

## BADANIA ZMIERZAJĄCE DO OPRACOWANIA UKŁADU DO CIĄGŁEGO NADZORU PRZEBIEGU WTRYSKU PALIWA W SILNIKU CIĄGNIKOWYM

*Jerzy Langman*

Zakład Mechaniki Technicznej  
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

**Synopsis:** W pracy przedstawiono wyniki badań prostych czujników przebiegu wtrysku paliwa. Czujniki te opracowano celem zastosowania ich w układzie nadzoru przebiegu wtrysku paliwa silnika ciągnikowego. Spełniającym wszystkie wstępne założenia okazał się czujnik magnetodynamiczny.

**Słowa kluczowe:** aparatura wtryskowa, wtrysk paliwa, ciągnik rolniczy.

### Wstęp

W trakcie eksploatacji silnika wysokoprężnego często dochodzi do nieprawidłowości podczas pracy najbardziej obciążonego cieplnie elementu jakim jest rozpylacz wtryskiwacza. Nieprawidłność pracy polega na zawieszeniu się iglicy, uniemożliwiając prawidłowe rozpylenie paliwa.

O ile w przypadku małych silników dwucylindrowych nieprawidłowości te są z reguły zauważane jako nadmierne dymienie silnika oraz objawiają się spadkiem mocy. W przypadku dużych silników cztero- lub więcej cylindrowych początki nieprawidłowości pracy aparatury paliwowej są trudne do zauważenia. Dlatego też podjęto badania mające na celu opracowanie układu do ciągłego nadzoru pracy układu wtryskowego silnika spalinowego.

### Opis układu

Układ do ciągłego nadzoru pracy układu wtryskowego składa się z dwóch zasadniczych elementów funkcjonalnych:

- czujników przebiegu wtrysku paliwa,
- członu elektronicznego sygnalizującego wystąpienie stanu awaryjnego.

W literaturze [Bernhardt 1970] spotyka się opisy szeregu czujników pozwalających na pomiar zmian ciśnienia w przewodzie wtryskowym podczas wtrysku paliwa. Są to najczęściej czujniki wykorzystujące efekt piezoelektryczny, bądź czujniki oparte na pomiarach tensometrycznych. Są to czujniki bardzo dobrze z powodzeniem wykorzystywane w badaniach laboratoryjnych i wymagają precyzyjnej i skomplikowanej aparatury pomiarowej. Również nie bez znaczenia jest fakt, iż zakres temperatur pracy tych czujników jest stosunkowo wąski.

Czujnik przebiegu wtrysku paliwa powinien cechować się:

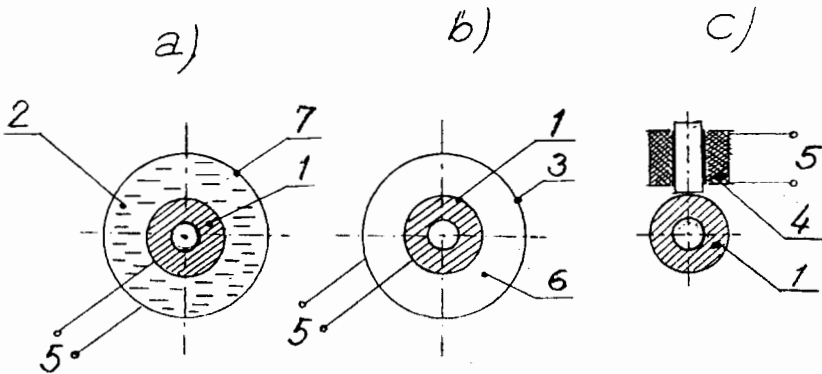
- niską ceną oraz prostotą konstrukcji,
- wysoką niezawodnością,
- dużą odpornością na zakłócenia zewnętrzne czy to w postaci zmiennych pól elektromagnetycznych czy to czynników atmosferycznych,
- powinien umożliwiać łatwą zabudowę na istniejącej już aparaturze paliwowej silnika bez ingerencji w jej postać konstrukcyjną.

Dlatego też podjęto prace nad opracowaniem prostego i taniego czujnika.

Jako miejsce instalacji czujnika przyjęto końcowy fragment przewodu wysokiego ciśnienia od strony wtryskiwacza. Jest to podyktowane tym, że w tym miejscu pojawiają bardzo silne pulsacje ciśnienia słupa paliwa wywołane otwarciem rozpylacza oraz samym przebiegiem wtrysku paliwa.

Pomiar zmian ciśnienia w przewodzie wysokiego ciśnienia mierzony był metodą pośrednią jako odkształcenie sprężyste przewodu wysokiego ciśnienia proporcjonalnie do wartości ciśnienia wewnątrz przewodu. Przebadano 3 rodzaje czujników, których schematy przedstawiono na rys. 1. Były to:

- czujnik węglowy,
- czujnik pojemnościowy,
- czujnik magnetoelektryczny.



Rys.1 Schematy czujników pomiarowych: a — czujnik węglowy, b — czujnik pojemnościowy, c — czujnik magnetodynamiczny; 1 — przewód wysokiego ciśnienia, 2 — granulat węglowy, 3 — elektroda kondensatora pomiarowego, 4 — cewka nawinięta na rdzeniu, 5 — miejsce odbioru sygnału elektrycznego, 6 — powietrze, 7 — elektroda czujnika

Fig.1 Schemes of the gauges: a - coal-granulate based gauge, b - capacitive gauge, c - magnetodynamic gauge; 1 - high pressure duct, 2 - coal granulate, 3 - electrode of capacitor, 4 - core-wound coil, 5 - place of electric signal reception, 6 - air, 7 - gauge electrode.

### Wyniki badań

Dwa pierwsze rodzaje czujników (węglowy oraz pojemnościowy) zostały wyeliminowane z powodu wad, które ujawniły się podczas badań.

W czujniku węglowym elementem pomiarowym był drobny granulat węglowy. Pod wpływem odkształceń przewodu wysokiego ciśnienia następowała zmiana rezystancji objętości granulatu węglowego. Uzyskane charakterystyki były bardzo dobre z punktu widzenia jakości generowanego sygnału, jak też i prostoty układu pomiarowego. Jednak po paru godzinach ciągłej pracy czujnika zaobserwowano samoistną zmianę rezystancji, spowodowaną rozkruszaniem poszczególnych granulek węgla przez odkształcający się przewód wtryskowy. Powodowało to konieczność co pewien okres czasu (co parę godzin) jego pracy przeprowadzenia kalibracji układu pomiarowego.



Rys.2 Charakterystyki przebiegu wtrysku paliwa zmierzone czujnikiem magnetodynamicznym dla różnych ciśnień otwarcia

Fig.2. Characteristics of fuel injection rate measured with magnetodynamic gauge for various opening pressures.

Natomiast czujnik pojemnościowy posiadający tę istotną niedogodność, że musi współpracować ze skomplikowanym układem pomiarowym.

Podczas badań zaobserwowano bardzo silny wpływ zewnętrznych warunków atmosferycznych na czułość czujnika. Dielektrykiem w kondensatorze pomiarowym jest powietrze atmosferyczne. Wzrost jego wilgotności (podczas dni deszczowych, mglistych) powodował zmiany charakterystyki czujnika, gdyż stała dielektryczna powietrza suchego i wilgotnego bardzo różnią się między sobą. W praktyce konieczne byłoby opracowanie hermetycznej wersji tego czujnika, co jest sprzeczne z podstawowym założeniem, iż musi być to czujnik tani, prosty, niezawodny oraz łatwy w montażu na istniejącej aparaturze paliwowej ciągnika.

W przypadku czujnika magnetodynamicznego badania potwierdziły słuszność przyjętego rozwiązania konstrukcyjnego czujnika. Na rys. 2 przedstawiono charakterystyki przebiegu wtrysku paliwa dla różnych wartości ciśnienia otwarcia rozpylacza. Charakterystyki zostały sporządzone dla 100, 66, 33 oraz 0% ciśnienia otwarcia badanego rozpylacza ( $P_{otw}$ ).

Analizując wykres można wyciągnąć wniosek, że czujnik magnetodynamiczny spełnia wszystkie założenia. Kształt krzywej obrazujący przebieg wtrysku paliwa jest ściśle powiązany z wielkością ciśnienia otwarcia rozpylacza, co w praktyce pozwoli na szybkie wykrycie wadliwości precyzyjnego wtryskiwacza w wielocylindrowym silniku spalinowym.

### Wnioski

1. Istnieje możliwość zabudowy czujnika przebiegu wtrysku paliwa bezpośrednio na przewodzie wysokiego ciśnienia.
2. Badania opracowanych konstrukcji czujników — węglowego, pojemnościowego oraz magnetodynamicznego wykazały najlepszą przydatność czujnika magnetodynamicznego.
3. Opracowany czujnik może być częścią składową układu nadzoru przebiegu strysku paliwa ciągnika rolniczego.

### Literatura

1. Bernhardt M. 1970: Badania trakcyjnych silników spalinowych. Wyd. Komunik. i Łączn., Warszawa.

**Experimental attempt to developing continuous control system of fuel injection in tractor engine***Jerzy Langman***Summary**

Simple gauges - coal-granulate based, capacitive and magnetodynamic, controlling liquid fuel injection were investigated in view of their application in fuel injection control system in the engines of agricultural tractors. From among tested gauges only magnetodynamic gauge appeared to be useful for this purpose.