



Andrzej SUMOREK

PROBLEMY DETEKCJI USZKODZEŃ PODZESPOŁÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW

Streszczenie

Proces wyszukiwania uszkodzenia we współczesnym pojazdach wiąże się z zastosowaniem testerów elektronicznych. Otrzymane za ich pośrednictwem kody błędów nie zawsze jednoznacznie identyfikują uszkodzenie. Taka sytuacja może mieć miejsce, kiedy usterka oznaczana jest kodem specyficznym dla producenta podzespołu lub tester wskazuje jedynie ogólnie na potencjalny obszar uszkodzenia. Artykuł dotyczy konkretnego warsztatowego przypadku identyfikacji uszkodzenia przez urządzenie diagnostyczne typu ogólnego oraz dedykowanego do konkretnego modelu pojazdu.

WSTĘP

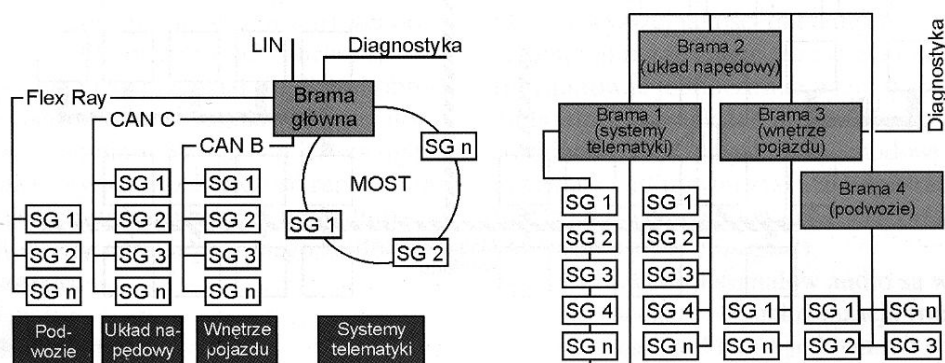
Pojęcie OBD i EOBD używane jest jako ogólny termin do określenia zestawu wymagań normatywnych, które muszą spełniać podzespoły pojazdu. Pierwotnym i nadrzędnym celem stosowania systemów zgodnych z OBD było ograniczenie emisji niepożądanych związków chemicznych generowanych przez pojazdy. Efekt ograniczenia emisji realizował Engine Control Module poprzez monitorowanie elementów układu wtryskowego, zapłonowego oraz współpracujących z nimi czujników. Oznacza to, że początkowo monitorowane były elementy odpowiedzialne za emisyjność, zaś sam poziom emisji monitorowano tylko pośrednio. Obowiązywało założenie, że jeśli sprawne są podzespoły, to sprawny jest cały układ i uzyskiwany jest wymagany poziom emisji zanieczyszczeń. Wyjście parametrów pracy poza wartości graniczne skutkuje dwiema reakcjami. Użytkownik pojazdu uzyskiwał (i uzyskuje) informację minimum w postaci zapalenia lampki na desce rozdzielczej pojazdu. Kod Diagnostic Trouble Code (DTC), który spowodował zapalenie lampki rejestrowany jest w pamięci sterownika i może zostać wykorzystany przy detekcji i usunięciu uszkodzenia.

Wadą pierwszych systemów OBD, oprócz pośredniej kontroli emisji, było znaczące zróżnicowanie warstwy elektrycznej systemów kontrolnych [9]. To zróżnicowanie objawiało się w różnorodnym okablowaniu (np. systemy jedнопrzewodowe lub dwuprzewodowe), różnych poziomach napięć, różnych protokołach/standardach komunikacyjnych. Dodatkowo istniała (i istnieje) niekiedy możliwość zróżnicowanej interpretacji specyficznego kodu błędu. W ten sposób producenci ograniczali możliwość uzyskania kompletnej wiedzy o pojeździe do wyznaczonej grupy odbiorców np. tylko do posiadających autoryzację.

Wraz z rozwojem standardu, od początku lat osiemdziesiątych dwudziestego wieku idea OBD zaczyna funkcjonować efektywniej. Oznacza to standaryzację wtyków i gniazd, standaryzację warstwy fizycznej i protokołu oraz narzucenie stosowania tego samego

poziomu informacji dla odbiorców autoryzowanych oraz możliwość pozyskania tych danych przez pozostałych odbiorców przy akceptowalnych kosztach.

Standaryzacji najmniej poddaje się topologia sieci komunikacyjnej czyli wzajemny układ, strukturę węzłów mechatronicznych pojazdu. Najprostszym rozwiązaniem jest topologia liniowa nazywana magistralną lub szeregową. Jej kluczowym elementem jest główna linia komunikacyjna, do której przyłączone są węzły mechatroniczne. Zaletą jest prosta budowa, dostępność komunikatów dla wszystkich węzłów i odporność na uszkodzenia pojedynczych węzłów. Topologia gwiazdista wymaga centralnego węzła, do którego oddzielnymi kablami przyłączone są węzły. Istnienie takiego węzła pozwala z jednej strony na sterowanie transmisją, odcinanie uszkodzonych węzłów. Uszkodzenie centralnego węzła skutkuje zatrzymaniem pracy całej sieci. Topologia pierścieniowa wymaga podłączenia każdego z węzłów do dwóch sąsiednich. Jeśli dane otrzymane od sąsiedniego węzła są dedykowane dla odbiorcy, są wykorzystywane, zaś w przeciwnym przypadku regenerowane i przesyłane dalej. Topologia stosowana w sieciach multimedialnych. Topologia siatkowa to taka, w której każdy węzeł połączony jest dedykowanymi połączeniami z każdym innym węzłem. Rozwiązanie skutkuje wysoką odpornością na błędy przy wysokich kosztach instalacji i komplikacji oprogramowania. W związku ze znaczną liczbą podzespołów mechatronicznych występujących w pojeździe stosowane są topologie hybrydowe (rys. 1) [3]. Dzięki temu dopasowuje się poziom bezpieczeństwa wymagany dla konkretnego podsystemu pojazdu, kosztów finansowych budowy i użytkowania sieci. Rysunek 1 prezentuje topologie łączące w sobie rozwiązania szeregowe, gwiazdowe i pierścieniowe.

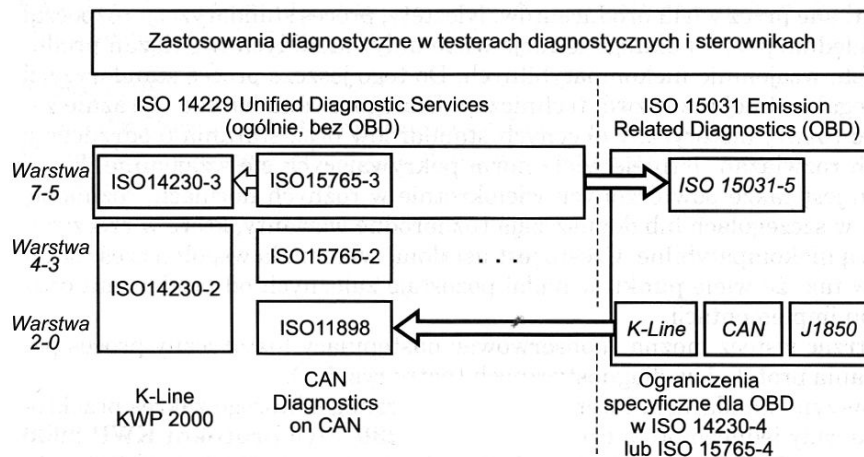


Rys. 1. Hybrydowe topologie sieci komunikacyjnych stosowanych w pojazdach z dominującą topologią gwiazdy (SG – węzeł sieci komunikacyjnej) [3]

Dążenie do jednorodnej komunikacji zaowocowało samoczynnym procesem, w ciągu którego jeden z protokołów komunikacyjnych stał się dominującym. Tym protokołem jest Controller Area Network (CAN). Mimo korzeni w latach osiemdziesiątych dwudziestego wieku i opracowania protokołów o większej niezawodności, szybkości i elastyczności, praktycznie w każdym pojeździe można spotkać CAN obsługujący szkielet lub chociaż element sieci komunikacyjno-diagnostycznej.

Sieć CAN jest siecią typu multimaster. Każdy węzeł sieci może podjąć komunikację w dowolnym momencie. Taki komunikat zostanie przekazany na magistralę pod warunkiem, że magistrala będzie wolna lub węzeł ma najwyższy priorytet spośród równocześnie nadających. Wagę komunikatu określa jego początkowa część nazywana polem arbitrażu. Zaletą protokołu jest występowanie kilku równoczesnych sposobów wykrywania i obsługi błędów [1, 12]. Prędkość komunikacji dochodząca do 1 Mbps pozwala na komunikację pomiędzy węzłami w czasie rzeczywistym [1, 3, 14, 15]. Wymienione wyżej cechy spowodowały, że CAN stanowi podstawę budowy innych sieci wymiany danych sygnałów pomiarowych, sterujących i regulacyjnych (rys. 2) [15]. Powszechność występowania CAN

pozwała nawet na wprowadzanie do teoretycznie zamkniętych systemów komunikacji pojazdów elementów producentów niezależnych. Przykładami takich układów pochodzących od producentów niezależnych są moduły doświetlania zakrętów, moduły współpracy z przyczepą czy moduły współpracy z czujnikami parkowania [10]. Protokołowi CAN można zarzucić np. brak szyfrowania transmisji. Przy komunikacji diagnostycznej taka funkcjonalność nie jest wymagana. Można ją za to spotkać w rozwiązaniach multimedialnych np. w protokole MOST [7]. Mimo braku szyfrowania CAN uznaje się za rozwiązanie skuteczne i niezawodne [8].



Rys. 2. Bazowa pozycja protokołu CAN jako podstawowego nośnika danych w stosunku do pozostałych (wyższych) warstw [15]

Wieloletni rozwój urządzeń spełniających wymagania OBD powinien mieć efekt w postaci niezawodnego identyfikowania przekroczenie granic emisji szkodliwych związków i pewnego wykrywania uszkodzeń podzespołów pojazdu. Takie testy przeprowadziła Environmental Protection Agency (EPA) na grupie 240 pojazdów wyprodukowanych w latach 1996-2000. Zidentyfikowano grupę 17 pojazdów sygnalizujących nadmierną emisyjność za pomocą kontrolki MIL i wstępnie niespełniających emisyjności testu warsztatowego „IM-240 dynamometer emissions test”. 15 pojazdów uznano za sprawne po ponownym, szczegółowym przeprowadzeniu testu IM-240. Faktycznie w testowanej grupie wystąpiło 5 przypadków niewykrytego wzrostu emisji przez system OBD. Prowadzi to do wniosku, że wbudowany w pojazd system OBD jest skuteczniejszy od testu warsztatowego IM-240 [9].

W zakresie kontroli emisyjności zanieczyszczeń systemy OBD mają wysoką niezawodność. Do testowania sprawności pozostałych podzespołów stosowane są te same niezawodne funkcje testujące emisyjność. Większość podsystemów komunikacji węzłów mechatronicznych pracuje na sprawdzonych protokołach. Standaryzacja zapewnia podobny poziom informacji o podzespołach pojazdu dla obiorców autoryzowanych i nieautoryzowanych. Czy wymieniona niezawodność procedur, jednolitość metod komunikacji i zbliżona dla wszystkich informacja o podzespołach pojazdów powoduje, że większość testerów diagnostycznych pozwala na usunięcie uszkodzenia w podobny sposób? Dalsza część opracowania zawiera informacje o sposobie sygnalizacji i przebiegu usuwania uszkodzenia w rzeczywistym pojeździe za pomocą dwóch uznanych testerów diagnostycznych i odpowiada na pytanie dotyczące identyczności sposobu prowadzenia operacji.

1. DETEKcja USZKODZENIA

Obiektem, który stanowił podstawę przeprowadzonego porównania przebiegu detekcji uszkodzenia, był pojazd osobowy Citroen C8 wyprodukowany w roku 2004. Pojazd wyposażono w silnik benzynowy o pojemności 2230 cm³ i mocy 116 kW. Opis uszkodzenia wyartykułowany przez właściciela dotyczył nierównomiernej pracy silnika, wypadania zapłonów, szarpania, trudności w kontrolowaniu prędkości pojazdu. Detekcję uszkodzenia wykonano za pomocą dwóch testerów diagnostycznych KTS 670 i Lexia 3 (rys. 3).

Tester usterek diagnostycznych KTS 670 jest urządzeniem mobilnym. Z względu na mobilność należy zaliczyć go do grupy testerów ręcznych. Z drugiej strony jest to tester programowy, ponieważ KTS 670 jest typowym komputerem przemysłowym ogólnego zastosowania z zainstalowanym w tej samej obudowie interfejsem diagnostycznym [2, 9, 11]. Interfejs współpracuje z ponad 10 protokołami diagnostycznymi w tym CAN w wersji highspeed, lowspeed i jedнопроводowej. Dodatkowe wyposażenie stanowi układ multimetru i oscyloskopu. O prawdziwej sile testera KTS decyduje oprogramowanie ESI[tronic] - Diagnoza Sterowników oraz System Informacji Serwisowej SIS. Po prawidłowym zidentyfikowaniu pojazdu możliwy jest standardowy odczyt kodów DTC, wyświetlanie bieżących wartości rzeczywistych, porównanie wartości mierzonych z nominalnymi, przesłanie zmierzonych wartości do Systemy Informacji Serwisowej SIS. Umieszczenie danych w SIS pozwala na wyświetlenie opisu i interpretacji błędu, przejrzenie schematów elektrycznych, schematów budowy podzespołów. Skuteczność instrukcji wykrywania i usuwania usterek powoduje, że serwisanci bez zastrzeżeń wierzą w komunikaty wyświetlane na ekranie testera, zaś cały system KTS uważany jest za jeden z najlepszych.



Rys. 3. Testery diagnostyczne: KTS 670 (z lewej), głowica/interfejs Lexia 3 (z prawej)

Detekcja uszkodzenia za pomocą testera KTS 670 przebiegała następująco:

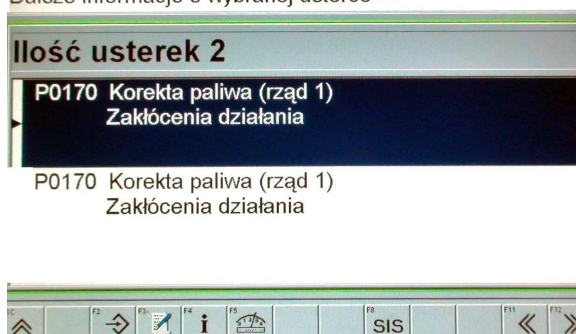
- dołączenie wtyku do gniazda serwisowego,
- uruchomienie systemu operacyjnego testera i oprogramowania ESI[tronic],
- zadeklarowanie parametrów pojazdu na podstawie danych z dowodu rejestracyjnego,
- automatyczne zidentyfikowanie przez tester modułu sterowania silnikiem,
- automatyczne parametrów szczegółowych modułu sterowania silnikiem (producent, wersja oprogramowania) (rys. 4),
- automatyczne odczytanie kodów usterek stałych - P0170 (z komentarzem „Korekta paliwa (rzęd 1) Zakłócenia działania” (rys. 4).

W kolejnym kroku odłączono tester KTS i analogiczne działania detekcji uszkodzenia przeprowadzono za pomocą testera Lexia 3.

Powrót za pomocą <<

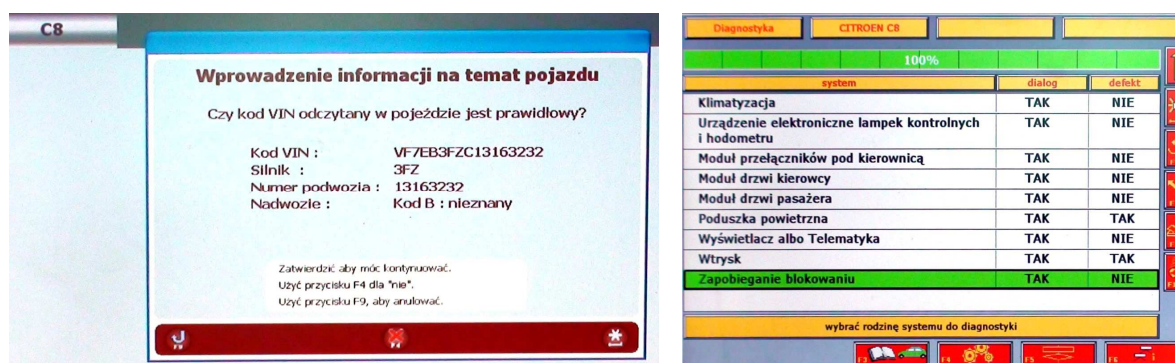


Wybrać usterkę.
Dalsze informacje o wybranej usterce >>



Rys. 4. Wybrane ekrany komunikatów testera KTS 670: identyfikacja sterownika (z lewej), wykryte usterki (z prawej)

Pełny zestaw testera usterek diagnostycznych Lexia 3 składa się z głowicy diagnostycznej przyłączanej do gniazda diagnostycznego pojazdu oraz oprogramowania uruchamianego na dowolnym komputerze, z którym połączona jest głowica. Mobilność takiego układu można uzyskać w przypadku zastosowania komputera przenośnego. Funkcjonalność zestawu Lexia 3 jest podobna do KTS, co oznacza możliwość komunikacji za pomocą około 5 protokołów diagnostycznych, możliwość skanowania, odczytu, czyszczenia błędów sterowników, itp. Niewątpliwą zaletą testera jest możliwość ponownego programowania modułów pojazdów grupy PSA na podstawie oznaczeń liczbowych (VIN, IEA, LCDV).



Rys. 5. Wybrane ekrany komunikatów testera Lexia 3: identyfikacja pojazdu (z lewej), wykryte usterki (z prawej)

Detekcja uszkodzenia za pomocą testera i oprogramowania (ver. 345.13) Lexia 3 przebiegała następująco:

- dołączenie wtyku interfejsu diagnostycznego Lexia do komputera osobistego,
- dołączenie wtyku interfejsu do gniazda serwisowego pojazdu,
- uruchomienie oprogramowania Lexia,
- ogólne zadeklarowanie marki i modelu pojazdu,
- automatyczne zidentyfikowanie przez tester pojazdu (VIN) i modułu sterowania silnikiem (rys. 5),
- zadeklarowanie przez serwisanta rodzaju testu (Test globalny, Test funkcji lub Elementy wyposażenia),
- automatyczne odczytanie kodów błędów w układzie radioodtworacza, module poduszek powietrznych oraz układzie wtryskowym (rys. 5),
- automatyczna interpretacja ogólnego opisu błędu po wskazaniu usterki na liście:
 - Radioodtworacz – „Defekt stały. Z wejścia anteny radiodbiornika”.
 - Poduszka powietrzna – „Usterka trwała. Napinacze lewe rzędu 1 i 2 kolejno Przerwa”.
 - Wtrysk – „Usterka trwała. Regulacja składu Odpowiedniość”.

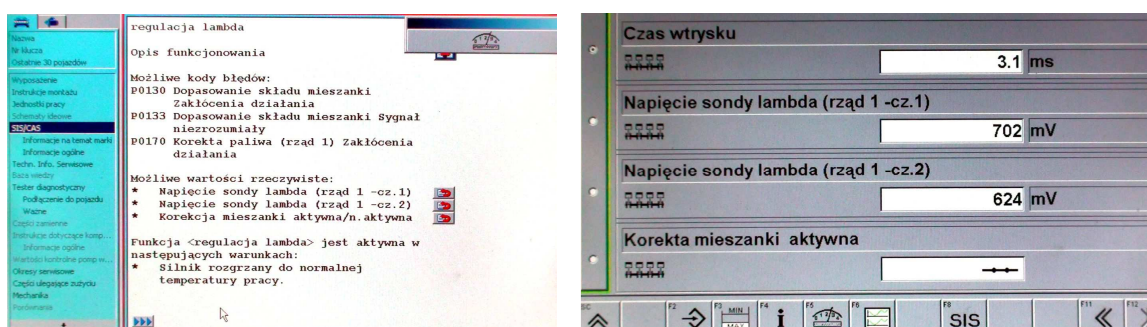
- Dzięki wyświetleniu szczegółowych parametrów błędu układu wtryskowego można dowiedzieć się, że kod błędu ma wartość P0170.

Porównanie przebiegów identyfikacji usterek za pomocą „uniwersalnego” interfejsu KTS i dedykowanego Lexia pozwala stwierdzić, że oba urządzenia identycznie odczytały zapisany w pamięci sterownika kod błędu wynikający z niesprawności układu wtryskowego wpływającej na podniesienie emisji zanieczyszczeń. Oba urządzenia pracują poprawnie w trybie automatycznej identyfikacji typów sterownika silnika. Oba urządzenia wyświetlają informacje o usterekach w formie opisowej, a nie tylko numery błędów. Urządzenie dedykowane do konkretnej marki komunikują się z szerszą grupą podzespołów pojazdu. W przypadku nawiązania komunikacji z takimi sterownikami są w stanie wyświetlić szczegółowe dane (np. brak sygnału antenowego). W stosowanej wersji oprogramowania dedykowanego do marki występowały problemy z interpretacją pojęć przetłumaczonych na język polski (np. zmienne dołączone, kalkulatory, odpowiedniość).

2. USUNIĘCIE USTERKI

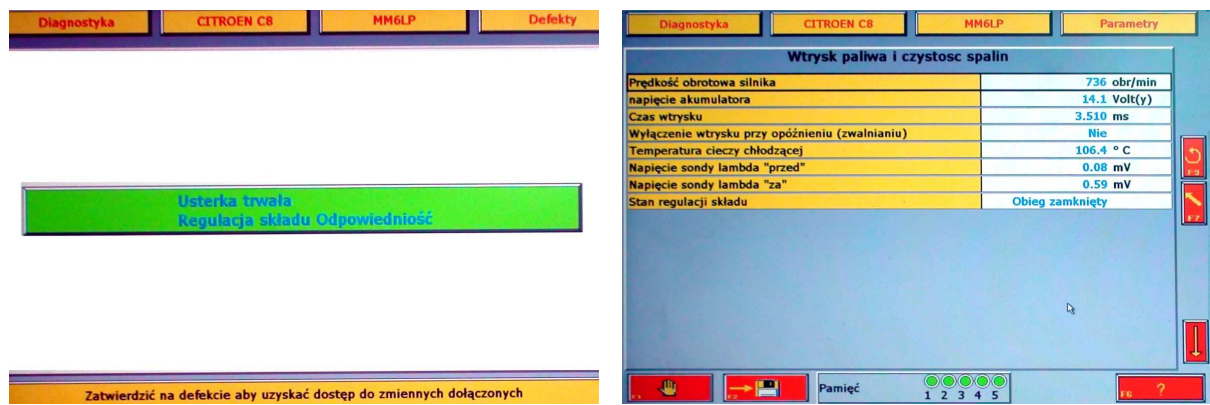
Założono, że podstawową usterką jest uszkodzenie związane z układem wtryskowym opisane stałym kodem błędu P0170. Kodowi P0170 towarzyszy opis „Fuel trim malfunction, bank 1”. Spotykane w literaturze polskie tłumaczenia kodu to: „Dawkowanie paliwa (Zespół 1). Usterka”, czy „Obwód czujnika O2 (zespół 1) – usterka dostrajania paliwa [5, 9]. Początkowo zaniechano samodzielnego, ręcznego potwierdzania usterki i skupiono się na wskazówkach udostępnianych przez testery.

W przypadku testera KTS system sugerował możliwość poszukiwania problemu w zakresie sposobu działania sond lambda lub braku funkcjonowania funkcji korekcji mieszanki (rys. 6). Jednocześnie pozwalał na wyświetlenie wartości bieżących oraz układu połączeń elektrycznych sond lambda. Podobne komunikaty błędu w przypadku pojazdów z grupy VAG pozwalają na wymianę sond lambda „w ciemno”. Wartości rzeczywiste napięć sond lambda w bieżącym przypadku mieściły się w dopuszczalnych granicach (rys. 6) [6, 13]. Pozostałe automatyczne wskazywane kierunki poszukiwań również nie pozwoliły na zlokalizowanie źródła usterki. Zachowanie testera potwierdza opinię, że kod usterki nie zawsze zawiera informacje, który element uległ uszkodzeniu i co jest rzeczywistą przyczyną usterki [4].



Rys. 6. Oprogramowanie ESI[tronic]: sugerowane kierunki poszukiwań usterki (z lewej); pomiar wartości rzeczywistych sond lambda (z prawej)

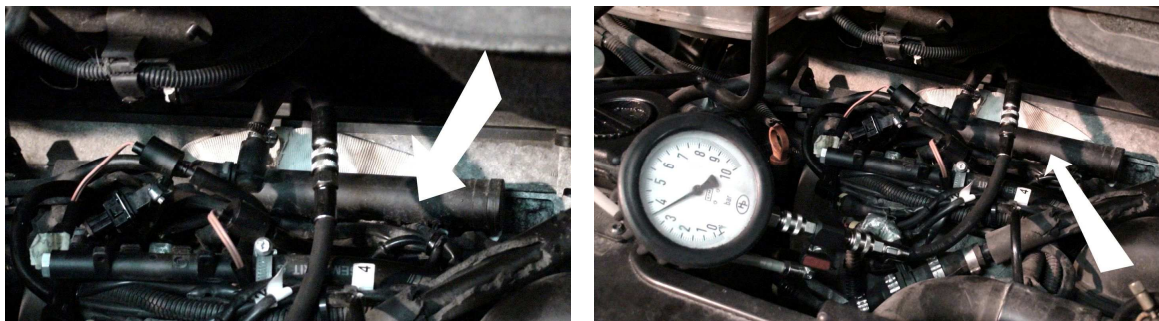
W przypadku testera Lexia skupiono się na usterece w układzie wtryskowym opisanej: „Usterka trwała. Regulacja składu Odpowiedniość” (rys. 7). System diagnostyczny pozwalał szybko wyświetlenie wartości rzeczywistych związanych z układem wtryskowym. Podobnie jak w przypadku testera KTS, wartości rzeczywiste mieściły się w dopuszczalnych granicach (rys. 7) [6, 13]. Nie były prezentowane dodatkowe, automatyczne kierunki działań.



Rys. 7. Oprogramowanie Lexia: ekran charakterystyki błędu (z lewej); pomiar wartości rzeczywistych związanych z układem wtryskowym (z prawej)

Brak efektywnego wsparcia ze strony testerów diagnostycznych i ich oprogramowania zmusił do poszukiwania uszkodzenia drogą „ręczną”. Oczywiście w postępowaniu zostały uwzględnione sugestie związane z zakresem występowania problemu. Przegląd kolejnych podzespołów doprowadził do źródła uszkodzenia. Była nią listwa zasilania paliwem układu wtryskiwaczy (rys. 8). Została ona zapowietrzona. Z powodu braku w listwie systemu automatycznego odpowietrzania, „zamknięte” w listwie powietrze zakłócało wtrysk paliwa. Drgania silnika i ruch pojazdu powodowały nierównomierne zakłócenia utrudniające wyszukanie przyczyny nierównomiernej pracy silnika. Ręczne wypuszczenie powietrza przez zawór zainstalowany w listwie przywrócił równomierną pracę silnika. Miernik ciśnienia paliwa podłączony wskazywał stabilne ciśnienie (rys. 8).

Po usunięciu kodu błędu trwałego, żaden z testerów diagnostycznych nie wykazywał niepoprawnej pracy układu wtryskowego.



Rys. 8. Komora silnika pojazdu z zaznaczonym źródłem usterki (z lewej) i po podłączeniu miernika ciśnienia paliwa (z prawej)

PODSUMOWANIE

Prowadzenie procesu wyszukiwania i usuwania uszkodzenia we współczesnych pojazdach wymusza stosowanie testerów diagnostycznych. W grupie tych urządzeń występują zarówno urządzenia bardzo proste jak i złożone systemy pozwalające na komunikację z węzłami mechatronicznymi, pomiar wartości bieżących, przeglądanie dokumentacji technicznej oraz kierowanie przebiegiem naprawy. Zamieszczony powyżej przegląd trendów rozwoju komunikacji diagnostycznej skonfrontowany z procesem przykładowej naprawy pojazdu uprawniają do zamieszczenia poniższych wniosków:

- Zarówno rozwiązania „uniwersalne” (np. KTS) jak i „dedykowane” (np. Lexia) zapewniają wysoki poziom informacji o diagnozowanym urządzeniu. Jest to efektem

wieloletniej standaryzacji i unifikacji elementów sprzętowych (np. gniazda) jak i programowych (np. protokoły) systemów diagnostycznych.

- Oprócz prostego dostępu do kodów błędów testery mogą informować o budowie pojazdu, czy sugerować obszary naprawy.
- Problemem prowadzenia procesu diagnozy przy zastosowaniu testera może być nieumiejętność „rozumienia” komunikatów urządzenia. Kluczowym czynnikiem jest gruntowne przeszkolenie serwisanta, aby możliwe było poprawne identyfikowanie komunikatów. Często problemy ze zrozumieniem komunikatów wynikają z niepoprawnego lub nawet niepełnego tłumaczenia poleceń i komunikatów oprogramowania.
- W autoryzowanych serwisach może występować jeden typ lub grupa testerów, dedykowanych do grupy pojazdów wynikającej z autoryzacji. W zależności od charakteru uszkodzenia może to przyspieszać (np. precyzyjne wskazanie źródła błędu) lub opóźniać wyszukanie uszkodzenia (np. niepoprawnie wskazane źródło usterki i brak dodatkowych sugestii).
- Bez względu na rodzaj stosowanego sprzętu diagnostycznego, wymagany jest wysoki poziom kompetencji serwisanta. Jak widać w opisywanym przypadku, samo zastosowanie wysokiej klasy testerów nie zagwarantowało precyzyjnego wskazania punktu uszkodzenia pojazdu.

DETECTION PROBLEMS DURING DIAGNOSIS OF MECHATRONIC COMPONENTS OF VEHICLE

Abstract

The process of searching of damage in modern vehicles is associated with the use of electronic testers. In some cases, received error codes do not always clearly identify the failure. This may be the case, when the failure is determined within specific manufacturer code or tester shows only the general area of the potential damage. The article concerns of a specific workshop case of identification of damage performed by a general diagnostic equipment, and tester dedicated to a particular vehicle model.

BIBLIOGRAFIA

1. Bosch R. GmbH: *CAN Specification*. Version 2.0, Stuttgart, 1991.
2. Bosch R. GmbH: *KTS 670: The mobile testing system for professional control unit diagnostics*. http://rb-aa.bosch.com/boaa-sg/kidownload?type=application/pdf&publication=7&cl_id=20&pos=1&attrv_id=1706, IX 2012.
3. Bosch R. GmbH: *Sieci wymiany danych w pojazdach samochodowych*, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 2008.
4. Herner A., Riehl H-J.: *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*. WKiŁ, Warszawa 2003.
5. Kaparuk J.: *Pokładowe systemy diagnostyczne OBD I EOBD oraz sieci transmisji danych (część 2). Wybrane zagadnienia*. Poradnik serwisowy 2010, nr 5, s. 33.
6. Kasedorf J., Woisetschlager E.: *Układy wtryskowe benzyny. Sprawdzenie i regulacja*. WKiŁ, Warszawa 2004.
7. Klaus-Wagenbrenner J.: *Crux of Matter*. Elektronik automotive, 2012, nr 3, s. 56-57.

8. Leen G., Heffernan D.: *Expanding Automotive Electronic Systems*. Computer 2002, nr 2, s. 0018-9162.
9. Merkisz J., Mazurek S.: *Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych*. WKiŁ, Warszawa 2007.
10. Olszowiec P.: *Magistrala CAN i jej możliwości*. Auto Moto Serwis 2011, nr 12, s. 24-26.
11. Sumorek A.: *Porównanie testerów uniwersalnych i dedykowanych w diagnostyce pojazdu*. Logistyka 2011, nr 6, s. 3591-3600.
12. Sumorek A.: *Zróżnicowanie parametrów elektrycznych sygnałów protokołu CAN w pojazdach*. Logistyka 2010, nr 6, s. 3263-3272.
13. White C., Randall M.: *Kody usterek*. WKiŁ, Warszawa 2006.
14. Widerski T., Kędzierski J.: *Samochodowe sieci informatyczne (CAN)*, Auto Moto Serwis, 4/2004, Wydawnictwo Instalator Polski, Warszawa, s. 38-42.
15. Zimmermann W., Schmidgall R.: *Magistrale danych w pojazdach. Protokoły i standardy*. WKiŁ, Warszawa 2008.

Autor:

dr inż. Andrzej SUMOREK– Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki