

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ: W. Chrzanowski. Małe turbiny parowe — G. Doborzyński. Nowa atomistyka. — Centrala elektryczna w Gennevilliers. — Wiadomości techniczne. — Kronika.
Z 8-ma rysunkami w tekście.

MAŁE TURBINY PAROWE.

Napisał: Dr. inż. Wiesław Chrzanowski.

Turbina parowa jest najracjonalniejszym silnikiem do wytwarzania wielkiej mocy mechanicznej powyżej 1000 kW, ponieważ jako motor takiej wielkości odznacza się małym zapotrzebowaniem miejsca, małymi kosztami zakładowymi, tanią obsługą, małym rozchodem pary i smaru. Jednakże w wielu poszczególnych wypadkach turbina mała o mocy 0,2 do 500 kW musi być uznana również za najodpowiedniejszy silnik napędowy, pomimo stosunkowo dużego zużycia pary, jeśli jest prostej i taniej budowy.

Turbogeneratory o skutku 0,2 do 2 kW służą prawie wyłącznie do oświetlania, np. lokomotyw parowych, części okrętów, parowych statków rzecznych, wind i przewoźnych lokomobil parowych, mniejszych central elektrycznych, jako silnik zapasowy, działający na krótkiokres czasu na wypadek uszkodzenia silnika głównego, a także do napędu pomp oliwnych przy dużych turbogeneratorach. W powyższych wypadkach można zastosować małe turbinki parowe z dobrym wynikiem, ponieważ zajmują mało miejsca i mogą być ustawione wszędzie, posiadają mały ciężar i pociągają stosunkowo niewielkie koszty zakładowe.

Małe turbiny parowe o mocy 2 do 500 kW są używane do najróżnorodniejszych napędów, tak generatorów elektrycznych o prądzie stałym i zmiennym jak i innych maszyn, np. odśrodkowych pomp, dmuchaw, kompresorów, wentylatorów i t. p. Ponieważ zużycie pary przez turbiny tego rodzaju, o ile mają być tanie i prostej budowy, jest duże, przeto są one najodpowiedniejsze w tych wypadkach, w których para wylotowa silnika może być całkowicie wykorzystana do ogrzewania lub do celów fabrykacyjnych, zwłaszcza, że para uchodząca z turbiny nie posiada wcale domieszek oliwy. Przy projektowaniu podobnego urządzenia należy jednakże ściśle stwierdzić zapotrzebowanie pary wylotowej do celów fabrykacyjnych i zużycie pary przez turbinę, często bowiem odbiorca przecenia zapotrzebowanie pary wylotowej i później wyraża swój żal, że turbina i cały zakład parowy pracują nieekonomicznie; przy mniejszym zapotrzebowaniu pary wylotowej niż uchodząca z turbiny parowej racjonalniejsza jest tłokowa maszyna parowa, jeśli zwykle odoliwianie daje dostatecznie czystą parę do fabrykacji odnośnego produktu.

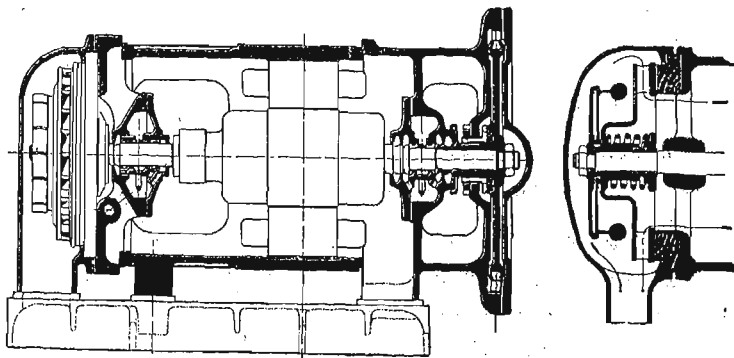
Budowa turbin małych o mocy 2 do 500 kW sprawia niemałe trudności. Aby móżdż współzawodniczyć z silnikami innego rodzaju, taka turbina parowa winna być tania. Nie można więc stosować wielostopniowych systemów, lecz można używać tylko akcyjnych turbin o jednym, najwyżej dwóch stopniach ciśnienia z jednym lub kilkoma stopniami prędkości; również nie można stosować w mniejszych turbinach serwowatorów, które powiększają znacznie koszty budowy silnika. Skutkiem tego spotrzebowanie pary przez możliwie tanio zbudowane turbiny jest stosunkowo duże.

Nie mniejsze trudności trzeba przewyciężyć przy ustaleniu racjonalnej fabrykacji tych małych turbin, które powinny być wyrabiane masowo, aby obniżyć ich cenę i móżdż dostarczyć w czasie najkrótszym ze składu. Pomimo że warunki, w których silniki te muszą pracować, są w praktyce pod względem ciśnienia i temperatury pary admissyjnej, przeciwpężności oraz wymaganej mocy i żądanej liczby obrotów bardzo różnorodne, fabryki powinny z przyczyn wyżej podanych ograniczyć liczbę budowanych

typów, np. dla skutku 2 do 500 kW 4 do 5 typów, które po wstawieniu odpowiednich dysz i odpowiedniego regulatora można dostosować z dostatecznie dobrym wynikiem do warunków, jakie odbiorca stawia w poszczególnym wypadku. Stworzenie takich typów jest pod względem konstrukcyjnym i fabrykacyjnym zadaniem niełatwym.

Celem niniejszego referatu jest opis małych turbin parowych, budowanych w fabrykach polskich, względnie przez polskie fabryki reprezentowanych, mianowicie turbin fabryki Brandel i Witoszyński (właściciel inż. Stefan Twardowski) na Pradze pod Warszawą i fabryki Brown, Boveri & C-o w Baden w Szwajcarii, reprezentowanej przez Polskie Zakłady Elektryczne Brown, Boveri & C-o w Warszawie.

Przekrój małego turbogeneratorsa budowy fabryki Brown Boveri widzimy na rysunku 1. Moc tego silnika wynosi 500 Watt przy liczbie obrotów $n = 4500$ na minutę i 110 Volt napięcia, a ciężar całkowity 85 kg, długość 530 mm, szerokość 285 mm, wysokość 360 mm, które to wymiary dobitnie przedstawiają miniaturową wielkość silnika. Turbina parowa, wspólnie z generatorem elektrycznym o prądzie stałym tworzą jedną całość, ułożoną na płycie fundamentowej.



Rys. 1.

Para świeża dopływa do osłony turbinowej, rozpręża się w dyszy na ciśnienie mniej więcej atmosferyczne, z którym wchodzi do koła turbinowego o jednym wieńcu łopatkowym, który przepływa w kierunku osiowym; po wykonaniu pracy w wirniku para uchodzi na zewnątrz. Jest to więc jednostopniowa osiowa turbina akcyjna, pracująca z niewielkim ciśnieniem admissyjnym (patrz poniżej) i z wolnym wydmuchem.

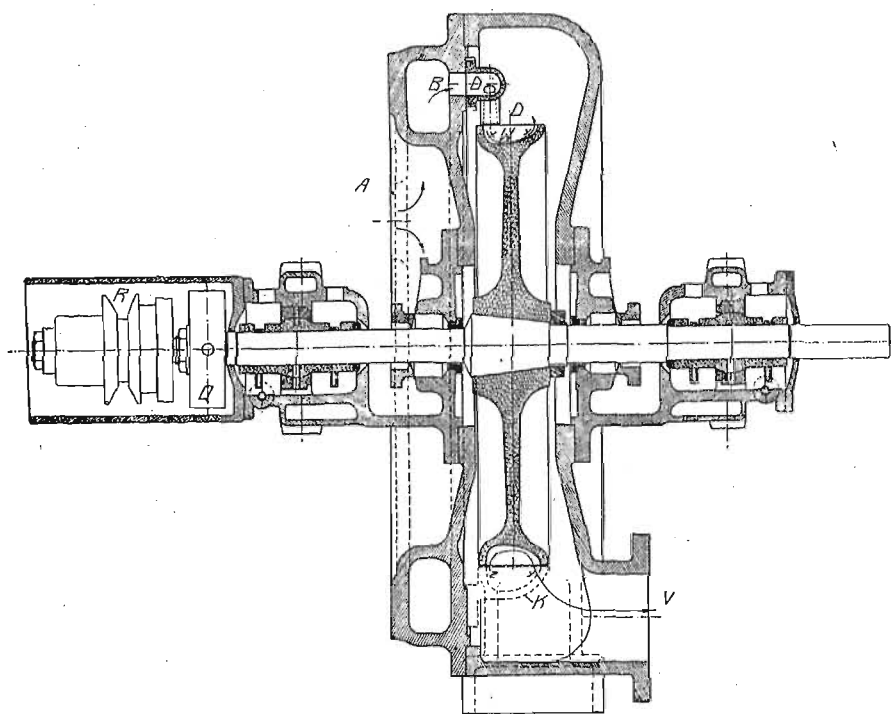
Wirnik turbinowy osadzony na końcu wału, pracuje w niedzielonej osłonie, a dostęp dogodny do niego jest zapewniony po zdjęciu pokrywy. Wał turbogeneratorsa spoczywa w dwóch łożyskach, a uszczelnienie jego względem osłony turbinowej jest uskutecznione na zasadzie uszczelnienia grzebieniastego. Bezpośrednio z osłoną turbinową jest połączona osłona generatora elektrycznego, a na drugim końcu wału jest osadzony regulator odśrodkowy, którego schematyczne przedstawienie widzimy na rys. 1. Celem uzyskania możliwie prostego rozwiązania, regulator nie działa na wentyl dławiący, tylko przy przekroczeniu normalnej liczby obrotów przyciska, po przewyciężeniu nacisku sprężyny, swą pochwę do stałych klocków hamulczych z drzewa, zapobiegając w ten sposób nadmiernemu zwiększeniu

się liczby obrotów pomimo odciażenia silnika. Aby osiągnąć jednakże stosunkowo ekonomiczną pracę, umieszcza się tuż przed turbiną wentyl, redukujący ciśnienie pary dolotowej, osiągając w ten sposób stałe ciśnienie admisyjne. Do odprowadzania ciepła, wytworzonego przy hamowaniu oraz do przewietrzania generatora elektrycznego służy wentylator, który tworzy zewnętrzny obwód pochwy regulatora. Powietrze, wychodzące z wentylatora, płynie przez wnętrze płyty fundamentowej, odpowiednio uźebrowanej, z której uchodzi po stronie turbiny na zewnątrz, przez co zmniejsza się znacznie szum wentylatora.

Nadmienić jeszcze należy, że turbiny tego typu mogą być także napędzane powietrzem sprężonym zamiast parą, skutkiem czego mogą służyć również do oświetlania w tych warunkach, w których powietrze sprężone jest używane do

zu, a łopatki z blachy mosiężnej. Jakkolwiek koło wirnikowe jest całkowicie obrobione i możliwie dokładnie wyrównane, to jednak wobec dość znacznej, w stosunku do jego wagi, liczby obrotów, wałek musi posiadać wymiary dostateczne, aby uniknąć drgań, spowodowanych minimalnym przesunięciem środka ciężkości. Z tego również względu, wałek jest osadzony nie w jednym — jak to często praktykuje się w mniejszych turbinach — lecz w dwóch łożyskach z pierścieniem smarowania, zaopatrzonych w długie brązowe panewki wahliwe, nastawiające się samoczynnie wzdłuż wałka.

Regulacja liczby obrotów odbywa się, podobnie jak w innych typach, przez dławienie pary wlotowej zapomocą wentyla, połączonego drążkami bezpośrednio z regulatorem *R*, umieszczonym na końcu wałka w osobnej osłonie.



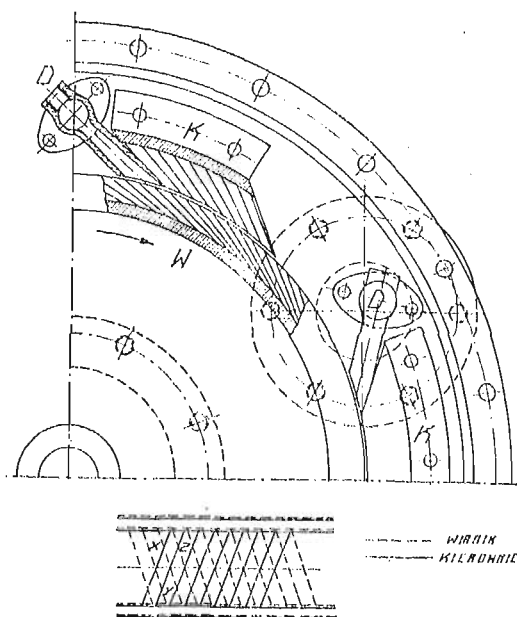
Rys. 2.

napędu innych maszyn lub przyrządów, np. w kopalniach, tunelach i t. p.

Fabryka Brandel i Witoszyński w Warszawie (Praga) buduje turbiny parowe również od najmniejszych typów, a stosuje jednakowy system budowy pomysłu prof. Czesława Witoszyńskiego w turbinach od 1 do 500 KM.

Konstrukcja turbiny o mocy 60 KM. jest uwidoczniiona na rys. 2. Para świeża dopływa do osłony turbinowej przy *A*, płynie z komory *B*, do jednej lub kilku dysz *D*, w których rozpręża się całkowicie na przeciwprężność wylotową. Z wielką prędkością, uzyskaną przez ekspansję w dyszach, para wchodzi przy *X* do wieńca łopatkowego wirnika *W*, przepływa go w kierunku *X* do *Y*, przy czym z powodu oddawania pracy traci część swej prędkości bezwzględnej. Przy *Y* strumień pary przechodzi do wieńca nieruchomej kierownicy *K*, w której bez dalszej ekspansji zmienia tylko kierunek o 180°, płynąc przez wieńiec kierowniczy od *Y* do *Z* i tracąc część swej prędkości z powodu strat przy przepływie przez tenże wieńiec. Teraz para wraca na wieńiec wirnika, przy którego drugim przepływie zmniejsza się powtórnie jej szybkość i t. d., aż całkowicie wyzyskana ostatecznie idzie do wylotu turbiny. Zależnie od warunków, w jakich turbina pracuje, para wychodząca z dyszy przepływa 4 do 5 razy przez wieńiec wirnikowy (4 lub 5 stopni prędkości), czyli 3 do 4 razy przez wieńiec kierownicy *K*. Liczba dysz jest ta sama co i kierownic, a wynosi przy ciśnieniu admisyjnym 8 atmosfer nadciśnienia w turbinie 2,5-konnej *I*, a w turbinie 60-konnej 6 dysz.

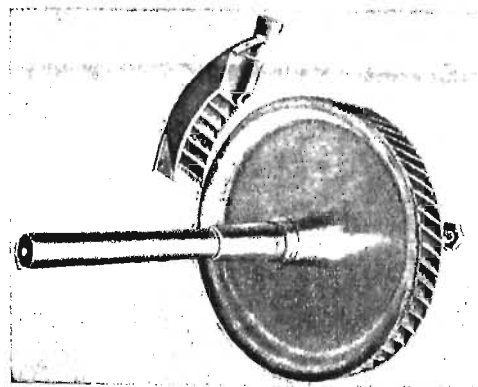
Budowa turbin parowych omawianego typu jest prosta i mocna. Łopatki wirnika i kierownice mają kształt płaski i umocowane są w sposób zapobiegający ich wyłamaniu, wewnątrz kanału o ściśle określonym profilu, wytoczonego na obwodzie zewnętrznym wirnika względnie wewnętrznym kierownicy. Wirniki, kierownice i dysze wykonane są z bron-



Rys. 3.

Niezależnie od regulatora dopływ pary może być miarkowany przez przemykanie ręczne poszczególnych dysz, zwłaszcza, jeżeli turbina ma dłuższy czas pracować przy mniejszym niż normalne obciążeniu. Wreszcie na wypadek raptownego spadku obciążenia, turbina posiada jeszcze regulator bezpieczeństwa *Q*, który przy przekroczeniu liczby obrotów o 10% ponad normalną odcina natychmiast całkowicie dopływ świeżej pary do dysz.

Turbina parowa fabryki Brandel i Witoszyński jest, jak wynika z powyższego opisu, jednostopniowa



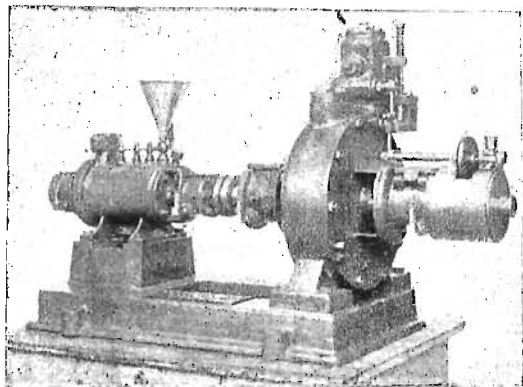
Rys. 4.

akcyjną turbiną promieniową z kilkoma stopniami prędkości. Kilkakrotny przebieg pary przez wieńiec wirnikowy, połączony ze stopniowym zmniejszaniem szybkości pary, pozwala na stosowanie umiarkowanej prędkości obwodowej i umiarkowanej liczby obrotów przy umiarkowaniu przekładni zębatach.

Rozkład dysz *D* i kierownic *K* nad wirnikiem *W* jest przedstawiony na rys. 3. Zewnętrzny widok wirnika wraz z wałkiem, kierownicą i dyszami turbiny 2,5 konnej przedstawia rys. 4, na podstawie którego łatwo można sobie przedstawić

przepływ pary. Rys. 5. uwidocznia całość 2,5-konnej turbiny w połączeniu z pompą odśrodkową, zmontowaną na jednej płycie fundamentowej.

Spotrzebowanie pary przez turbiny tego systemu waha się w dość szerokich granicach, zależnie od ciśnienia wlotowego i wylotowego, stopnia wilgotności lub przegrzania pary oraz szybkości obrotowej wirnika, względnie liczby obrotów wału turbinowego.



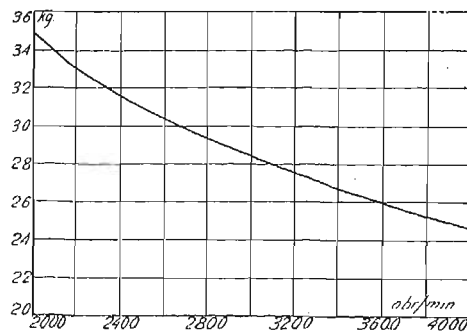
Rys. 5.

Fabryka Brandel i Witoszyński przeprowadziła w swej stacji próbnej szereg odpowiednich pomiarów turbiny 2,5-konnej, których wyniki są przedstawione w wykresach (rys. 6). Wykresy te podają zużycie pary nasyconej (suchej) w kg na 1 konia mechanicznego (KMe) i godzinę w zależności od zmiennej liczby obrotów, przy stałym ciśnieniu wlotowym 8 atmosfer nadciśnienia i swobodnym wylocie pary w powietrze. Widzimy, że spotrzebowanie pary wzrasta znacznie przy zmniejszającej się liczbie obrotów, mianowicie wynosi przy 4000 obr./min. ok. 24,5 kg na 1 KMe godz., przy 3000 obr./min. około 28,25 kg , a przy 2000 obr./min. zbliża się do 35 kg . Dalszy wykres podaje zużycie pary suchej w kg na 1 KMe godzinę w zależności od zmiennego ciśnienia wlotowego w atmosferach nadciśnienia, przy stałej liczbie obrotów 3000 na minutę i swobodnym wylocie pary w powietrze, a wynika z niego, że turbinki tego rodzaju powinny być zasilane parą o ciśnieniu, o ile możliwości wyższym, niż 8 atm. nadciśn., jeśli zależy na małym spotrzebowaniu pary. Wreszcie wykres ostatni podaje zużycie suchej pary o nadciśnieniu 8 atmosfer na 1 KMe-godzinę i moc mechaniczną w koniach mechanicznych (KMe) przy stałej liczbie obrotów 3000 na minutę a zmiennym przeciwcisnieniu; — z wykresu wynika, że turbina posiada przy wolnym wydmuchu skutek około 2,5 KMe, przy przeciwcisnieniu 2,5 atm. absol. około 2,2 KMe, a przy przeciwcisnieniu 3,5 atm. absol. około 1,35 KMe. Oczywiście zużycie pary wzrasta dość szybko przy wzrastającej przeciwcisnieniu.

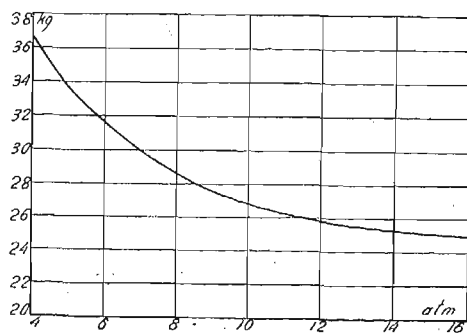
Spółczynnik termodynamiczny, określony na zasadzie pomiarów, dochodzi do 0,35, co dla tak małych turbin jest normą bardzo wysoką.

Budowę turbin parowych rozpoczęła fabryka Brandel i Witoszyński na krótko przed wojną. Czas trwania wojny i związanej z nią zastoju w przemyśle spożytkowano na przeprowadzenie szeregu prób i pomiarów, mających na celu określenie najracjonalniejszego kształtu łopatek, wymia-

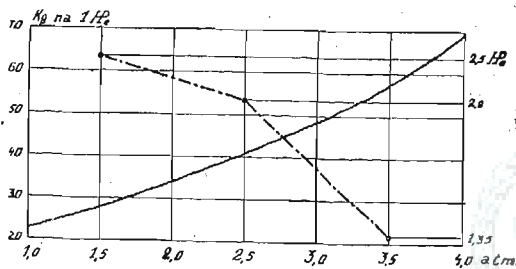
rów dysz, wyznaczenie dokładne zużycia pary i mocy osiągalnej przy różnych warunkach pracy, wreszcie opracowano normalne typy turbin małych, pracujących bez kondensacji w granicach od 1 do 500 koni mechanicznych. Między innymi fabryka wykonała dla Państwowych Zakła-



Rys. 6.



Rys. 7.



Rys. 8.

dów Graficznych turbinę o mocy 60 KMe przy 1800 obr./min., służącą do napędu transmisji. Turbina pracuje parą o ciśnieniu wlotowym 7 atm. nadciśn. i przeciwcisnieniu 1,8 atm. absol., skutkiem czego zużycie pary, zwłaszcza wobec małej liczby obrotów, nie może być małe. Regulator utrzymuje stałą liczbę obrotów przy bardzo znacznych i raptownych zmianach obciążenia w granicach od 60 do 20 KMe.

Typ turbinki parowej o skutku 1 KMe, opracowany głównie do oświetlenia lokomotyw parowych, miał być wprowadzony przed wojną na kolejach rosyjskich. Oświetlenie tego rodzaju jest stosowane od dłuższego czasu w Ameryce z dobrym wynikiem. Wobec tego możnaby wyrazić życzenie, aby i nasze koleje zechciały choć na próbę wprowadzić tego rodzaju oświetlenie lokomotyw parowych, zwłaszcza że turbinki te wykonywane są obecnie w Polsce, przez fabrykę polską.

(d. n.).

NOWA ATOMISTYKA.

Podał Dr. Gustaw Doborzyński.

(Dokończenie do str. 251, w № 34 r. b.)

Dalszy rozwój nowej atomistyki zawdzięczamy odkryciu ciał promieniotwórczych. Promieniowanie ich, jak wiadomo, daje się podzielić na trzy różne rodzaje: promieni α , mających cechy zasadnicze promieni kanalikowych, a więc przedstawiających prąd dodatnich jąder atomowych, promieni γ , stanowiących rodzaj promieniowania Roentgenowskiego oraz promieni β , posiadających cechy promieni katodowych.

Badania promieni α , przedsięwzięte przez angielskiego fizyka Rutherforda¹⁾ i jego uczniów pozwoliły głębiej wniknąć w wewnętrzną strukturę atomu i dać plastyczny obraz wzajemnego układu elektronów i jąder w atomach pierwiastków. Wzajemne przyciąganie różnoimiennie naładowanych ciałek, ujęte w prawo Coulomb'a, pozwoliło zastosować me-

¹⁾ Phil. Mag. t. XXI, r. 1911, str. 669.