

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10)

**PL 245280 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **423430**

(22) Data zgłoszenia: **2017.11.14**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2019.05.20 BUP 11/2019**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.06.17 WUP 25/2024**

(51) MKP:

**F02M 65/00** (2006.01)

**G01K 7/00** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA POZNAŃSKA, Poznań, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**WOJCIECH KARPIUK, Poznań, PL**

**RAFAŁ SMOLEC, Lipie Góry, PL**

**TOMASZ BOROWCZYK, Poznań, PL**

**MATEUSZ BOR, Stęszew, PL**

(54) Tytuł:

**Układ i sposób wstępnej oceny stanu technicznego wtryskiwaczy elektromagnetycznych**

**PL 245280 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ pozwalający na nieniszczącą, bezstykową wstępną ocenę stanu technicznego silnikowych wtryskiwaczy elektromagnetycznych metodą termowizyjną.

Silnik spalinowy jest jednym z emiterów zanieczyszczeń środowiska, zwłaszcza jego atmosfery. Emisja toksycznych składników spalin, w głównej mierze zależy od efektywności spalania paliwa, zależnej od przygotowania i stanu mieszanki palnej. Wtryskiwacz, a przede wszystkim jego rozpylacz, jest elementem bezpośrednio wpływającym na parametry przygotowywanego ładunku. Przez odpowiedni dobór rozpylacza oraz kształtowanie jego parametrów eksploatacyjnych, możliwe jest wpływanie na stan ładunku i w konsekwencji na przebieg spalania paliwa w silniku tłokowym. Powszechnie stosowany w silnikach o zapłonie samoczynnym system wtryskowy typu common rail (CR) zapewnia korzystniejszy, w porównaniu do pozostałych układów wtryskowych, przebieg wtrysku przy niższych ciśnieniach paliwa uzyskiwany dzięki utrzymywaniu w zasobniku wysokiego, prawie stałego ciśnienia.

Wtryskiwacze paliwa są najbardziej wrażliwym na uszkodzenia elementem układu wtrysku paliwa. Ich uszkodzenie może w znacznej mierze zwiększać emisję szkodliwych składników spalin. Ważnym zatem zagadnieniem jest prawidłowa ocena stanu ich zużycia – analiza danych eksploatacji pojazdów pozwala zauważyć, że w 70 – 80% przypadków przyczyną niewłaściwego funkcjonowania silników o zapłonie samoczynnym są niesprawne wtryskiwacze. Do oceny poprawności funkcjonowania układu zasilania tych silników są wykorzystywane informacje uzyskane podczas obserwacji pracy silnika oraz wyniki pomiarów poszczególnych parametrów.

Podczas ogólnych badań stanu technicznego silnika wykonywane są sprawdzenia, celem oceny poprawności funkcjonowania silnika. Zaliczamy do nich m.in.:

- kontrolę łatwości uruchomienia silnika,
- pomiar mocy silnika,
- kontrolę równomierności pracy silnika,
- ocenę hałaśliwości pracy silnika,
- ocenę zadymienia spalin.

Zmiany w wyżej wymienionych obszarach mogą być spowodowane szeregiem nakładających się czynników, na które jednak składa się jeden podstawowy – niewłaściwa praca wtryskiwaczy. Warunkiem koniecznym utrzymania urządzenia w stanie sprawności jest ciągłe diagnozowanie i prognozowanie jego stanu technicznego.

W eksploatacji wtryskiwaczy istotnym zagadnieniem jest zachowanie szczelności całego układu. W sytuacji gdy wtryskiwacz jest nieszczelny, dochodzi do przecieków do komory spalania lub przelewu paliwa. Prowadzi to do ciągłego wtrysku paliwa do komory spalania, co jest niebezpieczną sytuacją prowadzącą w skrajnych przypadkach do uszkodzenia silnika (wypalenie denka tłoka). Potencjalnie uszkodzony wtryskiwacz należy wymontować z silnika i sprawdzić jego działanie na przyrządzie do sprawdzania wtryskiwaczy. Przykłada się wówczas możliwie najwyższe ciśnienie kontrolne (ok. 40 MPa). Nie może wówczas wydostawać się paliwo z wtryskiwacza, jedynie na przelewie pojawić się mogą nieznaczne jego ilości. Do takiego zdiagnozowania usterki niezbędny jest symulator kontrolny pozwalający na włączanie i wyłączanie wtryskiwacza przy użyciu różnych częstotliwości i czasów wtrysku. Układ tego typu pozwala również ocenić jakość rozpylanych strug paliwa. Wadą jest wymóg posiadania ww. urządzenia oraz konieczność zdemontowania wtryskiwacza z silnika.

Bez demontażu wtryskiwacza z silnika, za pomocą odpowiedniego układu realizowana jest inna metoda pozwalająca ocenić stan techniczny, tzw. metoda przelewowa. W przypadku wybitej iglicy w rozpylaczu, nieszczelnego zaworu sterującego, przecieki paliwa mogą być znaczne. Wówczas pompa paliwa nie będzie w stanie wytworzyć odpowiedniego ciśnienia paliwa. Rezultatem tego może być brak możliwości uruchomienia silnika. Z kolei na mniejsze przelewy silnik zareaguje utratą mocy przy pełnym obciążeniu. W takich sytuacjach przy wykorzystaniu układu przelewowego można szybko zlokalizować uszkodzony wtryskiwacz, mierząc wydatek przecieku paliwa podczas rozruchu i pracy na biegu jałowym. Wykorzystać można w tym celu zestaw przezroczystych przewodów podłączanych bezpośrednio do króćców przelewowych, które następnie są podłączane do menzurek. Uszkodzony wtryskiwacz można rozpoznać nawet nie znając jego wartości znamionowych, porównując je do wartości uzyskiwanych na pozostałych wtryskiwaczach.

Większość układów diagnostycznych (poza układem opisanym powyżej) pozwalających na określenie stanu technicznego wtryskiwaczy z jednej strony umożliwia szczegółowo ocenić stan techniczny

urządzenia, z drugiej strony ich zastosowanie wiąże się z szeregiem problemów (posiadanie odpowiedniej aparatury, właściwy demontaż/montaż itd.).

Obecna technologia napraw przewiduje następującą procedurę:

- a) Sprawdzenie wtryskiwacza na stole probierczym
- b) Demontaż wtryskiwacza
- c) Mycie części
- d) Wzrokowa weryfikacja części
- e) Wymiana części uszkodzonych (ew. regeneracja)
- f) Ponowny montaż
- g) Sprawdzenie na stole probierczym.

Często jednak do wstępnego określenia obszaru występowania usterki wystarczyłby układ, przy użyciu którego nie byłby wymagany demontaż ani skomplikowany sprzęt diagnostyczny. Oczywiście doświadczony diagnosta dokonując oceny poprawności pracy silnika może zakładać ewentualne przyczyny występowania usterek. Nie zawsze jednak może w sposób dokładny stwierdzić źródło ich pochodzenia. Praktyka warsztatowa jasno wskazuje, że wymiana elementów na nowe nie zawsze przynosi pozytywne skutki – w wielu przypadkach naprawa oparta jest na metodzie prób i błędów. Problemem technicznym jest więc brak układu, który w sposób szybki, wstępnie pozwalałby ocenić stan techniczny oraz obszar występowania uszkodzenia elektromagnetycznych wtryskiwaczy silnikowych.

Sposobem w istotny sposób upraszczającym ocenę stanu technicznego zarówno całego silnika spalinowego jak i wtryskiwaczy elektromagnetycznych jest użycie układu wykorzystującego metodę termowizyjną do oceny potencjalnych usterek w ww. obszarze.

W pozycji zamkniętej wtryskiwacza paliwo napiera równym ciśnieniem na górną oraz na dolną powierzchnię popychacza sterującego. Z racji tego, że górna jego powierzchnia jest większa od dolnej, siła oddziaływania na górną płaszczyznę jest większa. Siła ta za pośrednictwem popychacza dociska iglicę zamykającą otwory w końcówce rozpylacza. Powyżej popychacza znajduje się komora sterująca zaworu, nad którą jest kulka zaworu z kotwicą elektromagnesu, oddzielające przestrzeń wysokiego ciśnienia od przestrzeni niskiego ciśnienia. Kotwica ma najczęściej kształt talerzyka zakończonego kulką uszczelniającą i jest ona elementem zamykającym i otwierającym komorę sterującą. Komora sterująca posiada dwa dławiki: dopływu i odpływu, przy czym dławik dopływu posiada mniejszy przekrój od dławika odpływu. Otwarcie wtryskiwacza następuje w chwili, gdy elektromagnes uniesie talerzyk i kulka zaworu na jego końcu odsłoni kanał (dławik wylotowy) łączący przestrzeń niskiego i wysokiego ciśnienia (komora sterująca). Skutkiem tego jest zmniejszenie ciśnienia w komorze sterującej, a siła nacisku na górną powierzchnię popychacza maleje. Następuje uniesienie iglicy wraz z popychaczem, ponieważ siła oddziałująca na dolną jego powierzchnię jest w stanie unieść go do góry. W konsekwencji podniesiona iglica odsłania otwórki rozpylacza, a paliwo pod wysokim ciśnieniem wtryskiwane jest do cylindra.

W opisanej budowie standardowego wtryskiwacza elektromagnetycznego zasadniczą rolę odgrywają trzy elementy. Są to: zawór sterujący, rozpylacz oraz iglica. Należą one do niewrażliwych elementów całego urządzenia – zdarzające się często użycie niewłaściwej jakości paliwa, prowadzić może w konsekwencji do uszkodzenia ww. elementów, a tym samym uszkodzenia całego zespołu.

W stanie techniki znany jest opis GB2328750, który dotyczy wykorzystania urządzeń do termowizji w celu wykrywania niedomagań układów wtryskowych. Autorzy wynalazku skupili się jednak tylko na nieszczelnościach powstających w tego typu układach – za pomocą kamer termowizyjnych, lub termopar ocenie podlega ciepło generowane przez paliwo w chwili, gdy pojawia się w układzie nieszczelność. Opis ten nie uwzględnia stanu technicznego wtryskiwaczy, a więc zmian promieniowania cieplnego w obszarze zaworu sterującego, rozpylacza, oraz iglicy.

Publikacja UA88376U przedstawia metodę oceny stanu zużycia części wtryskiwaczy silników Diesla. W metodzie tej wykorzystuje się moduł KI-1950, którego działanie opiera się na pomiarze ciśnienia roboczego, a także system probierczy BOSCH (EPS200) wraz z pirometrem. W proponowanym przez autorów wynalazku do wyznaczenia temperatury elementu wykorzystuje się kamerę termowizyjną. Podstawową korzyścią nowego rozwiązania jest możliwość wykonania pomiaru, w którym nie jest wymagany demontaż wtryskiwacza z silnika, jak również jego demontaż na części pierwsze. Przeprowadzenie szybkiej, relatywnie nieskomplikowanej diagnostyki, jest podstawową przewagą proponowa-

nego rozwiązania, nad innymi rozwiązaniami. Tym samym układ wykorzystywany jest do wstępnej diagnostyki wtryskiwaczy paliwa odnosząc się do oceny ich stanu technicznego. Z kolei w przytoczonym rozwiązaniu UA88376U autorzy proponują inne podejście, w którym konieczny jest demontaż wtryskiwacza z silnika i jego diagnostyka na ww. specjalistycznej aparaturze.

Istotą proponowanego wynalazku jest układ wstępnej oceny stanu technicznego wtryskiwaczy elektromagnetycznych zawierający co najmniej jedno urządzenie działające w oparciu o analizę promieniowania cieplnego w postaci kamery termowizyjnej, o zakresie 0 – 150 st. C. oraz system akwizycji do zapisu zarejestrowanych danych, przy czym urządzenie to w trakcie pomiaru skierowane jest w obszar zaworu sterującego wtryskiwaczy elektromagnetycznych stosowanych w systemach wtryskowych typu common rail.

Istotą wynalazku jest również to, że pomiar wykonywany jest bezstykowo, z właściwej, wynikającej ze specyfikacji urządzenia, odległości. W obszarze badanego wtryskiwacza umieszcza się urządzenie działające w oparciu o analizę promieniowania cieplnego tj. kamerę termowizyjną, o zakresie 0 – 150 st. Za jego pomocą, na podstawie zmierzonej w określonym obszarze wartości parametru – temperatury korpusu wtryskiwacza w obszarze zaworu sterującego, dokonuje się utrwalenia sygnału. Następnie dokonywana jest analiza zmiany gradientu temperatury. Pozwala to na wstępne ustalenie stanu technicznego wtryskiwaczy porównując ze sobą otrzymane wyniki. Poprzez wstępne ustalenie stanu technicznego wtryskiwaczy rozumie się zdefiniowanie, czy uszkodzenie ma miejsce w obszarze zaworu sterującego (często spotykany typ uszkodzenia), czy też w innych obszarach. Pozwala to na podjęcie dalszych kroków – naprawę zaworu, bądź wykorzystanie innych metod do szczegółowej oceny stanu technicznego wtryskiwaczy elektromagnetycznych.

Korzystnym jest wykonanie pomiaru na silniku uruchomionym, pracującym na biegu jałowym, ustabilizowanym cieplnie, tak by wyeliminować wpływ zwiększania się temperatury paliwa na pomiary.

Sposób sprawdza się zwłaszcza w przypadku, gdy diagnozowany silnik posiada co najmniej trzy wtryskiwacze.

Jest to metoda porównawcza – poprzez porównanie wyników poszczególnych wtryskiwaczy możliwa jest wstępna ocena stanu technicznego wtryskiwaczy wraz z określeniem miejsca wystąpienia usterki.

Uszkodzenie zaworu sterującego jest typową, powszechną usterką występującą we wtryskiwaczach. Najczęściej związane jest to z uszkodzeniem gniazda zaworu lub uszkodzeniem jego kulki. Efektem tego jest trafiać dużych dawek paliwa na przelew. Zwiększenie temperatury zaworu powodowane jest bezpośrednio dużymi nieszczelnościami w obszarze kulki, bądź gniazda co w rezultacie prowadzi do zwiększania tarcia paliwa o ww. elementy. Istnieje ścisła zależność między szybkością wzrostu temperatury korpusu uszkodzonego wtryskiwacza, a wydatkiem dawki wtrysku i wydatkiem paliwa trafiającego na przelew.

Korzyścią wykorzystania wynalazku jest uproszczenie i skrócenie oceny stanu technicznego wtryskiwaczy elektromagnetycznych stosowanych w układach wtryskowych typu common rail. Poprzez zastosowanie układu eliminuje się potrzebę demontażu wtryskiwaczy z silnika oraz konieczność posiadania skomplikowanych urządzeń diagnostycznych.

Zaprezentowany układ znajduje swe zastosowanie głównie w silnikach spalinowych wyposażonych w układy wtryskowe typu common rail. Ocena odbywa się na drodze porównania w odpowiednim czasie stopnia przyrostu temperatury korpusów w obszarze zaworów sterujących poszczególnych wtryskiwaczy.

Układ powinien być użyty na silniku uruchomionym, pracującym na biegu jałowym. Silnik powinien mieć unormowaną temperaturę roboczą. Do pomiarów wykorzystuje się urządzenie działające w oparciu o analizę promieniowania cieplnego (kamera termowizyjna, o zakresie 0 – 150 st. C). Pomiary wykonuje się poprzez skierowanie kamery termowizyjnej w obszar zaworu sterującego wtryskiwacza – na fig. 1 ukazano miejsce wykonania pomiarów. Korzystnym jest wykonanie co najmniej 15 pomiarów na każdym z wtryskiwaczy. Porównanie wyników pomiarów pozwala określić, który z wtryskiwaczy należy zdemontować i poddać dalszej diagnostyce.

Przedmiot wynalazku, w przykładowym wykonaniu uwidoczniono na schemacie na fig. 2. Układ tworzy urządzenie działające w oparciu o analizę promieniowania cieplnego 1, zawierające system akwizycji danych 2, oraz układ do analizy utrwalonego sygnału 3, w postaci np. komputera personalnego. System umożliwia diagnostykę wtryskiwaczy 4.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Układ wstępnej oceny stanu technicznego wtryskiwaczy elektromagnetycznych zawiera co najmniej jedno urządzenie działające w oparciu o analizę promieniowania cieplnego w postaci kamery termowizyjnej, posiadające system akwizycji danych, **znamiennie tym**, że jest skierowana w obszar zaworu sterującego wtryskiwacza elektromagnetycznego.
2. Sposób wstępnej oceny stanu technicznego wtryskiwaczy elektromagnetycznych, **znamienny tym**, że badane wtryskiwacze umieszczone są na silniku spalinowym o unormowanej temperaturze roboczej i w ich obszarze:
  - a) umieszcza się urządzenie działające w oparciu o analizę promieniowania cieplnego opisane w zastrz. 1,
  - b) za pomocą systemu akwizycji danych dokonuje się utrwalenia sygnału,
  - c) analizuje się utrwalony sygnał,
  - d) ustala się stan techniczny wtryskiwaczy porównując ze sobą otrzymane wyniki.
3. Sposób wg zastrzeżenia 2, **znamienny tym**, że badane wtryskiwacze umieszczone są na uruchomionym silniku spalinowym pracującym na biegu jałowym.

### Rysunki

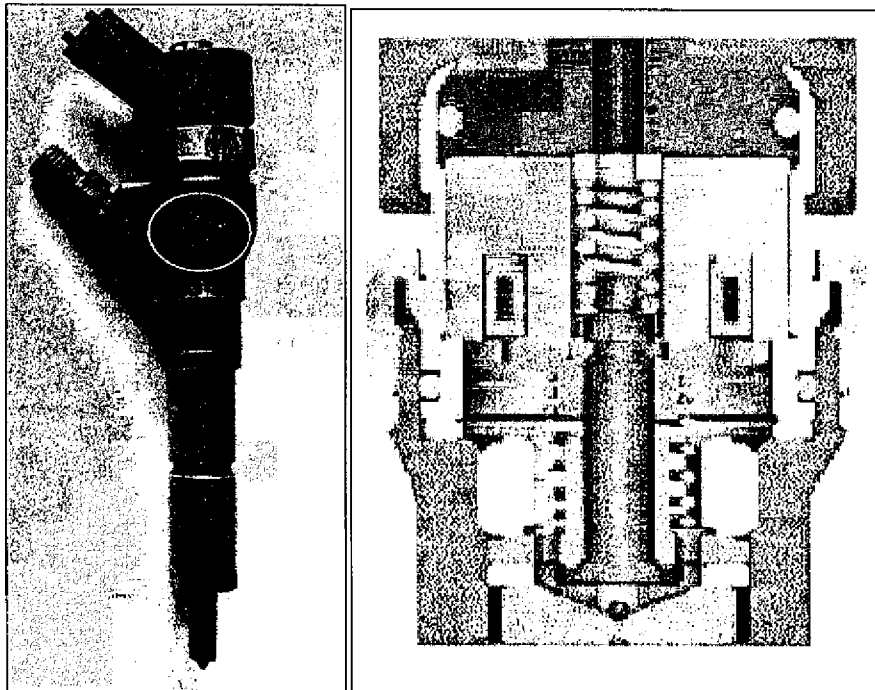


fig. 1.

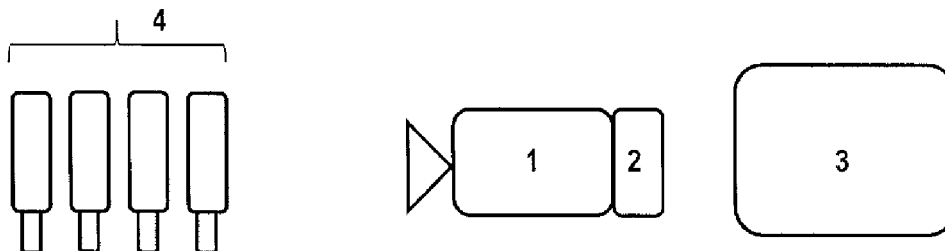


fig. 2.