

Sławomir WIERZBICKI

UNIwersytet Warmiński – MAZURSKI W OLSZTYNIE, WYDZIAŁ NAUK TECHNICZNYCH
ul. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn

Wpływ standaryzacji komunikacji w układach sterowania silników spalinowych na bezpieczeństwo użytkownika pojazdów

Dr inż. Sławomir WIERZBICKI

Pracuje na stanowisku adiunkta w Katedrze Mechatroniki, na Wydziale Nauk Technicznych, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. W pracy zajmuje się zagadnieniami zasilania i diagnostyki współczesnych silników spalinowych o zapłonie samoczynnym. Jest członkiem Polskiego Towarzystwa Diagnostyki Technicznej, Polskiego Towarzystwa Naukowego Silników Spalinowych oraz Polskiego Naukowo-Technicznego Towarzystwa Eksploatacji.



e-mail: slawekw@uwm.edu.pl

Streszczenie

Układy sterowania silników spalinowych to złożone układy mechatroniczne. Sterowanie tymi układami polega na pomiarze wielkości określających warunki pracy silnika i na tej podstawie wypracowaniu wielkości sterujących elementami wykonawczymi. Takie rozwiązanie zapewnia optymalne sterowanie silnikiem z drugiej strony umożliwia dość łatwą ingerencję w jego działanie. W artykule opisano metody ingerencji w sterowanie tego typu układów, które pozwalają na modyfikację osiągnięć silnika.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, układ sterowania, sterownik.

Effect of combustion engine control system communication standardization on vehicle use safety

Abstract

The control systems of modern combustion engines are complex mechatronic systems. The idea of control through this type of system is based on the measurement of physical quantities defining the current engine operating conditions and working out the quantities controlling the actuators by the controller on this basis. Such a control system solution ensures optimum engine control and enables easy interference with its operation. Current specialist software allows users to modify the engine control software, which allows not only changing the engine's performance, but also switching on some of its systems as well as masking the engine damage. This paper describes the common methods of interfering with the operation of such systems, both through changing the control software and also falsification of signals in measuring sensors (Fig. 4). Actions of this type are quite difficult to detect by state services and even authorized services. Moreover, they are also not fully regulated by law, which often induces motor vehicle users to use so-called "chip tuning". Such modifications very often result in significant changes in engine operating conditions, which may cause vehicles to fail exhaust emission standards. Moreover, such changes may lead to decreased vehicle durability and vehicle use safety. This particularly concerns vehicles purchased on the secondary market, whose buyers are most often not aware of changes introduced in the engine control software.

Keywords: combustion engine, control system, controller.

1. Wstęp

Współczesne silniki spalinowe będące podstawowym źródłem napędu pojazdów samochodowych to złożone układy mechatroniczne, w których stosuje się coraz więcej elementów nadzorowanych przez sterowniki [2, 8]. Obecnie nadrzędnym kryterium optymalizacji pracy silników jest ograniczenie emisji związków toksycznych do atmosfery, w tym celu stosuje się coraz nowsze układy ograniczające emisję tych związków.

Elektroniczne sterowanie tymi układami pozwala na zwiększenie precyzji regulacji, co wpływa nie tylko na poprawę osiągnięć pojazdu, ale podnosi również komfort i bezpieczeństwo ich użytkownika.

Początkowo rozwój tego typu układów odbywał się niezależnie przez poszczególne koncerny, co skutkowało pojawieniem się różnych rozwiązań komunikacji pomiędzy elementami układu, jak również pomiędzy układami sterującymi a zewnętrznymi urządzeniami diagnostycznymi. Możliwość stosowania dowolnych rozwiązań komunikacji sprawiła, iż na rynku funkcjonowało równoległe kilka równorzędnych rozwiązań dedykowanych pod konkretne rodzaje pojazdów.

Ponieważ pojazdy samochodowe zgodnie z obowiązującym prawem podlegają okresowym badaniom technicznym tego typu rozwiązanie uniemożliwiało praktycznie określenie poprawności funkcjonowania pojazdu podczas badań kontrolnych.

Dążąc do unormowania sposobu komunikacji urządzeń diagnostycznych z układami sterującymi pojazdów wprowadzono w USA normę OBD II (ang. On-Board Diagnostics II), a w Europie jej odpowiednik normę EOBD (ang. European On Board Diagnostics). Normy te narzucały konieczność stosowania w pojazdach jednego z kilku dopuszczonych standardów komunikacji. Dzięki temu kontrola poprawności pracy poszczególnych układów była możliwa przy użyciu uniwersalnych przyrządów diagnostycznych. Kolejne zmiany przepisów spowodowały dalszą standaryzację rozwiązań tego typu układów. Obecnie producenci pojazdów obowiązkowo muszą stosować komunikację pomiędzy układami sterowania a zewnętrznymi urządzeniami w oparciu o sieć CAN (ang. Controller Area Network) [8].

Należy również podkreślić, iż w ostatnich latach nastąpiła standaryzacja nie tylko sposobu komunikacji z układami sterowania pojazdów, ale również daleko idąca standaryzacja budowy układów zasilania. Szczególnie jest to zauważalne w silnikach o zapłonie samoczynnym, gdzie obecnie występują tylko układy zasilania typu Common Rail.

Wraz z rozwojem elektronicznych układów ulegały także zmianie sterowniki wykorzystywane do sterowania tego typu układów. Stosowane obecnie sterowniki silników spalinowych w pojazdach mają otwartą strukturę, co umożliwia producentom zmianę oprogramowania sterującego pracą silnika [2]. Takie rozwiązanie nie tylko znacznie obniża koszty ewentualnych napraw, ale również umożliwia łatwą rozbudowę bądź aktywację dodatkowych układów w zależności od potrzeb użytkownika.

Niestety zarówno standaryzacja rozwiązań układów sterowania jak również otwarta struktura sterowników umożliwia dość prostą ingerencję w działanie tego typu układów przez osoby do tego nieuprawnione [2, 7, 8].

Co prawda producenci tych układów są prawnie zmuszeni do zabezpieczania układów przez ingerencją osób nieuprawnionych. Jednak z uwagi na ciągły szybki rozwój rozwiązań technicznych jest to praktycznie nie możliwe do realizacji.

Zagadnienia budowy i oprogramowania sterowników silników samochodowych nie są szeroko opisywane w literaturze, co związane jest z polityką producentów oraz dążeniem do utrudnienia ingerencji użytkownikom w pracę silnika. Jednak z uwagi na stosowanie w tych sterownikach typowych układów mikroprocesorowych, pamięci i protokołów komunikacyjnych istnieje możliwość dość łatwej ingerencji w działanie całego układu. Spotykane obecnie formy ingerencji w działanie tego typu układów opisano w dalszej części artykułu.

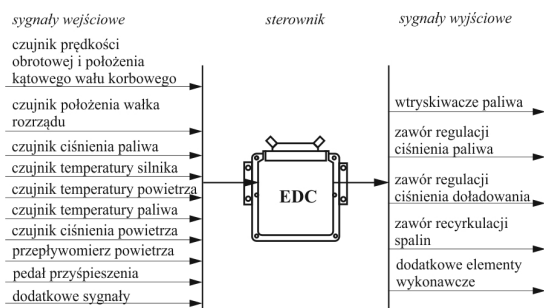
W dostępnych publikacjach autorzy z reguły opisują wpływ modyfikacji wybranych sygnałów na niektóre parametry silnika, najczęściej maksymalną moc silnika i zużycie paliwa [2, 3, 7]. Przykładowo w [2] opisano modyfikację sterowania silnikiem w efekcie której uzyskano kilkuprocentowy przyrost mocy i momentu obrotowego przy jednoczesnym obniżeniu jednostkowego zużycia paliwa. Niestety, ale nie przedstawiono wyników analizy

składu spalin badanego silnika, która jak wcześniej wspomniano jest głównym kryterium optymalizacji pracy współczesnych silników. Należy, zatem przypuszczać, iż opisana modyfikacja prowadzona była w oparciu o inne niż obowiązujące obecnie kryteria optymalizacji.

Obecnie na światowym rynku istnieje kilka firm dostarczających zarówno urządzenia jak i oprogramowanie, które pozwala na odczyt i modyfikację oprogramowania w sterownikach pojazdów samochodowych.

2. Współczesne układy sterowania silnikami spalinowymi w pojazdach samochodowych

Produkowane aktualnie silniki spalinowe przeznaczone do napędu pojazdów są sterowane mikroprocesorowo. W tego typu rozwiązaniach głównym elementem układu jest sterownik zwany w silnikach o zapłonie samoczynnym EDC (ang. Electronic Diesel Control), a w silnikach o zapłonie iskrowym ECU (ang. Electronic Control Unit). Sterownik ten na podstawie sygnałów z czujników informowany jest o stanie otoczenia w jakim pracuje silnik, np. temperaturze i ciśnieniu powietrza, jak również o aktualnych parametrach pracy, np. prędkości obrotowej i położeniu kątowym wału korbowego. Na podstawie tych informacji jak i informacji z innych układów np. sygnał z immobilizera czy układu klimatyzacji sterownik wypracowuje informacje dla elementów wykonawczych silnika takich jak wtryskiwacze paliwa, zawory sterujące turbosprężarką i recyrkulacją spalin (rys. 1). Nastawy elementów wykonawczych zależą nie tylko od aktualnych informacji z poszczególnych czujników, ale również od relacji i ograniczeń przechowywanych w pamięci sterownika.



Rys. 1. Podstawowe sygnały wejścia/wyjścia modułu sterującego układem zasilania typu Common Rail

Fig. 1. Fundamental input/output signals of the Common Rail system control module

Oprogramowanie współczesnych sterowników stosowanych w pojazdach zawiera nie tylko algorytm wyznaczania wielkości wyjściowych na podstawie informacji z czujników, ale również wprowadzone przez producenta ograniczenia określające dopuszczalne graniczne wartości sygnałów wyjściowych. Ponadto w pamięci sterowników przechowywane są procedury monitorujące pracę poszczególnych elementów, dzięki czemu możliwa jest samodiagnostyka układu jak i jego poszczególnych elementów.

Działanie większości tego typu układów polega na zbieraniu informacji z czujników przez sterownik, które informują go zarówno o aktualnych parametrach zasysanego powietrza i paliwa jak również o bieżących parametrach pracy silnika. Dzięki zastosowaniu sprzężenia zwrotnego w układach sterujących wbudowane w oprogramowanie algorytmy sterowania są w stanie utrzymać osiągi układu na założonym poziomie.

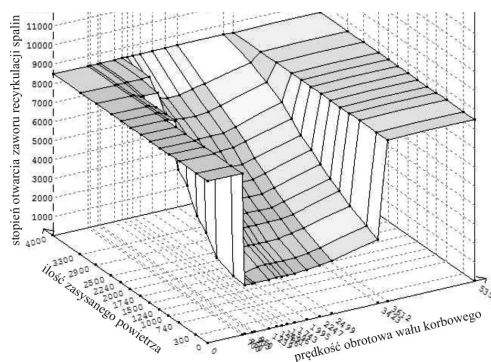
Najbardziej podatne na modyfikacje oprogramowania są turbodoładowane silniki o zapłonie samoczynnym. Wynika to z faktu, iż moc w silnikach wolnośących ograniczona jest możliwą do zassania ilością powietrza, które jest niezbędne do spalania paliwa. W silnikach doładowanych istnieje możliwość zwiększenia ilości powietrza zasysanego do komory spalania, co stwarza możliwość spalania dodatkowej ilości paliwa.

3. Budowa sterowników silników spalinowych

W obecnie eksploatowanych silnikach o zapłonie samoczynnym możemy spotkać generalnie trzy rodzaje sterowników:

- w starszych pojazdach tego typu stosowane są sterowniki, w których program sterujący zapisany jest w pamięci EPROM (ang. Erasable Programmable Read-Only Memory). Zmiana oprogramowania w tych sterownikach wymagała wylutowania pamięci, zgrania jej zawartości, następnie jej modyfikacji i powtórnego wgrania do pamięci. Często w trakcie modyfikacji takich sterowników wymieniano pamięć na EEPROM (ang. Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory), co ułatwiało kolejne zmiany oprogramowania.
- w nowszych rozwiązaniach w związku z koniecznością zapewnienia większej mocy obliczeniowej zaczęto stosować sterowniki wyposażone w 32-bitowy procesor. W celu utrudnienia ingerencji w zawartość tych sterowników program sterujący najczęściej zapisany był w trzech oddzielnych elementach, między innymi w samym procesorze. Tego typu sterowniki posiadały oprogramowanie kontrolujące sumy kontrolne w poszczególnych obszarach pamięci, ponadto posiadały zabezpieczenia przed kopiowaniem. Często zapisywane również były w pamięci informacje z immobilizera, co utrudniało kopiowanie oprogramowania pomiędzy pojazdami. W większości tego typu sterowników dostępne obecnie na rynku urządzenia i oprogramowanie pozwalają na odczyt i programowanie tych sterowników poprzez złącze diagnostyczne pojazdu bez konieczności demontażu sterownika;
- najnowsze sterowniki silników o zapłonie samoczynnym zbudowane są w oparciu o procesor INFINEON TRICORE i posiadają pamięć typu flash. Sterowniki te fabrycznie wyposażone są w „security password”, który jest niezbędny do odczytu jak i programowania tych układów. Obecnie tego typu układy pomimo zabezpieczeń mogą być również modyfikowane przez złącze diagnostyczne. Dostępne na rynku oprogramowanie pozwala również modyfikować licznik programowań sterownika, co utrudnia wykrycie modyfikacji oprogramowania w serwisach.

Bez względu na rodzaj sterownika i sposób zabezpieczenia danych w pamięci sterownika program sterujący silnikiem posiada pewne cechy wspólne, którymi jest sposób przechowywania danych sterujących silnikiem. W obszarze pamięci sterownika przechowywane są tak zwane mapy. Określają one zależności między wybranymi wielkościami wejściowymi i wyjściowymi. W mapach tych mogą być również przechowywane ograniczenia wielkości wyjściowych tzw. limity. Określają one maksymalne dopuszczalne wartości wyjściowe sygnałów w zależności od aktualnych warunków pracy [9]. Przykładową mapę sterującą zaworem recyrkulacji spalin odczytaną z pamięci sterownika przy pomocy programu WinOls przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Widok przykładowej mapy odczytanej ze sterownika silnika

Fig. 2. View of an example map read from the engine controller

Ponadto w mapach przechowywane mogą być dane korekcyjne, dzięki czemu możliwe jest zapewnienie stałych parametrów pracy silnika, np. zapewnienie wtrysku stałej masy paliwa bez względu na jego temperaturę [4]. Należy również pamiętać o tym, iż często

do sterowania jednym elementem wykonawczym konieczne jest korzystanie z kilku map. Przykładowo w nowoczesnych silnikach o zapłonie samoczynnym wtrysk paliwa może być realizowany w kilku dawkach (max. 7) na jeden cykl pracy. W takim wypadku informacja o wtrysku każdej pojedynczej dawki musi być określona w postaci dwóch niezależnych parametrów: czasu trwania wtrysku mierzonego najczęściej kątem obrotu wału korbowego oraz położeniem kątowym wału korbowego określającym początek wtrysku paliwa. Zatem do opisu wtrysku paliwa w takim silniku konieczne jest użycie aż 14 map.

W celu łatwiejszej interpretacji i modyfikacji poszczególnych map dostępne na rynku oprogramowanie pozwala na przedstawianie map w różnej postaci, najczęściej jako map 2D i 3D oraz w postaci tabelarycznej [9].

Warto również pamiętać, iż w pamięci sterownika w zależności od wersji układu zasilania silnika może być przechowywane nawet ok. 200 różnych map. W trakcie odczytu zawartości z pamięci sterownika otrzymujemy plik, w którym zawarte są wszystkie mapy. Niezwykle istotne, zatem jest właściwe wyodrębnienie i identyfikacja poszczególnych map z zawartości pamięci [2, 9].

Należy pamiętać również, iż producenci tego typu sterowników w celu utrudnienia interpretacji przechowywanych w pamięci danych stosują różnego rodzaju zabezpieczenia. Przede wszystkim brakuje opisu poszczególnych osi na przedstawionych mapach, ponadto z reguły wartości na poszczególnych nie odpowiadają rzeczywistym fizycznym wartościom parametrów. Tego typu rozwiązanie bez posiadania odpowiedniej wiedzy lub specjalistycznego oprogramowania utrudnia znacznie interpretację poszczególnych zależności.

Dostępne obecnie na rynku oprogramowanie pozwala nie tylko na automatyczne wyodrębnianie map sczytanych z zawartości pamięci sterownika, ale również na opisanie osi poszczególnych map oraz przeliczenie wartości na osiach na wartości odpowiadające rzeczywistym wartościom poszczególnych parametrów. Dodatkowo oprogramowanie to pozwala na automatyczne obliczanie sum kontrolnych, co zwalnia użytkownika od konieczności ich kontrolowania [9].

4. Metody ingerencji w pracę układów sterowanych mikroprocesorowo

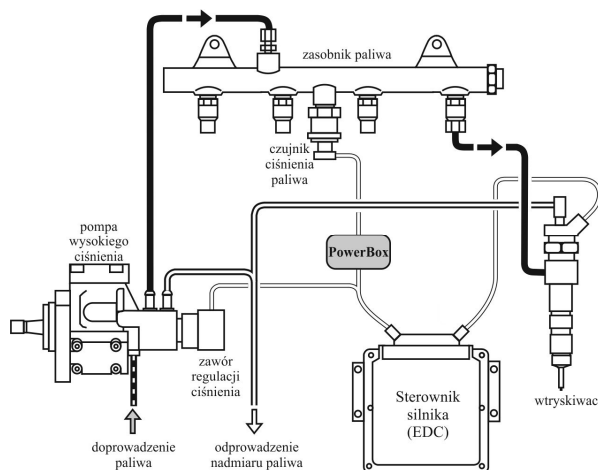
Jak wspomniano wcześniej standaryzacja sposobów komunikacji, a jednocześnie założona przez producenta możliwość modyfikacji oprogramowania w czasie eksploatacji pojazdu pozwala na dostęp do informacji przechowywanych w pamięci sterownika oraz ich modyfikację.

Najprostszą metodą ingerencji w funkcjonowanie silników spalinyowych jest modyfikacja sygnału jednego z czujników. Najczęściej modyfikacji podlegają sygnały pochodzące z czujnika temperatury silnika lub czujnika ciśnienia paliwa w zasobniku.

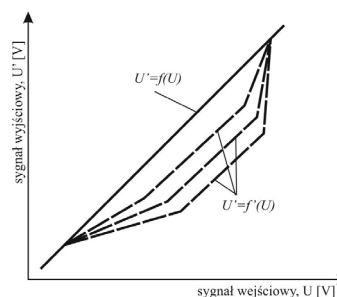
Modyfikacja sygnału z czujnika temperatury ma na celu najczęściej symulowanie niższej niż rzeczywista temperatury silnika. W wyniku takiego działania w starszych wersjach układów sterowania skutkowało to zwiększeniem dawki paliwa, co w efekcie prowadziło do wzrostu mocy silnika kosztem wzrostu zużycia paliwa. W nowszych sterownikach tego typu rozwiązania są z reguły niedopuszczalne, ponieważ sterownik monitoruje w trakcie pracy przebieg nagrzewania się silnika i w przypadku nie osiągnięcia przez silnik założonej temperatury układ przechodzi w stan pracy awaryjnej.

Najczęściej modyfikowanym obecnie sygnałem w układach zasilania typu Common Rail jest sygnał z czujnika ciśnienia paliwa w zasobniku (rys. 3). Wartość tego ciśnienia ma istotny wpływ na wielkość dawki paliwa wtryskiwanego do komory spalania [1, 3, 6]. W tego typu układach ilość wtryskiwanego do komory spalania paliwa zależy od gęstości i ciśnienia paliwa oraz czasu otwarcia wtryskiwacza. Ponieważ regulacja ciśnienia w układzie tym odbywa się w sprzężeniu zwrotnym, modyfikacja sygnału z czujnika ciśnienia wpływa istotnie na rzeczywistą wartość tego ciśnienia. Jeśli sygnał z czujnika będzie wskazywał niższe ciśnienie niż

rzeczywiste sterownik korygując ustawienie regulatora doprowadzi poziom sygnału z czujnika do oczekiwanego poziomu. W rzeczywistości prowadzi to do zwiększenia ciśnienia, co przy niezmiennym czasie otwarcia wtryskiwacza i gęstości paliwa powoduje zwiększenie dawki paliwa. Takie rozwiązanie prowadzi, zatem do zwiększenia mocy silnika. Z uwagi, iż najnowsze generacje sterowników posiadają wbudowane procedury monitorowania stanów granicznych sygnałów z czujnika, dostępne są na rynku programowalne układy zwane „PowerBox”, zadaniem których jest modyfikacja sygnału z tego czujnika w wybranym zakresie (rys. 4). Dzięki programowaniu takiego układu istnieje możliwość dostrojenia układu do indywidualnych cech danego silnika, a także do oczekiwań użytkownika pojazdu.



Rys. 3. Sposób montażu PowerBox-a w układzie zasilania typu Common Rail
Fig. 3. Mounting method a PowerBox-in the system Common Rail



Rys. 4. Przykładowe charakterystyki programowalnego PowerBox-a:
 $U'=f(U)$ – oryginalna charakterystyka sygnału U' względem parametru U ,
 $U'=f'(U)$ – przykładowe funkcje możliwe do zaprogramowania

Fig. 4. Example characteristics of a programmable PowerBox:
 $U'=f(U)$ – original characteristics of the signal U' in relation to the parameter U ,
 $U'=f'(U)$ – example programmable functions

Tego typu rozwiązania są najczęściej stosowane w przypadku modyfikacji pojazdów na gwarancji. Prosty sposób ich montażu pozwala na łatwy demontaż przed wizytą w autoryzowanym serwisie, co w praktyce uniemożliwia wykrycie modyfikacji. Produkowane obecnie PowerBox-y umożliwiają najczęściej wgrywanie kilku charakterystyk, co daje użytkownikowi możliwość wyboru stylu pracy silnika w trakcie jazdy.

Opisane powyżej metody zmiany sygnałów generowanych przez czujniki są rozwiązaniami prostymi i mało inwazyjnymi, przez co stosowane są najczęściej w pojazdach gdzie ingerencja w oprogramowanie sterownika grozi utratą gwarancji.

Znacznie większe możliwości ingerencji w działanie układów sterowania silnikami daje modyfikacja oprogramowania sterownika. Modyfikacje tego typu pozwalają na większą ingerencję w działanie układu z racji możliwości ingerencji w pracę kilku układów równocześnie. Pozwala to na równoczesną modyfikację kilku układów np. w silnikach turbodoładowanych o zapłonie samoczynnym w celu znacznego zwiększenia mocy konieczne jest zsynchronizowanie z sobą układów: doprowadzenia powietrza

(turbodoładowania), wtrysku paliwa oraz układu recyrkulacji spalin. Ingerencja w oprogramowanie sterujące silnikiem pozwala na optymalizację pracy silnika według dowolnie przyjętych kryteriów. Bardzo często w trakcie modyfikacji oprogramowania nie przeprowadza się żadnej optymalizacji, a jako kryterium nadrzędne przyjmuje się osiągnięcie założonego efektu, np. podniesienia momentu obrotowego i mocy do określonej wartości. Należy podkreślić, iż właściwa i bezpieczna dla silnika modyfikacja oprogramowania wymaga posiadania nie tylko odpowiedniego sprzętu i oprogramowania, ale również wiedzy na temat funkcjonowania tego typu układów. Należy również zaznaczyć, iż tego typu modyfikacje są nie do wykrycia bez posiadania odpowiedniego oprogramowania dostępnego w serwisach [2, 8].

Oprócz dążenia do zwiększenia mocy silnika kolejnym powodem modyfikacji układów sterowania silników jest maskowanie usterek. Bardzo często spowodowane jest to dążeniem do obniżenia kosztów naprawy pojazdu.

Dobrym przykładem takiego działania jest dość powszechny problem spotykany w niektórych markach samochodów wyposażonych w starsze silniki o zapłonie samoczynnym. W trakcie eksploatacji silnika pojawia się usterka objawiająca się niemożliwością uruchomienia gorącego silnika. Przyczyną takiego stanu jest zależność (mapa) opisująca wielkość dawki startowej paliwa w zależności od temperatury silnika i prędkości obrotowej wału korbowego napędzanego rozrusznikiem. Mapę opisującą tę zależność w postaci tabelarycznej odczytaną z pamięci sterownika przy pomocy programu WinOLS przedstawiono w tab. 1.

Tab. 1. Mapa określająca wielkość dawki startowej paliwa [mg] w zależności od prędkości obrotowej i temperatury silnika

Tab. 1. Map specifying the size of the initial fuel charge [mg] depending on engine speed and temperature

		Temperatura silnika [°C]								
		-30	-10	0	15	20	40	70	85	100
Obroty silnika [obr/min]	0	49	45	33	0	0	0	0	0	0
	200	49	45	33	29	0	0	0	0	0
	250	49	45	33	29	27	21	0	0	0
	280	49	45	33	29	27	24	22	21	19
	756	49	44	33	29	27	24	22	21	19
	1008	48	43	32	27	25	24	22	21	19
	1260	44	39	29	23	22	23	17	16	19
	1554	41	36	22	18	16	19	10	9	6

Jak wynika z przedstawionej w tab. 1 zależności, w przypadku słabego akumulatora lub dużych oporów ruchu rozrusznika przy wyższych temperaturach silnika wał korbowy może nie osiągać prędkości, przy której będzie wtryskiwane paliwo. Takie rozwiązanie w założeniu producenta ma na celu zmniejszenie dymienia silnika w trakcie rozruchu oraz zmniejszenie obciążeń dynamicznych, szczególnie dwumasowego koła zamachowego oraz sprzęgła w zakresie wystąpienia największych chwilowych przyspieszeń kątowych wału korbowego. W takim wypadku bardzo często naprawa usterek sprowadza się do modyfikacji mapy lub montażu specjalnego box-a zmieniającego temperaturę silnika na czas rozruchu, co negatywnie wpływa na trwałość układu napędowego i zwiększa dymienie silnika podczas rozruchu.

Kolejnym przykładem dość często spotykanym w przypadku najnowszych silników o zapłonie samoczynnym jest dezaktywacja filtra cząstek stałych w układzie wydechowym. Zastosowanie tego elementu w układzie wydechowym wynika z konieczności spełnienia dość rygorystycznych norm odnośnie emisji związków toksycznych. Prawidłowe funkcjonowanie tego elementu wymaga odpowiedniej eksploatacji pojazdu, która gwarantuje cykliczną jego samoregenerację. Z uwagi, iż praca filtra cząstek stałych monitorowana jest przez sterownik jego uszkodzenie uniemożliwia dalszą eksploatację. Wielu użytkowników w takim przypadku zamiast wymieniać uszkodzony element decyduje się na znacznie tańszą dezaktywację monitorowania tego elementu przez sterownik. Skutkuje to niestety zwiększeniem emisji cząstek stałych do atmosfery, jednak układ nie sygnalizuje usterek.

Podobne rozwiązanie stosowane jest też w silnikach o zapłonie iskrowym w układzie monitorowania sprawności katalizatora.

W silnikach tych w celu oceny poprawności działania katalizatora tuż za nim montowana jest dodatkowa sonda λ , której zadaniem jest informowanie sterownika o składzie spalin za katalizatorem. W przypadku uszkodzenia katalizatora bądź jego usunięcia w celu zmniejszenia oporów w układzie wydechowym sterownik otrzymuje sygnał o niewłaściwym składzie spalin, co z reguły skutkuje obniżeniem mocy silnika mającym na celu wymuszenie usunięcia usterek. W przypadku zastosowania specjalnego układu imitującego poprawny sygnał z tej sondy sterownik nie jest w stanie wykryć tej usterek w układzie wydechowym.

5. Wnioski

Wprowadzenie elektronicznego sterowania układów w silnikach spalinowych istotnie poprawiło właściwości użytkowe pojazdów. Należy jednak zauważyć, iż stworzyło to nowe możliwości ingerencji w ich działanie, co pozwala zmieniać warunki pracy silnika i poszczególnych jego układów.

Przedstawione powyżej metody ingerencji w funkcjonowanie poszczególnych zespołów pojazdu pozwalają nie tylko na modyfikację ich działania, ale również ich dezaktywację, co może prowadzić do obniżenia bezpieczeństwa użytkowników pojazdu. Ponadto jak wspomniano wyżej modyfikując oprogramowanie sterujące możemy maskować usterek poszczególnych zespołów.

W celu zabezpieczenia tych układów przed ingerencją w ich działanie wprowadzane są coraz nowsze rozwiązania, które utrudniają ich modyfikację. Niestety dotychczasowe metody zabezpieczania układów przed modyfikacją nie są skuteczne wymagają jedynie użycia coraz to nowszego oprogramowania i odpowiednich interfejsów.

Szczególnie niebezpiecznym zjawiskiem związanym z funkcjonowaniem tego typu układów jest możliwość stosowania „box-ów” zmieniających charakterystykę czujników. Możliwość łatwego ich montażu i demontażu sprawia, iż modyfikacje tego typu są praktycznie nie do wykrycia podczas wizyty w serwisie lub na stacjach diagnostycznych.

6. Literatura

- [1] Kannan K., Udayakumar M.: Experimental study of the effect of fuel injection pressure on diesel engine performance and emission, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2010, Vol. 5, No. 5, pp. 42-45.
- [2] Prajowski K.: Possibilities of changes of parameters of the driver to engine Fiat 1.3 JTD performances. Journal of KONES. Vol. 18. No. 4/2011, pp. 389-396.
- [3] Bakar R.A., Ismail S.A., Ismail A.R.: Fuel injection pressure effect on performance of direct injection diesel engines based on experiments. American Journal of Applied Sciences. 5(3) 2008, pp. 197-202.
- [4] Guzzella L., Onder C.H.: Introduction to modeling and control of internal combustion engine systems. Springer, 2010.
- [5] Rueger J.J., Wernet A., Kecci, H.F., Thiel T.: MDG1: The new, scalable, and powerful ECU platform from Bosch. Proceedings of the FISITA'2012. World Automotive Congress, Vol. 6. Vehicle Electronics, 2013, pp. 417-425.
- [6] Sethanunt K., Koetnyom S.: Influence of fuel pressure increment in diesel common rail engine using external tuning box. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT) Volume 2, Issue 1, 2013. pp. 246-253.
- [7] Wahlström J., Eriksson L., Nielsen L.: Controller tuning based on transient selection and optimization for a diesel engine with EGR and VGT. Electronic Engine Controls, SAE Technical paper series SP-2159, 2008-01-0985., pp. 2008-01-0985, 2008.
- [8] Wierzbicki S.: Evaluation of on-board diagnostic systems in contemporary vehicles. Diagnostyka. Nr 3(59)/2011, pp. 35-40.
- [9] WinOLS – Manual. EVC Electronic, 2013.