

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ: W. Chrzanowski. Małe turbiny parowe — W. Werner. Kształcenie nauczycieli fizyki w politechnikach. — Nowe czasopisma techniczne z ubiegłego półroczu. — Wiadomości techniczne. — Bibliografia. — Kronika.  
Z 11-ma rysunkami w tekście.

## MAŁE TURBINY PAROWE.

Napisał: Dr. inż. Wiesław Chrzanowski.

(Dokończenie do str. 259, w № 35 r. b.)

Fabryka Brown Boveri buduje obecnie dla mocy mechanicznej od 2 do 600 kilowatt następujące typy turbin parowych:

- 1) typ A. 2 dla mocy do 25 kW przy liczb. obr. 3000 do 6000 na m.
  - 2) „ A. 4 „ „ „ 100 „ „ „ 3000 „ 6000 „ „
  - 3) „ A. 5 „ „ „ 400 „ „ „ 3000 „ 5000 „ „
  - 4) „ A. 6 „ „ „ 600 „ „ „ 3000 „ 5000 „ „
- Oprócz tego fabryka zamierza budować jeden typ do 10 kW.

Cechą charakterystyczną wszystkich tych typów jest stosowanie tylko jednego koła wirnikowego Curtisa, posiadającego dwa wieńce, pomiędzy którymi umieszczony jest nieruchomy wieńiec kierowniczy. Para świeża, dopływająca do turbiny, rozpręża się całkowicie na przeciwprężność w dyszach, znajdujących się przed pierwszym wieńcem wirnika, a kierownica służy jedynie do zmiany kierunku prądu pary i zmniejszenia jej prędkości. Skutkiem tego można osiągnąć umiarkowane prędkości obrotowe wirnika i mniejsze liczby obrotów wału turbinowego przy stosunkowo dobrem wyzyskaniu pary i mniejszym zdzieraniu łopatek niż w jednostopniowej turbinie o jednym stopniu prędkości (turbina de Laval).

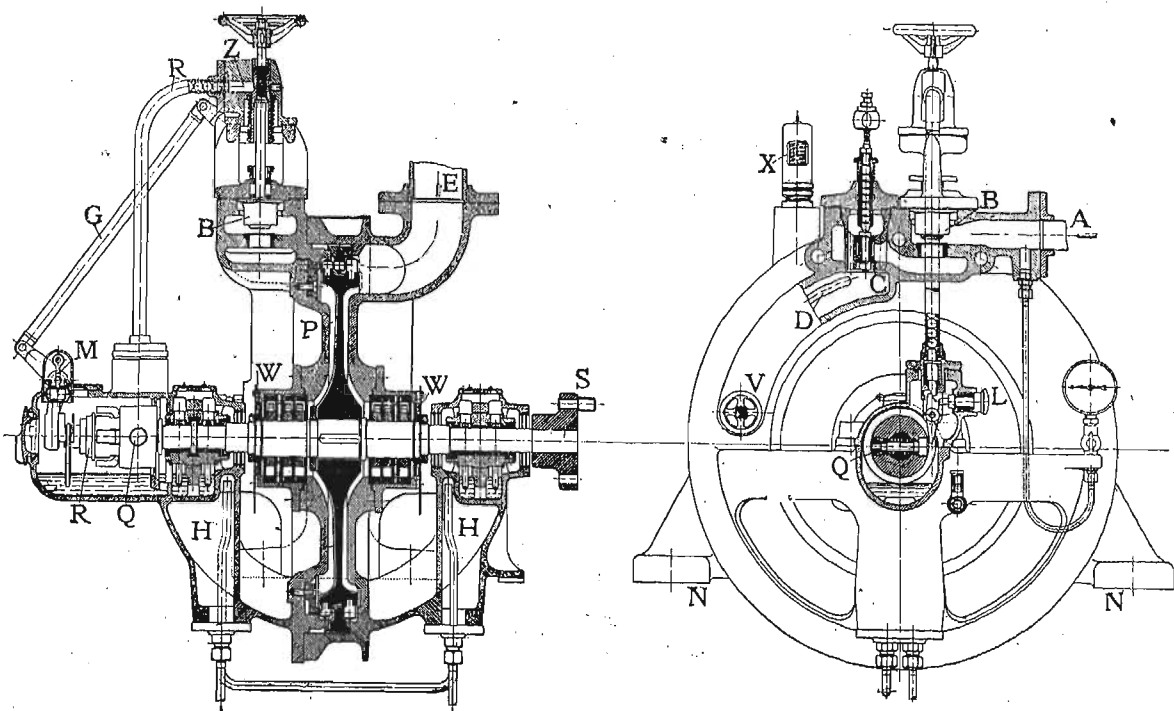
Turbiny parowe tego rodzaju określić więc należy jako jednostopniowe akcyjne turbiny osiowe o dwóch stopniach prędkości z częściowym zasilaniem wirnika.

Przy większej liczbie obrotów można nimi bezpośrednio pędzić inne maszyny, natomiast potrzeba zastosowania mniejszej liczby obrotów w maszynie napędzanej wymaga użycia przekładni zębatach (patrz Przegląd Techniczny № 15. z dn. 13 kwietnia 1922 r.).

Typy turbin A. 2, A. 4, i A. 5 są pod względem konstrukcyjnym zupełnie do siebie podobne, różnica polega jedynie na tem, że poszczególne części typu A. 4 posiadają większe wymiary od typu A. 2, a typu A. 5 od typu A. 4. Każdy z tych typów może być używany dla uzyskania mocy do granic wyżej podanych, którą to moc można osiągnąć przy pracy parą o ciśnieniu admissyjnym 12 atm. nadeśn. oraz z próżnią i z największą podaną liczbą obrotów. W zależności od wymaganej przez maszynę napędzaną liczby obrotów, zmienia się tylko regulator, a w zależności od ciśnienia admissyjnego pary dopływowej i przeciwprężności pary wylotowej zmieniają się dysze. Fabryka może więc te trzy

typy turbin posiadać gotowe na składzie, a wysyłać je odbiorcom po otrzymaniu danych o wymaganej liczbie obrotów, o ciśnieniu admissyjnym i o przeciwprężności najdalej w przeciągu dwóch miesięcy.

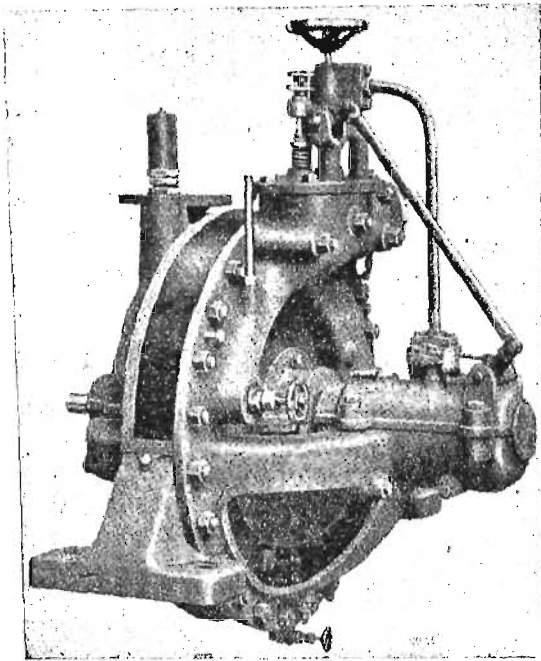
Typ A. 4 o mocy do 100 kilowatt, pracujący z liczbą obrotów  $n = 3000$  do 6000 na minutę, jest przedstawiony w przekroju na rys. 7, a zewnętrzny widok jego na rys. 8. Para świeża dopływa przy A, płynie przez wentyl główny B i wentyl regulacyjny C do dysz D, w których rozpręża się na wymaganą przeciwprężność. Potem para wykonywa pracę w wirniku i uchodzi przy E na zewnątrz. Wirnik, posiadający dwa wieńce, jest osadzony na wale, spoczywającym w dwóch łożach, zaopatrzonych w smarowanie pierścieniowe; — panwie łożysk są wyłożone białym metalem. Jedno z łożysk (na rys. 7 lewe) jest zbudowane jako łożo stopowe,



Rys. 7.

celem ustalenia osiowego położenia wirnika, gdyż nie potrzebuje ono w akcyjnej tej turbinie przejmować większych nacisków osiowych. Korpus każdego łoża jest połączony ramionami z jedną połową osłony turbinowej. Do części osłony po stronie wylotowej jest przyłanana noga N, spoczywająca na płycie fundamentowej; — w tej części osłony znajduje się także wentyl bezpieczeństwa X. Po zdjęciu pokrywy z łożyska po stronie dopływowej i odsunięciu pokrywy P jest dostęp do wirnika zapewniony. Pozatem przytwierdzone są do osłony turbinowej manometr i termometr. Turbiny typów A. 2, A. 4 i A. 5 posiadają urządzenie, umożliwiające chłodzenie łożysk. W tym celu znajdują się pod łożami komory H na wodę, do których doprowadza się ją w miejscach najniższych, a odprowadza w najwyższych położonych. Chłodzenie łożysk jest bardzo pożądane przy wysokiej temperaturze pary świeżej, przy dużej przeciwprężności i przy wysokiej temperaturze w miejscu ustawienia turbiny; — gdzie

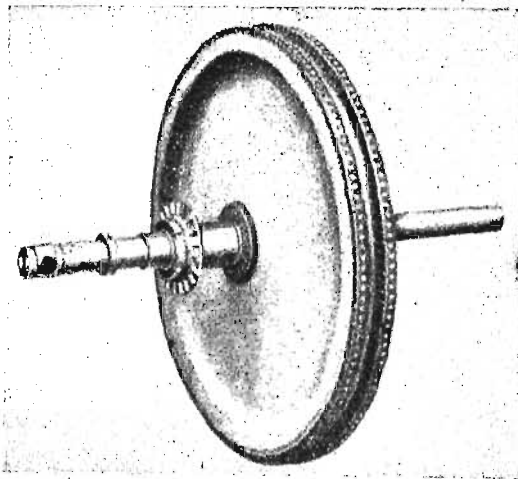
chłodzenie nie jest konieczne, można go nie włączać. Ponieważ turbiny tego rodzaju muszą móc pracować z przeciwnością, aż do 3 atm. abs., przeto zaopatruje się je w dławnice z pierścieniami stałymi, wykonanymi z mieszaniny węgla z grafitem, które nie wymagają smarowania oliwą. Celem ochrony łożysk przed ciepłem promieniującym z osłony turbinowej i parą, choć w nieznacznej części uchodzącą z dławnic, jest umieszczony na wale pomiędzy każdym łożem a sąsiednią dławicą wentylator *W*. Przy końcu wału



Rys. 8.

znajduje się sprzęgło *S*, do którego przytwierdza się wał maszyny napędzanej.

Turbiny parowe typu A. 2, A. 4 i A. 5 posiadają zwykłą mechaniczną regulację przez dławienie pary dolotowej. Na końcu wału turbinowego jest osadzony regulator odśrodkowy *R*, działający zapomocą dźwigni i drążka *G* bezpośrednio na wentyl regulujący *C*, dławiący parę dolotową. Regulacja tego rodzaju jest bardzo prosta i bardzo czuła. Szczeliny, znajdujące się w mechanizmie pomiędzy reglatorem a wentylem dławiącym, zostają bowiem unieszkodliwione

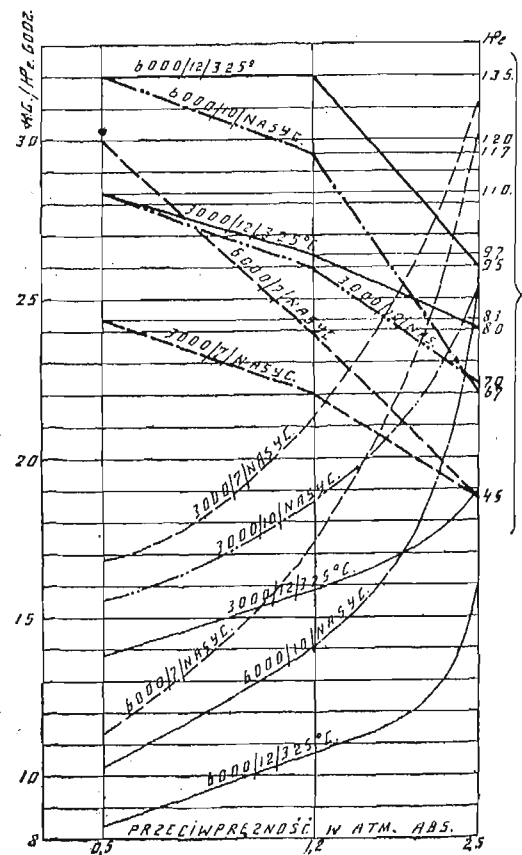


Rys. 9.

przez działanie sprężyny, przyciągającej mechanizm (patrz rys. 8). Oprócz tego jest nad wentylem dławiącym umieszczony przyrząd do zmiany ręcznie liczby obrotów turbiny w granicach  $\pm 5\%$ . Wentyl *V* można otwierać ręcznie w razie konieczności przeciążenia turbiny. Każdorazową liczbę obrotów pokazuje wskazówka *M*, uruchomiana mechanizmem od regulatora, a przesuwająca się nad nieruchomą skalą (patrz rys. 7).

Oprócz regulatora prędkości turbina posiada regulator bezpieczeństwa *Q*, dokładnie widoczny w prawym przekroju rys. 7; przy przekroczeniu normalnej liczby obrotów o 10%

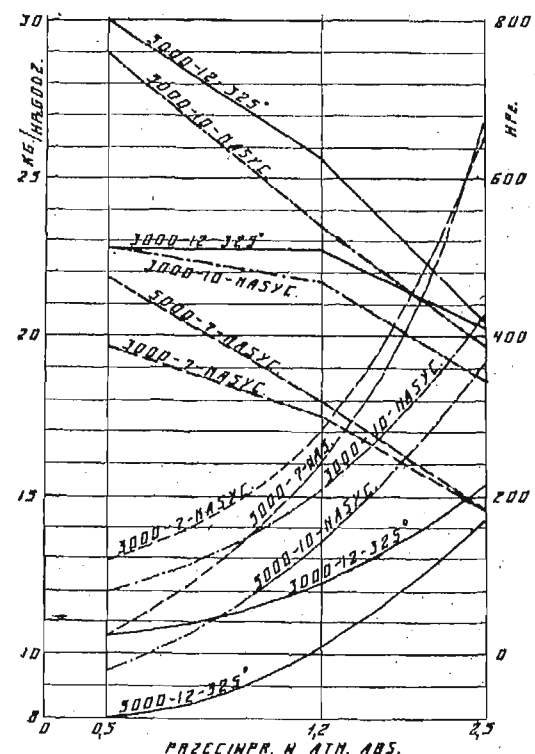
do 15% regulator ten zamyka całkowicie główny wentyl *B*. Przy przekroczeniu dopuszczalnej liczby obrotów ciężarek regulatora wychodzi bowiem ponad obwód wału turbinowego i wyłącza mechanizm wychwytowy, który podtrzymuje zapomocą kulek stalowych, znajdujących się w rurce *R*, swo-



Rys. 11.

rzeń *Z*. Skutkiem tego cofa się sworzeń *Z*, a wentyl *B* zostaje niezwłocznie zamknięty pod wpływem działania sprężyny, umieszczonej nad nim. Ten sam wynik można także osiągnąć przez naciśnięcie guzika *L*.

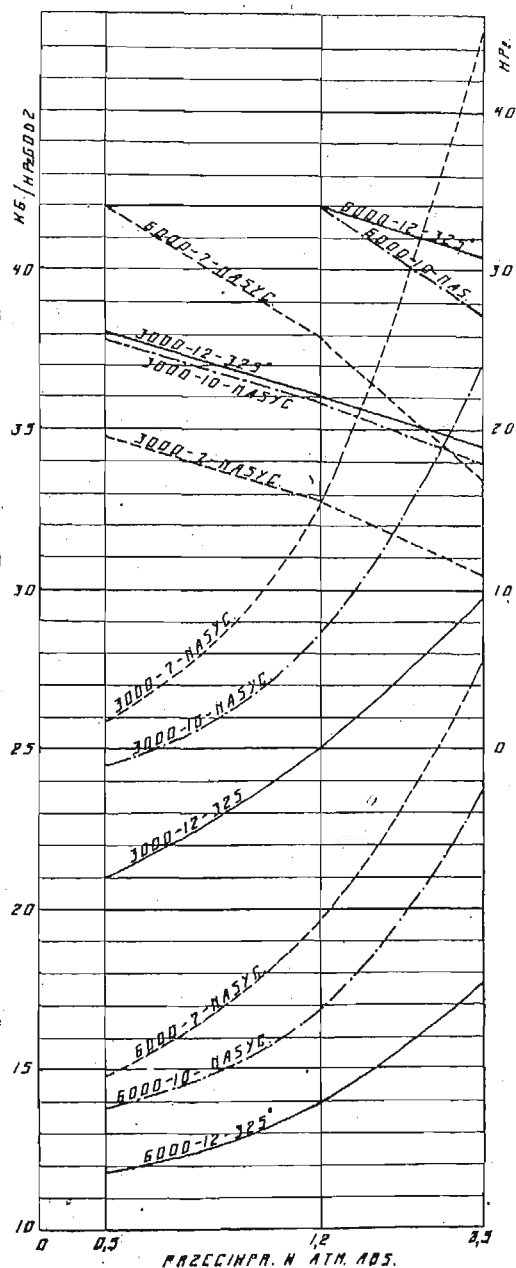
Zewnętrzny widok wirnika, osadzonego na wale, przedstawia rys. 9. Po lewej stronie koła widzimy wentylator,



Rys. 12.

przedtem wspomniany, oraz otwór przy końcu wału, w którym znajduje się regulator bezpieczeństwa. Wirnik jest wykonany ze stali Siemens—Martina, całkowicie obrobiony i dokładnie wyrównany. Łopatki wirnikowe są ze stali niklowej i umocowane we wpustkach, wytoczonych w koło

wirnikowem. Na zewnętrznym obwodzie wieńców łopatkowych znajdują się pierścienie, przynitowane do łopatek.



Rys. 10.

Pewien pogląd na zużycie pary przez turbiny A. 2 i A. 4 w kg na 1 KMe-godzinę i ich maksymalną moc w koniach mechanicznych dają rys. 10 i 11; — moc mechaniczna nie została oznaczona krzywami, tylko liniami prostymi, ponieważ posiadałem dane tylko co do mocy przy przeciwnościach 0,5, 1,2 i 2,5 atm. abs. W rysunkach tych oznacza: 3000 względnie 6000-liczbę obrotów na minutę, 7, 10, 12-ciśnien. pary admissyjnej w atm. nadciśn., nasyc. — parę suchą, 325° temperaturę pary dopływowej w stopniach Celsjusza.

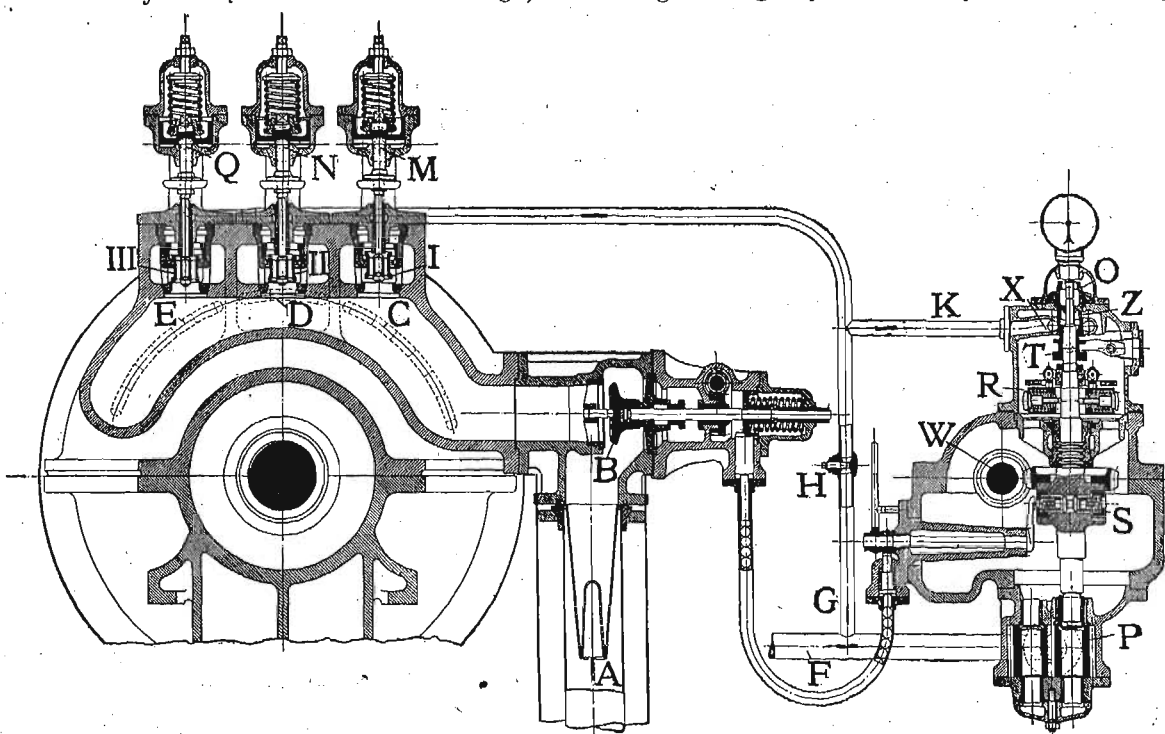
Porównyując krzywe zużycia pary w kg na KMe-godz. (rys. 10 i 11), widzimy, że typ mniejszy A. 2, pracuje przy

większej liczbie obrotów znacznie ekonomiczniej niż przy  $n = 3000$  obr. min.; — w typie 100 kilowattowym A. 4 wielkość liczby obrotów odgrywa trochę mniejszą rolę. Poszczególne krzywe zużycia pary nie przebiegają w obydwóch wypadkach równomiernie, co tłumaczyć można tem, że wirnik każdego typu posiada zawsze ten sam układ łopatek (więc jeden wirnik typu A. 2 i jeden typu A. 4), który oczywiście nie może być najodpowiedniejszy dla różnych ciśnień admissyjnych i różnych przeciwności, oraz różnych liczb obrotów.

Rys. 11 przedstawia przybliżone zużycie pary o ciśnieniu admissyjnym 12 atm. nadciśn. i temperaturze 325° C. przy zmniejszającym się obciążeniu dla typu A. 4. Poszczególne krzywe są podane dla liczby obrotów na minutę  $n = 6000$ ,  $n = 4500$  i  $n = 3000$  i dla przeciwności  $p_0 = 0,4$  atm. abs. (Vac),  $p_0 = 1,2$  atm. abs. i  $p_0 = 2,5$  atm. abs. Z porównania poszczególnych krzywych wynika, że przy zmniejszającym się obciążeniu zużycie pary wzrasta szybciej, jeśli liczba obrotów turbiny i przeciwność są większe. Na podstawie tych krzywych można, o ile tego dozwala maszyna napędzana, dobrać najodpowiedniejszą liczbę obrotów turbiny dla normalnych warunków pracy, a ewentualnie nawet wybrać dla turbiny najracjonalniejszą liczbę obrotów i zastosować przekładnię zębatą do uruchomienia maszyny napędzanej.

Typ A. 6 turbiny, która posiada moc maksymalną 600 kilowatt przy pracy parą o ciśnieniu 12 atm. nadciśn. oraz z próżnią i  $n = 5000$  obr./min., różni się od poprzednio opisanych typów zasadniczo tylko tem, że jest zaopatrzony w samoczynną regulację z serwomotorami, sterowanymi zmiennem ciśnieniem oliwy. Regulacja ta odbiega pod niejednym względem od dawniej używanej przez Brown Boveri'ego budowy. Dawniej stosowana była wyposażona w jeden główny wentyl regulujący, połączony z serwomotorem oliwnym, oraz w samoczynnie działające, a raptownie otwierające się wentyle dodatkowe, które dołączały lub wyłączały poszczególne dodatkowe dysze; — przy przeciążeniu turbiny należało otwierać ręcznie dalszy wentyl dodatkowy. Regulacja obecnie używana posiada zamiast jednego głównego wentyla regulującego kilka mniejszych wentyli regulujących, mianowicie przed każdą grupą dysz jeden wentyl, połączony trzonem z tłokiem jednego serwomotoru.

Działanie tej regulacji, używanej przez Brown Boveri'ego także w wielkich turbinach kombinowanych, można najlepiej wytłumaczyć na podstawie rys. 13. 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 trzonami po



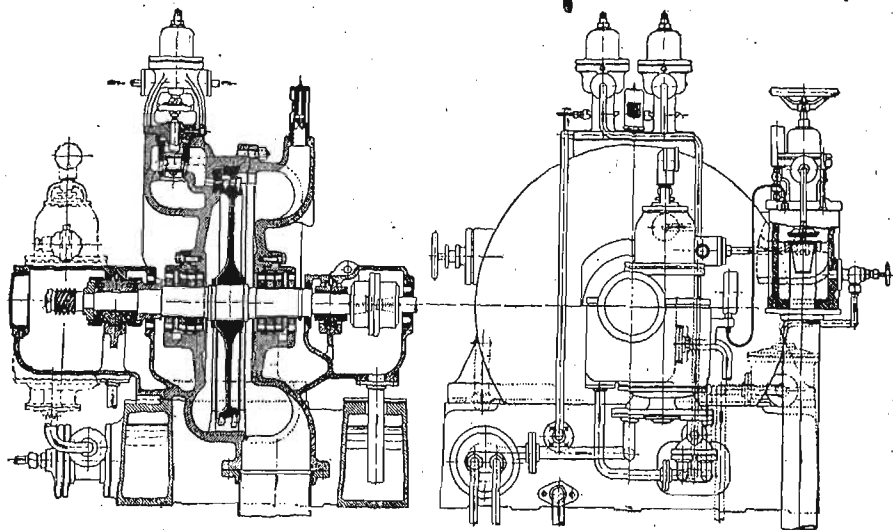
Rys. 13.

łączone z tłokami serwomotorów, sterowanymi zmiennem ciśnieniem oliwy, w zależności od położenia odśrodkowego regulatura sprężynowego *R*.

Walek regulatora *R*, uruchomiany 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 zapomocą wentyla *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 odchodzi do zbiornika. Ilość oliwy, przepływająca przez rurę *K*, zależy od każdorazowego położenia pochwy regulatora *T*, która steruje wielkością otworu w kanałach *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 *L* ciśnienie oliwy, z którym ona dopływa pod tłoki serwomotorów w miejscach *M*, *N* i *Q*. Przy zmniejszającej się liczbie obrotów regulacja działa odwrotnie. Odpływ oliwy z serwomotorów, smarującej zarazem mechanizm stawidłowy, znajduje się po drugiej stronie cylindrów.

Pod wpływem ciśnienia oliwy, panującego w rurze *L*, wentyle regulacyjne *I*, *II* i *III* otwierają się kolejno przy zwiększającym się obciążeniu (po całkowitem otwarciu wentyla *I* zaczyna otwierać się 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 nad poszczególnymi tłokami serwomotorów są ułożone sprężyny o różnej sile. Jest to więc regulacja kombinowana, jakościowo-ilościowa, która daje dobre wyniki praktyczne. Przy *S* znajduje się regulator bezpieczeństwa, działający tak samo jak w 100 kW turbinie.

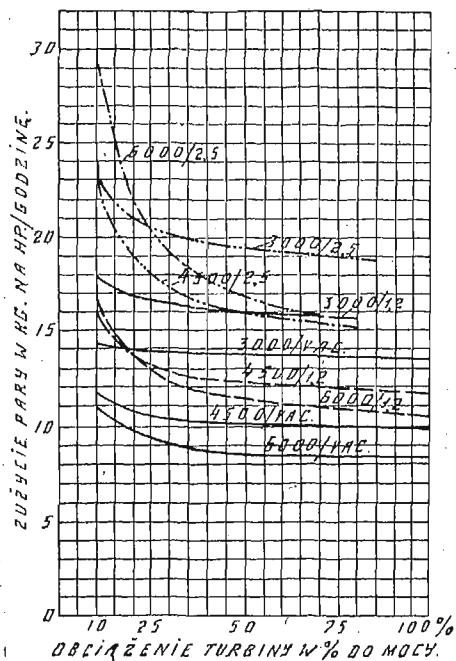
Całość typu A. 6, posiadającego dwa wentyle regula-



Rys. 14.

cyjne, widzimy na rys. 14. Konstrukcyjne różnice tej turbiny w porównaniu z typem A. 4 są następujące: osłona turbinowa jest dzielona w osi poziomej, górna jej część także w osi prostopadłej, a korpusy łożysk są przyłane do dolnej części osłony; — odpływ pary odbywa się w kierunku dolnym, —

panwie łożysk są smarowane oliwą, stojącą pod ciśnieniem (lewe łoże jest również łożem stopowem), — płyta fundamentowa, na której spoczywa turbina, służy zarazem za zbiornik oliwy, zaopatrzony w urządzenie do jej chłodzenia.



Rys. 15.

Turbina typu A. 6 posiada oprócz tego dodatkową pompkę do oliwy, napędzaną małą turbinką parową. Urządzenie to działa przy uruchamianiu turbiny, aby zaopatrzyć mechanizm stawidłowy i panwie łożysk w oliwę o potrzebnym ciśnieniu, a zostaje odstawione po osiągnięciu przez turbinę normalnej liczby obrotów.

Turbiny wielkości A. 6 nadają się w szczególności do pracy z większą przeciwnością pary, używanej do celów fabrykacyjnych, zwłaszcza że z powodu posiadania serwomotoru, oliwnego można z łatwością zastosować regulator ciśnienia, który nastawia stałą przeciwność wyłotową.

Rys. 15 przedstawia dla turbin parowych typu A. 6 zużycie pary o ciśnieniu admissyjnym 7, 10 i 12 atm. nadejściu w kg na 1 KMe-godzinę przy  $n = 3000$  i  $n = 5000$  obr./min. i zwiększającym się przeciwności pary, oraz mocy silnika przy przeciwnościach 0,5, 1,2 i 2,5 atm. abs. Również tutaj widzimy (patrz rys. 14 i 15), że przy zwiększającej się przeciwności, a małym ciśnieniu admissyjnym, stosowanie zbyt dużej liczby obrotów nie przynosi korzyści.

W ogólności spotrzebowanie pary przez tę jednostopniową turbinę nie może być małe; — można jej więc z powodzeniem używać w wypadkach, na wstępie niniejszego referatu podanych, natomiast w razie potrzeby uzyskania małego zużycia pary trzeba zastosować w turbinach o średniej mocy system wielostopniowy.

## KSZTAŁCENIE NAUCZYCIELI FIZYKI W POLITECHNIKACH<sup>1)</sup>.

Podał Dr. Wacław Werner

Uniwersytety, które niegdyś stanowiły jedyny typ szkoły wyższej, z biegiem czasu uległy zróżniczkowaniu; najpierw na wydziały we własnym łonie, później — drogą wydzielania innych typów szkół, mających na celu wyższe kształcenie zawodowe. Ale taki podział zakładów wyższych na czysto naukowe i zawodowe nie mógł się ostać w życiu w całej czystości; uniwersytety będą zmuszone uwzględnić w coraz większej mierze kształcenie przyszłych zawodowców, inne zakłady wyższe, szczególnie politechniki, pielęgnować

wiedzę czystą. W istocie, lwia część studentów uniwersytetu — to przyszli zawodowcy: lekarze, prawnicy, kapłani; nawet wydziały filozoficzne, w których schroniła się czysta nauka, w małej tylko liczbie kształcą przyszłych badaczy, a stały się w znacznym stopniu szkołą zawodowców — nauczycieli.

<sup>1)</sup> Streszczenie referatu, wygłoszonego d. 1 maja r. b. w Oddz. Warsz. Polskiego T-wa Fizycznego i d. 27 maja w Warsz. T-wie Politechnicznym.