



Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 03.IV.1968 (P 126 192)

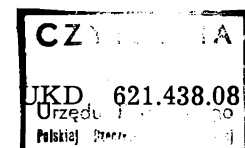
Pierwszeństwo: 05.IV.1967 Szwajcaria

Opublikowano: 30.V.1970

Kl. 46 a, 41/10

MKP F 02 b

41/10



Twórca wynalazku: Helmut Petak

Właściciel patentu: Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur
(Szwajcaria)

Doładowywany, dwusuwowy, tłokowy silnik spalinowy

1

Przedmiotem wynalazku jest doładowywany, dwusuwowy, tłokowy silnik spalinowy, z układem spiętrzeniowym, pracujący na gazach wylotowych, o więcej niż czterech cylindrach, w których przewód odprowadzający gazy spalinowe zawiera kilka odbiorników gazów spalinowych, z których każdy podłączony jest do wspólnej dla kilku cylindrów turbiny.

Przy doładowywaniu dwusuwowych, tłokowych silników spalinowych znane są dwa zasadnicze układy, a mianowicie układ spiętrzeniowy i układ uderzeniowy.

W układzie spiętrzeniowym gazy spalinowe z wszystkich cylindrów jednego silnika kierowane są do wspólnego odbiornika gazów spalinowych, a stamtąd doprowadzone są do jednej lub najwyżej dwóch turbin na gazy wylotowe. Układ ten odznacza się prostą budową i dobrą sprawnością przy pełnym obciążeniu, zwłaszcza w silnikach o wysokim ciśnieniu doładowywania. Jednak w celu utrzymania w tym układzie we wspólnym odbiorniku gazów spalinowych w przybliżeniu stałego ciśnienia niezbędna jest duża objętość odbiornika, równa co najmniej trzykrotnej objętości skokowej wszystkich cylindrów podłączonych do odbiornika, co oznacza, zwłaszcza w dużych silnikach znaczne zapotrzebowanie przestrzeni.

Ponadto, przy obciążeniu częściowym powstają duże straty energii skutkiem rozprężania gazów spalinowych przy wprowadzaniu ich z cylindrów

2

do odbiornika oraz skutkiem ochłodzenia w odbiorniku. Powoduje to niekorzystną pracę przy obciążeniu częściowym silników wyposażonych w ten układ, przez co w przypadku pracy pod obciążeniem częściowym, niezbędne są dodatkowe dmuchawy.

Przy doładowywaniu według układu uderzeniowego dąży się do możliwie małych objętości przewodów odprowadzających gazy spalinowe, prowadzących z cylindrów do turbin. Objętość przewodu odprowadzającego gazy spalinowe zespołu trzech cylindrów jest na przykład w przybliżeniu taka sama jak objętość skokowa jednego cylindra. Daje to w tym przypadku objętość równą 0,33 objętości skokowej cylindra na każdy cylinder podłączony do przewodu. W ten sposób możliwe jest wykorzystanie fal ciśnienia uderzeń wydechowych, to znaczy energii kinetycznej gazów spalinowych w turbinie turbosprężarki doładowującej, napędzanej gazami spalinowymi tak, że silniki takie umożliwiają bez trudności pracę z obciążeniem częściowym.

Ze względu na wzajemne oddziaływanie uderzeń ciśnienia z poszczególnych cylindrów niezbędne jest jednak połączenie razem przy wlocie turbiny tylko tych cylindrów, które się wzajemnie nie zakłócają, to znaczy tych, których odległość zapłonu jest dostatecznie duża. Odległość zapłonowa cylindrów, których łączenie jest dopuszczalne, wynosi zwykle 120° kąta obrotu wału korbowego, co najmniej jednak 90°.

W celu uzyskania dobrej sprawności niezbędne

jest przy tym zastosowanie dla każdego zespołu trzech cylindrów jednej turbosprężarki doładowującej, napędzanej gazami spalinowymi, co zwiększa koszty urządzenia. Jeżeli łączy się kilka zespołów razem na różne segmenty turbosprężarki, wówczas istnieje konieczność stosowania długich przewodów o dużej objętości, które trudno jest rozmieścić. Dodatkową niedogodnością jest wynikające stąd pogorszenie sprawności urządzenia.

Celem wynalazku jest stworzenie układu doładowywania, który ma zalety układów znanych bez ich wad i który przy prostej budowie zapewnia osiągnięcie wysokiej sprawności przy pełnym obciążeniu i przy wysokich ciśnieniach doładowywania, przy czym równocześnie silnik lepiej pracuje w przypadku obciążenia częściowego.

Istota wynalazku polega na tym, że do każdego odbiornika gazów spalinowych podłączone są całkowicie najwyżej trzy cylindry, których odstęp zapłonu wynoszą co najmniej 90° kąta obrotu wału korbowego.

Dzięki temu możliwe jest nadanie odbiornikom gazów spalinowych mniejszych wymiarów niż byłoby niezbędne dla wspólnego odbiornika przy doładowaniu według układu spiętrzeniowego. Przykładowo odbiornik może mieć objętość równą 1,5 do 2,5 objętości skokowej cylindra na każdy podłączony cylinder w stosunku do przynajmniej 3-krotnej objętości w przypadku dotychczasowego układu spiętrzeniowego.

W takim odbiorniku gazów spalinowych powstają wprawdzie wahania ciśnienia skutkiem uderzeń wydechowych, które są niepożądane w znanym układzie spiętrzeniowym, gdyż zakłócają proces płukania, jednak w silniku według wynalazku te fale ciśnienia mogą mieć działanie korzystne, gdyż przez chwilowe wsteczne spiętrzenie powietrza przepływającego w cylindrach powstaje zjawisko doładowywania dynamicznego, skutkiem którego zwiększona zostaje ilość świeżego powietrza pozostająca w cylindrze.

Możliwe jest przy tym podłączenie kilku odbiorników gazów spalinowych do jednej wspólnej turbiny, przy czym połączenie prowadzących przewodów od poszczególnych odbiorników następuje na krótko przed turbiną. Dzięki temu możliwe jest stosowanie jednej turbiny na gazy wylotowe nawet przy kilku odbiornikach gazów spalinowych, co powoduje znaczne uproszczenie urządzenia.

Połączenie ze sobą przewodów prowadzących z poszczególnych odbiorników i ich podłączenie do turbiny następuje w taki sposób, że gazy spalinowe prowadzone są przez rurę zewnętrzną i umieszczoną w niej rurę wewnętrzną. Rury wewnętrzne kończą się w tym przypadku na krótko przed turbiną. Dzięki temu osiąga się proste podłączenie kilku odbiorników do jednej wspólnej turbiny z pełnym zasilaniem wieńca turbiny i tym samym wysoką sprawnością, przy czym wzajemne oddziaływanie poszczególnych cylindrów utrzymywane jest na niskim poziomie, a w pewnych warunkach może być nawet wykorzystane w korzystny sposób.

Jeżeli, na przykład, w silniku o pięciu lub siedmiu cylindrach przewidziane są dwa odbiorniki gazów spalinowych wówczas środkowy cylinder jest

korzystnie podłączony przez połowy swego przewodu odprowadzającego gazy spalinowe do obu odbiorników gazów spalinowych. Dzięki temu przy siedmiu cylindrach unika się zastosowania oddzielnego odbiornika dla środkowego cylindra, przy czym ilości gazów spalinowych doprowadzane do poszczególnych odbiorników są bardziej równomierne. Rozwiązanie to może być także korzystnie zastosowane do silnika o pięciu cylindrach.

W układzie dwóch sąsiadujących ze sobą odbiorników, podłączonych do różnych turbin, możliwe jest łączenie ich ze sobą przez otwór dławiący. Dzięki temu wyrównane zostaje średnie ciśnienie w obu odbiornikach i unika się nierównomiernego obciążenia turbin, które mogłoby wystąpić z różnych powodów.

Możliwe jest wykonanie poszczególnych odbiorników przez podział dużego wspólnego odbiornika za pomocą ścianek działowych. W ten sposób uzyskuje się prosty układ konstrukcyjny o optymalnym wykorzystaniu przestrzeni.

Przedmiot wynalazku wyjaśniony jest na podstawie przykładów wykonania przedstawionych schematycznie na rysunku, na którym fig. 1 i 2 przedstawiają dwie możliwe odmiany silnika według wynalazku o ośmiu cylindrach, fig. 3 przedstawia wykres kolejności zapłonów dla silników z fig. 1 i 2, fig. 4 i 5 przedstawiają dwie odmiany silnika według wynalazku o pięciu cylindrach, fig. 6 i 7 przedstawiają dwie odmiany wykonania silnika sześciocylindrowego według wynalazku, fig. 8 i 9 przedstawiają silnik siedmiocylindrowy, fig. 10, 11 i 12 przedstawiają odpowiednio silniki dziewięciocylindrowe i dwunastocylindrowe, fig. 13 przedstawia wykres kolejności zapłonów dla silników z fig. 4 i 5, fig. 14 przedstawia wykres kolejności zapłonów dla silników z fig. 6 i 7, fig. 15 przedstawia wykres kolejności zapłonów dla silników z fig. 8 i 9, fig. 16, 17 i 18 przedstawiają wykresy kolejności zapłonów dla silników z fig. 10, 11 i 12, a fig. 19 przedstawia wykres przebiegu ciśnień w silniku o wspólnym odbiorniku gazów spalinowych bez podziału według wynalazku w porównaniu z przebiegami ciśnienia w silniku według wynalazku.

Przedstawiony na fig. 1 dwusuwowy silnik wysokoprężny zawiera cylindry 20, które zgodnie z ich kolejnością oznaczone są kolejnymi liczbami od 1 do 8. Cylindry te podłączone są do wspólnego powietrznego odbiornika 21, który otrzymuje powietrze doładowywania z dmuchawy 22 turbozespołu ładującego. Gazy spalinowe z poszczególnych cylindrów 20 kierowane są do odbiorników 23, 24, 25, które stanowią części jednego wspólnego dużego odbiornika 26. Podział następuje za pomocą działowych ścianek 27, 28. Do podłączenia odbiorników 23, 24 i 25 do wspólnej turbiny 28 przewidziana jest zewnętrzna rura 29, w której znajdują ujście rurowe łączniki 30 i 31 prowadzące z odbiorników 24 i 25. Łączniki 30 i 31 kończą się krótko przed turbiną 28 tak, że następuje połączenie strumieni gazów spalinowych poszczególnych odbiorników 23, 24 i 25. Jak wynika z narysowanej linią przerywaną przekroju odbiornika 23, ma on przekrój okrągły, przy czym rurowe łączniki 30 i 31 stano-

wią polówki okrągłej rury przechodzącej przez odbiornik 23.

Układ jest tak dobrany, że do jednego z odbiorników 23, 24 i 25 podłączone są w sposób znany dla układu uderzeniowego te cylindry, których uderzenia wydechowe nie oddziałują niekorzystnie na procesy robocze przebiegające w pozostałych cylindrach. Osiągane jest to w ten sposób, że kolejność zapłonu w sąsiadujących ze sobą cylindrach przesunięta jest wzajemnie co najmniej o 90° . Objętość poszczególnych przewodów gazów spalinowych jest w wyniku obecności odbiorników znacznie większa niż objętość przewodów gazów spalinowych według układu uderzeniowego, a mianowicie, jest ona równa co najmniej 1,5 objętości skokowej cylindra na każdy podłączony cylinder. Odbiornik z przewodami, do których podłączone są trzy cylindry, ma przykładowo objętość równą przynajmniej 4,5 objętości skokowej pojedynczego cylindra. Objętość ta jest jednak mniejsza niż w przypadku silnika o doładowaniu spiętrzeniowym.

Silnik przedstawiony na fig. 2 różni się od silnika z fig. 1 tym, że na obu końcach silnika przewidziane są dwa ładujące turbozespoły 40, 41 i 42, 43. Cylindry 44 otrzymują powietrze przepłukujące i doładowywania ze wspólnego odbiornika 45, podłączonego do dmuchaw 40 i 42. Gazy spalinowe z cylindrów 44 kierowane są do odbiorników 46, 47 i 48. Odbiornik 46 połączony jest z turbiną 41 przez rurę 49a, odbiornik 48 z turbiną 43 za pomocą rury 50. W odbiornikach 46 i 48 znajdują się rury 51 i 52, które prowadzą z odbiornika 47 do rur 49 i 50 i kończą się w nich na krótko przed turbinami 41 lub 43. Działanie tego urządzenia jest zasadniczo takie samo jak urządzenia z fig. 1 z tą różnicą, że gazy spalinowe z odbiornika 47 zostają rozdzielone na turbiny 41 i 43.

Omawiany silnik ma w porównaniu z silnikiem z fig. 1 tę zaletę, że w przypadku uszkodzenia jednego z turbozespołów ładujących możliwe jest kontynuowanie pracy przy 75% pełnej mocy. W przypadku uszkodzenia jednego turbozespołu wystarczy zamknąć właściwy przewód 51, 52 i zablokować uszkodzony turbozespół.

Na fig. 4—12 przedstawiono schematycznie dalsze możliwe odmiany wykonania silników o różnych liczbach cylindrów. Na fig. 13—18 przedstawiono wykresy kolejności zapłonu dla odpowiednich silników. Oznaczenie kolejności cylindrów jest przy tym zawsze takie jak na fig. 1 od lewej strony. W przypadku silników przedstawionych na fig. 4, 5, 8 i 9 odmiennosć polega na tym, że środkowy cylinder podłączony jest swoim przewodem wydechowym do obu przewidzianych odbiorników gazów spalinowych. Dzięki temu osiąga się uproszczenie urządzenia. Odpowiednio do sformułowanych na początku wymagań odnośnie odległości zapłonu między cylindrami podłączonymi do jednego odbiornika byłoby mianowicie niezbędne podłączenie środkowego cylindra do oddzielnego odbiornika o odpowiednio dużej objętości. Przez rozdział gazów spalinowych z wymienionego cylindra na dwa odbiorniki zbyteczne jest stosowanie oddzielnego odbiornika, gdyż, jak się okazało, cylinder podłączo-

ny jedynie do połowy nie wpływa praktycznie w sposób niekorzystny na pracę.

W silnikach przedstawionych na fig. 11 i 12 odmiennosć polega na tym, że środkowa, dzielowa ścianka 100 lub 101 ma dławiący otwór 102 lub 103, przez co możliwy jest przepływ gazów spalinowych między sąsiadującymi ze sobą odbiornikami, który zapobiega nadmiernemu spadkowi ciśnienia w tym odbiorniku, w którym powstaje dłuższy odstęp czasu bez uderzenia wydechowego skutkiem nieregularności kolejności zapłonu cylindrów podłączonych do tego odbiornika. Jako przykład przytoczyć można silnik z fig. 11, gdzie do lewego z obu połączonych odbiorników, oznaczonego odnośnikiem 104, podłączone są cylindry 4 i 5. Jak widać z kolejności zapłonu na fig. 17, między zapłonami w cylindrach 4 i 5 istnieje odstęp równy 216° . Tak sam odstęp istnieje również między zapłonami w cylindrach 6 i 7. Przez umieszczenie otworu możliwy jest przepływ gazów z sąsiedniego odbiornika i wyrównanie wahań ciśnienia. Przykładowo, w odcinku czasu między uderzeniami wydechowymi cylindrów 4 i 5 następuje przepływ gazów z odbiornika 105 do odbiornika 104 skutkiem uderzenia wydechowego w cylindrach 6 i 7. W taki sposób uderzenie wydechowe cylindra 4 między uderzeniami ciśnienia z cylindrów 6 i 7 powoduje wzrost ciśnienia w odbiorniku 105.

Wykres na fig. 19 ukazuje przebieg ciśnień w cylindrach (krzywa „a” względnie „a'”) i w odbiorniku gazów spalinowych (krzywe „b i c'”) podczas jednego obrotu wału korbowego. Wykres odnosi się do silnika sześciocylindrowego o kolejności zapłonów 1-6-2-4-3-5 z niepodzielnym oraz według fig. 6 lub 7 z podzielnym odbiornikiem gazów spalinowych. Odpowiednią kolejność zapłonów przedstawiona jest na fig. 14.

Na wykresie przedstawione jest pozioma linia „m” średnie ciśnienie przepłukiwania, to znaczy ciśnienie powietrza w odbiorniku powietrza. Na osi poziomej naniesione są położenia wału korbowego. Cyframi I, II i IV oznaczone są dolne punkty zwrotne dla cylindrów 1, 2 i 6. Symbolami A1 i E1, A2, E2 i A6 oznaczone są czasy otwarcia organów wylotowych gazów spalinowych i organów wlotowych powietrza przepłukującego i doładowanego dla cylindrów 1, 2 i 6. Przez E1' i A1' oznaczono czasy zamknięcia organu wlotowego i organu wylotowego cylindra 1. Są one, jak to jest zwykle w silnikach dwusuwowych o rozrządzie tłokowym, symetryczne względem położenia dolnego punktu zwrotnego I cylindra 1.

Z przebiegu krzywych widoczne jest, że w niepodzielnym odbiorniku gazów spalinowych, to znaczy w jednym wspólnym odbiorniku gazów spalinowych, podczas wydechu z cylindra 6 ciśnienie w odbiorniku gazów spalinowych zmienia się według krzywej „b1” i wzrasta powyżej poziomu ciśnienia w cylindrach 1, które przebiega według krzywej „a”. Skutkiem tego zakłócony zostaje proces przepłukiwania w cylindrach 1, gdyż gazy wylotowe powracają do cylindra. W przypadku rozdzielenia odbiorników według fig. 7, ciśnienie w odbiorniku gazów spalinowych cylindrów 1—3 zmienia się według krzywej „b”, wykreślonej linią ciągłą, to znaczy, że nie ma

wzrostu ciśnienia ponad wartość ciśnienia w cylindrze 1. Najbliższy wzrost ciśnienia występuje dopiero w chwili A2 otwarcia organu wydechowego cylindra 2. Ten wzrost ciśnienia jest korzystny, gdyż przez spiętrzenie powietrza przepływającego w cylindrze 1 powoduje wzrost ciśnienia powietrza doładowania znajdującego się już w cylindrze 1. Uzyskana w ten sposób różnica ciśnienia oznaczona jest na wykresie na fig. 19 symbolem Δp . W silniku bez tego zjawiska ciśnienie zmieniałoby się według krzywej „a1”, wykreślonej linią przerywaną.

W celu uzyskania zmian ciśnień przedstawionych na fig. 19 oprócz podziału wspólnego odbiornika gazów spalinowych na kilka, w omawianym przypadku na dwa odbiorniki, niezbędny jest również określony wybór wielkości odbiorników, gdyż istnieje w tym względzie pewne optimum. Jeżeli odbiornik jest zbyt mały, wówczas wahania ciśnienia są zbyt wysokie i żądany przebieg ciśnienia nie jest osiągalny a sprawność turbiny pogarsza się. Natomiast w przypadku zbyt dużego odbiornika nie można osiągnąć przedstawionego na fig. 19 wspomaganie procesu przepływania, wynikającego z przebiegu krzywych „a” i „a'”. Najkorzystniejsza objętość odbiornika musi być ustalona doświadczalnie lub obliczeniowo, w każdym razie jest ona większa niż zamierzona w układzie uderzeniowym minimalna wielkość objętości przewodów gazów spalinowych. Jako przybliżoną regułę można podać, że bardzo dobre wyniki osiągane są w zakresie objętości od 1,5 — 2,5 objętości skokowej na podłączony cylinder w stosunku do 3 i więcej w układzie spiętrzeniowym.

Zastrzeżenia patentowe

1. Doładowywany dwusuwowy tłokowy silnik spalinowy z układem spiętrzeniowym o więcej niż czterech cylindrach, którego przewód odprowadzający

gazy spalinowe zawiera kilka odbiorników gazów spalinowych, z których każdy podłączony jest do wspólnej dla kilku cylindrów turbiny, **znamienny tym**, że do każdego z odbiorników (23, 24, 25, 46, 47, 48) gazów spalinowych podłączone są całkowicie najwyżej trzy cylindry (20, 44), których odstępy zapłonu wynoszą co najmniej 90° kąta obrotu wału korbowego.

2. Silnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kilka odbiorników (23, 24, 25) gazów spalinowych podłączonych jest do wspólnej turbiny (28), przy czym połączenie przewodów prowadzących do poszczególnych odbiorników następuje na krótko przed turbiną, przez co turbina jest zasilana gazami spalinowymi na całym swoim obwodzie.

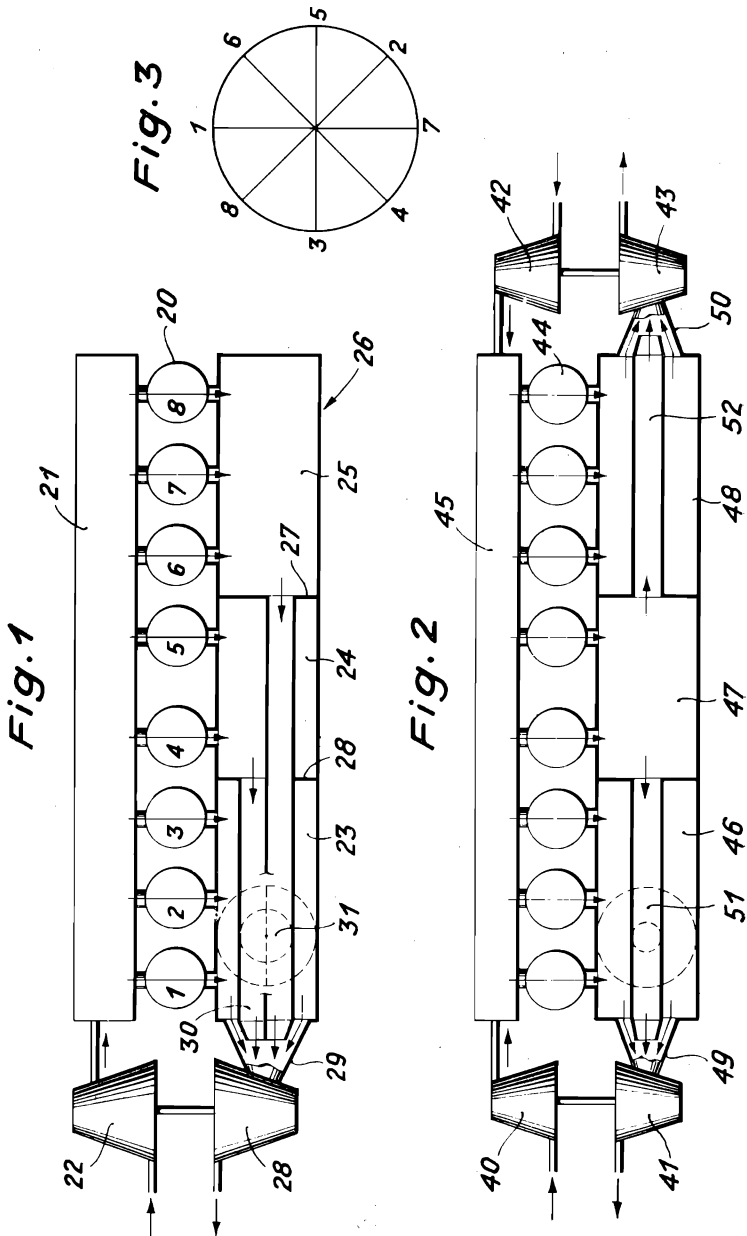
3. Silnik według zastrz. 2, **znamienny tym**, że doprowadzenie gazów spalinowych z kilku odbiorników (23, 24, 25) do turbiny (28) stanowi zewnętrzna rura (29) i znajdujące się w niej rurowe łączniki (30, 31), które zakończone są na krótko przed turbiną (28).

4. Silnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że ma dwa odbiorniki, a środkowy cylinder podłączony jest przez połowy swojego przewodu gazów wylotowych do obu odbiorników.

5. Silnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że co najmniej dwa odbiorniki (104) i (105), podłączone do różnych turbin, połączone są ze sobą za pomocą dławiącego otworu (102) lub (103).

6. Silnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że każdy odbiornik ma objętość równą co najmniej 1,5 objętości skokowej cylindra na każdy podłączony cylinder.

7. Silnik według zastrz. 1—6 **znamienny tym**, że odbiorniki (23, 24, 25) wykonane są przez podział jednego dużego odbiornika (26) za pomocą działowych ścianek (27, 28).



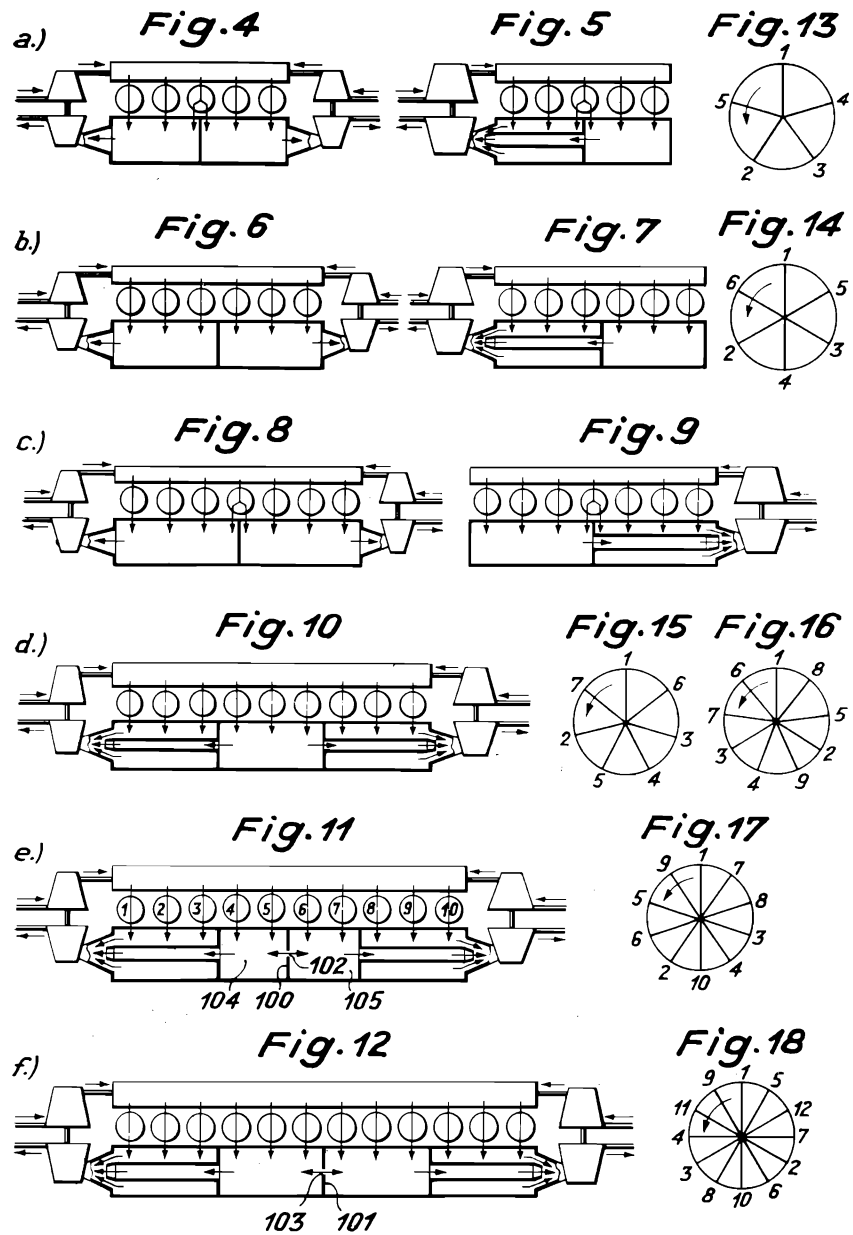


Fig.19

