

Badanie przepływomierza powietrza

Stanisław Duer, Sławomir Wołoszyn

W pracy przedstawiono problematykę badania przepływomierza powietrza. W pracy zaprezentowano dwie metody badania tego urządzenia. Pierwsza z nich jest podstawą przy ocenie sprawności tego elementu, to badanie charakterystyki napięciowej przepływomierza. Druga metoda to badanie jednego z sygnałów sterujących wypracowanych przez sterownik z wpływem na ten sygnał między innymi sygnału zmiennego z przepływomierza. W efekcie tych pomiarów wyznaczana jest „mapa robocza” badanego sygnału ze sterownika, która może być podstawą do dalszych badań. Stan techniczny przepływomierza jest podstawą w ocenie stanu pracy całego systemu silnika, a na pewno przy ocenie stanu układu EGR, wypracowania dawki paliwa oraz jakości emitowanych spalin z silnika.

Słowa kluczowe: przepływomierz powietrza, sterownik silnika, diagnostyka pojazdu.

Wstęp

Wysokie normy w zakresie czystości spalin z silników samochodowych spowodowało konieczność zastosowania trzyfunkcyjnych katalizatorów oraz układów EGR. Zneutralizowanie spalin i przebieg reakcji chemicznych w katalizatorze są możliwe wyłącznie wtedy, kiedy skład spalanej mieszanki zmienia się tylko w ściśle określonym zakresie nazywa się „okienkiem lambda”. Kiedy teoretyczne zapotrzebowanie powietrza pokrywa się z masą rzeczywiście zasysanego powietrza ($\lambda = 1$), wtedy następuje całkowite spalanie paliwa z najmniejszą emisją szkodliwych składników. Kiedy ilość dostarczonego powietrza jest mniejsza ($\lambda < 1$), wtedy mieszanka jest bogata, natomiast przy większej ilości powietrza ($\lambda > 1$) mieszanka jest uboga. Szczególną funkcję w tym względzie spełnia przepływomierz powietrza. Powstaje problem dokładności pomiaru powietrza w przepływomierzach powietrza [2, 5, 14, 15, 16, 17].

Urządzenie sterujące oblicza czas wtrysku na podstawie zapisanej w jego pamięci charakterystyki współczynnika λ . Przy zbyt bogatej mieszance czas wtrysku jest zmniejszany (zubożanie), a przy zbyt ubogiej czas wtrysku jest wydłużany (wzbogacanie). Proces regulacji trwa nieustannie tak, aby utrzymać odchyłkę od wartości $\lambda = 1$ nie większą niż $\pm 1\%$. Istnieje jednak kilka wyjątków od tej zasady, zwanych zakazami regulacji, aby nie dopuścić do negatywnych skutków dla silnika. Są to: rozruch i faza nagrzewania silnika, przyspieszanie, a często także praca przy pełnym obciążeniu. Zasysane powietrze jest doprowadzone poprzez filtr i przepływomierz powietrza do przepustnicy. Ilość zasysanego powietrza zależy od kąta otwarcia przepustnicy znajdującej się na początku kolektora ssącego [16, 17, 18, 19]

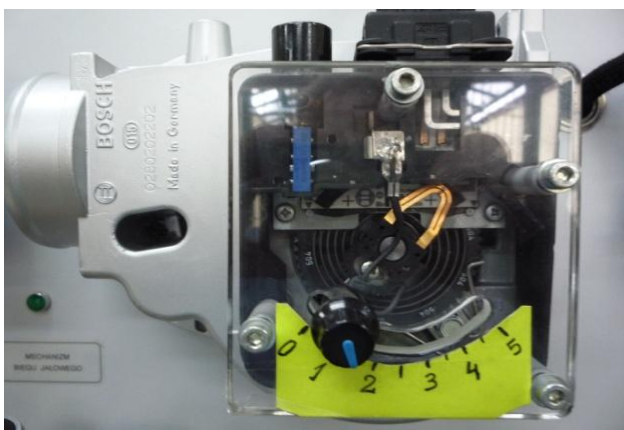
1. Budowa i zasada pracy przepływomierza powietrza

Przepływomierz powietrza z klapą spiętrzącą dokonuje pomiaru zasysanego powietrza na podstawie którego określone jest obciążenie silnika. Powietrze zasysane przez silnik odchyła klapę spiętrzącą, pokonując siłę napięcia sprężyny. Z osią kłapy spiętrzącej sprzężony jest ruchomy styk potencjometru. Więc kąt, o który płytka pomiarowa się odchyła powoduje zmianę oporu potencjometru. Zmiana rezystancji związana jest ze zmianą napięcia od 5 V do 0 V (Rys. 1). Spadek napięcia jest informacją dla jednostki sterującej o położeniu kłapy spiętrzącej, a tym samym o objętości przepływającego powietrza. Aby zapobiec drganiom kłapy spiętrzącej spowodowanymi pulsacjami zasysanego powietrza w komorze tłumiącej umieszczona jest płytka kompensacyjna.

Oprócz przelotu głównego, w którym dokonywany jest pomiar przepływającego powietrza przepływomierz powietrza posiada przelot boczny. Ilość powietrza przepływająca przez przelot boczny może być regulowana wkrętem regulacyjnym składu mieszanki silnika pracującego w stanie jałowym. Przez regulację ilości powietrza przepływającego przelotem bocznym zmienia się skład mieszanki paliwowo-powietrznej, a tym samym procentowe stężenie tlenku węgla (CO) w spalinach. Jednak w przypadku silnika z katalizatorem spalin wkrętu regulacyjnego nie należy regulować ponieważ wpływa to na działanie układu regulacyjnego lambda w całym zakresie obciążeń silnika. W przepływomierzu znajduje się również przełącznik pompy paliwowej wbudowany w potencjometr. Gdy silnik pracuje, przełącznik pompy jest zasilany napięciem przez znajdujący się w przepływomierzu zestyk, który jest włączany przez wychyloną przesłonę spiętrzącą. Po zatrzymaniu silnika obwód jest przerywany i nie ma tłoczenia paliwa (nawet przy włączonym wyłączniku zapłonu) [7,8, 9].

Sterownik sprawdza, czy sygnał z przepływomierza powietrza (Rys. 1) znajduje się w określonym przedziale poprawności jego pracy. Porównuje też aktualną wartość sygnału przepływomierza z przewidywaną wartością obliczoną na podstawie położenia przepustnicy, prędkości obrotowej i stopnia otwarcia zaworu biegu jałowego.

Aby uzyskać idealne warunki spalania paliwa należy kontrolować proporcję w jakiej wtryskiwane jest do cylindra paliwo i tlen. Zawartość tlenu w jednostce objętości powietrza nie jest jednak stała, lecz zmienia się w zależności od temperatury i ciśnienia gazu. Dlatego też komputer silnika samochodowego powinien wiedzieć ile tlenu dostało się do cylindra, aby dobrać do tego odpowiednią ilość paliwa. Tej informacji dostarcza właśnie przepływomierz powietrza współpracujący w układzie zamkniętym z sondą lambda [10, 11, 12, 13, 14].



Rys. 1. Wygląd przepływomierza powietrza typu objętościowego



Rys. 2. Czujnik temperatury powietrza dolotowego wbudowany w przepływomierz

Skład spalin jest mierzony przez sondę lambda. Na podstawie sygnału z sondy oraz pomiaru masowego natężenia przepływu powietrza, urządzenie sterujące może odpowiednio zmienić ilość wtryskiwanego paliwa, a tym samym skład mieszanki. Usterki przepływomierzy powodują między innymi wyraźny spadek mocy zwłaszcza w pojazdach z silnikami diesla, niewłaściwy skład mieszanki paliwowo-powietrznej oraz wzrost zużycia paliwa. Dlatego tak ważne jest prawidłowe zdiagnozowanie usterki, co nie zawsze jest łatwe, szczególnie w silnikach benzynowych. W przypadku przepływomierzy bardzo przydatnym narzędziem serwisowym jest diagnostyczny silnikowy [2, 5, 6, 7, 8].

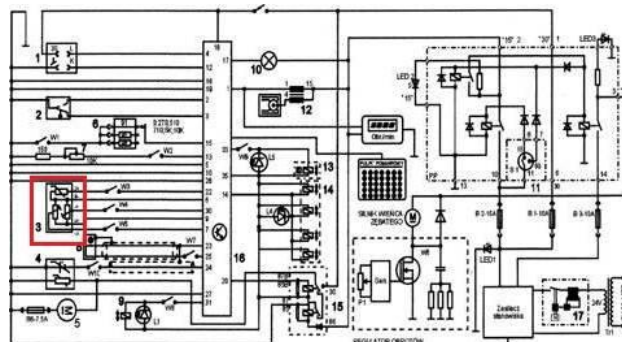
Korzystając z nabytego doświadczenia, można nauczyć się interpretacji przebiegów oscyloskopowych pomocnych w ocenie sprawności przepływomierza. Oprócz badań oscyloskopowych sygnału należy zmierzyć napięcia zasilające, a w przypadku przepływomierza z gorącym drutem również prąd rozgrzewający element pomiarowy usuwający z niego zanieczyszczenia. Dodatkowo należy wykonać pomiar rezystancji czujnika temperatury powietrza, o ile został on zamontowany w danym przepływomierzu.

2. Badanie sprawności przepływomierza powietrza

Podstawą badań diagnostycznych urządzeń pokładowych pojazdów jest złożonym procesem techniczno-technologicznym.

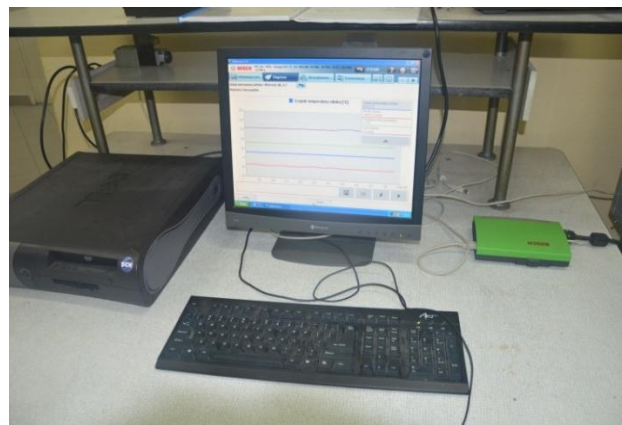
Jednym z problemów tego procesu jest zidentyfikowanie badanego elementu w strukturze układu ideowego urządzeń sterownika silnika (Rys. 3). Efektem badań przedstawionych na rys. 3 jest określenie sposobu połączenia ze sterownikiem badanego elementu.

W celu zlokalizowania elementów badanego układu jest schemat ideowy systemu sterowania silnikiem. Istota lokalizacji elementów to nie tylko ich wyznaczenie w strukturze wewnętrznej silnika, ale ważniejszym w tym badaniu jest określenie połączenia elementów danego układu sposobu ich połączenia poprzez piny ze sterownikiem, gdzie jest pin sygnałowy jak rozwiązano zasilanie elementu, a w końcu gdzie jest pin „masy czyli (-)”. Na podstawie tego schematu (Rys. 3) są określone piny połączeniowe elementów układu zapłonowego ze sterownikiem. Powyższa znajomość tej informacji jest podstawą przy organizacji systemu badawczo-pomiarowego [1, 3, 4, 7].



Rys. 3. Schemat stanowiska badawczego Motronic, opis pinów złącza przepływomierza (kolor czerwony): 22 – sygnał z przepływomierza do sterownika, 7 – sygnał temperatura powietrza, 10 – sygnał „masy”.

W badaniach wykorzystano stanowisko badawcze opracowane na bazie diagnostyki KTS 530 Bosch oraz oprogramowania [ESltronic 2.0], które przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Stanowisko badawcze opracowane na bazie diagnostyki KTS 530 Bosch

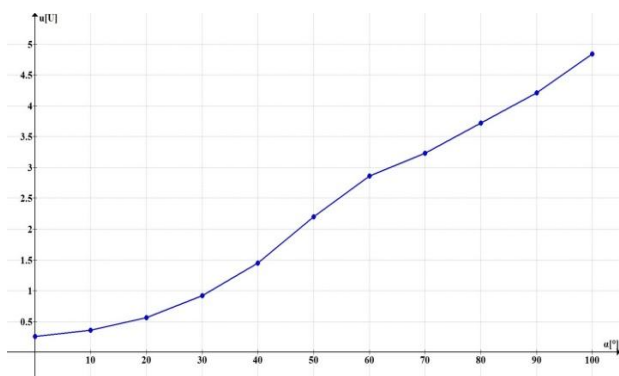
Pierwszym etapem badania było badanie charakterystyki napięciowej przepływomierza powietrza z wykorzystaniem

multimetru. Uzyskane wyniki pomiarowe zamieszczono w poniższej tabeli 1.

Tab.1. Tabela pomiarowa dla pierwszego badania

Lp.	U _α [V]	α[°]
1	0,26	0
2	0,36	10
3	0,56	20
4	0,92	30
5	1,45	40
6	2,2	50
7	2,86	60
8	3,23	70
9	3,72	80
10	4,21	90
11	4,84	100

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarowych zamieszczonych w tabeli 1 wykreślono charakterystykę napięciową przepływomierza powietrza, którą przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Charakterystyka napięciowa przepływomierza powietrza

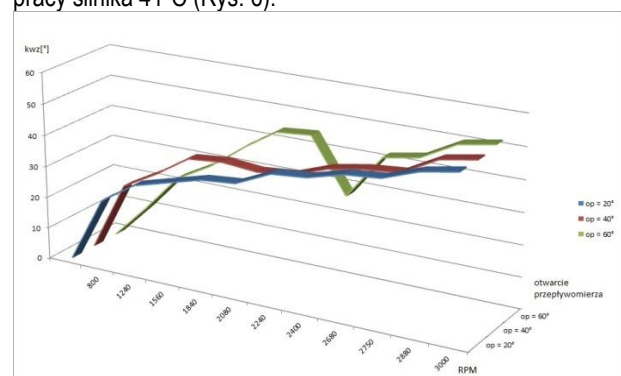
3. Badanie wpływu sygnału z przepływomierza na wyprowadzenie przez sterownik sygnału sterującego pracą silnika

Istotnym badaniem stanu sprawności przepływomierza jest badanie z wykorzystaniem diagnostyki KTS Bosch polegające na pomiarze kąta wyprzedzenia zapłonu sygnału wypracowywanego przez sterownik silnika na podstawie wpływu zmiennego sygnału z przepływomierza powietrza niezmiennych warunków pracy silnika dla stałej temperaturze pracy silnika 41°C. Wyniki zamieszczono w poniższej tabeli 2.

Tab. 2. Sygnał kąta wyprzedzenia zapłonu dla zmiennego sygnału z przepływomierza powietrza oraz niezmiennych warunków pracy silnika dla stałej temperaturze pracy silnika 41°C.

n [obr/min]	op = 20°	op = 40°	op = 60°
	kwz[°]	kwz[°]	kwz[°]
800	21	22	11
1240	28	28	23
1560	31	35	29
1840	34	36	37
2080	35	35	44
2240	40	36	45
2400	41	40	28
2680	44	42	42
2750	45	43	44
2880	49	49	50
3000	51	51	52

Na podstawie wykonanych pomiarów wykonano „mapę roboczą” dla wypracowanego przez sterownik silnika sygnału kąta wyprzedzenia zapłonu sygnału wypracowywanego dla zmiennego sygnału z przepływomierza powietrza oraz niezmiennych warunków pracy silnika dla stałej temperaturze pracy silnika 41°C (Rys. 6).



Rys. 6. Wykres „mapa robocza” przedstawiająca sygnał kąt wyprzedzenia zapłonu w zależności od prędkości obrotowej i kąta otwarcia przepływomierza

Przepływomierz masowy powietrza odpowiedzialny jest za dostarczanie do komputera silnika samochodowego informacji o ilości tlenu znajdującej się w cylindrze w celu stworzenia optymalnej mieszanki paliwowo-powietrznej. W celu uzyskania doskonałych warunków spalania paliwa należy kontrolować proporcje mieszanki paliwowo-powietrznej. Zawartość tlenu może zmieniać się w zależności od temperatury oraz ciśnienia gazu, przez co należy prowadzić systematyczne pomiary, które umożliwią dobranie idealnych proporcji. Jest to główne zadanie przepływomierza powietrza

Podsumowanie

Badanie stanu sprawności przepływomierza powietrza wymaga specjalistycznego oprzyrządowania warsztatowego. Porządne w tym względzie są dobre diagnostyki wyposażone w monitory ekranowe. We wstępnych badaniach mógłby wystarczyć oscyloskop dobrej klasy z funkcją pamięci. Pełniejszym badaniem w układzie przepływomierza powietrza badanie mające na celu wykazanie wpływu sygnału z przepływomierza na wybrany sygnał sterujący w tym układzie zapłonowym na zmiany sygnału kąta wyprzedzenia zapłonu lub czasu zwarcia. Na podstawie tych pomiarów wykreślane są „mapy robocze”. Znajomość „map roboczych” w dalszym etapie badań jest podstawą do analizy uzyskanych wyników pomiarowych z danymi zawartymi w bazach serwisowych. Dopiero taka analiza jest wartościowa i może być wykorzystana do oceny stanu sprawności danego układu.

Stan techniczny przepływomierza jest podstawą w ocenie stanu pracy całego systemu silnika, a na pewno przy ocenie stanu układu EGR i układu wypracowania dawki paliwa. Sprawność tego czujnika ma duży wpływ na jakość emitowanych spalin z silnika.

Bibliografia

1. Banaszek K. Struski B., Duer S.: Zastosowanie ogniw paliwowych PEM w pojazdach samochodowych. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 8/2016, str., 226-229.
2. Duer S.: Laboratorium Elektrotechniki samochodowej Tom I. Wyd. Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2009, str. 199.
3. Duer S., Duer R., Duer P.: Tor pomiarowy dla systemu diagnozującego układ sterowania silnikiem samochodowym typu Motronic. Słupskie XII Forum Motoryzacji „Innowacje w motoryzacji dla ochrony środowiska” Słupsk, 2009, str. 79-86.
4. Duer S., Zajkowski K., Duer R.: Diagnostyka w układzie zasilania elektrycznego pojazdu samochodowego. „XV Conference Computer Applications in Electrical Engineering” Poznan University Of Technology, Poznan, April 19-21, 2010, pp. 255-256.
5. Duer S., Zajkowski K.: Laboratorium Elektrotechniki samochodowej Tom II. Wyd. Politechniki Koszalińskiej. Koszalin, 2010, str. 210.
6. Duer S.: Laboratorium mechatroniki samochodowej. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2014. str. 196.
7. Duer S., Zajkowski K.: Badanie laboratoryjne rozrusznika samochodowego. XIII Konf.Naukowo-Tech. LOGITRANS' 2016, Logistyka Systemy Transportowe Bezpieczeństwo w Transporcie, Szczyrk, Politechnika Radomska, AUTOBUSY Nr 6/2016 s.840-843/1835, ISSN 1509-5878
8. Duer S.: Badanie układu samodiagnostyki w systemie Motronic ML 4.1. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 6/2016, str., 840-843.
9. Duer S., Grzyb J.: Wykorzystanie serwisowych bazy wiedzy w diagnostyce sieci CAN. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 6/2016, str., 836-839.
10. Duer S., Dołgopól K.: Badanie przepływomierza powietrza z wykorzystaniem diagnostyki FSA 720 Bosch.

AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 6/2016, str., 833-835.

11. Duer S., Zajkowski K. Z. Palkova, O. Lukac.: Diagnostyka badanie sieci CAN. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe Nr 8/2016 s.78-81/355, ISSN 1509-5878
12. Duer S., Hintzka P., Banaszek B., Struski B.: Badanie sondy λ z użyciem diagnostyki. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 8/2016, str., 75-77.
13. Kamiński G., Kosk J., Przyborowski W.: Laboratorium maszyn elektrycznych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.
14. Kneba Z., Makowski S.: Zasilanie i sterowanie silników. WKiŁ Warszawa 2004
15. Duer S.: Badanie laboratoryjne alternatora. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 8/2016, str., 71-74.
16. Gajek A., Juda Z.: Czujniki. WKiŁ, Warszawa, 2008.
17. Gładyszek J., Gładyszek M.: Poradnik diagnostyki samochodowej. Wyd., Kraków, 2008.
18. Podstawy działania samochodowych instalacji elektrycznych. Poradnik Serwisowy, nr 1/2006.
19. www.auto-online.pl

Autorzy:

Prof. nadzw. dr hab. inż. **Stanisław DUER** - Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny,

Sławomir WOŁOSZYN (student) - Politechnika Koszalińska, Wydział Technologii i Edukacji,

Examination of air flow meter

The paper presents the problem of testing the air flow meter. The paper presents two methods for testing the device. The first of these is the basis for assessing the efficiency of this component, the test voltage characteristics of the flow meter. The second method is a study of one of the control signals developed by the controller of the effect on the signal, among others AC signal from the flow meter. As a result of these measurements is determined "working map" of the test signal from the controller, which can be the basis for further research. The technical condition of the meter is the basis of assessment of the work of the whole engine system, and certainly when assessing the state of the EGR system, the development of fuel delivery and the quality of exhaust emissions from the engine.

Key words: air flow meter, engine control, vehicle diagnostics.