

Sebastian STYŁA¹

DIAGNOSTYKA USZKODZEŃ WYBRANYCH ELEMENTÓW UKŁADU STEROWANIA PRACĄ SILNIKA ZI

W artykule zaprezentowane zostały metody badań elementów układu sterowania pracą silnika ZI. Użyto w tym celu programu diagnostycznego, który przeznaczony jest do obsługi serwisowej samochodów Nissan. Przedstawiono metody pomiaru podstawowych parametrów wybranych układów. Zaprezentowano ponadto przyczyny nieprawidłowej kontroli, które mogą powodować poważne uszkodzenia pojazdu.

DAMAGE DIAGNOSIS OF SOME ELEMENTS OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE CONTROLLER

The article presents the testing methods for the elements of internal combustion engine controller. Diagnostic program which has been designed for servicing of Nissan group vehicles was used for this purpose. The methods used to establish basic parameters of individual systems have been presented. Furthermore the reasons of incorrect inspection constituting potential reason of serious damages of vehicle have been also described.

1. WSTĘP

Diagnostyka z języka greckiego „diagnosis” oznacza określenie, rozpoznanie. W dzisiejszych czasach, przy wręcz oszałamiającym tempie rozwoju branży motoryzacyjnej termin ten nabiera nowego znaczenia. Powiązanie mikroelektroniki z nowymi rozwiązaniami informatycznymi sprawia, że badanie pojazdów wymaga dużej wiedzy od wyspecjalizowanej obsługi stacji diagnostycznej. Jest to także wyzwaniem dla konstruktorów i ośrodków badawczych, które opracowują nowe metody oraz procedury diagnostyczne. To wszystko ma na celu zwiększenie jakości napraw, a także skrócenie czasu potrzebnego na lokalizację uszkodzenia.

Obecnie koszt wyposażenia elektronicznego pojazdu wynosi około 40% wartości auta i ma tendencję wzrostową [7]. Wynika z tego, że konwencjonalne metody diagnostyki pojazdów, a w szczególności elektronicznych jednostek sterujących silnikami spalinowymi (EJS) są niewystarczające. Zapotrzebowanie na nowe procedury badań oraz przyrządy

¹Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38a; e-mail: s.styla@pollub.pl

pomiarowe spowodowało wprowadzenie standardu OBD (On-Board Diagnostics) czyli samodiagnostyki pojazdów. Zasada działania tego systemu opiera się na ciągłym lub okresowym monitorowaniu parametrów pracy poszczególnych obwodów samochodu. Układ sterowania porównuje wartości sygnałów (rzeczywistych) doprowadzonych z sensorów, z wartościami umieszczonymi w pamięci (wymaganymi). W przypadku przekroczenia dopuszczalnej wartości, w pamięci mikrokontrolera zapisywany jest kod błędu, a kierowca informowany jest o tym fakcie za pomocą kontrolki umieszczonej na desce rozdzielczej (MIL, CHECK ENGINE, itp.).

Zwiększające się wymagania dotyczące ochrony środowiska oraz bezpieczeństwa podróży, wymusiły na producentach pojazdów opracowanie nowych konstrukcji oraz procedur diagnostycznych analizujących pracę układów odpowiedzialnych przede wszystkim za emisję spalin. Wprowadzenie magistral komunikacyjnych (CAN, LIN, MOST [11]) oraz zwiększenie wydajności mikroprocesorów sprawiło, że tylko część ich mocy obliczeniowej wykorzystana została na sterowanie silnikiem. Reszta realizuje proces samodiagnostyki. Przełomem stało się wdrożenie w 1994 r. w USA standardu OBD II (w Europie pod nazwą EOBD od 2000 r.) [6]. Dzięki temu ujednociono metody badań poszczególnych elementów pojazdu, niezależnie od producenta. Wprowadzenie znormalizowanego złącza diagnostycznego (Rys.1) dało możliwość produkcji uniwersalnych urządzeń pomiarowych.



Rys.1. Złącze diagnostyczne OBD (Skoda Fabia)

Obecnie każdy system diagnostyczny powinien posiadać takie same tryby pracy. Umożliwiają one [5, 6, 7, 10]:

- nawiązanie połączenia ze sterownikiem;
- rozpoznanie standardu komunikacji;
- odczyt numerów pojazdu: VIN, CIN, CNV;
- odczyt i kasowanie kodów błędów („prawdopodobnych”, „potwierdzonych”);
- odczyt parametrów zamrożonych;
- odczyt parametrów w czasie rzeczywistym (np. podczas pracy silnika);
- odczyt sygnałów z sond lambda;
- test elementów wykonawczych.

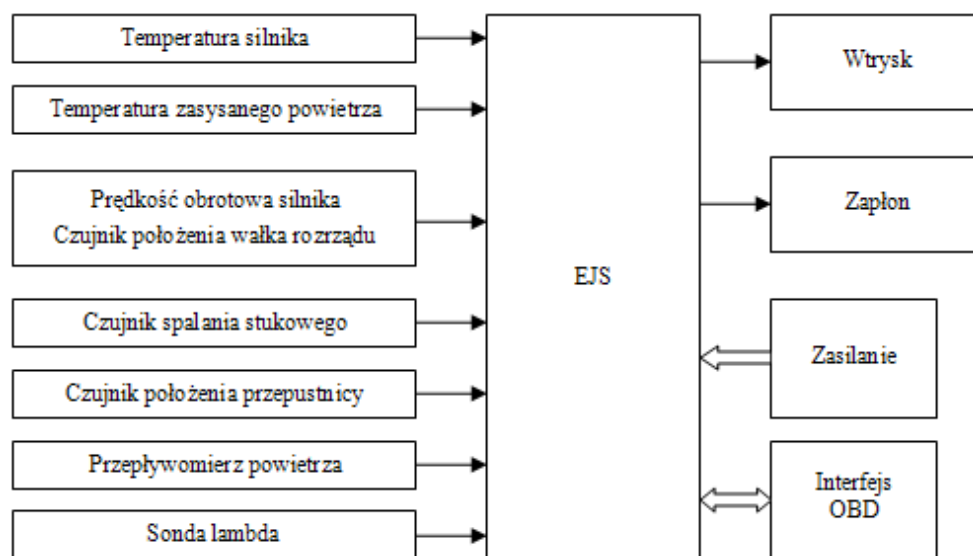
Mimo wprowadzenia rozbudowanych monitorów diagnostycznych, standard OBD ma ograniczenia. Pewne uszkodzenia i niesprawności układów elektrycznych i elektronicznych pojazdów nie są wykrywane przez system samodiagnostyki. Dotyczy to przede wszystkim uszkodzeń wywołanych zmianą „rezystancji przejścia” na stykach, złączach, czy zmianą rezystancji przewodów. Rozwiązaniem może być analiza napięcia lub prądu w jednostce czasu lub porównanie sygnałów wyjściowych z kilku elementów na raz.

2. UKŁAD STEROWANIA PRACĄ SILNIKA ZI

W celu optymalizacji pracy silnika koncerny samochodowe wprowadzają swoje rozwiązania techniczne. Współcześnie produkowane pojazdy posiadają przez to różne konstrukcje układów wtryskowych i zapłonowych. Mimo tego zasada działania większości z nich jest podobna. Sterownik otrzymuje informacje z czujników oraz nastawników wartości zadanej i według odpowiedniego algorytmu steruje czasem wtrysku oraz kątem wyprzedzenia zapłonu [3, 4, 7, 8]. Rozwój mikroprocesorów sprawił, że układy wtrysku i zapłonu zostały zamknięte w jednej obudowie. Ma to na celu zwiększenie niezawodności tych urządzeń.

2.1 Charakterystyka badanego układu

Aby dokonać dokładnej analizy procedur diagnostycznych zbudowano stanowisko laboratoryjne wykorzystujące urządzenie sterujące ECCS (Electronic Computer Control System) montowane w samochodach Nissan 200sx. Jest to w pełni zintegrowany system zapłonu i wtrysku. Na rysunku 2 przedstawiono schemat blokowy zastosowanego układu (opracowany na podstawie [1,2]). Wyodrębniono na nim zależności między wartościami wejściowymi, a wyjściowymi sterownika.



Rys.2. Uproszczony schemat blokowy układu sterowania Nissan ECCS użyty do badań

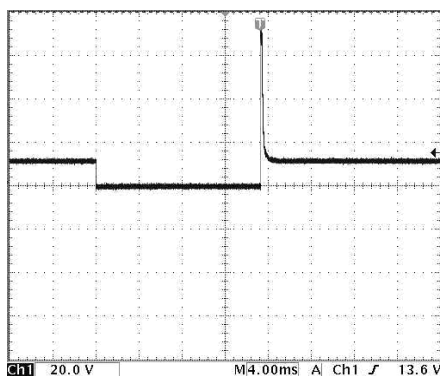
W pamięci mikrokontrolera zapisane są trójwymiarowe mapy czasu otwarcia wtryskiwacza (Rys. 3) i kąta wyprzedzenia zapłonu. Odczyt powyższych wartości uzależniony jest od aktualnej prędkości obrotowej silnika oraz jego obciążenia (sygnału z przepływomierza powietrza). Aby zoptymalizować pracę silnika, w EJS zapisane są dodatkowe, dwuwymiarowe charakterystyki korekcyjne, zależne m. in. od: temperatury

cieczy chłodzącej, zasysanego powietrza, sygnału z sondy lambda, czujnika spalania stukowego oraz kąta otwarcia przepustnicy.

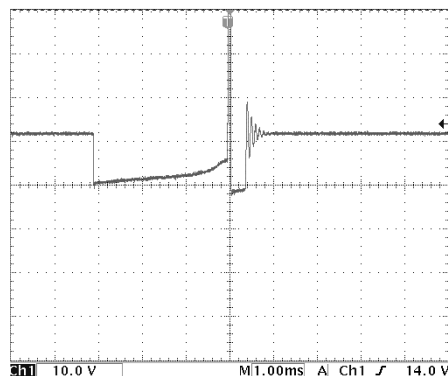
RPM/TP	8	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	64	72	80	88
400 Rpm	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,46	11,91	11,33	10,57	10,12	9,80
800 Rpm	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,46	11,91	11,33	10,57	10,12	9,80
1200 Rpm	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,46	11,91	11,33	10,57	10,01	9,50
1600 Rpm	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,46	11,91	11,33	10,57	9,85	9,09
2000 Rpm	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	11,54	10,81	10,01	9,36	8,83	8,63	8,59	8,59
2400 Rpm	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	11,76	11,07	10,34	9,65	9,13	8,83	8,71	8,71
2500 Rpm	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	11,91	11,47	10,69	9,85	9,46	9,09	8,79	8,79
3200 Rpm	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,14	11,69	10,94	10,06	9,55	9,13	8,75	8,75
3600 Rpm	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	12,71	11,61	10,81	10,06	9,50	9,18	9,00	9,00

Rys.3. Fragment trójwymiarowej mapy czasu otwarcia wtryskiwacza

Na podstawie sygnałów doprowadzonych do sterownika z czujników, określone są wyżej wymienione parametry i na ich podstawie ustalany jest ostatecznie czas wtrysku (Rys.4) oraz kąt wyprzedzenia zapłonu (Rys. 5) dostosowany do aktualnego stanu pracy silnika.



Rys. 4. Oscylogram czasu wtrysku (Nissan 200sx)



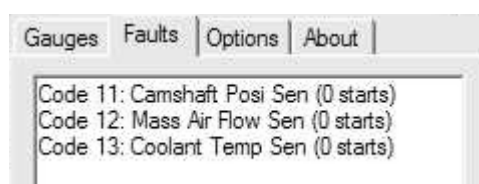
Rys. 5. Oscylogram kąta wyprzedzenia zapłonu (Nissan 200sx)

W badaniach układu sterowania silnikiem o zapłonie iskrowym użyto oprogramowania komputerowego pracującego w standardzie OBD: Conzult, SRTalk, ECUTalk. Programy te różnią się przede wszystkim rozwiązaniem interfejsu graficznego komunikującego się z użytkownikiem. Mają natomiast podobne możliwości oraz funkcjonalność, a także służą do obsługi pojazdów koncernu Nissan.

3. BADANIA LABORATORYJNE

3.1 Diagnostyka komputerowa (OBD)

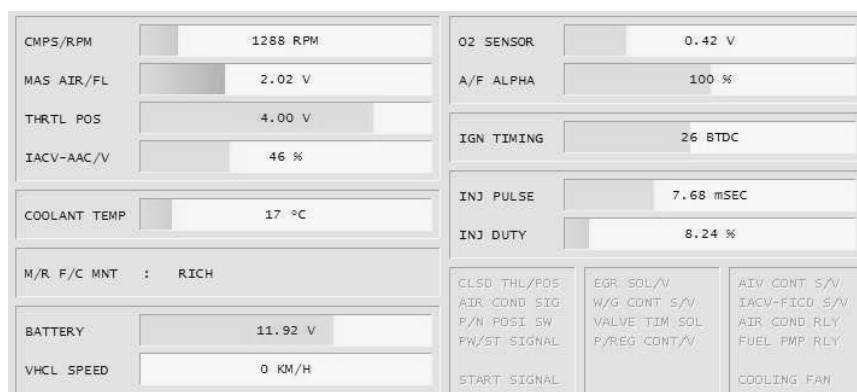
Po podłączeniu interfejsu diagnostycznego do złącza następuje nawiązanie połączenia ze sterownikiem według odpowiedniego standardu przesyłu informacji. Odczytywane są w tym czasie dane identyfikujące sterownik. Jeżeli podczas pracy układu sterowania wykryte zostały uszkodzenia jakiegokolwiek elementu, zapisane one zostają w pamięci mikrokontrolera w postaci kodów błędów. Interfejs diagnostyczny daje możliwość ich odczytu (Rys. 6).



Rys. 6. Przykładowe kody błędów systemu sterowania ECCS (oprogramowanie ECUTalk)

Należy zwrócić uwagę na to, że przedstawione błędy powstały pod wpływem zwarcia do masy, do plusa lub przerwy w obwodzie czujników: prędkości obrotowej silnika, przepływomierza, temperatury silnika. W przypadku usunięcia uszkodzeń i wykasowania kodów błędów nie pojawiają się one przy ponownym odczycie.

Interfejs diagnostyczny daje ponadto możliwość obserwacji poszczególnych parametrów pracy silnika (np. prędkości obrotowej, temperatury silnika, kąta otwarcia przepustnicy, itp.) w czasie rzeczywistym (Rys. 7). Na podstawie tych obserwacji można dokonać analizy oraz stwierdzić czy silnik pracuje poprawnie czy też nie. W niektórych przypadkach, dzięki temu da się określić rodzaj i miejsce wystąpienia uszkodzenia.



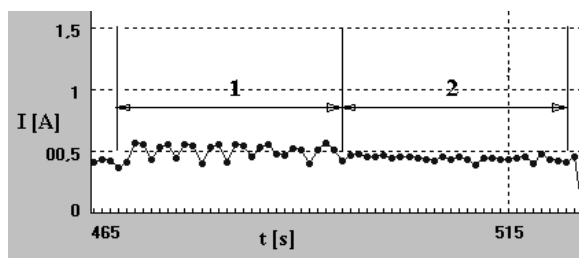
Rys. 7. Parametry rzeczywiste systemu sterowania ECCS (oprogramowanie Conzult)

Jak już wspomniano wcześniej, interfejsy pracujące w standardzie OBD, mają ograniczenia. W celu ich analizy zasymulowano zmiany rezystancji na stykach i

przewodach łączących sterownik z wtryskiwaczami. Uszkodzenia te często powodują niesprawność całego obwodu, co może być przyczyną unieruchomienia silnika. Powstają one przede wszystkim pod wpływem niekorzystnych warunków zewnętrznych (np. zawilgocenia instalacji elektrycznej pojazdu) wynikiem czego jest wzrost rezystancji „przejścia” od kilku do kilkudziesięciu Ohm między poszczególnymi elementami danego obwodu. Badania wykazały, że uszkodzenia te nie są wykrywane przez interfejsy diagnostyczne pracujące w standardzie OBD.

3.2 Diagnostyka konwencjonalna

Aby opracować metodę (procedurę) wykrycia wyżej opisanego uszkodzenia starano się znaleźć parametr elektryczny wiążący go ze zmianą rezystancji obwodu wtryskiwacza. W tym celu użyto miernika cęgowego z komputerową rejestracją przebiegu. Wartość prądu płynącego przez wtryskiwacz w czasie zmiany rezystancji „przejścia” przedstawiono na rysunku 8.

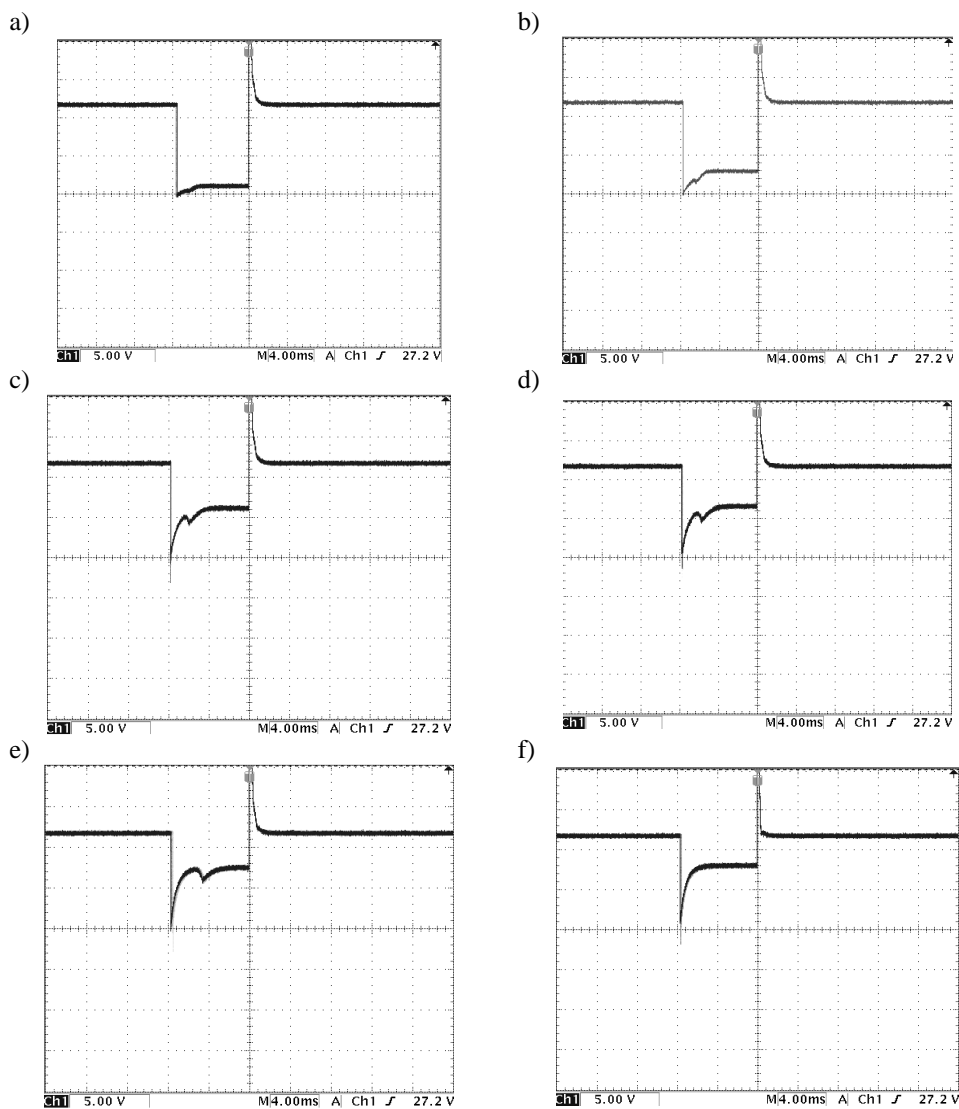


Rys. 8. Charakterystyka prądu płynącego przez wtryskiwacz podczas zwiększania rezystancji przewodów od 0 do 30 Ω

Na przedstawionej charakterystyce można zaobserwować pewną wartość rezystancji, przy której zmiany prądu przestają być widoczne (zakres 2, rys. 8). Wynikiem tego jest niepoprawna praca wtryskiwacza, a nawet jego wyłączenie.

Zmiana rezystancji powoduje wydłużenie czasu otwarcia i zamknięcia wtryskiwacza (przyczyną jest ograniczenie wartości prądu). W konsekwencji może przyczynić się to, do nierównomiernej pracy silnika. Układ sterowania na podstawie np. sygnałów z sond lambda będzie starał się skorygować te zmiany. Mimo tego, nie będzie to możliwe ze względu na występujące uszkodzenie.

Na rysunku 9 przedstawione zostały oscylogramy badanego układu, na podstawie których można ocenić wartość „dodatkowej” rezystancji. Podczas pomiarów wtryskiwacze przestawały działać przy rezystancji około 23 Ω .



Rys. 9. Oscylogramy czasu otwarcia wtryskiwacza dla różnych wartości rezystancji przewodów doprowadzających sygnał sterujący: a) 2 Ω , b) 5 Ω , c) 10 Ω , d) 15 Ω , e) 20 Ω , f) 25 Ω

Pomiar prądu oraz napięcia daje możliwość oceny zaistniałego uszkodzenia, a także oszacowania wartości rezystancji „przejścia”. Wynika z tego, że zarówno zakres zmian prądu, jak i spadek napięcia mogą posłużyć jako parametr do oceny stanu technicznego obwodu wtryskiwacza.

4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania pokazują konieczność stosowania komputerowych urządzeń pomiarowych pracujących w standardzie OBD. Przyczyniają się one do zwiększenia szybkości i niezawodności stawianej diagnozy we współczesnych pojazdach, w których znajduje się duża ilość obwodów elektronicznych. Ponadto zaletą standardu OBD jest niski koszt urządzeń (interfejsów i oprogramowania) przeznaczonych do diagnostyki danej marki pojazdów.

Badania wykazały jednak, że w niektórych przypadkach standard OBD nie wykrywa danego uszkodzenia. Ograniczenia występują m. in. podczas zmiany wartości rezystancji w małym zakresie (od kilku do kilkunastu Ohm). Przyczyną takich uszkodzeń może być zawilgocenie styków, starzenie się elementów lub uszkodzenia mechaniczne. Są to usterki kłopotliwe, sprawiające problemy w ustaleniu ich lokalizacji nawet przez wykwalifikowanych diagnostów. Znalezienie zależności między wartością rezystancji obwodu wtryskiwacza, a prądem przez niego płynącym dało możliwość opracowania procedury automatycznego pomiaru, który można wykonać za pomocą np. czujników hallotronowych. Analizują one wielkość prądu płynącego przez wtryskiwacze i w przypadku zmniejszenia jego wartości układ sterujący może zakwalifikować ten obwód jako niesprawny. Daje to możliwość opracowania monitora diagnostycznego pracującego w standardzie OBD, który będzie wykrywał małe zmiany wartości rezystancji obwodów elektrycznych pojazdów. Przeprowadzone badania wykazały również, że wyżej opisane uszkodzenia nie mają wpływu na sprawność układu zapłonowego samochodów.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Autodata: *Engine Management Systems. For fuel injection and ignitron control vol.6. Component testing and diagnosis for vehicles introduced between 1992-1996.*
- [2] Autodata: *Fuel Injection vol 4. Vehicles introduced between 1991 and 1993.*
- [3] Herner A., Riehl H.: *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, Warszawa, WKŁ 2009.
- [4] Kasedorf J., Woisetschlager E.: *Układy wtryskowe benzyny. Sprawdzanie i regulacja*, Warszawa, WKŁ 2004.
- [5] Merkisz J., Mazurek ST.: *Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych*, Warszawa, WKŁ 2007.
- [6] Poradnik serwisowy nr. 5/2003: *Diagnostyka pokładowa standard OBD II – EOBD.*
- [7] Rokosch U.: *Układy oczyszczania spalin i pokładowe systemy diagnostyczne samochodów. OBD*, Warszawa, WKŁ 2007.
- [8] Wendeker M.: *Sterowanie zapłonem w silniku samochodowym*, Lublin, LTNPL 1999.
- [9] Wendeker M.: *Sterowanie wtryskiem benzyny w silniku samochodowym*, Lublin, LTNPL 1999.
- [10] White Ch., Randal M.: *Poradnik diagnosty samochodowego. Kody usterek*, Warszawa, WKŁ 2006.
- [11] Zimmermann W., Schmidgall R.: *Magistrale danych w pojazdach. Protokoły i standardy*, Warszawa, WKŁ 2008.