



Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 16.I.1964 (P 103 471)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 8.III.1968

Kl.

~~46a², 64~~

46e, 41/08

MKP

F 02 b

41/08

UKD



Współtwórcy wynalazku: dr inż. Adam Kręglewski, doc. dr inż. Witold Kręglewski

Właściciel patentu: Zjednoczenie Przemysłu Taboru Kolejowego, Poznań (Polska)

Sposób wysokiego doładowania silnika spalinowego i urządzenie do stosowania tego sposobu

1

Wynalazek dotyczy sposobu doładowania silników spalinowych, umożliwiającego uzyskanie bardzo wysokich stopni doładowania przy wielkich rozpiętościach obrotów, oraz urządzenia do stosowania tego sposobu.

Zastosowanie nowego sposobu doładowania może być szczególnie celowe przy silniku dwusuwowym, służącym do bezpośredniego napędu lokomotywy spalinowej. Silnik taki winien wyróżniać się bardzo szczególną charakterystyką, wynikającą z potrzeb trakcji kolejowej. W szczególności silnik ten winien umożliwiać uzyskanie bardzo wysokich wartości średniego użytecznego ciśnienia „pe” począwszy od możliwie niskich obrotów silnika, rzędu 1/20 do 1/10 obrotów nominalnych.

Uzyskanie żądanych wysokich wartości „pe” rzędu 15—20 kG/cm² jest uzależnione od dysponowania w cylindrze dostateczną ilością powietrza (tlen), potrzebną do spalania zwiększonych ilości paliwa, a tym samym jest uzależnione od odpowiednio wysokiego doładowania silnika spalinowego.

Znany jest sposób ładowania silnika z dwoma szeregami szczelin wlotowych, łączących cylinder z dwoma oddzielnymi zbiornikami powietrza. Za górnym szeregiem szczelin wlotowych znajduje się zawór sterowany przez silnik, zawór służący do rozrządu dodatkowego powietrza dostarczanego przez oddzielną pompę powietrzną, napędzaną przez tenże sam silnik. Urządzenie to służyło do

2

zwiększenia ładunku w chwili rozpoczęcia sprężania.

Ponieważ pompa powietrzna w tym rozwiązaniu jest napędzana przez silnik w określonym, stałym stosunku obrotów do obrotów silnika, więc ilość dodatkowego powietrza na jeden cykl roboczy w cylindrze jest wielkością stałą, niezależną od obrotów silnika. Urządzenie to było przewidziane do zwiększenia średniego użytecznego ciśnienia szczególnie przy dużych obrotach silnika i dlatego stosowane przekroje przelotni i zaworów musiały być odpowiednio duże, aby opory przepływu wtłaczanego powietrza nie wzrastały zbyt z obrotami silnika.

Największe pozorne podobieństwo do sposobu dodatkowego doładowania według niniejszego wynalazku wynika z opisów patentowych USA; Nr 2 924 069 (Büchi) i Nr 2 583 882 (Ricardo). Różnice uwydatniają się najlepiej na wykresach średniego efektywnego ciśnienia „pe” w cylindrach w zależności od obrotów silnika, uwidoczniionych na rysunku fig. IV.

Krzywa a na fig. IV przedstawia średnie ciśnienie efektywne „pe” normalnego silnika dwusuwowego, niedoładowanego. Zaczyna się ona przy ok. 25% obrotów nominalnych, o ile silnik posiada pompy ładujące tłokowe i osiąga na ogół „pe” nie wyższe niż 6,5 kG/cm².

Poniżej tych obrotów nie następuje wymiana ładunku i samozapłon. Do 1/4 obrotów trzeba sil-

nik przyspieszyć przy pomocy powietrza wysoko sprężonego lub prądu elektrycznego. Przez dodanie normalnej turbosprężarki, napędzanej gazami wylotowymi, osiąga się według krzywej b na ogół „p” równe 8,5 do 9 kG/cm², a przy zastosowaniu turbosprężarki o wysokich obrotach osiągnąć można do 11 kG/cm² według krzywej c.

Doładowanie według patentu nr 2 924 069 (Büchi), w którym sprężarka obrotowa napędzana przez główny silnik przy pomocy łańcucha lub kół zębatach sprężarki daje na 1 skok silnika ilość dodatkowego powietrza niezależną od obrotów silnika, zawsze jednakową, to „pe” wzrasta na skutek tego w przybliżeniu zawsze o tę samą wielkość Δ według krzywej d.

Znane rozwiązanie według opisu pat. nr 2 583 882 zawiera sprężarkę z oddzielnym napędem, który powoduje taki skutek, że ciśnienie powietrza spada z obrotami według prostej i na skutek tego „pe” również spada (odpowiednio do rysunku na arkuszu 3 opisu patentowego) w/g krzywej e. Taki sposób regulacji znajduje praktycznie rzadko zastosowanie. Jest on w wielkiej mierze przystosowany do typu silnika Ricardo.

Sposób doładowania według niniejszego zgłoszenia ma zupełnie specyficzne przeznaczenie, a mianowicie dotyczy on silnika do bezpośredniego napędu lokomotyw spalinowych. Silnik taki powinien dawać wysokie „pe” nie tylko przy wysokich obrotach, ale powinien je dawać również, a nawet w większej mierze przy niższych i bardzo niskich obrotach.

Odpowiednio, powinien silnik być doładowany dodatkowym powietrzem, w ilościach stojących w odwrotnym stosunku do ilości jego obrotów. Nie chodzi tutaj o ciśnienie powietrza, ale o ilości powietrza na jeden obrót silnika. Jeżeli ono wtłaczane jest poprzez zawór doładowawczy i dodatkowe szczeliny wlotowe, to iloczyn czasokresu otwarcia tych elementów i ilości obrotów jest niezmienny tj. czasoprzekrój równy jest wielkości stałej. O ile sprężarka doładowująca będzie miała stałe obroty, ilość powietrza dostarczanego w czasie również jest niezmienna, a więc ciśnienie powietrza nie będzie się zmieniało. Natomiast, ilość powietrza przypadająca na jeden skok silnika głównego będzie wielkością odwrotną w stosunku do ilości jego obrotów. Na rys. fig. V przedstawiono krzywą hiperboliczną obrazującą ilość powietrza wtłaczanego na jeden skok silnika w zależności od jego obrotów.

Dobre wyniki dał stosunek 100% ilości powietrza dodatkowego przy 20% obrotów silnika, co odpowiada 2% ilości powietrza doładowującego przy pełnych (100%) obrotach silnika. Jeżeli tę krzywą przeniesiemy do fig. IV (kreskowana przestrzeń pomiędzy krzywymi e i f) wtenczas „pe” kształtuje się wg krzywej f. Gdy tę krzywą przeniesiemy w siatkę szybkości lokomotywy i jej siły pociągowej, co przy bezpośrednim napędzie ma miejsce, charakterystyka lokomotywy będzie odpowiadała charakterystyce lokomotywy elektrycznej wielkiej mocy z tą różnicą, że w lokomotywach elektrycznych przy dużych szybkościach, si-

ła pociągowa spada na skutek, podyktowanego względami elektrycznymi, osłabienia pola silników trakcyjnych, podczas gdy w niniejszym wynalazku siła pociągowa jeszcze nieco wzrasta. Na skutek zwiększonych przez dodatkowe doładowanie ilości gazów wylotowych, turbosprężarka przyspieszy swe obroty i daje jeszcze dodatkowy ładunek, co powoduje dalsze powiększenie średniego ciśnienia „pe” odpowiadające krzywej g. Wyniki silnika na stacji próbnej potwierdzają to założenie. Daje to charakterystykę lokomotywy potrzebnej dla ciężkich składów pociągów przy dużej szybkości.

Silniki z dwoma rzędami szczelin wlotowych i sterowanym zaworem przed górnym rzędem szczelin są znane i jako takie zostały w niniejszym opisie potraktowane. Doładowanie silnika przy pomocy sprężarki z oddzielnym napędem jest także przyjęte jako znane.

Istota niniejszego wynalazku polega na tym, że w celu uzyskania maksymalnych momentów obrotowych silnika przy niskich i najniższych jego obrotach, doładowuje się go przy stałych obrotach silnika dodatkowego napędzającego sprężarkę tłoczącą powietrze doładowujące, aby przy stałej ilości powietrza doładowującego w czasie i zmiennych obrotach silnika głównego ilość powietrza doładowującego wtłaczanego na jeden obrót silnika głównego zmieniała się mniej więcej odwrotnie proporcjonalnie do obrotów silnika głównego, przy czym powietrze to jest wtłaczane bezpośrednio po zamknięciu organów wlotowych i wylotowych silnika głównego.

Urządzenie według niniejszego wynalazku ma być zastosowane w pełni przy możliwie niskich obrotach silnika i ma dawać maksymalne dodatkowe napełnienie cylindra powietrzem przy tych niskich obrotach. W miarę zwiększenia się ilości obrotów silnika — przy niezmiennej w czasie podaży dodatkowego powietrza, dostarczanego przez sprężarkę napędzaną silnikiem pomocniczym — ilość dodatkowego powietrza przypadającego na jeden cykl roboczy w cylindrze zmienia się odwrotnie proporcjonalnie do chwilowych obrotów silnika głównego. Wielkość dodatkowego doładowania silnika głównego zmienia się więc hyperbolicznie w zależności od chwilowych obrotów tego silnika. W podobny sposób zmienia się całkowita ilość powietrza, przypadającego na jeden cykl roboczy silnika głównego, a zatem i wartość osiągalnego średniego użytecznego ciśnienia „pe” jest w przybliżeniu hyperboliczną funkcją chwilowych obrotów silnika głównego — w zakresie niskich obrotów silnika, znacznie niższych od jego obrotów nominalnych.

Moment obrotowy silnika spalinowego jest wprost proporcjonalny do wielkości „pe”, a zatem zmienia się w przybliżeniu hyperbolicznie w zależności od chwilowych obrotów silnika głównego w przypadku zastosowania opisanego sposobu doładowania. Taka zależność momentu obrotowego silnika (a zarazem i siły pociągowej lokomotywy spalinowej o bezpośrednim napędzie) od obrotów silnika (a zarazem i szybkości lokomotywy) w

pełni odpowiada potrzebom trakcji kolejowej i jest odzwierciedleniem zależności oporów jazdy od szybkości pociągu przy małych szybkościach.

Sposób doładowania według niniejszego wynalazku jest niezależny od normalnie pracującego urządzenia doładowującego z turbosprężarką i od instalacji rozruchu sprężonym powietrzem. Przelotnia dla dodatkowego powietrza wprowadzanego do cylindra znajduje się bezpośrednio ponad szczelinami wlotowymi dwusuwowego silnika spalinowego. Dopływ dodatkowego powietrza ustaje w chwili zakrycia przelotni przez tłok. Ciśnienie sprężonego powietrza, dostarczonego przez sprężarkę winno być wyższe od ciśnienia w cylindrze w chwili zakrycia przelotni i może wynosić przykładowo 4—5 atmosfer nadciśnienia. Początek dopływu dodatkowego powietrza zależy od otwarcia specjalnego zaworu doładowującego, sterowanego przez silnik. Instalacja sprężonego, dodatkowego powietrza doładowującego winna być wyposażona w zawór bezpieczeństwa dla ograniczenia ciśnienia doładowania przy szczególnie niskich obrotach silnika.

Dalszą cechą wynalazku jest sposób pneumatycznego sterowania omawianego urządzenia. Ponieważ urządzenie do dodatkowego doładowania ma przede wszystkim pracować przy niskich obrotach silnika i jest przy tych niskich obrotach szczególnie skuteczne, więc przewiduje się możliwość ewentualnego wyłączenia dodatkowego doładowania przy wysokich obrotach silnika oraz na przykład podczas jazdy lokomotywy na spadkach. W razie potrzeby urządzenie może pozostać włączone w całym zakresie obrotów roboczych silnika, na przykład w przypadku potrzeby przeciążenia silnika. Włączanie urządzenia do dodatkowego doładowania silnika odbywa się, na przykład, przez napełnienie sprężonym powietrzem pomocniczych cylinderek, znajdujących się przy każdym cylindrze roboczym silnika. Sprężone powietrze przesuwają tłoczki, z którymi związane są punkty obrotu dźwigni popychających (otwierających) zawory doładowujące pod wpływem impulsów krzywkowych. Wyłączenie urządzenia do dodatkowego doładowania silnika odbywa się przez odpuszczenie sprężonego powietrza z cylinderek pomocniczych. Tłoczki cofają się pod wpływem wbudowanych sprężyn, a wskutek przesunięcia punktów obrotu dźwigni przerywa się kontakt między krzywkami a rolkami przy dźwigniach i ustaje otwieranie zaworów doładowujących. Do napełniania cylinderek pomocniczych używa się sprężonego powietrza z tej samej sprężarki, która zasila urządzenie do dodatkowego doładowania; w ten sposób układ sterowniczy zapewnia samoczynne wyłączenie dodatkowego doładowania w przypadku zaniku ciśnienia w przewodach dodatkowego powietrza doładowującego (na przykład awaria silnika pomocniczego, sprężarki itp.).

Sposób według wynalazku objaśniono poniżej na przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. I przedstawia wykresy zależności ciśnienia od objętości przy znanych wysokoprężnych silnikach dwusuwowych i przy stosowaniu sposobu według wynalazku, fig. II — odpowiednie wykresy za-

leżności średniego użytecznego ciśnienia od chwilowych obrotów silnika, fig. III — przykładowy schemat urządzenia do stosowania sposobu według wynalazku, fig. IV — wykresy średniego ciśnienia efektywnego „ p_e ” w zależności od obrotów silnika według niniejszego wynalazku w porównaniu do rozwiązań znanych z opisów pat. USA Nr 2 583 882 i Nr 2 924 069, fig. V — wykres ilości powietrza wtłaczanego na jeden skok silnika, w zależności od obrotów.

Fig. I przedstawia wykresy w układzie P-V (ciśnienie — objętość): linią ciągłą zaznaczono normalny wykres dwusuwowego silnika spalinowego z samoczynnym zapłonem, linią przerywaną a-b-c-d-e-f-a- zaznaczono przebieg podobnego wykresu z uwzględnieniem dodatkowego doładowania z obcego źródła — doładowanie to następuje na odcinku b-c wykresu i powoduje przykładowo około 100% zwiększenie ładunku w cylindrze.

Fig. II przedstawia zależność osiągalnego średniego użytecznego ciśnienia „ p_e ” od chwilowych obrotów silnika „ n ”: linią ciągłą g-o-h zaznaczono charakter tej zależności dla normalnego silnika spalinowego z samoczynnym zapłonem i z doładowaniem za pomocą turbosprężarki, linią przerywaną k-l-m-o-h zaznaczono przykładowo przebieg takiej zależności z uwzględnieniem dodatkowego doładowania z obcego źródła o podaż sprężonego powietrza stałej w czasie, niezależnej od obrotów silnika doładowującego. Poziomy odcinek wykresu k-l obrazuje działanie zaworu bezpieczeństwa, ograniczającego ciśnienie doładowania (punkt c, fig. I) przy szczególnie niskich obrotach silnika. Przeskok m-o oznacza wyłączenie dodatkowego doładowania przy przekroczeniu określonych obrotów silnika, przykładowo niższych od obrotów nominalnych silnika (odcięta dla punktu h).

Schemat według fig. III przedstawia przykładowo urządzenie do stosowania nowego sposobu doładowania silnika spalinowego, dwusuwowego. Cylinder 1 silnika dodatkowo doładowanego posiada szczeliny wlotowe 2, doprowadzające w normalny sposób powietrze do przepłukania cylindra i do odnowienia ładunku w cylindrze; powietrze to jest dostarczane na przykład przez turbosprężarkę do komory powietrznej 3. Odpływ spalin z cylindra odbywa się przez sterowany zawór wylotowy 4. W cylindrze znajduje się tłok 5 połączony z mechanizmem korbowym 6. Kreskowane linie oznaczają położenie górnej krawędzi tłoka 7 i położenie mechanizmu korbowego 8 w chwili zamknięcia przelotni 9, doprowadzającej do wnętrza cylindra dodatkowe powietrze, dostarczane przez niezależną sprężarkę 10 (punkt c na wykresie według fig. I). Dodatkowe powietrze ze sprężarki przepływa przez zawór kurkowy trójdrożny 11 i może być skierowane do silnika poprzez chłodnicę 12 lub bezpośrednio poprzez obejście 13; wyłączenie chłodzenia może być potrzebne dla zapewnienia samozapłonu przy bardzo niskich obrotach silnika. Bezpośrednio przy cylindrze 1 silnika znajduje się zawór doładowujący 14, sterowany mechanizmem krzywkowym 15; wał krzywkowy 15 jest napędzany przez wał korbowy 6 silnika

ze stosunkiem obrotów 1:1. Dźwignia 16 przekazuje impulsy mechanizmu krzywkowego 15 na grzybek 17 zaworu 14. Otwarcie zaworu 14 winno następować w chwili zakrycia szczelin wlotowych 2 przez tłok 5 (punkt b na wykresie według fig. I). Punkt obrotu 18 dźwigni 16 jest osadzony na tłoczku 19, znajdującym się w pomocniczym cylindrze pneumatycznym 20. Przewód sterowniczy 21 i 22 z wbudowanym, trójdrożnym zaworem 23 manipulacyjnym dostarcza do cylindera 20 sprężone powietrze, które wywołuje na tłoczku 19 siłę wystarczającą do ściśnięcia sprężyny 24 i do ustawienia dźwigni 16 w położeniu roboczym. Przez przekręcenie kurka manipulacyjnego 23 o 90° w kierunku strzałki następuje odcięcie dopływu sprężonego powietrza oraz odpowietrzenie przewodu 22 i wnętrza cylindera 20. Wtedy pod wpływem sprężyny 24 tłoczek 19 cofa się do położenia 25 przedstawionego na rysunku linią kreskową i pociąga za sobą dźwignię 16 do położenia jałowego, uniemożliwiającego otwieranie zaworu 14. Zawór bezpieczeństwa 26 ogranicza maksymalne ciśnienie doładowania do poziomu bezpiecznego dla konstrukcji silnika; ograniczenie to jest konieczne przy szczególnie niskich obrotach silnika.

Opisany przykładowo sposób doładowania silnika spalinowego dwusuwowego z szczelinami wlotowymi może być odpowiednio zastosowany również przy silnikach spalinowych innych typów.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wysokiego doładowania dwusuwowego silnika spalinowego mającego dwa rzędy szcze-

lin-dolotowych, z których dolny zasilany jest poprzez przelotnię za pomocą turbosprężarki, a górny zasilany jest poprzez zawór sterowany sprężarką doładowującą napędzaną silnikiem dodatkowym, **znamienny tym**, że doładowania dokonuje się przy stałych obrotach silnika sprężarki przy czym przy stałej w czasie ilości powietrza doładowującego i zmiennych obrotach głównego silnika, ilość powietrza doładowującego, wtłaczanego na jeden skok tłoka silnika, zmienia się, mniej więcej odwrotnie proporcjonalnie do obrotów silnika głównego, a powietrze to wtłacza się bezpośrednio po zamknięciu organów wlotowych i wylotowych silnika.

2. Urządzenie do stosowania sposobu według zastrz. 1, **znamienne tym**, że ma mechanizm rozrządczy (15, 16, 19, 20, 24) włączający i wyłączający pneumatycznie zawór doładowawczy (14) służący do wtłaczania powietrza doładowawczego do cylindra (1), przy czym mechanizm ten składa się z cylindera (20), tłoczka (19), sprężyny (24) i dźwigni (16) opierającej się w punkcie (18) na tłoczku (19) i przenoszącej impulsy od wału krzywkowego (15) silnika głównego na grzybek (17) zaworu doładowawczego (14), a tłok (19) przesuwany jest w cylindrze za pomocą tego samego powietrza doładowawczego powodując zamknięcie zaworu doładowawczego (14) w przypadku zaniku ciśnienia powietrza doładowawczego.

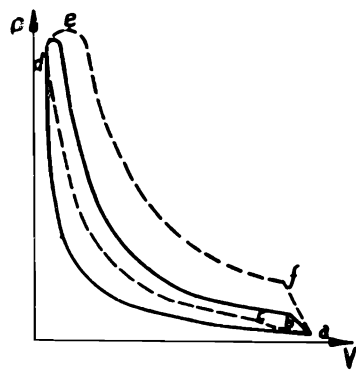


Fig. I

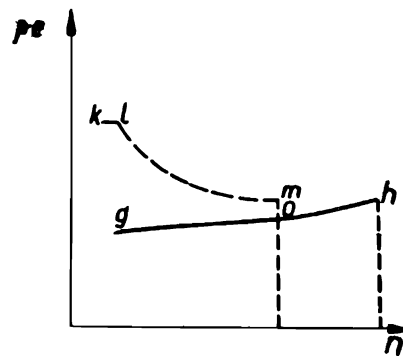


Fig. II

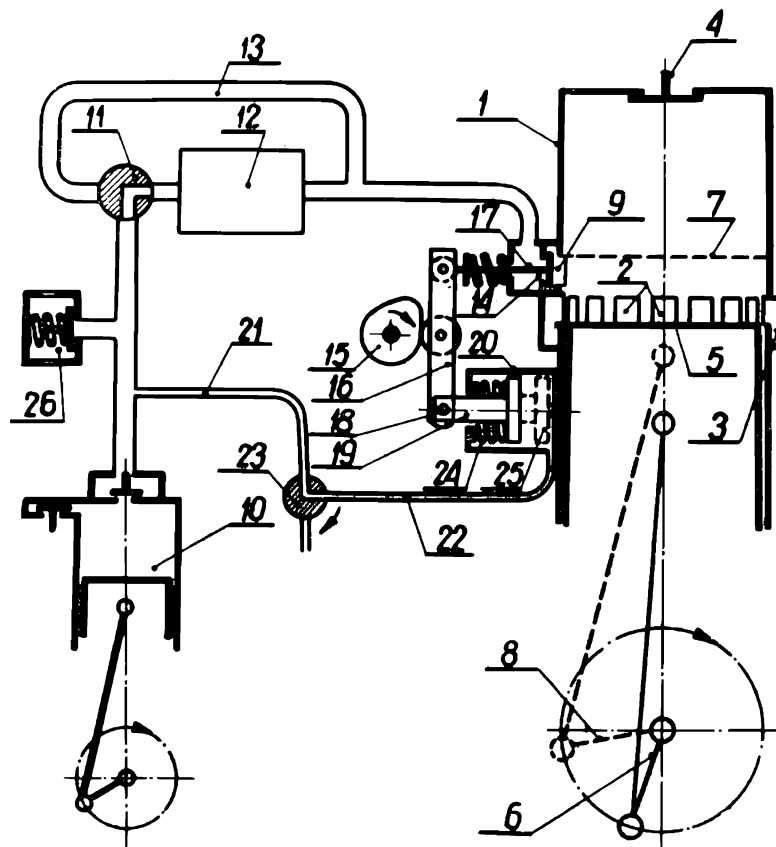


Fig. III

Fig. IV

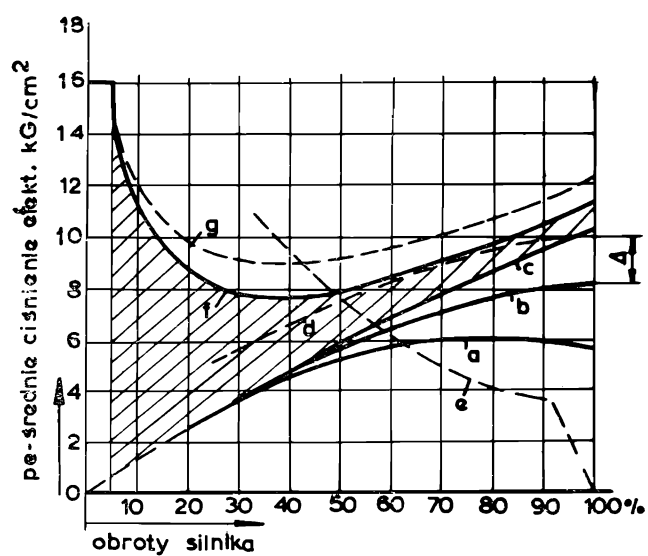


Fig. V

