RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **219983**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **401766**

(51) Int.Cl.
F01B 17/04 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **26.11.2012**

(54) **Silnik parowy turborotacyjny**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
09.06.2014 BUP 12/14

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.08.2015 WUP 08/15

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
WACŁAW MĄCZKA, Lublin, PL
CZESŁAW KARWAT, Lublin, PL
CZESŁAW M. KOZAK, Lublin, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Tomasz Milczek

PL 219983 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest silnik parowy turborotacyjny, dublowany do generatora elektrycznego zwłaszcza elektrowni.

Z polskiej literatury naukowo-technicznej „Poradnik inżyniera elektryka" tom IV wydany w 1975 r. znany jest zespół turbinowy o mocy 600 MW o całkowitej długości równej 22,245 m. Składa się on z turbiny wysokiego ciśnienia, turbiny średniego ciśnienia i dwóch turbin niskiego ciśnienia. Wylot pary z turbiny wysokiego ciśnienia połączony jest przewodami z wtórnym przegrzewaczem pary, która po przegrzaniu jest kierowana do turbiny średniego ciśnienia. Wylot pary z tej turbiny jest kierowany do turbiny niskiego ciśnienia.

Z podręcznika „Elektrownie" autorów: D. Ladyn, M. Pawlik, F. Strzelczyk wydanego przez Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 1995 r. znana jest turbina kondensacyjna 18K 360 Zamech. Turbina wysokoprężna składa się z turbiny wysokiego ciśnienia, turbiny średniego ciśnienia i turbiny niskiego ciśnienia, przy czym każdy z tych 3 podzespołów ma budowę symetryczną względem płaszczyzny prostopadłej do osi obrotu wirnika podzespołu, zaś ich zasilanie parą jest umieszczone w płaszczyznach symetrii każdego podzespołu.

Jednym ze sposobów regulacji mocy turbiny jest regulacja ilościowo-jakościowa, która polega na tym, że dopływ pary do turbiny jest sterowany najczęściej przez cztery zawory regulacyjne, zaś od każdego zaworu para jest kierowana do samodzielnej grupy dysz. Przez zamykanie i otwieranie odpowiednich zaworów można zmieniać łuk zasilana stopnia regulacyjnego turbiny, przy czym do zaworów regulacyjnych para dopływa przez zawór główny. Przedstawiona w książce turbina jest rozbudowana osiowo i posiada dużą masę na jednostkę mocy i duży moment bezwładności zespołów wirujących. Z polskiego opisu patentowego Nr 158022 znana jest rotacyjna maszyna grzewcza ciepłowni wiatrowej i fali morskiej, której wirnik łopatkowy o zarysie prostoliniowym łopatek współpracuje z dwoma wirnikami wrębowymi, umieszczonymi w jego wnętrzu. Czynnikiem roboczym jest powietrze w obiegu zamkniętym, zaś wymiana ładunku w komorach międzyłopatkowych dokonuje się przez odśrodkowy wypływ powietrza.

Z biuletynu Urzędu Patentowego RP Nr 24 z roku 2008 znany jest w zarysie silnik parowy turborotacyjny do generatora elektrycznego elektrowni oznaczony Nr P-382444, z decyzją o udzieleniu patentu z września 2012 r. Główna część mocy silnika pochodzi z zespołu rotacyjnego dwustopniowego przepływu wyporowego, ciągłego. Para z przegrzewacza pary jest kierowana do pierwszego stopnia rotacyjnego, wysokoprężnego i po wykonaniu pracy płynie do wtórnego przegrzewacza pary a stąd kierowana jest do drugiego stopnia rotacyjnego średniego ciśnienia. Po wykonaniu pracy w tym stopniu para płynie do turbiny niskiego ciśnienia, której wał sprzężony sztywno z wałem zespołu rotacyjnego przekazuje moment obrotowy sumaryczny do generatora elektrycznego. Regulacja momentu obrotowego odbywa się za pomocą zaworu elektromechanicznego umieszczonego w króćcu zasilającym wysokoprężnego zespołu rotacyjnego i za pomocą wrzeciona obrotowego, nastawialnego przez silnik serwomechanizmu.

Istotą silnika parowego turborotacyjnego dublowanego do generatora elektrycznego zwłaszcza elektrowni, którego mechanizm roboczy zawiera jeden wirnik łopatkowy umieszczony w cylindrze zewnętrznym i dwa wirniki wrębowe we wnętrzu wirnika łopatkowego jest to, że luz równy odległości między punktami leżącymi w jednym przekroju poprzecznym na płaszczyźnie średnicowej wirników wrębowych o jednakowych promieniach jako odległości pomiędzy środkiem okręgu wirnika wrębowego i środkami okręgów o promieniu zaokrągleń ostrych krawędzi wrębu, pomniejszony o podwojoną wartość promienia okręgu zaokrąglenia wrębu tworzy luz rzeczywisty między rzeczywistymi zarysami wirników wrębowych. Zarys rzeczywisty łopatki jest obwiednią łuku o promieniu zaokrąglenia krawędzi wrębu po zewnętrznej stronie wytłaczania rozprężanej pary wirnikiem wrębowym i po stronie zewnętrznej rozprężania pary, przy czym łuk o promieniu zaokrąglenia krawędzi wrębu jest jednocześnie styczny do zarysu wrębu i do zarysu rzeczywistego wirnika wrębowego natomiast rzeczywisty promień zewnętrzny wirnika łopatkowego jest równy średnicy rzeczywistej wirnika wrębowego, powiększonej o połowę luzu rzeczywistego. Koniec cylindrycznego czopa krótszej części wirnika wrębowego wchodzi w otwór dłuższej części wirnika wrębowego, stanowiąc jeden sztywny wirnik wrębowy z podcięciem na jego środkowe łożysko ślizgowe. W krążku drążonym cylindra wewnętrznego wykonana jest łukowa bruzda, która domknięta czołową płaszczyzną wirnika wrębowego sekcji średniego ciśnienia stanowi pierwszy kanał łączący strefę wydechu pary ze strefą jej rozprężania sekcji średniego ciśnienia, zaś krążek środkowy cylindra posiada łukową bruzdę, która domknięta drugą płaszczyzną czołową

wirnika wrębowego sekcji średniego ciśnienia stanowi drugi kanał łączący strefę wydechu pary ze strefą rozprężania sekcji średniego ciśnienia, natomiast w krążku końcowym cylindra wewnętrznego wykonana jest łukowa bruzda, która domknięta czołową płaszczyzną wirnika wrębowego sekcji wysokoprężnej stanowi kanał łączący strefę wydechu pary ze strefą jej rozprężania w sekcji wysokoprężnej. W cylindrze wewnętrznym wykonane są dwa otwory cylindryczne na całej jego długości w jednakowej odległości od osi obrotu wirnika łopatkowego, przy czym oś jednego otworu znajduje się nad płaszczyzną prostopadłą do płaszczyzny średnicowej wirników wrębowych, zaś drugi otwór znajduje się pod tą płaszczyzną w tej samej odległości od niej co pierwszy otwór. W cylindrze wewnętrznym w otworach umieszczone są obrotowe rurowe wrzeciona regulacyjne, każde z kołem zębatym na jednym końcu wrzeciona, przy czym koło zębate zamyka otwór rury wrzeciona, które ma dwie części oddzielone od siebie, przy czym część krótsza należy do sekcji wysokoprężnej pierwszej, natomiast część dłuższa należy do sekcji średniego ciśnienia i jest z otworem zamkniętym na końcu. W cylindrze wewnętrznym przy wykrojach w kształcie łuków okręgu rozmieszczonych symetrycznie względem płaszczyzny prostopadłej do płaszczyzny średnicowej wirników znajdują się szczeliny równoległe do siebie łączące wnętrza wrzecion z przestrzeniami międzyłopatkowymi, przy czym szczeliny są nacięte na odcinkach tworzących cylindra wewnętrznego w ten sposób, że od płaszczyzn krążków drążonego i środkowego z bruzdami występuje równa głębokość nacięcia dwóch par układów szczelin, zaś od płaszczyzny krążka końcowego z bruzdą występuje jedna para układów szczelin nacięta na tą samą głębokość. Rurowy przekrój wrzecion dla sekcji wysokoprężnej jest ścięty płaszczyzną średnicową na długości wrzecion, odpowiadającej długości odcinka łopatki sekcji wysokoprężnej, zaś dla sekcji średniego ciśnienia długość odpowiadającego ścięcia jest w dwóch odcinkach łopatki sekcji średniego ciśnienia. W rurowych przekrojach wrzecion, poprzecznie do ich osi wzdłużnej są wykonane otwory przelotowe łączące wnętrza wrzecion obrotowych rurowych z kanałami powstałymi z domknięcia bruzd wykonanych w krążkach cylindra wewnętrznego, przy czym domknięcie powstaje z płaszczyzn czołowych wirników wrębowych. Koła zębate wrzecion zazębiają się z kołami zębatymi posiadającymi sztywne połączenia z ich wałkami, których drugie końce na zewnątrz cylindra wewnętrznego są zaopatrzone w koła zębate zazębiające się z kołem zębatym centralnym przeniesienia napędu wrzecion z zębatki, skojarzonej ruchowo połączeniem za pomocą gwintu samohamownego z wałkiem silnika serwomechanizmu.

Korzystnym skutkiem stosowania silnika parowego według wynalazku jest to, że uzyskuje się podwojoną jego moc, z podwojonej wydajności pary zasilającej, przy tej samej objętości komór międzyłopatkowych, tych samych obrotach i ciśnieniu zasilania parą stopnia wysokoprężnego w stosunku do silnika z jednym wirnikiem wrębowym. Jest to możliwe dzięki wprowadzeniu zarysu krzywoliniowego łopatek i dwóch wirników wrębowych z zachowaniem luzu między nimi. W tak zmodyfikowanej konstrukcji zachowuje się możliwość regulacji mocy zespołu rotacyjnego, przy stałych obrotach wirnika łopatkowego jak w silniku parowym z jednym wirnikiem wrębowym. Mechanizm silnika parowego turborotacyjnego według wynalazku może być wykorzystany w wolnobieżnych sprężarkach lub pompach przy transmisji mocy z rotorów przepływu ośrodków ciągłych energii odnawialnych na szybkobieżne silniki generatorów elektrycznych. Silnik parowy według wynalazku jest nową jakością w projektach silników parowych dużych mocy i jest znacznie krótszy i lżejszy od klasycznej turbiny wysokoprężnej o tej samej mocy.

Wynalazek został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia rzeczywisty zarys łopatki wirnika łopatkowego silnika parowego z rzeczywistym zarysem wrębu pierwszego wirnika wrębowego oraz fragment rzeczywistego zarysu drugiego wirnika wrębowego i luz miedzy rzeczywistymi zarysami obu wirników wrębowych, fig. 1a – powiększony fragment zarysu łopatki, fig. 2 – półprzekrój B-B osiowy i półprzekrój C-C osiowy silnika parowego, fig. 3 – przekrój G-G cząstkowy łamany cylindra wewnętrznego silnika parowego, fig. 3a – przekrój H-H cząstkowy prosty cylindra wewnętrznego silnika parowego, fig. 4 – widok bez tła mechanizmu sterowania momentem obrotowym silnika parowego, fig. 5 – przekrój poprzeczny A-A silnika parowego bez przekroju wirników wrębowych, fig. 5a – przekrój D-D cząstkowy silnika parowego, fig. 5b - przekrój E-E cząstkowy cylindra wewnętrznego i wrzeciona regulacyjnego silnika parowego, fig. 5c – przekrój F-F cząstkowy poprzeczny wrzeciona regulacyjnego silnika parowego, fig. 6 – schemat ideowy układu całego silnika parowego.

Wirnik 5 łopatkowy zespołu rotacyjnego silnika parowego umieszczony w cylindrze 1 zewnętrznym zawiera następujące elementy: łopatki 2, tarczę 9 pierwszą z końcem wału 16 odbioru mocy $M\omega$ i z kołem zębatym zarysu wewnętrznego, połączonym sztywno z pierścieniem 6 pierwszym, pierścień 7

międzysekcyjny, pierścień 8 trzeci z tarczą 8′ obrotową i tuleją łożyskową wirnika 5 łopatkowego. Łożyska tego wirnika znajdują się w pokrywie 20 drugiej i w pokrywie 12 pierwszej, które są przymocowane śrubami 10 do cylindra 1 zewnętrznego. W cylindrze 1 zewnętrznym są wykonane króćce. W sekcji S_{Ir} wysokoprężnej są to króćce k_{z1}, k_{w1}, k_{z1a}, k_{w1a}, zaś w sekcji S_{IIr} średniego ciśnienia króćce k_{z2}, k_{w2}, k_{z2a}, k_{w2a}. Do fundamentowania cylindra 1 zewnętrznego służą stopy 11. Cylinder 4 wewnętrzny składa się z następujących podzespołów: krążka 17 końcowego, krążka 18 środkowego i krążka 19 drążonego, który łączy się sztywno z tuleją 21 stałą zakończoną kołnierzem 22 stałym, mocowanym śrubami 32 konsoli do pokrywy 20 drugiej. Krążek 17 końcowy, krążek 18 środkowy i krążek 19 drążony łączą się sztywno z parą 40 pryzmatów, których wystające końce z krążka 17 końcowego są połączone sztywno z tarczą 14 stałą z tuleją 15 stałą podparcia ślizgowego całego cylindra 4 wewnętrznego. W krążku 17 końcowym, krążku 18 środkowym i krążku 19 drążonym znajdują się łożyska ślizgowe wirników 3 i 3′ oraz wirników 3a wrębowych, które łączą się parami w ten sposób, że przedłużony czop łożyskowy wirnika 3′ wrębowego krótkiego wchodzi przy montażu z lekkim wciskiem w otwór wirnika 3 wrębowego chłodniejszego od gorącego wirnika 3′ wrębowego krótkiego, tworząc podczas pracy ich połączenie sztywne, rozkurczowe. Pary wirników 3 i 3′ współpracują bezstykowo z łopatkami 2 wirnika 5 łopatkowego przez synchronizację obrotów przy pomocy pary kół 13 zębatych zazębiających się z kołem zębatym pierścienia 6 pierwszego. Luz L′ po stronie W_s wewnętrznej między zarysem łopatki 2 wirnika 5 łopatkowego a zarysem zaokrąglenia promieniem ρ krawędzi wrębu wirnika 3 wrębowego w ich położeniu wzajemnym jak pokazano na fig. 1 oraz fig. 1a jest mniejszy od luzu L rzeczywistego i maleje do momentu całkowitego wejścia łopatki 2 we wrąb wirnika 3 wrębowego do zera. Wartość jest równa wartości promienia ρ zaokrąglenia krawędzi wrębu. Koła 13 zębate są sztywno połączone czopami łożyskowymi wirnika 3′ wrębowego krótkiego oraz zespołu wirnika 3a wrębowego. W krążkach 17 końcowym, 18 środkowym i 19 drążonym wykonane są łukowe bruzdy k_3, k_2, k_1 łączące strefy wytłaczania pary ze strefami jej rozprężania w ten sposób, że bruzdy przymknięte płaszczyznami czołowymi wirników 3, 3′ wrębowych oraz zespołu wirnika 3a wrębowego tworzą kanały wypływu rozprężonej wstępnie pary z wnętrz dwóch wrzecion 37 i 37a obrotowych rurowych przez co najmniej jedną parę układów 38, 38a szczelin, wykonanych w cylindrze 4 wewnętrznym w sekcji S_{IIr} średniego ciśnienia i co najmniej jedną parę układów 38 i 38a szczelin tego cylindra w sekcji S_{Ir} wysokoprężnej. Wrzeciona 37 i 37a obrotowe rurowe umieszczone są obrotowo w otworach 41′ i 41a cylindrycznych cylindra 4 wewnętrznego i zazębiają się swoimi kołami 26′ zębatymi z kołami 23 zębatymi umieszczonymi w wydrążeniu krążka 19 drążonego, połączonymi sztywno ze swoimi wałkami 25 napędu wrzeciona, których drugie końce wychodzą na zewnątrz cylindra 4 wewnętrznego. Drugie końce wałków 25 napędu wrzeciona są wyposażone w koła 26 i 26a zębate, które zazębiają się z kołem 27 centralnym, osadzonym obrotowo na osi 41, która za pośrednictwem koła 28 zębatego otrzymuje napęd z zębatki 30 osadzonej suwliwie w konsoli 31 w prowadnicach 33 zębatki. Wałki 25 napędu wrzeciona ułożyskowane są w tulejach 24 wałka sztywno połączonych z kołnierzem 22 stałym, do którego przymocowana jest oś 41 koła 28 zębatego i oś 29. Zębatka 30 z otworem 34 nagwintowanym jest skojarzona ruchowo z gwintem samohamownym wałka 39 silnika 35 serwomechanizmu połączonego przewodami elektrycznymi z blokiem sterującym, niepokazanym na rysunku.

Silnik według wynalazku jest zespołem dwóch jednakowych, rotacyjnych silników parowych ze wspólnym wirnikiem 5 łopatkowym, z którego wału odbierana jest moc $M\omega$ zespołu rotacyjnego silnika parowego, zawierającego turbinę t_n niskiego ciśnienia, której wał sprężony z wałem tego zespołu przekazuje moc całkowitą do generatora G elektrycznego. Zespół rotacyjny zawiera sekcję S_{Ir} wysokoprężną i sekcję S_{IIr} średniego ciśnienia. Para wodna z kotła K poprzez przegrzewacz pp pary i zawór 36 i 36a elektromechaniczny kierowana jest do króćca k_{z1}, i k_{z1a}, i sekcji S_{Ir} wysokoprężnej i po rozprężeniu do ciśnienia średniego oddając część mocy na wał 16 opuszcza tę sekcję króćcami k_{w1} i k_{w1a} i płynie do przegrzewacza pp_w wtórnego pary. Po wtórnym przegrzaniu para wodna jest kierowana do króćców k_{z2} i k_{z2a} sekcji S_{IIr} średniego ciśnienia, gdzie w jej strefie rozprężania uzyskuje wartość niskiego ciśnienia oddając część mocy na wał 16 i przez króćce k_{w2} i k_{w2a} płynie do turbiny t_n niskiego ciśnienia. Po całkowitym rozprężeniu para płynie do skraplacza S_k pary, gdzie ulega skropleniu i gorąca woda tłoczona jest przez pompę P, płynie do podgrzewacza p_w wody a stąd płynie do kotła K i obieg termodynamiczny pary zamyka się. W strefach rozprężania pary w sekcjach S_{Ir} wysokoprężnej i S_{IIr} średniego ciśnienia udział momentu M obrotowego powstaje z różnic ciśnienia działających na łopatki 2 wirnika 5 łopatkowego dających pary sił bez sił promieniowych w łożyskach wirnika 5 łopatkowego zespołu rotacyjnego.

Sterowanie zmiennym momentem M obrotowym przy zmiennym obciążeniu generatora G elektrycznego o stałych obrotach ω uzyskuje się przez dwa zawory 36 i 36a elektromechaniczne oraz przez dwa wrzeciona 37 i 37a obrotowe rurowe, które umożliwiają przepływ rozprężonej pary w danej sekcji ze strefy wydechu do strefy rozprężania pary poprzez łukowe kanały otrzymane z domkniętych bruzd k_1, k_2, k_3 wykonanych w krążkach tak, że domknięcie bruzdy k_1 w krążku 19 drążonym i bruzdy k_2 w krążku 18 środkowym za pomocą czołowych płaszczyzn wirnika 3 wrębowego oraz domknięcie bruzdy k_3 w krążku 17 końcowym za pomocą płaszczyzny czołowej wirnika 3′ wrębowego krótkiego zamienia te bruzdy na kanały przepływu pary, gdy po redukcji ciśnienia w zaworach 36 i 36a elektromechanicznych ciśnienie pary końca rozprężania w danej sekcji spadnie poniżej ciśnienia wydechu w tej sekcji. W zależności od wielkości redukcji ciśnienia, przy pomocy zaworów 36 i 36a elektromechanicznych danej sekcji, zmienia się objętościowy strumień tego przepływu przez odsłanianie lub zasłanianie danej pary układów 38 i 38a szczelin przez skręty wrzecion 37 i 37a obrotowych rurowych. Dzięki temu do stref rozprężania danej sekcji zasysana jest para wodna ze strefy wydechu wyrównując ciśnienia w tych strefach, co powoduje unikanie tzw. uderzeń hydraulicznych w strefach wydechu i strat mocy w danej sekcji. Napęd regulacyjny wrzecion 37 i 37a obrotowych rurowych pochodzi centralnego koła 27 zębatego ułożyskowanego na zewnątrz cylindra 4 zewnętrznego, które zazębia się z dwoma pośrednimi kołami 26 zębatymi sztywno połączonymi ze swoimi wałkami 25 napędu wrzeciona, które na drugich swoich końcach wyposażone są w koła 23 i 23a zębate przekazujące napęd na wrzeciona 37 i 37a obrotowe rurowe z naciętymi kołami 26′ zębatymi – fig. 4. Centralne koło 27 zębate otrzymuje napęd regulacyjny za pośrednictwem koła 28 zębatego z zębatki 30, skojarzonej ruchowo z gwintem samohamownym wałka 39 silnika 35 serwomechanizmu sterowanego blokiem sterującym niepokazanym na rysunku. Zakres regulacji skrętami wrzecion 37 i 37a obrotowych rurowych jest zmienny od całkowitego zasłonięcia pary układów 38 i 38a szczelin przy zasilaniu parą bez redukcji ciśnienia do spadku ciśnienia zasilania wymagającego całkowitego odsłonięcia wszystkich szczelin pary układów 38 i 38a szczelin danej sekcji.

Zastrzeżenia patentowe

1. Silnik parowy turborotacyjny dublowany do generatora elektrycznego zwłaszcza elektrowni, którego mechanizm roboczy zawiera jeden wirnik łopatkowy umieszczony w cylindrze zewnętrznym i dwa wirniki wrębowe we wnętrzu wirnika łopatkowego, **znamienny tym**, że luz (2e) równy odległości między punktami leżącymi w jednym przekroju poprzecznym na płaszczyźnie średnicowej wirników (3) i (3a) wrębowych o jednakowych promieniach równych 0,5R jako odległości pomiędzy środkiem okręgu wirnika (3) wrębowego i środkami okręgów o promieniu (ρ) zaokrągleń ostrych krawędzi wrębu pomniejszony o podwojoną wartość promienia (ρ) okręgu zaokrąglenia wrębu tworzy luz (L) rzeczywisty między rzeczywistymi zarysami wirników (3) i (3a) wrębowych, zaś zarys rzeczywisty łopatki (2) jest obwiednią łuku o promieniu (ρ) zaokrąglenia krawędzi wrębu po zewnętrznej stronie (Z_s) wytłaczania rozprężanej pary wirnikiem (3) wrębowym i po stronie zewnętrznej rozprężania pary, przy czym łuk o promieniu (ρ) zaokrąglenia krawędzi wrębu jest jednocześnie styczny do zarysu wrębu i do zarysu rzeczywistego wirnika (3) wrębowego natomiast rzeczywisty promień (R_r) zewnętrzny wirnika (5) łopatkowego jest równy średnicy rzeczywistej wirnika (3) wrębowego, powiększonej o połowę luzu (L) rzeczywistego, zaś R jest promieniem wirnika (5) łopatkowego.

2. Silnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że koniec części czopa cylindrycznego wirnika (3′) wrębowego krótkiego umieszczony jest w otworze wirnika (3) wrębowego, stanowiąc jeden sztywny wirnik wrębowy z podcięciem na środkowe łożysko ślizgowe.

3. Silnik według zastrz. 1, 2, **znamienny tym**, że w krążku (19) drążonym cylindra (4) wewnętrznego wykonana jest łukowa bruzda (k_1), która domknięta czołową płaszczyzną wirnika (3) wrębowego sekcji (S_{IIr}) średniego ciśnienia stanowi pierwszy kanał łączący strefę wydechu pary ze strefą jej rozprężania sekcji (S_{IIr}) średniego ciśnienia, zaś krążek (18) środkowy cylindra (4) posiada łukową bruzdę (k_2), która domknięta drugą płaszczyzną czołową wirnika (3) wrębowego sekcji (S_{IIr}) średniego ciśnienia stanowi drugi kanał łączący strefę wydechu pary ze strefą rozprężania natomiast w krążku (17) końcowym cylindra (4) wewnętrznego wykonana jest łukowa bruzda (k_3), która domknięta czołową płaszczyzną wirnika (3′) wrębowego krótkiego sekcji (S_{Ir}) wysokoprężnej stanowi trzeci kanał łączący strefę wydechu pary ze strefą jej rozprężania w sekcji (S_{Ir}) wysokoprężnej.

4. Silnik według zastrz. 1, 2, 3, **znamienny tym**, że w cylindrze (4) wewnętrznym wykonane są dwa otwory (41′) i (41′a) cylindryczne na całej jego długości w jednakowej odległości od osi obrotu wirnika (5) łopatkowego, przy czym oś jednego otworu znajduje się nad płaszczyzną prostopadłą do płaszczyzny średnicowej wirników (3) i (3a) wrębowych, zaś drugi otwór znajduje się pod tą płaszczyzną w tej samej odległości od niej co pierwszy otwór.

5. Silnik według zastrz. 1, 2, 3, 4, **znamienny tym**, że w cylindrze (4) wewnętrznym w otworach (41′) i (41′a) umieszczone są wrzeciona (37) i (37a) obrotowe rurowe regulacyjne, każde z kołem (26′) zębatym na jednym końcu wrzeciona (37) i (37a) obrotowego rurowego, przy czym koło zębate (26′) zamyka otwór wrzeciona, które ma dwie części oddzielone od siebie, przy czym część krótsza należy do sekcji (S_{Ir}) wysokoprężnej, natomiast część dłuższa należy do sekcji (S_{IIr}) średniego ciśnienia i jest z otworem zamkniętym na końcu.

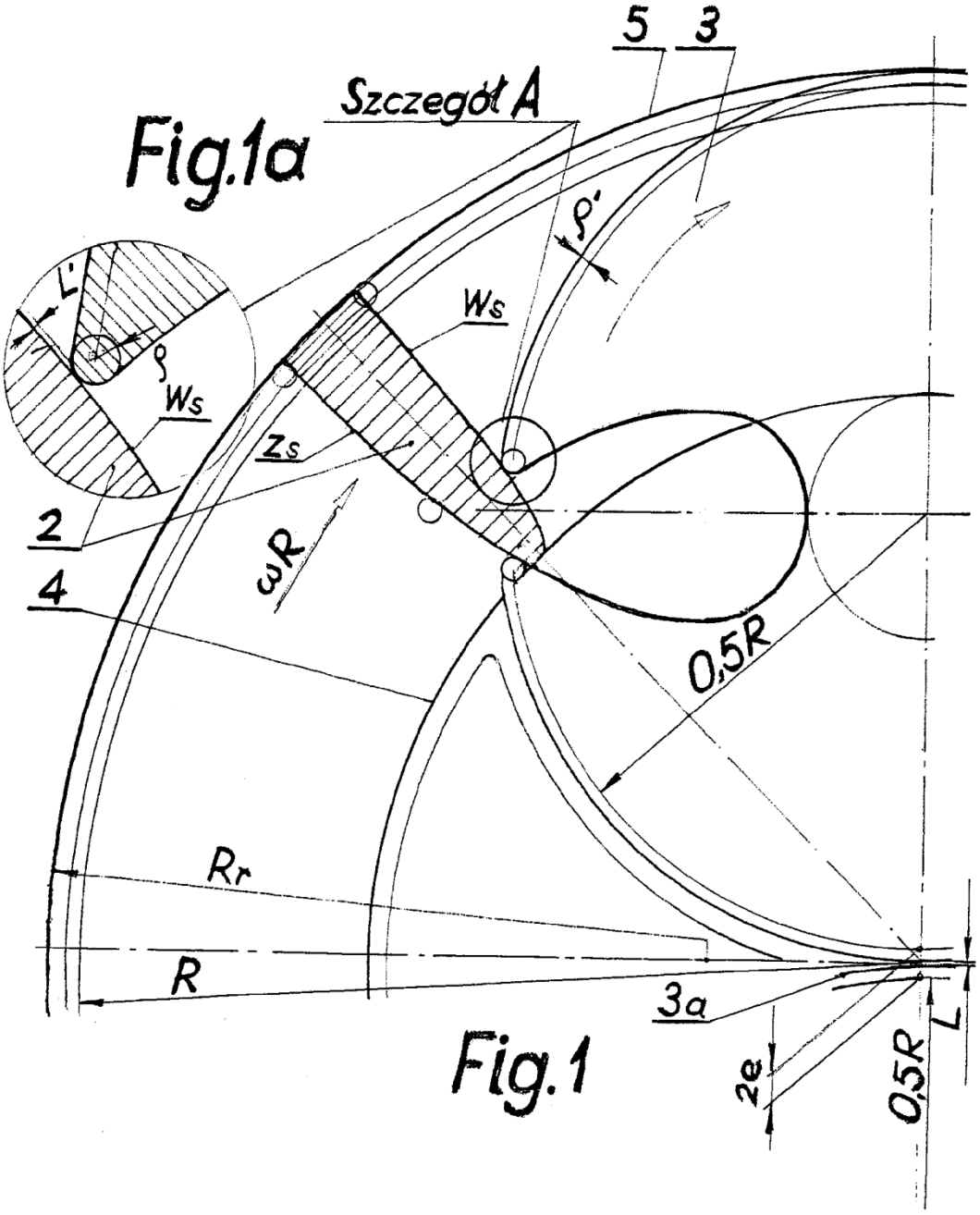
6. Silnik według zastrz. 1, 2, 3, 4, 5, **znamienny tym**, że w cylindrze (4) wewnętrznym przy wykrojach w kształcie łuków okręgu rozmieszczonych symetrycznie względem płaszczyzny prostopadłej do płaszczyzny średnicowej wirników (3) i (3a) znajdują się szczeliny równoległe do siebie łączące wnętrza wrzecion (37) i (37a) obrotowych rurowych z przestrzeniami międzyłopatkowymi, przy czym szczeliny są nacięte na odcinkach tworzących cylindra (4) wewnętrznego w ten sposób, że od płaszczyzn krążka (18) środkowego z bruzdą (k_2) i krążka (19) drążonego z bruzdą (k_1) występuje głębokość (a) nacięcia co najmniej jednej pary układów (38) i (38a) szczelin w sekcji (S_{IIr}) średniego ciśnienia, zaś od płaszczyzny krążka (17) końcowego z bruzdą (k_3) w sekcji (S_{Ir}) występuje co najmniej jedna para układów (38) i (38a) szczelin, nacięta na głębokość (a).

7. Silnik według zastrz. 1, 2, 3, 4, 5, 6, **znamienny tym**, że rurowy przekrój wrzecion (37) i (37a) obrotowych rurowych dla sekcji (S_{Ir}) wysokoprężnej jest ścięty płaszczyzną średnicową na długości jednego odcinka (a) wrzecion (37) i 37a) obrotowych rurowych, zaś dla sekcji (S_{IIr}) średniego ciśnienia długości odpowiednich ścięć są w dwóch odcinkach (a).

8. Silnik według zastrz. 1, 2, 3, 4, 5, 6 i 7, **znamienny tym**, że w rurowych przekrojach wrzecion (37) i (37a) obrotowych rurowych, poprzecznie do ich osi wzdłużnej są wykonane otwory przelotowe łączące wnętrza wrzecion (37) i (37a) obrotowych rurowych z kanałami powstałymi z domknięcia bruzd (k_1), (k_2), (k_3) wykonanych w krążku (19) drążonym, krążku (18) środkowym oraz krążku (17) końcowym cylindra (4) wewnętrznego, przy czym domknięcie powstaje z płaszczyzn czołowych wirników (3) i (3′) wrębowych.

9. Silnik według zastrz. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 i 8, **znamienny tym**, że koła (26′) zębate wrzecion (37) i (37a) obrotowych rurowych zazębiają się z kołami (23) i (23a) zębatymi posiadającymi sztywne połączenia z ich wałkami (25) napędu wrzeciona wychodzącymi na zewnątrz cylindra (4) wewnętrznego, którego krążek (19) drążony ma wydrążenia na koła (23) i (23a) zębate, zaś drugie końce wałków (25) napędu wrzeciona są zaopatrzone w koła (26) zębate zazębiające się z kołem (27) zębatym centralnym przeniesienia napędu wrzecion (37) i (37a) obrotowych rurowych z zębatki (30) skojarzonej ruchowo połączeniem za pomocą gwintu samohamownego z wałkiem (39) silnika (35) serwomechanizmu.

Rysunki



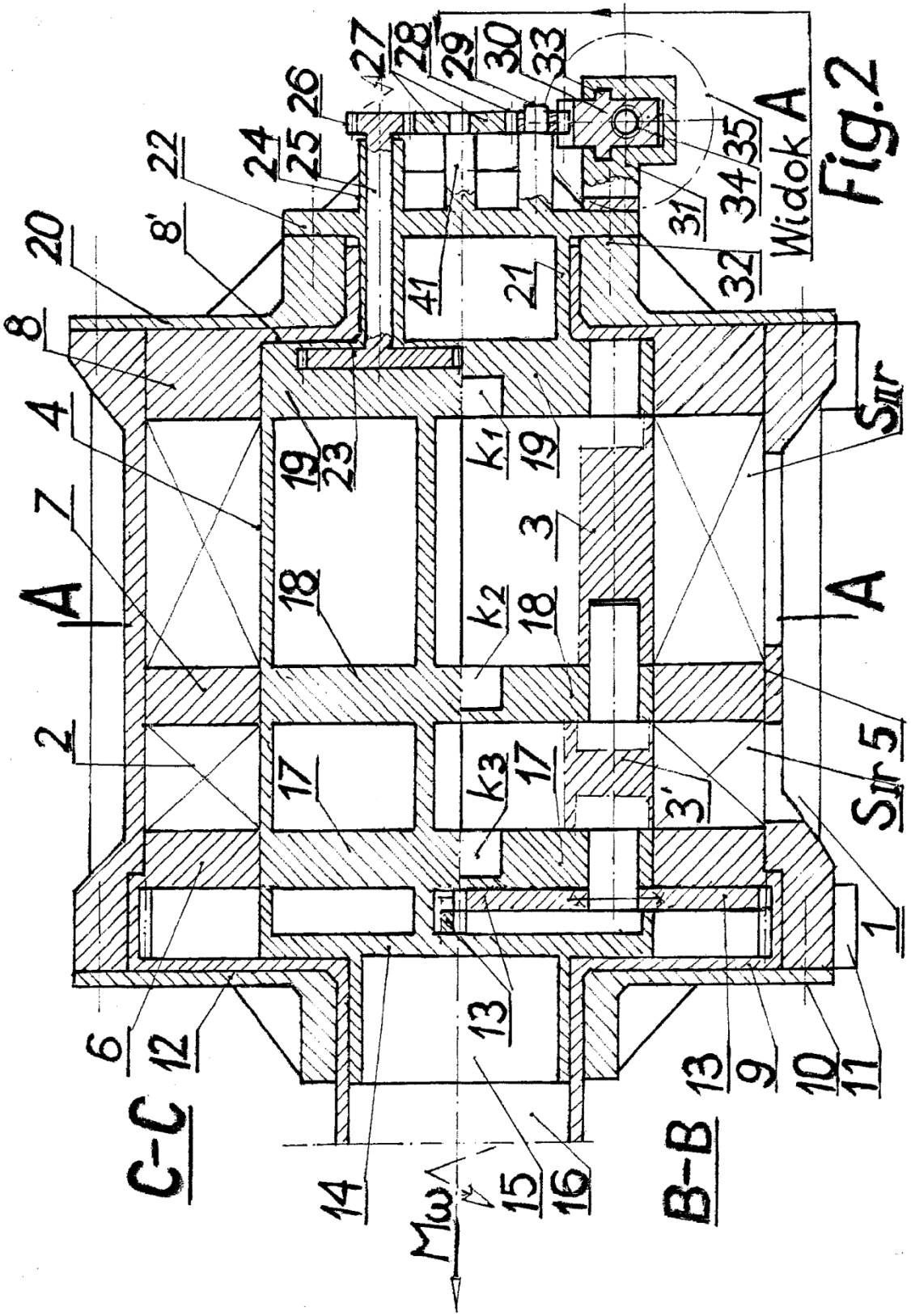


Fig.2

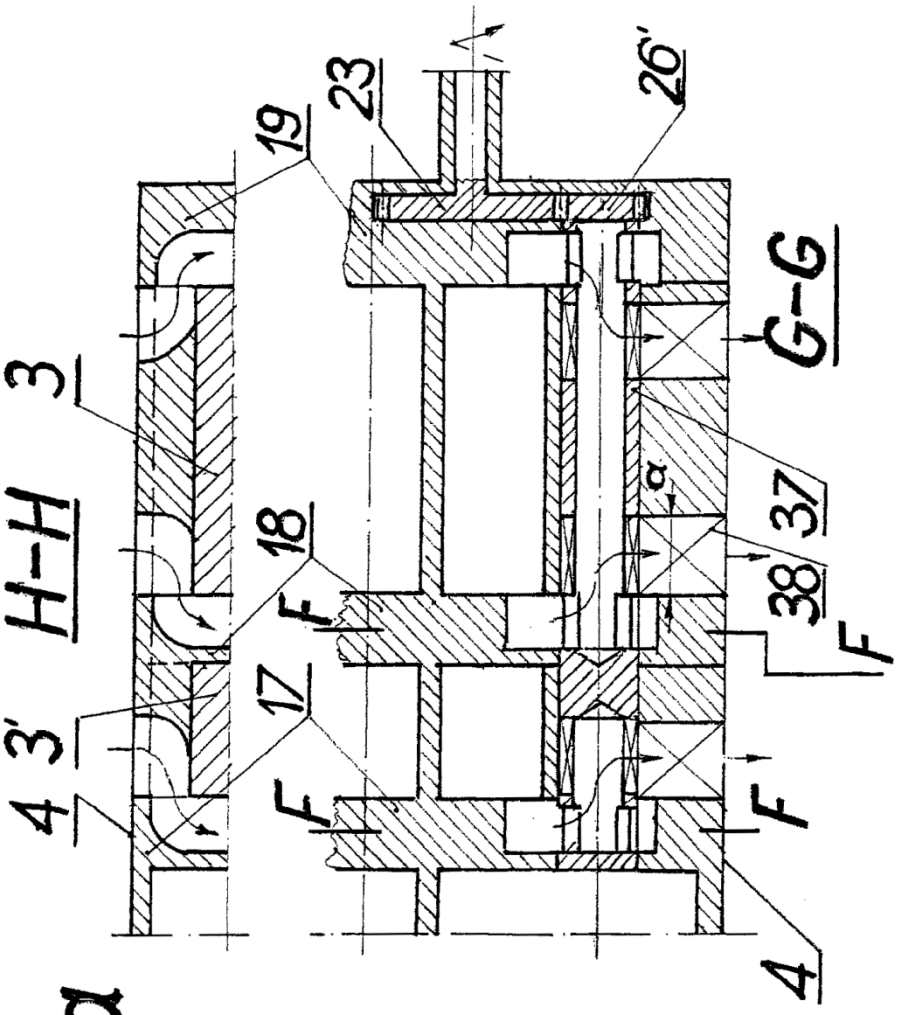


Fig.3a

Fig.3

Widok A

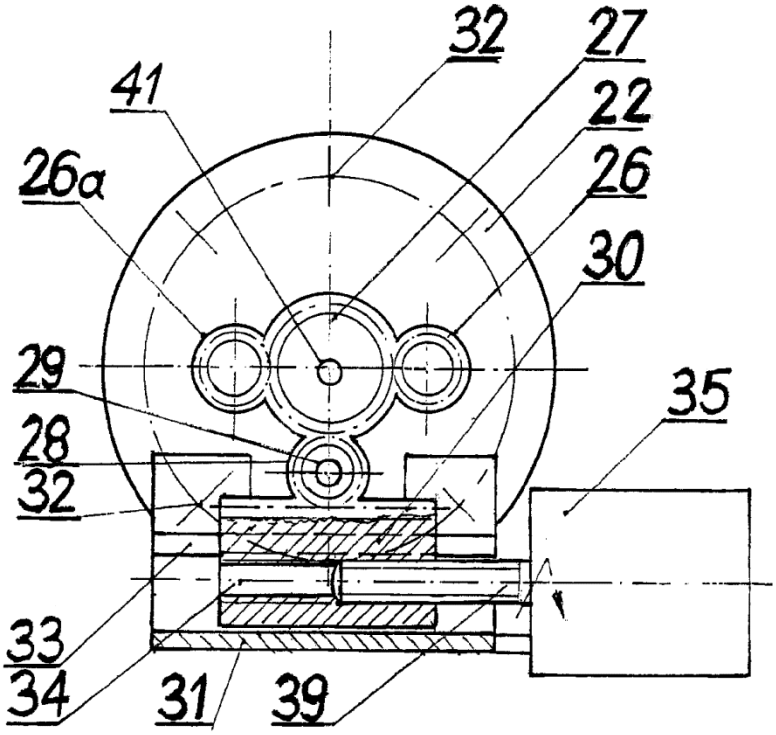
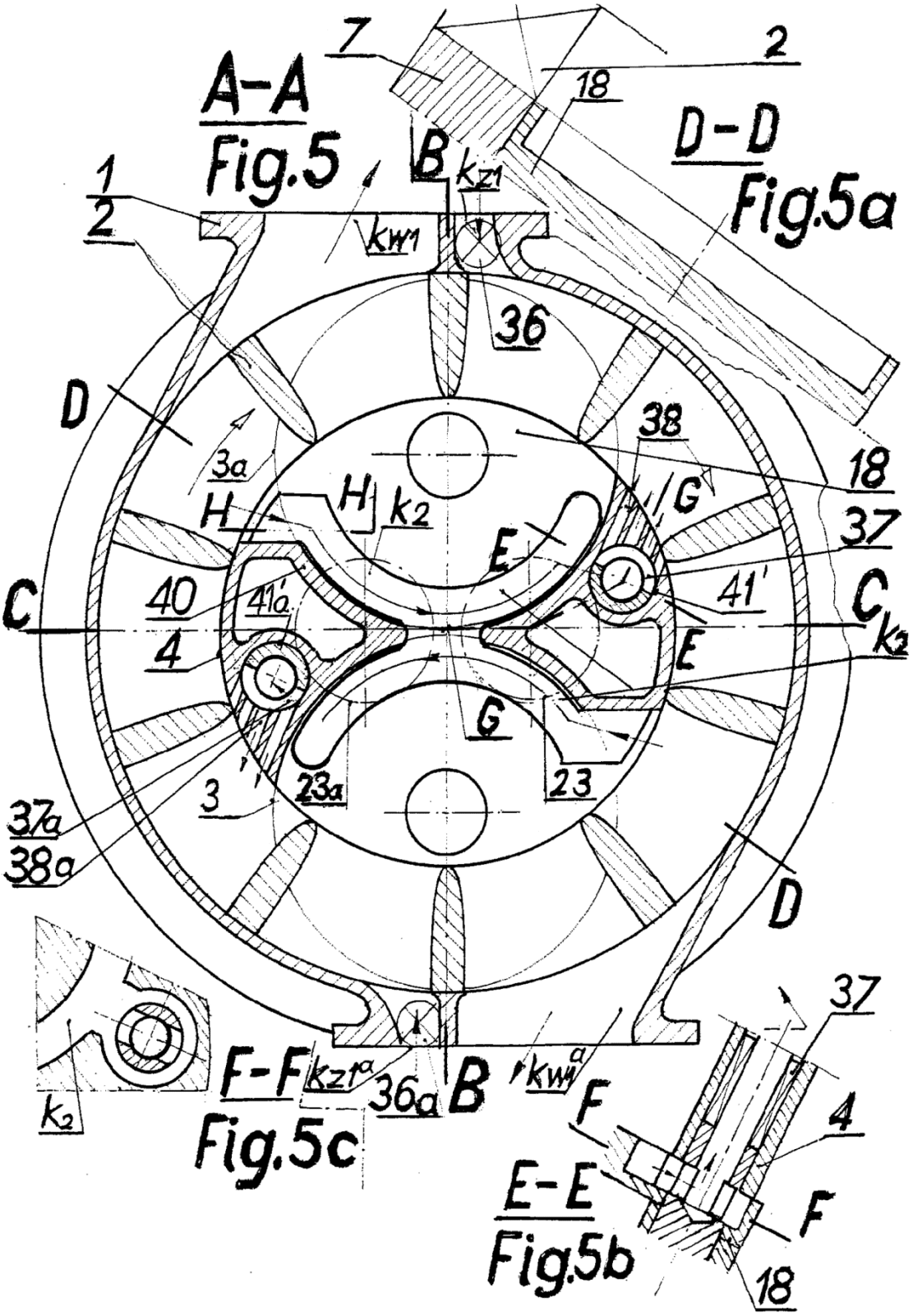


Fig.4


A-A
Fig.5
D-D
Fig.5a
F-F
Fig.5c
E-E
Fig.5b
7
2
18
1
2
B
kz1
kw1
36
D
3a
38
18
H
H
k2
G
37
E
40
41'a
41'
C
C
4
E
k2
G
3
23a
23
37a
38a
D
37
k2
kz1a
36a
B
kw1a
F
4
F
18

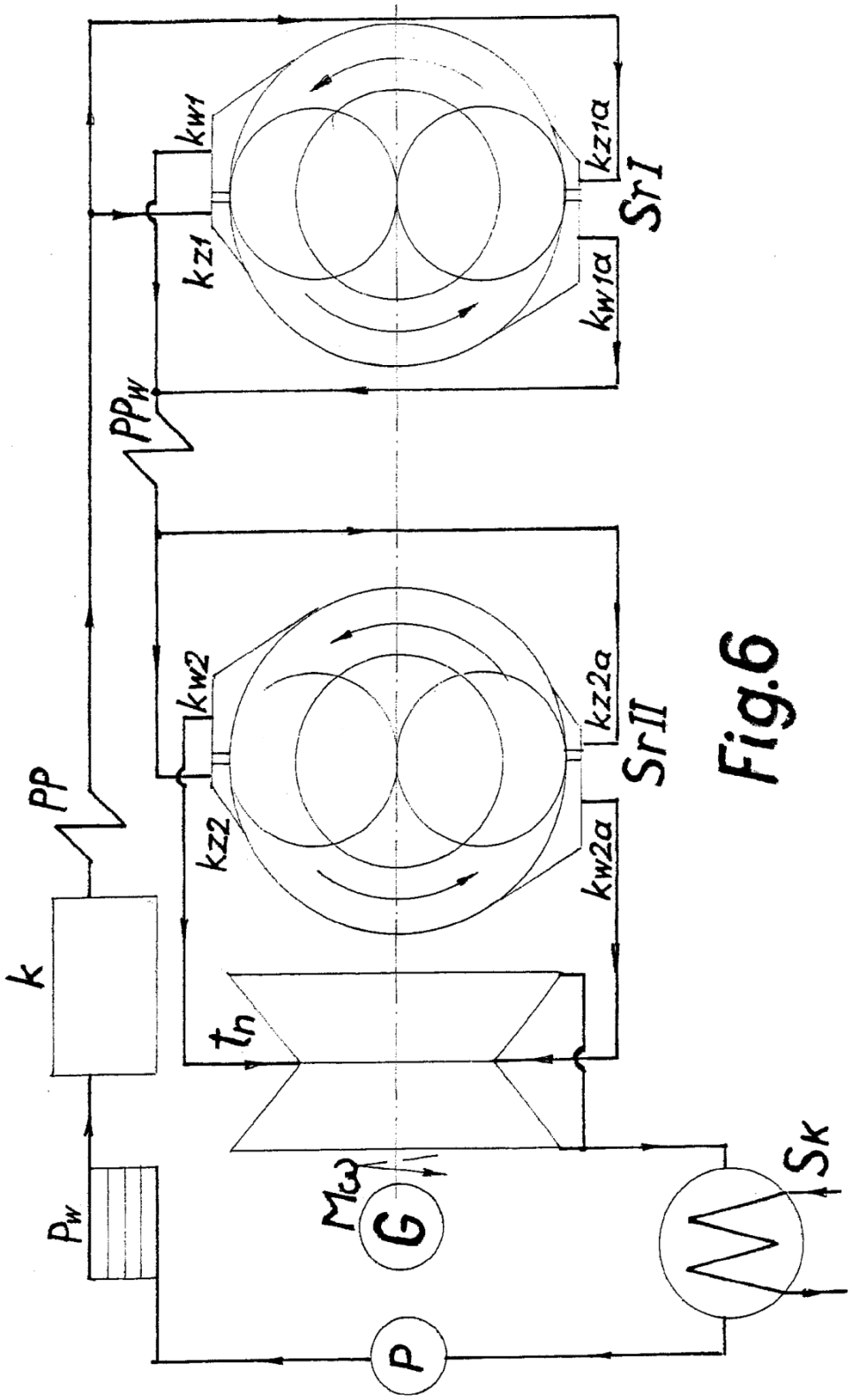

kw1
kz1
kz1a
kw1a
SrI
PPw
kw2
kz2
kz2a
kw2a
SrII
PP
k
tn
Pw
Mω
G
P
Sk

Fig.6