

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 243859 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **435784**

(22) Data zgłoszenia: **2020.10.27**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.05.02 BUP 18/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.10.23 WUP 43/2023**

(51) MKP:

F02B 37/16 (2006.01)

F02D 9/02 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

MIROSŁAW JANOWSKI, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:

rzech. pat. Robert Klisowski, Kraków, PL

(54) Tytuł:

**Sposób sterowania prędkością obrotową turbosprężarki doładowującej tłokowy silnik
spalinowy, zwłaszcza pojazdu drogowego**

PL 243859 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób sterowania prędkością obrotową turbosprężarki doładowującej tłokowy silnik spalinowy, stosowany zwłaszcza do napędu pojazdu drogowego.

Zastosowanie zespołu turbosprężarki wykorzystującej energię gazów spalinowych do sprężania powietrza dolotowego w tłokowych silnikach spalinowych – zarówno o zapłonie iskrowym ZI jak i o zapłonie samoczynnym ZS – pozwala uzyskać większą moc z jednostki objętości skokowej silnika. Turbodoładowanie oprócz korzyści w osiągnięciach niesie również problemy techniczne wynikające z gazodynamicznej więzi wydatku gazów spalinowych z zapotrzebowaniem powietrza, przy bezwładności wirującej, zespolonej masy turbiny, wału i wirnika sprężarki. Głównymi problemami są popularnie nazywane przez praktyków zjawiska: „turbodziura” i „pompowanie”. „Turbodziura” jest czasem zwłoki między akcją zwiększenia obciążenia a reakcją silnika, czyli opóźnieniem między chwilowym wydatkiem spalin a występującym w tym momencie zapotrzebowaniem powietrza. Wynika z bezwładności masy wirujących elementów turbosprężarki oraz objętości kanałów dolotowych powietrza i chłodnicy pośredniej, wbudowanej do kanału dolotowego między turbiną a kolektorem ssącym.

„Pompowanie” – w silniku o zapłonie iskrowym ZI występuje po zamknięciu przepustnicy powietrza, co powoduje wzrost ciśnienia w kanale dolotowym po tłocznej stronie sprężarki, natomiast za przepustnicą następuje spadek ciśnienia i temperatury mieszanki poniżej temperatury zapłonu; paliwo z ubogiej mieszanki spala się detonacjami w układzie wydechowym. W silniku z zapłonem samoczynnym ZS występuje wzrost ciśnienia i temperatury w komorach spalania z jednoczesnym zubożeniem mieszanki małą dawką paliwa. „Pompowanie” w silniku z zapłonem iskrowym ZI eliminowane jest najczęściej przez zastosowanie kanału bocznikowego, który wyprowadzony jest z kanału dolotowego za sprężarką i ewentualnie chłodnicą pośrednią oraz zwrotnie przyłączonego przed sprężarką. W kanale bocznikowym zabudowany jest zawór cyrkulacyjny, sterowany dwupozycyjnym siłownikiem elektromagnetycznym przez sygnał czujnika przepływu powietrza w kanale dolotowym. Rozwiązanie takie przedstawione jest między innymi w opisie europejskiego patentu PL/EP1941138B1, z zaworem cyrkulacyjnym o konstrukcji wyrównującej ciśnienie po obu stronach elementu odcinającego, z korzystnym obniżeniem siły otwierania elektromagnesu. W silniku z zapłonem samoczynnym ZS przy zmniejszeniu dawki paliwa wbudowany w kanał dolotowy za sprężarką zawór upustowy uwalnia nadciśnienie do atmosfery. W obu przypadkach działanie zaworów zmniejsza nagłe obciążenie sprężarki skokowym wzrostem ciśnienia po stronie tłocznej – co pozwala na utrzymanie relatywnie wysokich obrotów turbiny podczas pracy z otwartym zaworem oraz zmniejszenie energii i czasu zwiększania prędkości obrotowej sprężarki po zwiększeniu obciążenia.

Oprócz powyżej opisanych rozwiązań usprawniających działanie turbosprężarki w tłokowym silniku spalinowym, znane są również rozwiązania wykorzystujące technikę cyfrową do sterowania przepływami gazów spalinowych i powietrza przez turbosprężarkę na podstawie oprogramowanej analizy parametrów pracy silnika. Przykładowo wymienić można rozwiązania przedstawione w opisach patentowych PL/EP1741895B1, PL/EP2488732B1, PL167486B1.

Niniejszy wynalazek rozwiązuje zadanie opracowania sposobu sterowania prędkością obrotową turbosprężarki w tłokowym silniku spalinowym, sposobu minimalizującego opóźnienie reakcji silnika na gwałtowne zwiększenie obciążenia.

Sposób według wynalazku wykorzystuje postępowanie znane ze stanu techniki, polegające na zmianie przepływu powietrza przez kanał bocznikowy wyprowadzony z kanału dolotowego za sprężarką i chłodnicą pośrednią oraz zwrotnie przyłączony przed sprężarką poprzez zawór cyrkulacyjny. Zawór cyrkulacyjny sterowany jest siłownikiem elektrycznym z cyfrowego układu obliczeniowego według sygnału wyznaczonego przez oprogramowanie przetwarzające sygnały wejścia parametrów pracy silnika. Podstawowymi parametrami są sygnały od wbudowanych w kanał dolotowy: czujnika przepływu powietrza w silniku z zapłonem iskrowym i czujnika ciśnienia w silniku z zapłonem samoczynnym. Istota sposobu według wynalazku polega na tym, że – przy pracy silnika na wolnych obrotach, po całkowitym zdjęciu i przy niskim obciążeniu silnika – oprogramowanie układu obliczeniowego wyznacza sygnał wyjścia powodujący wysterowanie zaworu cyrkulacyjnego w położenie częściowo lub całkowicie otwarte, natomiast przy gwałtownym zwiększeniu obciążenia silnika zawór cyrkulacyjny zostaje zamknięty. Człon dławiący zaworu cyrkulacyjnego ma postać prostoprzelotowej przepustnicy łopatkowej, pozycjonowanej przez obrotowy siłownik elektryczny z enkoderem.

Korzystnym jest, gdy pomiar przepływu powietrza w kanale dolotowym silnika z zapłonem iskrowym dokonuje się przed przyłączem zwrotnym kanału bocznikowego, a pomiar ciśnienia w silniku z zapłonem samoczynnym ZS w pobliżu połączenia kanału dolotowego z kolektorem ssącym silnika.

W sposobie sterowania według wynalazku, w warunkach pracy silnika na wolnych obrotach, przy niskim obciążeniu i gwałtownym zwolnieniu obciążenia zawór cyrkulacyjny jest otwarty lub częściowo otwarty co w wyniku stanowi, że tylko niewielka część tłoczonego sprężarką powietrza wprowadzana jest do komór spalania silnika. Pozostała, większa część tłoczonego powietrza krąży w obwodzie przez otwarty kanał bocznikowy i odcinek kanału dolotowego obejmujący wirnik sprężarki nie hamowany ciśnieniem po stronie tłoczenia, oraz przez chłodnicę pośrednią. Wirujące masy turbiny, wału i sprężarki wspomagają utrzymanie wyższych obrotów sprężarki nie hamowanej ciśnieniem tłoczenia. Po zamknięciu zaworu cyrkulacyjnego w sytuacji wystąpienia gwałtownego zwiększenia obciążenia silnika, większego zapotrzebowania na moc i wyższe ciśnienie doładowania – wykorzystywane są zarówno bezwładność wirujących mas turbosprężarki jak i dynamika słupa powietrza uprzednio krążącego w obiegu przez kanał bocznikowy. Wbudowana za sprężarką chłodnica pośrednia, objęta obiegiem otwartego zaworu cyrkulacyjnego powoduje przy wielokrotnym przepływie powietrza jego głębsze schłodzenie z następnym, po zamknięciu zaworu korzystnym zwiększeniem doładowania, mocy silnika i jego sprawności. Zmniejszenie fluktuacji obrotów korzystnie wpływa na zwiększenie trwałości turbosprężarki, ponadto na wyższych obrotach sprężarka ma wyższą sprawność.

Sposób sterowania według wynalazku przybliżony jest na podstawie rysunku przedstawiającego schematy dwóch przykładowych turbosprężarek wbudowanych: na Fig. 1 w silnik z zapłonem samoczynnym ZS, a na Fig. 2 w silnik z zapłonem iskrowym ZI.

Pokazana na fig. 1 turbosprężarka doładowująca silnik o zapłonie samoczynnym ZS **8a** jest zespołem którego turbina **2** wbudowana jest w kanał wydechowy **9** spalin a sztywno połączony z nią wirnik sprężarki **3** w kanał dolotowy **10** powietrza. Za sprężarką **3** powietrze przepływa przez chłodnicę pośrednią **12**, a poniżej z kanału dolotowego **10** wyprowadzony jest kanał bocznikowy **4** z zaworem cyrkulacyjnym **5a**. Zawór cyrkulacyjny **5a** ma konstrukcję regulacyjno-odcinającą, z nastawialnym położeniem członu dławiącego w postaci prostoprzelotowej, centrycznej przepustnicy łopatkowej, której położenie sterowane jest obrotowym siłownikiem elektrycznym **13** z enkoderem przez sygnał wyjścia **y** z cyfrowego układu obliczeniowego **11**. Oprogramowanie układu obliczeniowego **11** przetwarza sygnały wejścia **x** parametrów pracy silnika: prędkości obrotowej, położenia pedałów przyspieszenia i sprzęgła oraz ciśnienia doładowania od czujnika **6a** wbudowanego w kanał dolotowy **10** bezpośrednio przed kolektorem ssącym **7**. Sygnał wyjścia **y** przesterowuje siłownikiem elektrycznym **13** przepustnicę łopatkową w położenie częściowego lub całkowitego otwarcia przy wolnych obrotach, niskim obciążeniu i gwałtownym zmniejszeniu obciążenia, zmniejszoną dawką paliwa – przy których przepływy powietrza dostosowane są do bieżących wymagań dyspozytora obciążeniem silnika. Przy gwałtownym zwiększeniu obciążenia sygnał wyjścia **y** ma wartość stanowiącą całkowite zamknięcie kanału bocznikowego **4** przez zawór cyrkulacyjny **5a**. Koniec kanału bocznikowego **4** zwrotnie wprowadzony jest do kanału dolotowego **10** przyłączem przed sprężarką **3**, czyli po jej stronie ssącej.

Figura 2 rysunku przedstawia schemat połączeń turbosprężarki w silniku o zapłonie iskrowym ZI **8b**. Różnice w porównaniu z powyżej opisanym schematem dla silnika z zapłonem samoczynnym ZS dotyczą tylko przepustnicy powietrza **14** wbudowanej w kanał dolotowy **10** za wlotem do kanału bocznikowego **4** oraz czujnika przepływu **6b** usytuowanego w kanale dolotowym **10** przed przyłączem zwrotnym kanału bocznikowego **4**, a którego sygnał doprowadzony jest na wejście **x** cyfrowego układu obliczeniowego **11**. Kanał bocznikowy **4**, przepustnica łopatkowa w zaworze cyrkulacyjnym **5b** i przepustnica powietrza **14** powinny mieć średnice zbliżone do średnicy kanału dolotowego **10**.

Wykaz oznaczeń na rysunku

1. wylot spalin
2. turbina
3. sprężarka
4. kanał bocznikowy
- 5a. zawór cyrkulacyjny silnika ZS
- 5b. zawór cyrkulacyjny silnika ZI
- 6a. czujnik ciśnienia w silniku ZS
- 6b. czujnik przepływu w silniku ZI
7. kolektor ssący

- 8a. silnik z zapłonem samoczynnym ZS
- 8b. silnik z zapłonem iskrowym ZI
- 9. kanał wydechowy
- 10. kanał dolotowy
- 11. cyfrowy układ obliczeniowy
 - x. sygnały wejścia
 - y. sygnał wyjścia
- 12. chłodnica pośrednia
- 13. obrotowy siłownik elektryczny
- 14. przepustnica powietrza

Zastrzeżenia patentowe

1. **Sposób sterowania prędkością obrotową turbosprężarki doładowującej tłokowy silnik spalinowy, zwłaszcza pojazdu drogowego**, polegający na zmianie przepływu powietrza przez kanał boczny (4) wyprowadzony z kanału dolotowego (10) za sprężarką (3) i chłodnicą pośrednią (12) oraz przez zawór cyrkulacyjny (5a, 5b) zwrotnie przyłączony przed sprężarką (3), przy czym zawór cyrkulacyjny (5a, 5b) sterowany jest siłownikiem elektrycznym (13) według sygnału wyjścia (y) z cyfrowego układu obliczeniowego (11), sygnału który wyznaczony jest przez oprogramowanie przetwarzające sygnały wejścia (x) parametrów pracy silnika, w tym od wbudowanych w kanał dolotowy (10): czujnika przepływu (6b) powietrza w silniku z zapłonem iskrowym ZI (8b) lub czujnika ciśnienia (6a) w silniku z zapłonem samoczynnym ZS (8a), **znamienny tym**, że dla warunków pracy silnika – na wolnych obrotach, po całkowitym zdjęciu i przy niskim obciążeniu silnika – oprogramowanie układu obliczeniowego (11) wyznacza sygnał wyjścia (y) powodujący przesterowanie zaworu cyrkulacyjnego (5a, 5b) w położenie częściowo lub całkowicie otwarte, natomiast przy gwałtownym zwiększeniu obciążenia silnika zawór cyrkulacyjny (5a, 5b) zostaje zamknięty, przy czym człon dławiący zaworu cyrkulacyjnego (5a, 5b) ma postać prostoprzelotowej przepustnicy łopatkowej, która pozycjonowana jest obrotowym siłownikiem elektrycznym (13) z enkoderem.
2. Sposób sterowania według zastrz. 1, **znamienny tym**, że pomiar przepływu powietrza w kanale dolotowym (10) silnika z zapłonem iskrowym ZI (8b) dokonuje się przed przyłączem zwrotnym kanału bocznego (4), a pomiar ciśnienia w silniku z zapłonem samoczynnym ZS (8a) w pobliżu połączenia kanału dolotowego (10) z kolektorem ssącym (7) silnika.

Rysunki

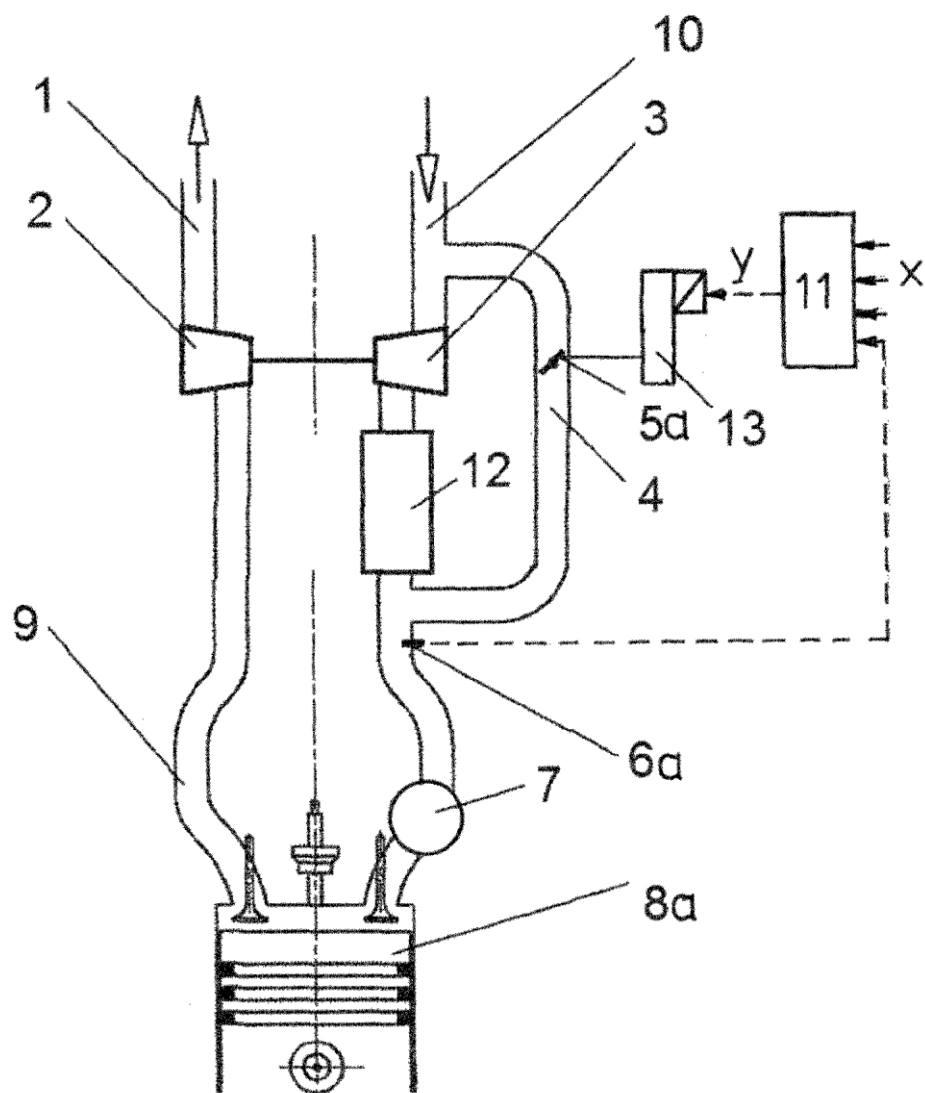


FIG.1

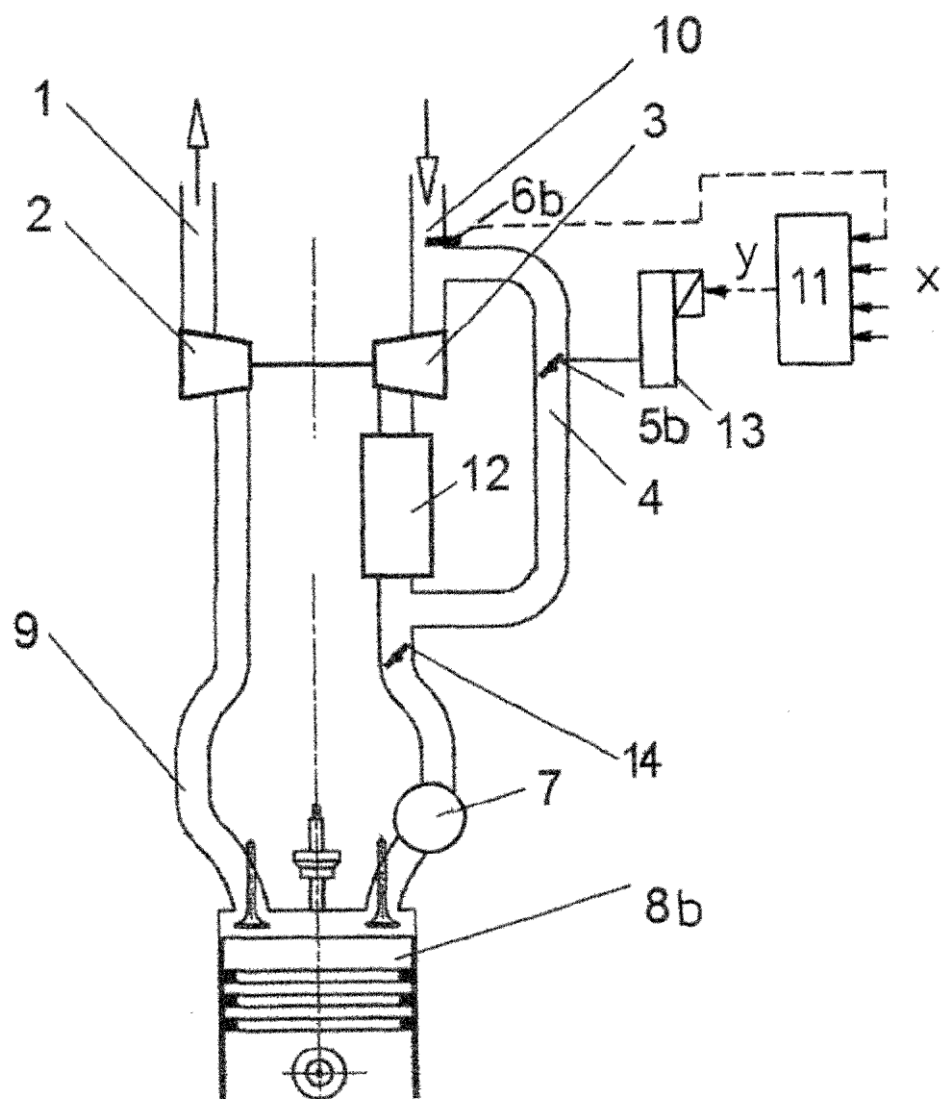


FIG. 2