójnym przepływem pary przez część niskoprężną.



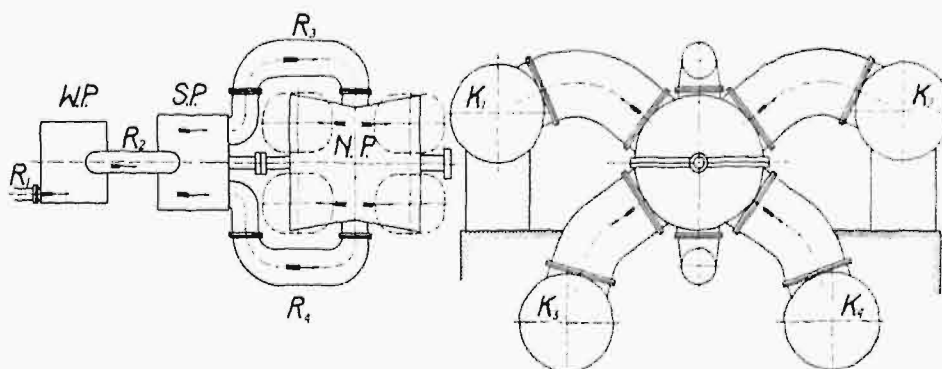
Rys. 19. Turbina z poczwórnym przepływem pary w części niskoprężnej (bud. fabr. Wumag). Moc max. 30 000 kW, ciśnienie dolotowe 35 atn, temperatura 410°C .

regulacyjnego i wielostopniowej turbiny reakcyjnej, zwraca szczególną uwagę na sztywność wirników i stara się możliwie ograniczyć liczbę kadłubów, skutkiem czego musi stosować tłoki odciążające. Turbina uwidoczniona na rys. 24, a uruchomiona przed około rokiem w Kraftwerk West pod Berlinem, posiada w cylindrze wysokoprężnym koło akcyjne i 24 stopnie reakcyjne, a w niskoprężnym 3 podwójne stopnie reakcyjne; — moc największa 34 000 kW, moc najekonomiczniejsza 27 000 kW, $p_1 = 25$ atn, $t_1 = 400^{\circ}\text{C}$, $p_4 = 0,043$ atn. Ze względu na to, że rurociągi dla pary o bardzo wysokiej

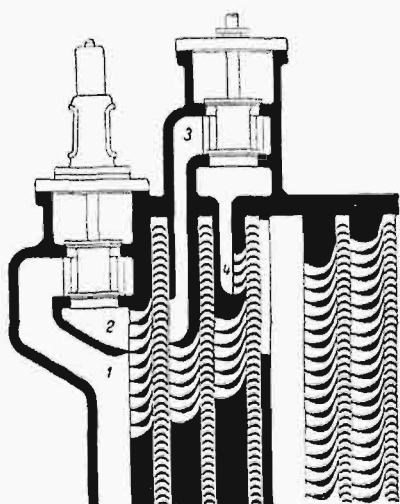


Rys. 21. 4-kadł. turbina fabr. Oerlikon o poczwórnym przepływie w części niskoprężnej.

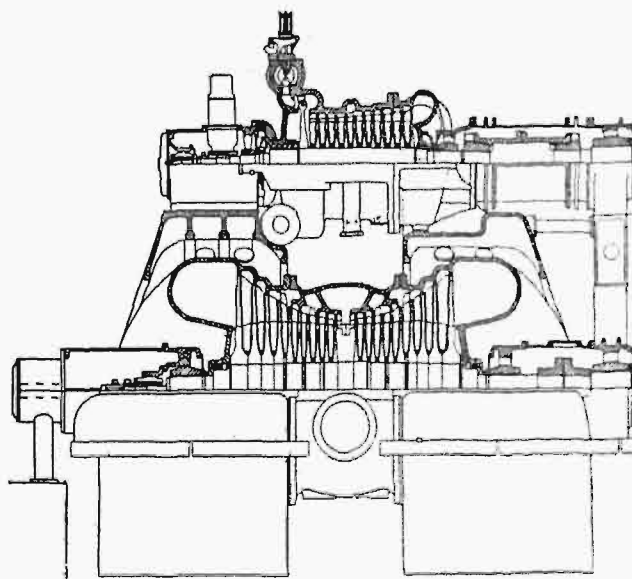
temperaturze powodują nieraz pęknięcia fundamentów, zastosowano dopływ pary z kotła góra, t. j. przez halę maszynową; również rury, łączące skrzynki regulacyjne z kadłubem wysokoprężnym, są tak poprowadzone, aby nie rozgrzewały nadmiernie fundamentu i nie zmuszały do jego



Rys. 20. Układ o 4-ch skraplaczach.



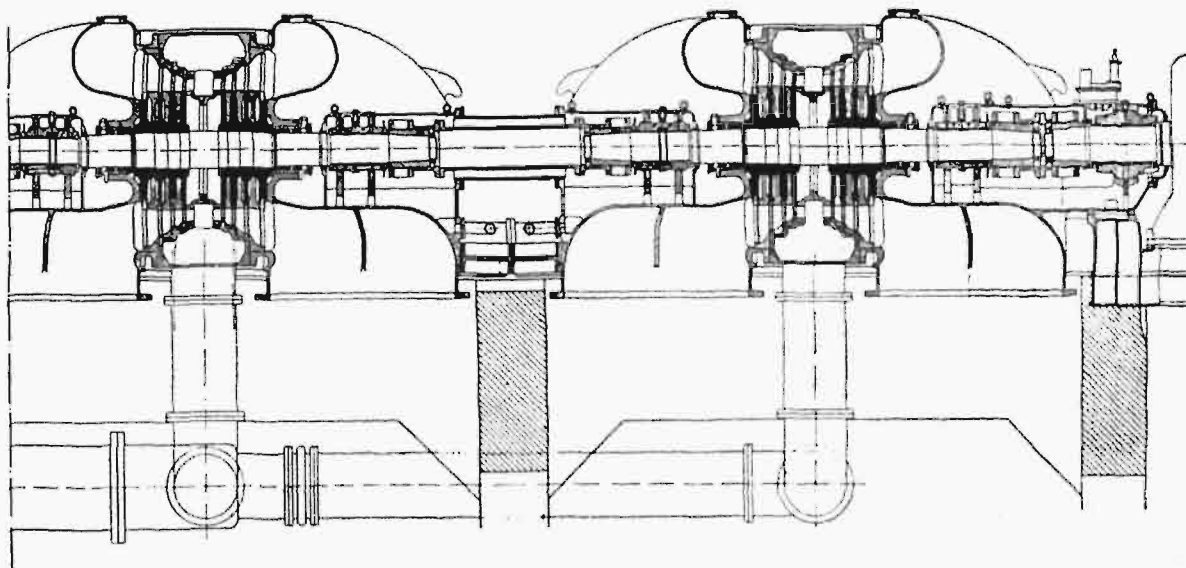
Rys. 22. Regulacja turbin firmy Oerlikon.



Rys. 23. Turbina General Electric Co. o ustroju compound (część wysokoprężna na niskoprężnej). Moc 110 000 kW, 1800 obr./min, ciśnienie dołotowe 84,5 atn, temperatura 399° C.

przewietrzania, względnie chłodzenia. Największy dotychczas zbudowany typ turbiny posobnej przy 3000 obr./min dla mocy 60 000 kW widzimy na rys. 25 w wykonaniu *Siemens-Schukert*'a dla centrali

w Schelle pod Antwerpią; $p_1 = 35$ atn, $t_1 = 425^\circ \text{C}$, $p_2 = 0,04$ ata, moc najekonomiczniejsza 50 000 kW. Budowa tego silnika odpowiada w zupełności poprzednio omawianej, jedynie zastoso-

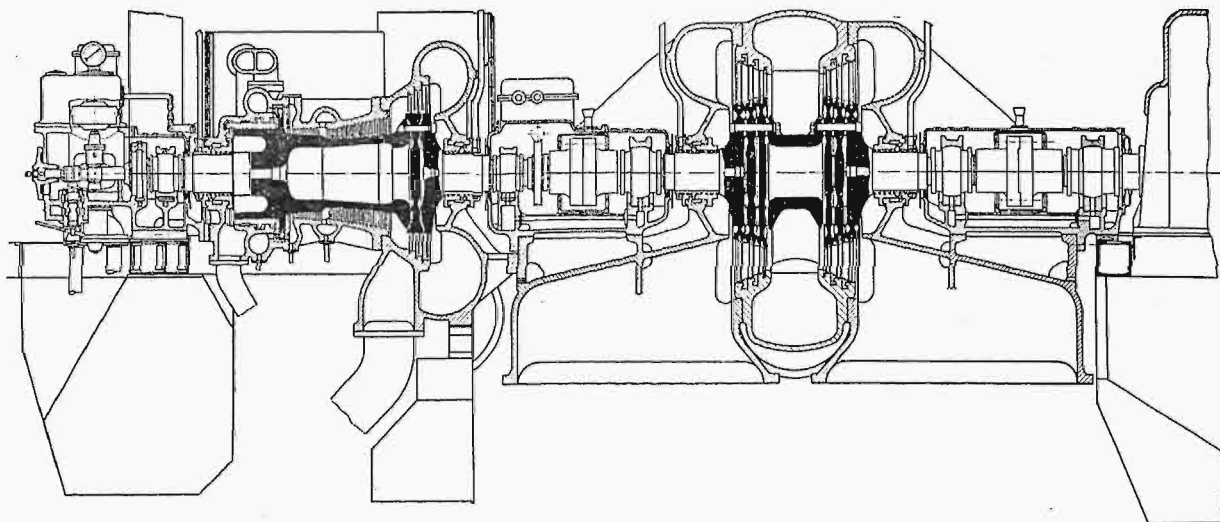


przeznaczona do elektrowni w St.-Denis pod Paryżem. Moc największa 50 000 kW, 3 000 obr./min, ciśn. dołot. 54 atn, temp. 450°C.

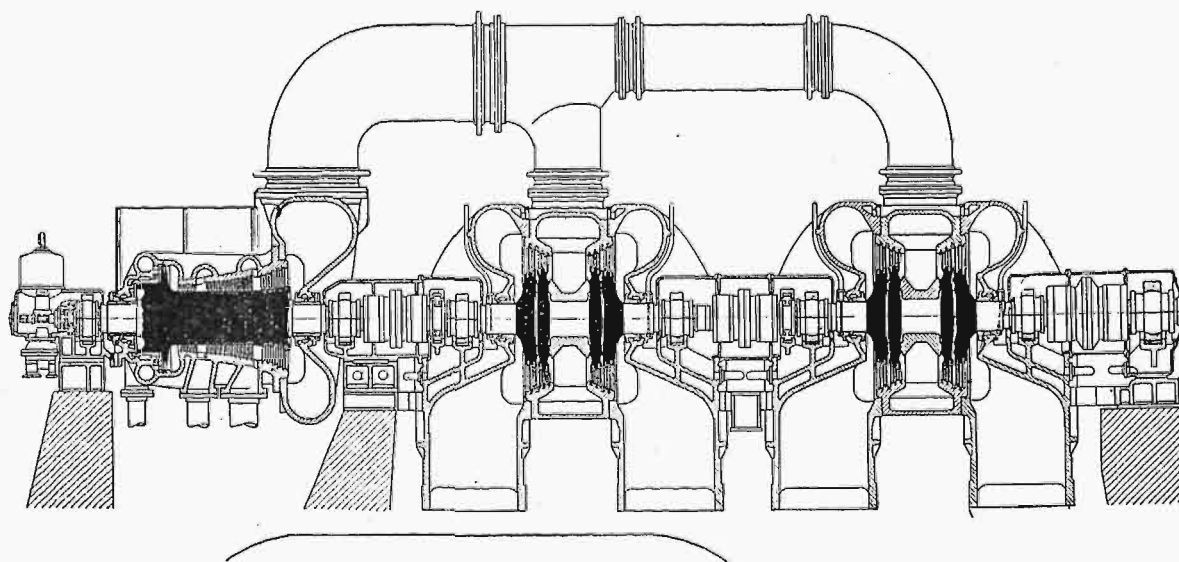
wano dwa równolegle pracujące cylindry niskoprężne ze względu na duże objętości pary. Podkreślam jeszcze raz, że trudność główna polegała na budowie prądnicy.

Sp. Akc. *Brown-Boveri*, budująca także turbiny reakcyjne z regulacyjnym stopniem akcyjnym, uni-

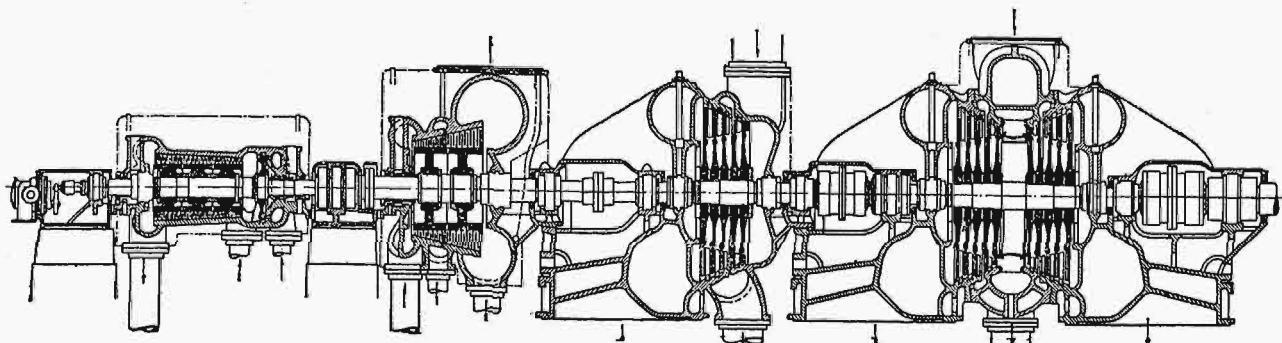
ka w wielokadłubowych jednostkach tłoków odciążających, ze względu na zmniejszenie zużycia pary i zwiększenie niezawodności silnika. Wyważenie nacisków osiowych osiąga *B. B. C.* przez odpowiedni przepływ pary oraz przez zasilanie cylindra wysokoprężnego przy mocy większej od najekono-



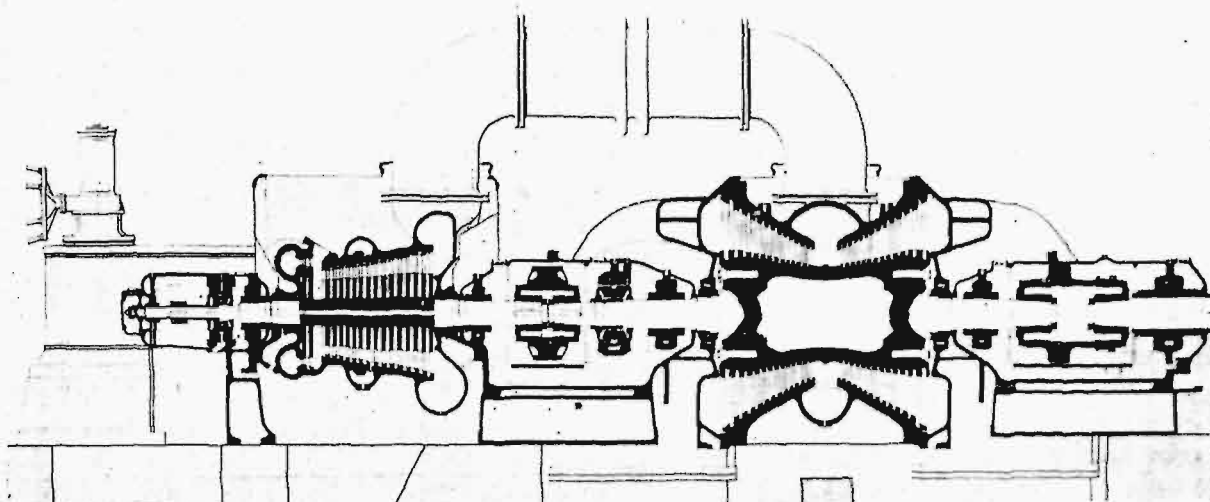
Rys. 24. Turbina w elektrowni zachodniej w Berlinie (Siemens-Schuckert). Moc max. 34 000 kW, najekonomiczniejsza 27 000 kW, ciśnienie 25 atn, temperatura 400° C.



Rys. 25. Największa dotychczas turbina posobna przy 3 000 obr./min (S. S. W.) dla elektrowni w Schelle pod Antwerpią. Moc max. 60 000 kW, ciśnienie 35 atn, temperatura 425° C.



Rys. 26. Turbina fabr. BBC dla centrali w St. Denis pod Paryżem. Moc max. 50 000 kW, 3 000 obr./min, ciśnienie pary 54 atn, temperatura 450° C.



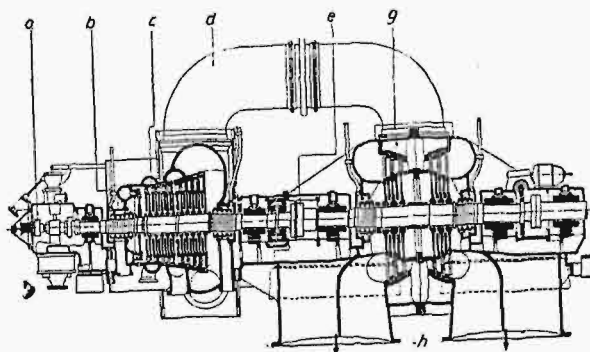
Rys. 28. Turbina dwukadłubowa Pierwszej Berneńskiej Fabryki. Moc 23 000 kW, 3000 obr./min; przeciążalność 25%.

miczniejszej parą, doprowadzoną za kołem regulacyjnym wprost do części reakcyjnej. Wały niskoprężne są giętkie w celu osiągnięcia równomierniejszego rozgrzewania się piast wirników i zmniejszenia strat w dławnicach. Nie podaję znanych w literaturze polskiej typów turbin B. B. C. o 2 i 3 kadłubach, a przedstawię tylko na rys. 26 turbinę tej fabryki, która zostaje dopiero uruchomiona w Centrali St. Denis pod Paryżem. Moc największa 50 000 kW, a najekonomiczniejsza 40 000 kW, $n = 3000$ obr./min, $p_1 = 54$ atn, $t_1 = 450^\circ \text{C}$, $p_2 = 0,032$ ata. W części niskoprężnej para posia-

stawiającego silnik o mocy 40 000 kW przy 3000 obr./min. Część wysokoprężna składa się ze stopnia regulacyjnego i kilkunastu kół akcyjnych, pracujących z niewielkim stopniem reakcyjności, natomiast w części niskoprężnej stopień reakcyjności dochodzi do 0,5, a mimo to wykonano tarcze kierownicze.

Pierwsza Berneńska Fabryka zwraca szczególną uwagę na uzyskanie dobrej sprawności turbiny, stosując dość dużą liczbę stopni ciśnienia. Silnik dwukadłubowy, przedstawiony na rys. 28, jest zbudowany dla mocy 23 000 kW ze stałą przeciążalnością o 25% i posiada koło U i 15 stopni akcyjnych w cylindrze wysokoprężnym, a 13 stopni reakcyjnych o dwukierunkowym przepływie w cylindrze niskoprężnym; $p_1 = 20$ atn, $t = 375^\circ \text{C}$, $p_2 = 0,04$ ata, $n = 3000$ obr./min.

(d. n.).



Rys. 27. Turbina o mocy 40 000 kW przy 3000 obr./min firmy AEG.

da potrójny przepływ. Jeden cylinder niskoprężny posiada dwukierunkowy przepływ, a w drugim cylindrze niskoprężnym przepływ pary posiada ten sam kierunek, co w cylindrze wysokoprężnym, wyważając nacisk osiowy cylindra średnioprężnego. Wały zaopatrzone są pomiędzy cylindrem wysokoprężnym i średnioprężnym, oraz średnioprężnym i połówką niskoprężnego, w sprzęgła stałe, inne sprzęgła natomiast są elastyczne. Ze względu na stałe sprzęgła przy wielkiej długości silnika trzeba jak najstaranniej ustalić osiowe, zmieniające się pod wpływem temperatury pary, szczeliny pomiędzy częściami wirującymi i nieruchomymi.

Tow. A. E. G. stara się w ostatnich latach skrócić długość turbiny, jak to wynika z rys. 27, przed-

Nowe wydawnictwa^{*)}.

Analiza matematyczna. Tom I. Liczby niewymierne. Ciągi i szeregi. Rachunek różniczkowy. Prof. Dr. W. Pogorzelski. Str. 240. Nakł. Komisji Wydawniczej Tow. Bratniej Pom. stud. Politechniki Warszawskiej. Warszawa 1932. Cena zł. 16.

Obrabiarki i narzędzia do metalu. Podręcznik dla szkół technicznych. Tom II. Inż. E. Herzberg. Nakł. T-wa Kursów Technicznych w Bydgoszczy z zasilku M. W. R. i O. P. Str. 344, rys. 449. Grudziądz 1932. Cena zł. 15.

Power and Fuel Bulletin, wydawnictwo bibliograficzne (rocznik) Polskiego Komitetu Energetycznego. Str. 42. Warszawa 1932. Cena zł. 15.

Schwingungsprobleme der Technik. S. Timoszenko, Prof. Uniw. Michigan. Przeł. z ang. Dr. I. Malkin i Dr. E. Helly. Str. 376 ze 183 rys. Wyd. J. Springer. Berlin 1932. Cena zł. 58.

Elektrische Industrieöfen für Weiterverarbeitung. Dr. V. Paschkis. Str. 305 z 251 rys. i 3 tab. Wyd. J. Springer. Berlin 1932. Cena zł. 70.

Der Grundbau. Inż. Dr. A. Schoklitsch, Prof. Str. 490, rys. 748 i 34 tab. J. Springer. Wiedeń 1932. Cena zł. 136.

^{*)} Wszystkie podawane w tym dziale wydawnictwa są do nabycia w Księgarni Technicznej „Przeglądu Technicznego”. Warszawa, ul. Czackiego 3.