

URZĄD PATENTOWY

F 02 c 3/04



RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ OPIS PATENTOWY

Nr 20294.

Kl. 46 f, ^{3/04}~~3/70~~

Aktiebolaget Milo
(Stockholm, Szwecja).

Układ zespołu turbin spalinowych.

Zgłoszono 5 marca 1931 r.
Udzielono 28 czerwca 1934 r.
Pierwszeństwo: 24 marca 1930 r. (Niemcy).

Znane są turbiny spalinowe, w których czynnik pędny stanowią spaliny, otrzymywane np. przez spalanie paliwa w strumieniu sprężonego powietrza, ogrzanego do pewnej temperatury. Gorący strumień gazu oddaje podczas przepływu przez układ łopatek turbinowych swą energię dzięki rozprężaniu i spadkowi temperatury gazów w sposób mniej więcej podobny, jak para w turbinach parowych.

Powietrze spalania w takich turbinach spalinowych jest naogół sprężane do żądanej prężności w oddzielnym od turbiny spalinowej zespole, składającym się z odrębnego silnika napędowego i powietrznej sprężarki tłokowej lub podobnej sprężarki.

W pewnych przypadkach turbina spalinowa, z której pobierana jest część wytworzonej mocy przez maszyny odbiorcze, napędza również bezpośrednio lub pośrednio wspomniane wyżej urządzenie do sprężania powietrza, np. sprężarkę powietrzną. Znane są również zespoły turbin spalinowych, które składają się z turbin, osadzonych w oddzielnych osłonach, przyczem jedna lub kilka turbin spalinowych, dostarczających moc użyteczną oraz jedna lub kilka turbin spalinowych, napędzających jedną lub kilka sprężarek, połączone są ze sobą pod względem zasilania czynnikiem pędym i osadzone na oddzielnych wałach.

Taki zespół turbin spalinowych nie był w stanie zapewnić najwyższej sprawności przy zmiennym obciążeniu. Całkowita moc, wytwarzana przez zespół, a zwłaszcza przy obciążeniach różnych od obciążenia, na jakie zespół obliczono, zostaje częstokroć całkowicie zużyta na napęd przynależnej do zespołu sprężarki.

Wynalazek niniejszy dotyczy podobnych zespołów i ma na celu zapewnienie w tego rodzaju zespołach turbin spalinowych wyższej sprawności przy zmiennych obciążeniach, t. j. zarówno przy normalnym obciążeniu, na jakie zespół został obliczony, jak i przy obciążeniach innych.

Wynalazek dotyczy zatem zespołu turbin spalinowych, zawierającego jedną lub kilka turbin spalinowych, napędzających kilka sprężarek, osadzonych w oddzielnych osłonach, oraz jedną lub kilka turbin spalinowych, napędzających jedną lub kilka maszyn odbiorczych, przyczem turbina lub turbiny, napędzające sprężarki, są mechanicznie niezależne od turbiny lub turbin, napędzających wzmiankowane powyżej maszyny odbiorcze, niskoprężną zaś sprężarkę zespołu napędza turbina spalinowa, pracująca przy najniższym ciśnieniu, w celu umożliwienia przeprowadzenia samoczynnej regulacji szybkości turbiny lub turbin, napędzających tę sprężarkę, stosownie do tego, jaka ilość i prężność powietrza są wymagane.

Na rysunku przedstawiono w kilku odmianach przedmiot wykonania wynalazku. Fig. 1 przedstawia częściowo w przekroju podłużnym, a częściowo w widoku układ zespołu turbin spalinowych w postaci przeciwbieżnych turbin promieniowych, fig. 2 do 6 — pięć odmian zespołów turbin spalinowych, w których każdy zespół sprężarkowy zawiera po jednej przeciwbieżnej turbinie promieniowej oraz turbinę odmiennego rodzaju, a część zespołu, dostarczającego moc użyteczną do maszyn odbiorczych, przeciwbieżną turbinę promieniową, fig. 7

do 9 — dalsze trzy odmiany zespołów turbin spalinowych, w których odnośne części zespołu zawierają jednoobrotowe turbiny osiowe lub promieniowe i wreszcie fig. 10 do 12 przedstawiają trzy wykresy krzywych, charakteryzujących przebieg skutków użytecznych trzech rodzajów turbin spalinowych.

Wały turbinowe 2 i 3 (fig. 1) przeciwbieżnej turbiny promieniowej 1 znanego typu obracają się w przeciwnych kierunkach i dźwigają przynależne do turbiny wirniki, napędzające każdy z osobna oddzielną sprężarkę 4 oraz 5 znanego rodzaju. Sprężarki te połączone są szeregowo, przyczem sprężarka 4, osadzona na wale 3, jest sprężarką niskoprężną, a sprężarka 5 — wysokoprężną. Powietrze dopływa przewodem 6 i podąża w kierunku strzałki przez szereg wieńców łopatkowych, w których nabiera szybkości, przetwarzanej w odnośnych stopniach sprężarki na ciśnienie statyczne. W sprężarce zastosowano urządzenie chłodnicze 7, które odprowadza ciepło sprężania. Urządzenie to może się składać z ogniw, ułożonych obok siebie, np. ze spłaszczonych rur, zaopatrzonych w kołnierze, przyczem powietrze opływa zewnętrzną powierzchnię rur, a czynnik chłodzący, np. woda, przepływa przez ich wnętrza.

Częściowo sprężone powietrze dopływa przewodem 8 z niskoprężnej sprężarki 4 do wysokoprężnej sprężarki 5. Sprężone ostatecznie powietrze przepływa przewodem 9 z wysokoprężnej sprężarki 5 do turbin 1 i 16, połączonych równolegle pod względem dopływu gazu, wobec czego turbiny te można zasilać czynnikiem pędym o tym samym ciśnieniu i zawartości cieplnej. W turbinie 1 gaz płynie przez układ łopatkowy od środka 10 turbiny ku przewodowi wylotowemu 12. Przewód 9 jest zaopatrzony w urządzenie 13 do podgrzewania sprężonego powietrza. Urządzenie to składa się w tej odmianie wykonania z rurki 15, przez którą dopływa np. płynne paliwo, przy-

czem rurka 15 sięga do wnętrza przewodu 9 w punkcie 14 urządzenia 13. Podczas spalania paliwa w sprężonym powietrzu to ostatnie zostaje podgrzane przy jednoczesnym spalaniu zawartego w nim tlenu lub tylko pewnej jego części. Do turbiny 1 czynnik pędny dopływa przewodami 31 i 32, a do turbiny 16, wytwarzającej moc użyteczną, czynnik pędny dopływa przewodami 33 i 34 do środka 17 i płynie w sposób znany w kierunku promieniowym przez układ łopatek, poczem zostaje odprowadzony z zewnętrznej przestrzeni wylotowej turbiny wylotowym przewodem 18 nazewnątrz. Podczas przepływu gazów przez układ łopatek turbiny 16 wały 19 i 20 tej turbiny zostają wprowadzone w ruch obrotowy w przeciwnych kierunkach. Wał 19 napędza generator elektryczny 21 (przedstawiony na rysunku w przekroju), a wał 20 napędza inny generator elektryczny (w którym uwidoczniło tylko stojan). Ponieważ najlepiej jest, gdy generatory elektryczne są synchronicznymi prądnicami prądu zmiennego, zatem zespół, wytwarzający moc użyteczną, posiada niezmienną liczbę obrotów przy wszystkich obciążeniach. Ponieważ sprężarki 4 i 5 mogą obracać się z różną szybkością, a mianowicie z taką szybkością, jakiej wymaga proces sprężania, więc są osadzone w odrębnym zespole sprężarkowym, wskutek czego szybkości sprężarek 4 i 5 mogą się zmieniać niezależnie od szybkości zespołu turbinowego 16, wytwarzającego moc użyteczną, a mianowicie w zależności od ilości powietrza, potrzebnej przy danych warunkach obciążenia.

Na fig. 2 przedstawiono postać wykonania zespołu turbinowego, w którym poszczególne części zespołu (a mianowicie część sprężarkowa i część, wytwarzająca moc użyteczną) składają się z jednej promieniowej jednobieżnej turbiny i dwóch przeciwbieżnych turbin promieniowych. Przeciwbieżna turbina promieniowa 6 typu opisa-

nego powyżej napędza dwie sprężarki 4 i 5, a druga, również przeciwbieżna turbina promieniowa 16 o podobnym ustroju, napędza dwa generatory elektryczne 21 i 22, natomiast jednobieżna turbina promieniowa 25 napędza wysokoprężną sprężarkę 24 i należy do układu sprężarkowego. Poddawane sprężaniu powietrze dopływa, jak i poprzednio, przewodem 6' do niskoprężnej sprężarki 4 i odpływa z niej przewodem 8 do średnioprężnej sprężarki 5. Sprężone powietrze dopływa przewodem 9 do wysokoprężnej sprężarki 24, a stamtąd przewodem 27 do komory spalania 13, w której powietrze nagrzewa się i zasila turbinę wysokoprężną 25. Spaliny wylotowe, wypływające z wysokoprężnej turbiny 25, są skierowywane przewodem 39 do średnioprężnej turbiny 16, a stamtąd przewodem 12 do niskoprężnej turbiny 6. W ten sposób wszystkie turbiny tego zespołu są połączone szeregowo, podobnie jak i sprężarki.

Także i w tym przypadku liczba obrotów poszczególnych części układu sprężarkowego może być zmienna i niezależna od szybkości innych części układu, a w szczególności od liczby obrotów zespołu prądnic, wskutek czego ogólna energia, zawarta w czynniku pędym po opuszczeniu urządzenia podgrzewającego 13, rozkłada się na poszczególne turbiny tak, iż część całkowitej mocy, wytworzonej przez wszystkie turbiny, a przypadająca na sprężarki, zachowuje prawidłowy stosunek względem mocy użytecznej, wskutek czego sprężarki mogą dostarczać ilość powietrza, dostosowaną ściśle do chwilowego obciążenia tej części zespołu, która wytwarza moc użyteczną.

Na fig. 3 przedstawiono dalszą odmianę wykonania układu zespołu turbinowego, w którym dwie części zespołu zawierają po jednej przeciwbieżnej turbinie promieniowej, a jedna trzecia część zespołu — jednobieżną turbinę promieniową. W tym przypadku wysokoprężna turbina 25 sprężnie-

ta jest, podobnie jak poprzednio, z wysokopięzną sprężarką 24, z której czynnik napędowy odpływa do turbiny 25 przewodem 27. W układzie tym liczba 13 również oznacza urządzenie do podgrzewania powietrza. W celu podgrzania powietrza, np. przez spalanie wewnętrzne, można wprowadzić do powietrza paliwo przewodem 40, wskutek czego otrzymuje się mieszaninę gazową. Otwór wylotowy wysokopięznej turbiny 25 jest połączony przewodem 39 ze średniopięzną turbiną 41. Turbina ta jest bezpośrednio sprzęgnięta z prądnicą 21, napędzaną ponadto wirnikiem turbiny 16, której inny wirnik napędza prądnicę 22. Średniopięzna turbina 16 otrzymuje czynnik napędowy z turbiny 41 przez przewód 42. Przewodem wylotowym 43 turbiny 16 czynnik pędny przepływa do niskopięznej turbiny 1, sprzęgniętej bezpośrednio ze sprężarkami 4 i 5. Sprężarka 4 jest niskopięzna i pobiera powietrze z atmosfery zapomocą przewodu dopływowego 6. Powietrze ze sprężarki 4 przepływa przewodem 8 do średniopięznej sprężarki 5, w której zostaje dodatkowo sprężone, poczem przewodem 9 odpływa do wysokopięznej sprężarki 24.

Powietrze, zasane do sprężarki 4 przez przewód 6, przepływa następnie przez cały układ zespołu w kierunku, zaznaczonym na rysunku strzałkami, ulegając na swej drodze podczas przepływu przez sprężarki stopniowemu sprężaniu, a następnie, podczas przepływu przez turbiny, stopniowemu rozprężeniu przy jednoczesnym oddawaniu ciepła, aż wreszcie zostaje odprowadzone do przewodu wylotowego 44 niskopięznej turbiny 1.

W dalszej odmianie wykonania według fig. 4 turbina 50 jest wykonana jako wysokopięzna. Turbina ta napędza bezpośrednio prądnicę 22, osadzoną na tym samym wale, co i jeden z wirników turbiny 16. Drugi wał turbiny 16 napędza drugą prądnicę 21, której wał sprzęgnięty jest bezpośrednio z wałem średniopięznej turbiny 51.

Wysokopięzna turbina 50, pobierająca podgrzane w urządzeniu ogrzewczym 13 sprężone powietrze z przewodu 52, dostarcza następnie tenże czynnik pędny przewodem 54 do turbiny 51. Z turbiny 51 czynnik pędny odpływa przewodami 55 oraz 56 zarówno do turbiny 16, jak i do turbiny 57. Z niskopięznej turbiny 16 czynnik pędny po wykonaniu pracy i spadku jego prędkości i temperatury odpływa nazewnątrz przewodem 18. Turbina 57, napędzająca wysokopięzną sprężarkę 24, zużytkowuje tylko pewną część rozporządzalnego spadku ciśnienia, tak że czynnik pędny, odprowadzany przewodem 58 do niskopięznej turbiny 1, posiada jeszcze dostateczny zasób energii do napędu turbiny 1, sprzęgniętej bezpośrednio z niskopięzną sprężarką 4 i średniopięzną sprężarką 5. Powietrze z atmosfery dopływa do niskopięznej sprężarki 4 przewodem 6, a przewodem 8 odpływa do średniopięznej sprężarki 5, poczem przewodem 9 przepływa do wysokopięznej sprężarki 24, skąd zostaje pobierane jako czynnik pędny do napędu całego zespołu. Ostatecznie sprężone powietrze odpływa z wysokopięznej sprężarki 24 przewodem 59 do urządzenia ogrzewczego 13, a stamtąd do opisanego już powyżej układu turbin.

Na fig. 5 przedstawiono odmianę układu z dwiema przeciwbieżnymi turbinami promieniowymi, z których turbina 1 należy do zespołu sprężarkowego, a turbina 16 do części zespołu, dostarczającego moc użyteczną. W tym przypadku część zespołu, wytwarzająca moc użyteczną, posiada również część wysokopięzną 60, która otrzymuje przewodem 61 sprężone powietrze, podgrzane w urządzeniu ogrzewczym 13. Od wysokopięznej turbiny 60 przewód wylotowy rozgałęzia się na dwie części, w których jedna część, a mianowicie przewód 62, doprowadza czynnik napędowy do niskopięznej przeciwbieżnej turbiny spalinowej 16. Prądnica elektryczna 21 jest zatem na-

pędzana przez wysokoprężną turbinę 60 oraz przez jeden wirnik niskoprężnej turbiny 16. Drugi wirnik tej turbiny 16 napędza prądnicę 22. Drugi przewód wylotowy 63, odgałęziony od wysokoprężnej turbiny 60, odprowadza z niej czynnik pędny do średnioprężnej turbiny 64. Wał turbiny 64 jest bezpośrednio sprzęgnięty z wałem wysokoprężnej sprężarki 24, czynnik zaś pędny z tej turbiny przepływa przez przewód 65 do niskoprężnej turbiny 1, której wały sprzęgnięte są bezpośrednio z wałami sprężarki niskoprężnej 4 i średnioprężnej 5.

W tym przypadku sprężane powietrze przepływa przez sprężarki w kierunku, zaznaczonym strzałkami, w sposób opisany powyżej.

W odmianie układu według fig. 6 wysokoprężna sprężarka 24 jest bezpośrednio sprzęgnięta z wysokoprężną turbiną 70. Turbina ta otrzymuje ogrzane powietrze w postaci mieszaniny spalin i sprężonego powietrza przez przewód 71, a z turbiny 70, czynnik pędny odpływa przewodem 72 zarówno do turbiny 16, jak i do turbiny 1. W tym przypadku obydwie przeciwbieżne turbiny promieniowe pracują jako niskoprężne, przyczem turbina 1 jest sprzęgnięta ze sprężarką niskoprężną 4 i średnioprężną 5, przez które przepływa sprężane powietrze w sposób opisany wyżej.

We wszystkich odmianach wykonania obydwie części zespołu, a więc zarówno sprężarkowa, jak i wytwarzająca moc użyteczną, zawierają przeciwbieżne turbiny promieniowe znanego skądinąd rodzaju, np. turbiny systemu Ljungströma. W pewnych odmianach jedna lub obie części zespołu mogą zawierać również turbiny jednobieżne, najlepiej promieniowe. W pewnych odmianach wykonania turbiny te napędzają wysokoprężne sprężarki, w innych zaś średniobieżne turbiny dostarczają moc użyteczną, natomiast niskoprężne turbiny należą do zespołu sprężarkowego, a wówczas są

sprzęgnięte z niskoprężnymi sprężarkami.

Na fig. 7 przedstawiony jest układ zespołu, zawierający jednobieżne turbiny. Wysokoprężna turbina 90 jest bezpośrednio sprzęgnięta z wysokoprężną sprężarką 91, z której sprężone powietrze odpływa przewodem 92 do urządzenia ogrzewczego 93, gdzie zostaje podgrzane. Otwór wylotowy turbiny wysokoprężnej jest połączony przewodem 94 z otworem wlotowym średnioprężnej turbiny 95, której wał jest bezpośrednio sprzężony z wałem prądnicy elektrycznej 96. Ze średnioprężnej turbiny 95 czynnik pędny płynie przewodem 97 do innej średnioprężnej turbiny 98, pędzącej średnioprężną sprężarkę 110. Wylotowy przewód 100 turbiny 98 rozgałęzia się na dwa przewody 101 i 102, prowadzące odpowiednio do turbin 103 i 104, będących turbinami niskoprężnymi, połączonymi równolegle. Spaliny wylotowe odpływają z tych turbin przez przewód 105 względnie 106. Powietrze dopływa z atmosfery przewodem 107, przepływając przez niskoprężną sprężarkę 108, którą napędza niskoprężna turbina 103. Z tej sprężarki powietrze dopływa przewodem 109 do średnioprężnej sprężarki 110. Z tej znowu sprężarki powietrze zostaje odprowadzone przewodem 111 do wysokoprężnej sprężarki 91. Podobnie jak wał turbiny 95, wał turbiny 104 sprzęgnięty jest bezpośrednio z wałem, który dzwiga twornik prądnicy 96. Turbiny 90, 98 i 103 wraz ze sprężarkami 91, 110 i 108 należą więc do tej części zespołu, którą nazywano powyżej zespołem sprężarkowym, natomiast pozostałe części zespołu, to jest wysokoprężna turbina 95 i niskoprężna 104, jak również pędzona przez nią prądnica elektryczna 96, należą do części zespołu, wytwarzającej moc użyteczną. Tym sposobem obydwie niskoprężne turbiny są połączone równolegle, przyczem jedna z nich jest bezpośrednio sprzęgnięta z niskoprężną sprężarką.

Na fig. 8 przedstawiono inną odmianę wykonania układu zespołu, podobnego do układu według fig. 7, w którym jednakże część zespołu, wytwarzająca moc użyteczną, składa się z czterech turbin i dwóch elektrycznych prądnic. W tym przypadku wysokoprężna turbina 90 jest również bezpośrednio sprzęgnięta z wysokoprężną sprężarką 91. Czynnik pędny, doprowadzany do wysokoprężnej turbiny 91, przewodem 92, zostaje uprzednio podgrzany w urządzeniu ogrzewczym 93. Czynnik ten odpływa z wysokoprężnej turbiny 90 przewodem 94 do średnioprężnej turbiny 95, której wał jest bezpośrednio sprzęgnięty z wałem pędzonej przez nią maszyny elektrycznej 96. W przewodzie 94 umieszczone jest wtórne urządzenie ogrzewcze 112 do podgrzewania mieszaniny powietrza i spalin, wskutek czego czynnik pędny doprowadzony do turbiny 95, posiada tę samą temperaturę, co i czynnik pędny doprowadzony do wysokoprężnej turbiny 90. Oczywiście, ciśnienie w przewodzie dolotowym turbiny 95 jest niższe, niż w przewodzie dolotowym turbiny 90. Z turbiny 95 czynnik pędny odpływa przewodem 113 do turbiny 104, której wał jest bezpośrednio sprzęgnięty z wałem prądnicy 96, napędzanej w ten sposób przez dwie połączone szeregowo turbiny. W przewodzie 113 jest również umieszczone wtórne urządzenie ogrzewcze 114, wskutek czego turbina 104 pracuje w przybliżeniu przy tej samej temperaturze, co i wyżej opisane, poprzedzające ją turbiny tej części zespołu.

W podobny sposób zostaje podgrzany czynnik pędny, płynący przewodem 115 z turbiny 104 do turbiny 116, zapomocą urządzenia ogrzewczego 117, umieszczonego na drodze przewodu 115. Turbina 116 napędza bezpośrednio z nią sprzęgniętą sprężarkę 110. Czynnik pędny z turbiny 116 dopływa przewodem 118 do turbiny 119, która stanowi średnioprężną turbinę układu. Turbina ta również otrzymuje czynnik pędny o tej samej w przybliżeniu temperatu-

rze, co i pozostałe turbiny, dzięki wtórnemu urządzeniu ogrzewczemu 120, umieszczonemu w przewodzie 118. Wał turbiny 119 jest bezpośrednio sprzęgnięty z wałem pędzonej przez nią prądnicy 120a. Czynnik pędny z turbiny 119 dopływa do niskoprężnych turbin 124 i 125 przez odgałęzienia 122 i 123 przewodu 121. Turbiny te pracują więc równolegle jako turbiny niskoprężne, otrzymując czynnik pędny niepodgrzany po opuszczeniu poprzedzających je turbin. Czynnik pędny odpływa z turbin 124 i 125 przewodami 126 i 127 do regeneratora 128 znanej budowy, w którym zawarte jeszcze w czynniku tym ciepło zostaje pobrane przez powietrze, doprowadzane do sprężarek i przeznaczone do napędu turbin zespołu. Niskoprężna sprężarka 108, napędzana przez turbinę 125, otrzymuje powietrze z przewodu wlotowego 105. Pomiedzy niskoprężną sprężarką 108 a średnioprężną 110 włączony jest przewód 109, przez który przepływa powietrze. Wreszcie przewód 111 odprowadza sprężone wstępnie powietrze ze średnioprężnej sprężarki 110 do wysokoprężnej sprężarki 91, skąd powietrze sprężone ostatecznie odpływa przewodem 129 poprzez regenerator 128, w którym zostaje dodatkowo podgrzane. Regenerator 128 jest połączony przewodem 130 z urządzeniem ogrzewczym 93. Regenerator 128 może posiadać dowolną postać wykonania, podobną do znanych podgrzewaczy powietrza, stosowanych do innych celów. W tej odmianie wykonania wynalazku wszystkie turbiny, z wyjątkiem niskoprężnych turbin 124, 125, pracują przy jednakowej temperaturze czynnika pędnego. Tym sposobem w każdej turbinie tego układu wyżytkuje się większy spadek temperatury, niż w poprzednio opisanych odmianach wykonania, przyczem równocześnie wewnętrzne spalanie w podgrzewaczach odbywa się przy dużym nadmiarze powietrza. Dzięki temu wobec wysokich ciśnień otrzymuje się możliwość lepszego wyzyskania energii, za-

wartej w sprężonym powietrzu, a zatem istnieje możliwość uzyskania większej mocy użytecznej w porównaniu do mocy, zużytej na sprężanie powietrza.

Na fig. 9 jest przedstawiona odmiana układu zespołu, w której zespół sprężarkowy składa się z podwójnie napędzanych sprężarek. Część zespołu, dostarczająca moc użyteczną, zawiera dwie prądnice, napędzane w wyżej opisany sposób turbinami, umieszczonymi po obydwu końcach wału. Wysokoprężna sprężarka 135 jest bezpośrednio sprzęgnięta z dwiema turbinami 136 i 99. W tym przypadku turbina 136 pracuje jako turbina wysokoprężna, powietrze zaś otrzymuje ze sprężarki wysokoprężnej przez przewód 137, podgrzane uprzednio w przyrządzie ogrzewczym 138. W tym przyrządzie ogrzewczym ogrzewanie powietrza odbywa się dzięki spalaniu wewnętrznemu paliwa w powietrzu przy równoczesnym doprowadzaniu wody do powietrza. Spalanie odbywa się zatem bez większego nadmiaru powietrza. Wodę dodaje się z tego względu, aby można było wprowadzić do czynnika napędowego dużą ilość ciepła bez znacznego podniesienia temperatury do wartości szkodliwej dla turbin. Ta zwiększona ilość ciepła zostaje pobrana przez wodę, która w postaci pary o wysokiej prężności przepływa przez poszczególne turbiny. Czynnik pędny odpływa z turbiny 136 przewodem 139 do turbiny 99, która może spełniać zadanie części turbiny wysokoprężnej lub też odrębnej turbiny średnioprężnej. W urządzeniu ogrzewczym 140 czynnik napędowy zostaje ponownie podgrzany, przyczem powietrze spalania dopływa przewodem 141 z wysokoprężnej sprężarki 135. Najlepiej, jeśli przez przewód 141 doprowadza się w przybliżeniu taką ilość powietrza, jaka jest potrzebna tylko do podtrzymania spalania paliwa, a tem samem podgrzewanie również odbywa się bez większego nadmiaru powietrza. Czynnik pędny z turbiny 99 dopływa przewodem 142 do następnego urządzenia

ogrzewczego 143, w którym podgrzewanie odbywa się w sposób wyżej opisany, tak samo przy dopływie powietrza z przewodu 144, a mianowicie z miejsca, znajdującego się pomiędzy średnioprężną sprężarką 145 a wysokoprężną 135, najlepiej przez odgałęzienie przewodu 146, doprowadzającego powietrze ze średnioprężnej sprężarki 145 do sprężarki wysokoprężnej 135. Tym sposobem ponownie ogrzany czynnik pędny zostaje odprowadzony przewodem 147 do turbiny 148, której wirniki są osadzone na wspólnym wale z prądnicą elektryczną 149. Czynnik pędny po oddaniu energii w turbinie 148 przepływa z kolei przewodem 150 do turbiny 152 po uprzednim podgrzaniu go w urządzeniu ogrzewczym 151. W urządzeniu 151 powietrze jest podgrzewane również zapomocą wewnętrznego spalania paliwa przy dopływie świeżego powietrza przez przewód 153 z tego miejsca średnioprężnej sprężarki 145, które odpowiada warunkom ciśnienia we wtórnym przyrządzie ogrzewczym 151.

Wirniki turbiny 152 są osadzone na tym samym wale, co i twornik prądnicy 149, napędzając ten wał wspólnie z turbiną 148. Z turbiny 152 czynnik pędny płynie przewodem 154 do turbiny 155. W tym przypadku również stosuje się wtórne podgrzewanie czynnika pędnego w urządzeniu 156, do którego doprowadza się powietrze spalania przewodem 157 z tego miejsca średnioprężnej sprężarki 145, w którym panuje odpowiednia prężność.

Wirniki turbiny 155 są osadzone na tym samym wale, co i wirniki średnioprężnej sprężarki 145. Po opuszczeniu turbiny 155 czynnik pędny dopływa przewodem 158 do turbiny 159, osadzonej na tymże wale, co i średnioprężna sprężarka 145. W tym przypadku czynnik pędny podlega podobnież ponownemu podgrzaniu w urządzeniu ogrzewczym 160, do którego przewodem 161 dopływa świeże powietrze, w celu podtrzymania spalania paliwa. Powietrze to zostaje

pobrane z przewodu 162, łączącego niskoprężną sprężarkę 163 ze średnioprężną sprężarką 145, w którym to przewodzie panuje odpowiednie ciśnienie.

Czynnik pędny z turbiny 159 odpływa przewodem 164 do turbin niskoprężnych, połączonych względem siebie równolegle, licząc w kierunku przepływu strumienia czynnika. Przewodem 165 dopływa czynnik pędny bez wtórnego podgrzania do turbiny 166, skąd płynie dalej przewodem 167 do turbiny 168. Obie te turbiny, pracujące jako jedna niskoprężna turbina, napędzają wspólnie niskoprężną sprężarkę 163, do której przewodem 169 dopływa świeże powietrze z atmosfery.

W innym odgałęzieniu 170 przewodu wylotowego 164 turbiny 159 czynnik pędny płynie bez wtórnego podgrzania do turbiny 171, skąd zostaje odprowadzony przewodem 172 do turbiny 173. Turbiny te również stanowią jedną niskoprężną turbinę, podzieloną na dwie części, przyczem obie te turbiny są sprzęgnięte bezpośrednio z prądnicą 174.

Z powyższego wynika, że w dwóch opisanych ostatnio odmianach wykonania czynnika pędny przed doprowadzeniem do turbin, z wyjątkiem turbin niskoprężnych, ulega ponownemu podgrzaniu. Turbiny niskoprężne napędzają w tym przypadku z jednej strony sprężarkę niskoprężną, a z drugiej — prądnicę elektryczną. Podgrzewanie czynnika pędnego przed turbinami wysokoprężnymi odbywa się, jak wspomniano, bez nadmiaru powietrza, natomiast przy dodaniu wody do powietrza, do niektórych zaś turbin doprowadza się w przybliżeniu tylko tyle powietrza, ile niezbędne jest do spalania doprowadzanego paliwa, w poszczególnych miejscach, w których odbywa się jego podgrzewanie.

We wszystkich opisanych wyżej odmianach wykonania, przewody dolotowe i odlotowe turbin spalinowych, należących do zespołu, mogą być łączone między sobą, li-

cząc w kierunku przepływu strumienia czynnika napędowego, bądź szeregowo, bądź też równolegle, lub też naprzemian zarówno szeregowo, jak i równolegle, należy jednak mieć na uwadze, aby ilość czynnika tego, odpowiednio do chwilowego zapotrzebowania mocy, rozkładała się na poszczególne turbiny w takim stosunku, aby część mocy, przypadająca na zespół sprężarkowy, zapewniała dostarczenie dostatecznej ilości powietrza o takim ciśnieniu, aby zapewnione było wytwarzanie energii odpowiednio do obciążenia części zespołu, wytwarzającej moc użyteczną. Jeśli ma być spełniony warunek wytwarzania możliwie największej mocy, poszczególne sprężarki winny sprężać powietrze tylko w takiej ilości, i o takim ciśnieniu, aby część zespołu, dostarczająca moc użyteczną, wytwarzała jedynie taką moc, jaka odpowiada obciążeniu. Warunki te muszą być spełnione nie tylko przy normalnym obciążeniu zespołu, lecz również przy wszelkich innych obciążeniach, które nie odpowiadają normalnemu obciążeniu zespołu. Aby zespół turbiny spalinowej pracował oszczędnie przy różnych obciążeniach, należy do zespołu sprężarkowego względnie do części zespołu, dostarczającej moc użyteczną, doprowadzić w spalinach stosowną ilość całkowitej mocy bez nadmiernych strat. W zespole sprężarkowym i w części zespołu, dostarczającego moc użyteczną, można przy pewnych układach turbin otrzymać prawidłowy podział mocy, podtrzymywany samoczynnie. Układ ten zmienia się jednak w zależności od stopnia podgrzania powietrza spalania.

Dla przejrzystego wyjaśnienia istoty wynalazku należy rozważyć ponownie układ zespołu według fig. 2. W przewodzie, prowadzącym od urządzenia ogrzewczego 13, czynnik pędny posiada przy pewnej temperaturze i określonym ciśnieniu pewien zapas energii, która winna być rozłożona w określonym stosunku na część zespołu, wy-

tworzącą moc użyteczną i zespół sprężarkowy.

Jaki winien być ten stosunek energii, w celu osiągnięcia najlepszej sprawności turbiny spalinowej przy różnych ciśnieniach czynnika napędowego, wykazano na wykresie według fig. 10. W prostokątnym układzie współrzędnych wykreślona jest krzywa k , której odcięte P przedstawiają ciśnienia, a rzędne — procentowy stosunek pomiędzy mocą użyteczną a mocą, przypadającą na sprężenie czynnika napędowego. Jeśli np. największe obciążenie odpowiada ciśnieniu o wartości $a = 15$ at, wówczas otrzymuje się określony stosunek pomiędzy mocą użyteczną a mocą sprężania $Ne/Nk = C$. Gdy np. ciśnienie obniży się do wartości $b = 7,5$ at, wówczas otrzymuje się mniejsze obciążenie turbiny, dostarczającej moc użyteczną, w założeniu, że przekrój przepływu turbiny nie zmienia się wskutek przeciążenia dyszy wlotowej. Tym sposobem zmniejsza się ciśnienie w turbinie zespołu sprężarkowego, jednakowoż w innym stopniu, niż obciążenie turbiny, dostarczającej moc użyteczną. Stosunek pomiędzy mocami Ne a Nk zwiększa się zatem do pewnej wartości d . Wynika stąd, że ilość czynnika pędnego, płynącego przez turbiny, jest w przybliżeniu o połowę mniejsza, niż poprzednio, przyczem jednocześnie, wobec zmniejszonego ciśnienia, maleje spadek temperatur. Wydajność cieplna urządzenia staje się oczywiście mniejsza mimo zwiększonej wartości stosunku mocy Ne/Nk . Taką regulację można osiągnąć samoczynnie, jeśli np. zespół sprężarkowy, a przede wszystkim jego niskoprężna część włączona jest za jedną lub kilkana turbinami części zespołu, dostarczającej moc użyteczną, wskutek czego wartość stosunku mocy Ne/Nk rośnie, gdyż spadek temperatur najbardziej maleje w turbinach, dostarczających moc użyteczną. Gdy do urządzenia ogrzewczego 13 wtryskuje się wodę, to otrzymuje się te same warunki pracy. W prze-

ważnej ilości odmian tego wykonania stosunek mocy Ne/Nk jest większy, co uwidoczniła wykres na fig. 11.

Także w przypadku dodawania wody sprężarki, a zwłaszcza sprężarki na niższe ciśnienie, winny być napędzane przez turbiny, które otrzymują czynnik pędny z części zespołu, dostarczającej moc użyteczną.

Na fig. 12 przedstawiono wykres stosunku Ne do Nk , przyczem czynnik pędny jest poddany wtórnemu podgrzaniu pomiędzy poszczególnymi turbinami, to znaczy w przypadku istnienia wtórnego urządzenia ogrzewczego w przewodzie 12 według fig. 2 pomiędzy turbinami 16 a 6. Jak widać z fig. 12, krzywa, odpowiadająca temu stosunkowi, rośnie najpierw w miarę zwiększania ciśnienia, poczem nie zmienia się co do swej wartości. A zatem stosunek mocy Ne do Nk jest przy dostatecznie wysokim ciśnieniu do pewnego stopnia stały, a przy niższych ciśnieniach maleje. Aby stosunek wymienionych mocy odpowiadał takiej krzywej, należy połączyć turbiny w zespole tak, aby turbiny niskoprężne były połączone równolegle, w którym to przypadku ilość czynnika pędnego rozdziela się tak, iż osiąga się wymaganą moc dla poszczególnych turbin.

Jeśli więc zespół turbiny spalinowej winien być nastawiony na mniejszą moc niż normalna, wówczas należy zmniejszyć stopień podgrzania czynnika pędnego odpowiednio do obciążenia zespołu. Gdy turbiny są połączone tak, że stosunek mocy Ne do mocy Nk odpowiada wartościom, wyznaczonym według charakterystyk krzywych, wówczas temperatura czynnika pędnego staje się na chwilę niższą. W takiej chwili więc czynnik ten zawiera mniej energii wskutek mniejszej temperatury, a nie wskutek zmniejszenia ciśnienia i ilości powietrza. Turbina, dostarczająca moc użyteczną, pobiera taką część zawartej w czynniku napędowym energii, jaką ta część

zespołu oddaje przy zachowaniu niezmienniej liczby obrotów: odpowiednio do obciążenia, przyczem stopień ogrzania odpowiada właśnie temu obciążeniu, natomiast w czynniku pędnym pozostaje taka ilość energii, przy jakiej liczba obrotów zespołu sprężarkowego spada tak dalece, iż otrzymuje się taką ilość spalin i o takim ciśnieniu, że czynnik pędny może przyjąć w przybliżeniu temperaturę, jaka odpowiada temperaturze czynnika pędnego przy obciążeniu normalnem. Mniejszy zapas energii w czynniku pędnym, wyznaczony ostatnim odcinkiem krzywej wykresu, gdy zespół osiągnął stały stan ruchu, utrzymuje się dzięki temu, że czynnik pędny przyjmuje temperaturę niższą. Ilość energii w czynniku pędnym zależy więc od jego ilości oraz od temperatury, do jakiej czynnik ten został podgrzany. Podczas regulacji turbiny stopień ogrzania czynnika pędnego staje się tym sposobem na chwilę większy lub mniejszy, wskutek czego otrzymuje się określoną zawartość energii cieplnej w tym czynniku odpowiednio do obciążenia. Zabieg regulacji zespołu polega na tem, że stopień nagrzewania podnosi się lub obniża gwałtownie, wskutek czego czynnik pędny przy istniejącem ciśnieniu zawiera zapas energii, potrzebny ze względu na nowe obciążenie. Warunki ciśnienia w zespole ustalają się wówczas samoczynnie w ten sposób, że czynnik pędny w temperaturze pierwotnej posiada zapas energii, niezbędny ze względu na nowe obciążenie.

Turbiny spalinowe, napędzające sprężarki i turbiny spalinowe, oddające moc użyteczną, można łączyć bądźto szeregowo, bądź równolegle, bądź wreszcie według obu tych układów, licząc w kierunku przepływu czynnika pędnego, przyczem jednak turbina, napędzająca sprężarkę niskoprężną, pracuje przy ciśnieniu najniższem, wskutek czego całkowity zapas energii, zawarty w tej ilości czynnika pędnego, jaka jest niezbędna do pokrycia obciążenia,

dzieli się na poszczególne turbiny w ten sposób, że wytwarzana w sprężarkach ilość powietrza oraz ciśnienie tegoż odpowiada zmiennemu obciążeniu turbiny, wytwarzającej moc użyteczną przy stałej w przybliżeniu liczbie obrotów.

W opisanych przykładach wykonania przytoczono różne układy połączeń turbin względem kierunku przepływu strumieni czynnika pędnego, umożliwiające otrzymanie wspomnianego wyżej podziału mocy na poszczególne turbiny. We wszystkich odmianach wykonania układu niskoprężną sprężarkę napędza turbina niskoprężna, natomiast turbiny wysokoprężne napędzają wysokoprężne sprężarki. Turbiny należące do części zespołu, dostarczającej moc użyteczną, pracują w pewnych przypadkach jako turbiny średnioprężne, w innych natomiast — jako niskoprężne. Odmiany układów zmieniają się w zależności od rodzaju mieszaniny czynnika pędnego, a zatem w zależności od tego, czy do mieszaniny czynnika tego dodaje się wody, czy też spalanie paliwa odbywa się przy nadmiarze powietrza.

Ponieważ badania wykazały, że najlepiej podzielić układ turbin na kilka stopni, zwłaszcza w przypadkach, gdy jako czynnik napędowy służy gaz ponownie podgrzany, należy zatem w wysokoprężnej części zespołu stosować jedną lub kilka szeregowo połączonych turbin. To samo dotyczy turbin niskoprężnych. Pewne turbiny mogą, oczywiście, w tym przypadku pracować jako średnioprężne turbiny, nie ograniczając przez to zakresu wynalazku.

We wszystkich odmianach wykonania jako czynnik pędny zespołu turbin spalinowych stosuje się sprężone w sprężarkach powietrze, które zostaje podgrzane dzięki wewnętrznemu spalaniu płynnego paliwa, przy dodaniu w razie potrzeby wody, jednakże jako czynnik pędny można stosować również sprężone gazy palne, a spalanie może się odbywać przy doprowadzeniu

powietrza lub innego gazu do strumienia sprężanego gazu palnego. I tu również do czynnika pędnego można dodawać wody. W innych odmianach wykonania wynalazku powietrze lub inny gaz mogą pobierać ciepło z zewnętrznego urządzenia ogrzewczego.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Układ zespołu turbin spalinowych, zawierający jedną lub kilka turbin spalinowych, napędzających kilka sprężarek, umieszczonych w oddzielnych osłonach, oraz jedną lub kilka turbin spalinowych, napędzających jedną lub kilka maszyn odbiorczych, w którym to zespole turbina lub turbiny, napędzające sprężarki, niezależne są mechanicznie od turbiny lub turbin, napędzających inne maszyny odbiorcze, znamieny tem, że niskoprężną sprężarkę (4, względnie 108 względnie 163) napędza turbina spalinowa (1 względnie 6, względnie 103, względnie 125 względnie 168),

pracująca przy najniższym ciśnieniu czynnika pędnego, w celu umożliwienia przeprowadzenia samoczynnej regulacji szybkości, napędzającej odnośną sprężarkę (4 względnie 108, względnie 163) turbiny (1 względnie 6, względnie 103, względnie 125 względnie 168), odpowiednio do zapotrzebowania ilości i prężności powietrza.

2. Układ zespołu turbin spalinowych według zastrz. 1, znamieny tem, że turbina spalinowa (1 względnie 103, względnie 125 względnie 168), napędzająca niskoprężną sprężarkę (4 względnie 108, względnie 163), pracuje przy tem samym ciśnieniu wylotowym czynnika pędnego, co jedna z turbin spalinowych (16, względnie 104, względnie 124 względnie 173), napędzających maszyny odbiorcze (21, 22 względnie 96, względnie 120a względnie 174).

Aktiebolaget Milo.
Zastępca: M. Skrzypkowski,
rzecznik patentowy.



021615.

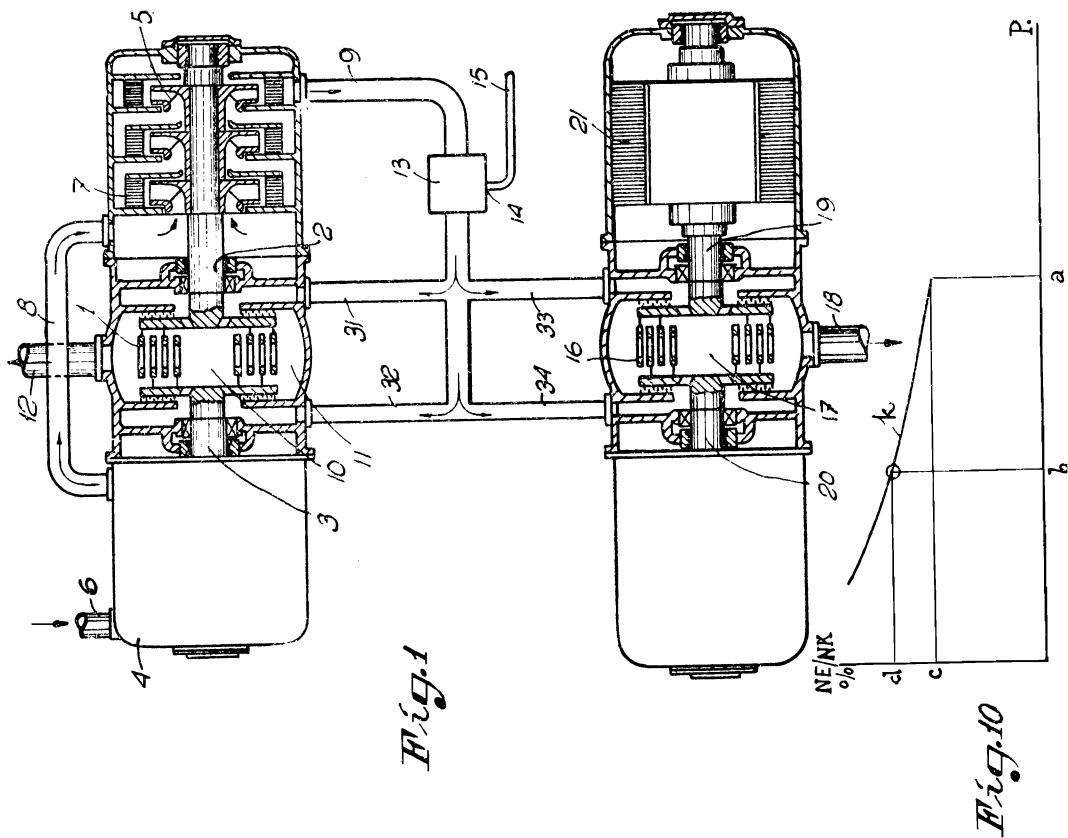


Fig. 2

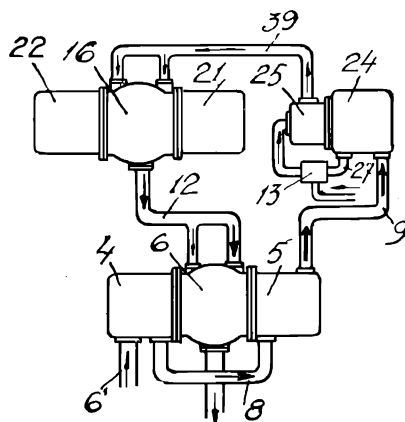


Fig. 3

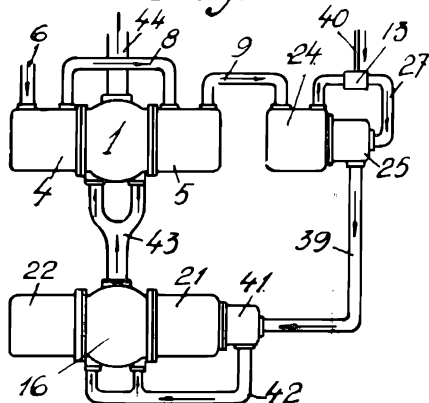


Fig. 4

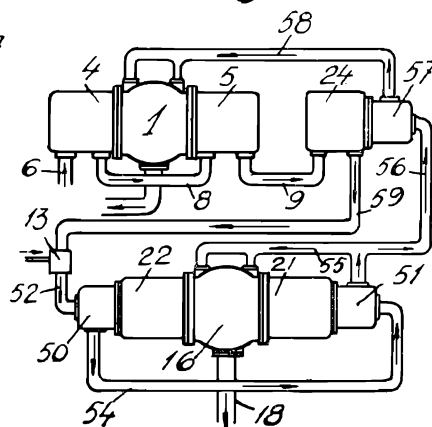


Fig. 5

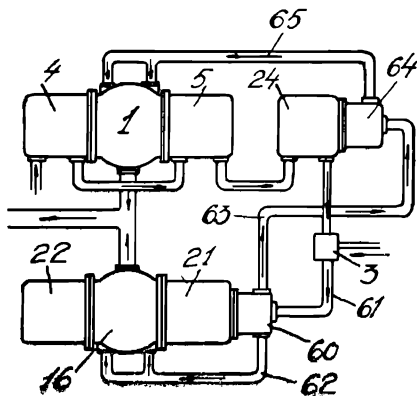


Fig. 6

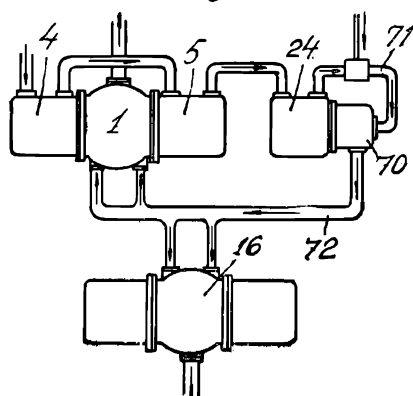


Fig. 7

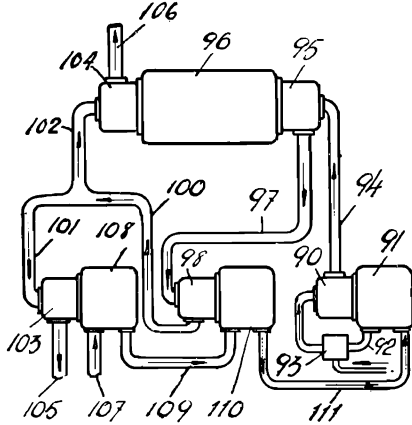


Fig. 8

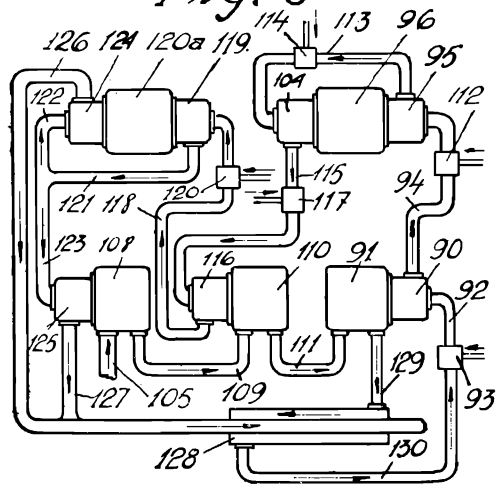


Fig. 9

