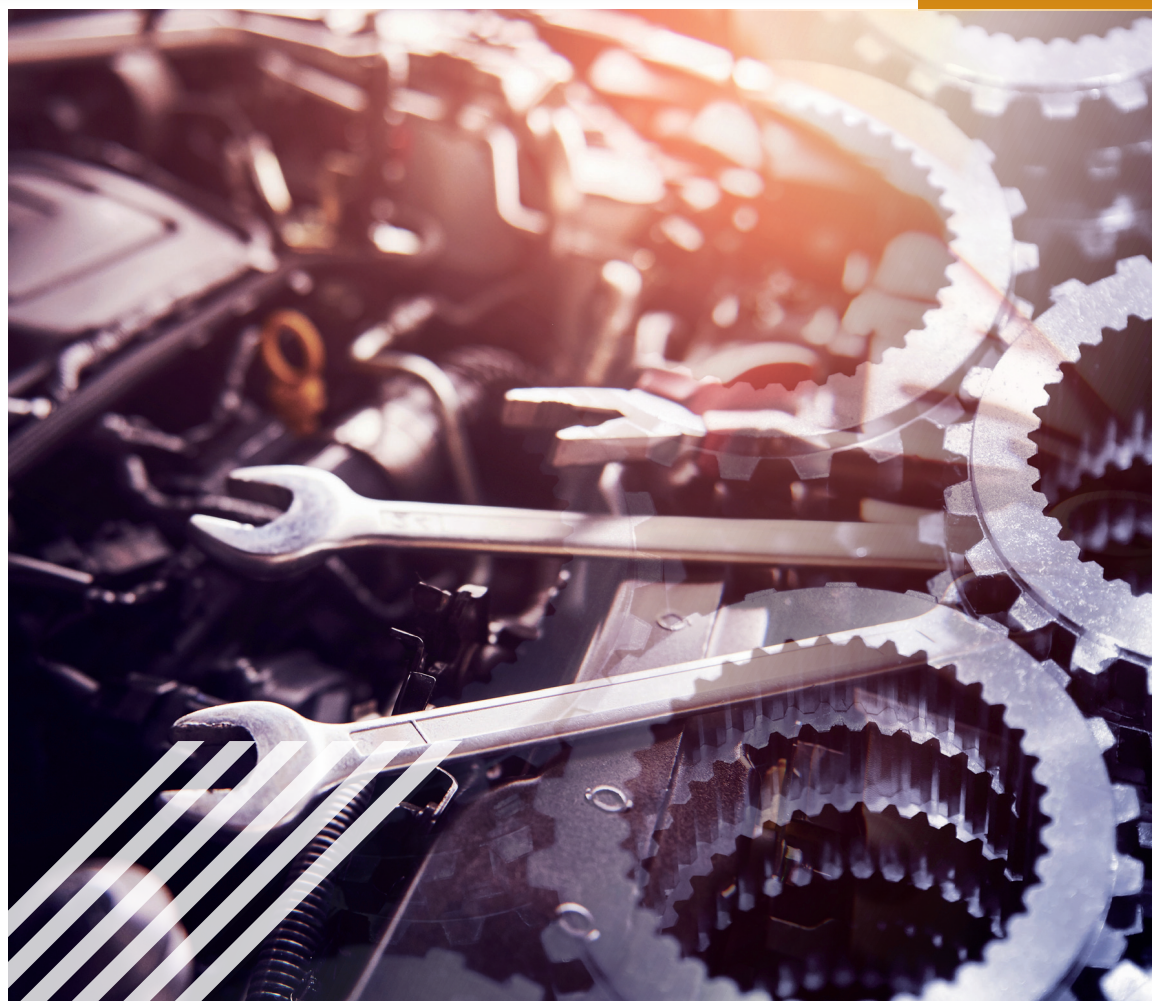


DIAGNOSTYKA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

PODRĘCZNIK. STUDIA PRZYPADKÓW



ARKADIUSZ MAŁEK

22
TOM

DIAGNOSTYKA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

Część pierwsza Podręcznik

Arkadiusz Małek

Lublin 2021

Seria wydawnicza:
Kompetencje, Wiedza, Innowacje – Zintegrowany Program Rozwoju WSEI w Lublinie –
Etap II
Tom 22

DIAGNOSTYKA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH
Cz. I - Podręcznik Cz. II - Studia przypadków

Autor:
Arkadiusz Małek
ORCID: 0000-0001-7772-2755

Recenzenci:
prof. Dawid Walisz
dr hab. inż. Piotr Lesiak

Korekta:
Grzegorz Janowski

Skład, łamanie:
Marta Krysińska-Kudlak

Projekt okładki:
Patrycja Kaczmarek

Grafika na okładce:
onlyjougj/Freeplik.com
standret/Freeplik.com

@Copyright by
Innovatio Press, Lublin 2021

Wszelkie prawa zastrzeżone. W sprawie kopiowania lub rozpowszechniania fragmentów albo całości niniejszej pracy należy kontaktować się z wydawcą.

Publikacja oraz recenzje zrealizowano w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja. Rozwój 2014-2020 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego. Proces wydawniczy (korekta, skład) sfinansowano z dotacji na zadania związane z zapewnieniem osobom niepełnosprawnym warunków do pełnego udziału w procesie kształcenia.

Printed in Poland
Innovatio Press Wydawnictwo Naukowe
Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji
20-209 Lublin, ul. Projektowa 4
tel.: +48 81 749 17 77, fax: + 48 81 749 32 13
www.wsei.lublin.pl

ISBN – wersja elektroniczna: 978-83-66159-96-9

Spis treści

Wprowadzenie.....	7
1. Systemy diagnostyki pokładowej OBD	9
1.1. Teoria pokładowych systemów diagnostycznych OBD	10
1.1.1. Standardy transmisji danych.....	12
1.1.2. Złącze diagnostyczne	15
1.1.3. Kody błędów	16
1.1.4. Ramka odczytywanej informacji	18
1.1.5. Monitorowanie układów emisyjnych w pojeździe.....	19
1.1.6. W systemie OBD II realizowane są następujące testy diagnostyczne:	21
1.1.7. Monitory diagnostyczne	23
1.1.8. Złącze OBD	42
1.1.9. Lampka kontrolna MIL	44
1.1.10. OBD w pojazdach elektrycznych i hybrydowych ...	48
1.1.11. Diagnostyka zdalna.....	50
1.2. Pytania testowe	53
1.3. Ćwiczenia wraz z instrukcją	56
1.3.1. Ćwiczenie 1	56
1.3.2. Ćwiczenie 2	56
1.3.3. Ćwiczenie 3	57
1.3.4. Ćwiczenie 4	58
1.3.5. Ćwiczenie 5	59
2. Diagnostyka pojazdów z wykorzystaniem hamowni podwoziowej	60
2.1. Teoria działania hamowni podwoziowych.....	61
2.1.1. Budowa i zastosowanie hamowni podwoziowych ...	61
2.1.2. Pomiar mocy i momentu silnika na hamowni podwoziowej	67
2.1.3. Emisyjne testy jezdne na hamowni podwoziowej	70
2.1.4. Podsumowanie	79

2.2. Pytania testowe	82
2.3. Ćwiczenia wraz z instrukcją	86
2.3.1. Ćwiczenie 1	86
2.3.2. Ćwiczenie 2	86
2.3.3. Ćwiczenie 3	87
2.3.4. Ćwiczenie 4	88
2.3.5. Ćwiczenie 5	88
3. Diagnostyka silników w pojazdach	90
3.1. Teoria diagnostyki silników w pojazdach	91
3.1.1. Diagnostyka uszkodzeń elektrycznych	92
3.1.2. Diagnostyka uszkodzeń układu zasilania powietrzem	94
3.1.3. Diagnostyka uszkodzeń układu zasilania paliwem	96
3.1.4. Układ zapłonowy w silniku	97
3.2. Analiza spalin	98
3.3. Urządzenia diagnostyczne	102
3.4. Pytania testowe	105
3.5. Ćwiczenia wraz z instrukcją	109
3.5.1. Ćwiczenie 1	109
3.5.2. Ćwiczenie 2	109
3.5.3. Ćwiczenie 3	110
3.5.4. Ćwiczenie 4	110
3.5.5. Ćwiczenie 5	110
4. Diagnostyka pojazdów zasilanych paliwami alternatywnymi....	111
4.1. Własności paliw gazowych	112
4.2. Komponenty systemu sekwencyjnego wtrysku LPG	115
4.2.1. Elektroniczna jednostka sterująca	116
4.2.2. Zbiornik Gazu	123
4.2.3. Reduktor/parownik	125
4.2.4. Wtryskiwacze gazu	127
4.2.5. Filtr gazu	128
4.3. Warunki zabudowy systemu IV generacji	130
4.4. Podsumowanie	136
4.5. Pytania testowe	137

4.6. Ćwiczenia wraz z instrukcją	141
4.6.1. Ćwiczenie 1	141
4.6.2. Ćwiczenie 2	141
4.6.3. Ćwiczenie 3	141
4.6.4. Ćwiczenie 4	142
4.6.5. Ćwiczenie 5	142
5. Diagnostyka pojazdów elektrycznych.....	143
5.1. Organizacja warsztatu diagnostyki pojazdów elektrycznych	144
5.1.1. Wyzwania w obszarze diagnostyki pojazdów elektrycznych.....	144
5.1.2. Badania naukowe prowadzone na uniwersytetach i przez instytuty badawcze.....	146
5.1.3. Badania prowadzone przez koncerny motoryzacyjne	146
5.1.4. Innowacyjne podejście do serwisowania i naprawy pojazdów elektrycznych	147
5.1.5. Odpowiednia infrastruktura warsztatowa.....	147
5.1.6. Przeszkolenie kadry pracowniczej.....	149
5.2. Naukowe podejście do diagnostyki z CAN bus	152
5.3. Diagnostyka silników elektrycznych	157
5.4. Diagnostyka baterii trakcyjnych.....	164
5.5. Podsumowanie i wnioski	169
5.6. Pytania testowe	171
5.7. Ćwiczenia wraz z instrukcją	175
5.7.1. Ćwiczenie 1	175
5.7.2. Ćwiczenie 2	175
5.7.3. Ćwiczenie 3	176
5.7.4. Ćwiczenie 4	177
5.7.5. Ćwiczenie 5	177
Podsumowanie i wnioski	179
Bibliografia.....	180
Spis rysunków	185
Spis tabel.....	190
Odpowiedzi do pytań testowych	191

Wprowadzenie

XXI wiek w motoryzacji charakteryzuje się mnogością wyboru różnych rodzajów pojazdów dostosowanych do potrzeb wymagających klientów. Pojazdy te mają różną konstrukcję, różne wyposażenie, napędzane są bardzo wieloma różnymi układami napędowymi wykorzystującymi paliwa tradycyjne jak i alternatywne. Coraz częściej mają elektryczne lub hybrydowe układy napędowe. Tak duże zróżnicowanie wymaga ogromnej wiedzy od osób dokonujących diagnostyki, serwisowania i obsługi tychże pojazdów. Coraz częściej diagnostyka wspomagana jest komputerowo a nawet całkowicie zautomatyzowana. W przedmiotowym podręczniku dokonany zostanie przegląd najnowszych technik diagnozowania pojazdów.

Rozdział pierwszy zawiera opis zasady działania systemów diagnostyki pokładowej OBD, które są obecne we wszystkich typach pojazdów i mają za zadanie monitorować i diagnozować, w sposób szczególny systemy odpowiedzialne w pojeździe za emisję spalin i bezpieczeństwo pasażerów.

Rozdział drugi poświęcono badaniom hamownianym i zawiera on cenne wskazówki mówiące w jaki sposób wykorzystać hamownię podwoziową, do oceny sprawności silnika oraz emisji spalin podczas realizacji laboratoryjnych testów jezdnych.

Trzeci rozdział zawiera informacje dotyczące diagnostyki najnowszych silników spalinowych występujących w niskoemisyjnych układach napędowych pojazdów.

Rozdział czwarty poświęcono diagnostyce silnika zasilanego paliwem alternatywnym w postaci LPG. System sekwencyjnego wtrysku gazu również musi posiadać wewnętrzne funkcje diagnostyczne oraz możliwość odczytywania wykrytych błędów.

Rozdział piąty poświęcono diagnostyce pojazdów elektrycznych, które od 2010 roku są coraz częściej spotykane na ulicach światowych, jak i polskich miast.

W podręczniku w praktyczny sposób zostaną przedstawione i opisane poszczególne testy diagnostyczne oraz aparatura niezbędna do ich przeprowadzenia. Autor zachęca czytelników do naukowego podejścia do diagnostyki wybranego układu, co jest odpowiedzią na ich mnogość i bardzo duże zróżnicowanie. Pozwoli ono zaplanować eksperyment, w ramach którego możliwe będzie szybkie zlokalizowanie i usunięcie nieprawidłowości.

Testy diagnostyczne przedstawione w podręczniku, podlegają podobnemu podziałowi jak testy systemu OBD II i można je podzielić na:

- Sprawności elektrycznej elementów pomiarowych i wykonawczych (sprawdzenie ciągłości obwodów, zwarcie linii sygnałowej lub zasilającej do masy lub do +, napięcia zasilania),
- Pasywne testy sprawności metrologicznej elementów pomiarowych (obliczanie obszaru racjonalnych wskazań na podstawie innych wartości fizycznych układu napędowego),
- Funkcjonalne testy elementów wykonawczych (sprawdzanie odpowiedzi podsystemu na sygnały testujące),
- Aktywne testy sprawności metrologicznej elementów pomiarowych (wymuszanie znanych zmian wielkości mierzonych za pomocą wpływającej na nie wielkości sterującej – określanie własności dynamicznych).



1. Systemy diagnostyki pokładowej OBD



1.1. Teoria pokładowych systemów diagnostycznych OBD

Termin OBD używany jest w literaturze w znaczeniu prawnym do określenia przepisów wydawanych przez amerykańskie agencje ochrony środowiska: CARB, EPA oraz organizacje ustalające standardy, np. SAE oraz w znaczeniu technicznym – dla określania diagnostycznych systemów pokładowych.

Stworzenie techniczno-prawnych warunków działania i wdrożenia takiego systemu, było właśnie celem norm OBD, które są zbiorami wymagań definiujących pokładowe systemy diagnostyczne, standaryzujące procedury diagnostyczne i strumień informacji diagnostycznej skierowany do użytkownika. Podstawowe cechy systemu OBD to efektywność, dostępność i uniwersalność.

Przez pojęcie diagnostyki rozumiemy proces lokalizacji elementu lub układu, który w skutek naturalnego zużycia lub uszkodzenia nie może dalej pełnić swojej funkcji określonej przez specyfikację producenta. Wykonanie diagnostyki, określonego układu pojazdu, jest efektem decyzji użytkownika lub obowiązku okresowej kontroli w stacji diagnostycznej. Pomijając czynnik ludzki, czyli zaniechanie lub nierzetelność kontroli, przyjąć można, iż średni czas od powstania (pojawienia się symptomów) uszkodzenia do jego usunięcia wynosi połowę okresu międzykontrolnego.

Silniki spalinowe silnie oddziałują na środowisko naturalne poprzez emisję związków toksycznych. Wymusza to potrzebę stworzenia optymalnej diagnostyki pojazdów w zakresie uszkodzeń emisyjnych. Obowiązujące aktualnie testy toksyczności gazów spalinowych, które zostały opracowane w latach 80. XX wieku, są nieadekwatne do współczesnych niskoemisyjnych pojazdów. Zaś pomiary związków toksycznych na hamowni podwoziowej są zbyt kosztowne i czasochłonne. Tę lukę uzupełnia system OBD, ponieważ wykrywa uszkodzenia w czasie fazy ich rozwoju. Zatem istnieje możliwość szybkiego wykrycia uszkodzonego układu, a tym samym zniwelowania niepotrzebnego narażania środowiska naturalnego na nadmierną ekspozycję związków toksycznych. Ponadto mechanizm ten jest prosty i efektywny, dając użytkownikowi pojazdu czytelny sygnał o wystąpieniu awarii. Obok wszystkich wymienionych zalet systemu OBD

należy również dodać, iż wykrycie usterki za jego pomocą, wiąże się z niewielkimi kosztami. Natomiast wczesne zlokalizowanie wadliwego komponentu może uratować cały zespół od destrukcyjnego wpływu działania jednego elementu.

Stowarzyszenie Inżynierów Samochodowych w 1996 roku wprowadziło standaryzację systemu pokładowej diagnostyki poziomu drugiego. Wymusza to na producentach pojazdów stosowanie określonych protokołów transmisji danych, identycznych testów diagnostycznych oraz kodów błędów. Ponadto dokumenty SAE definiujące system OBD II wprowadzają aktywną diagnostykę układów emisyjnych elementów i podzespołów układu napędowego.

Bezspornie stwierdzić można, iż zarówno ogólnosiwiatowa standaryzacja procedur diagnostycznych jak i prawne zagwarantowanie dostępu do odczytywanej informacji jest ogromnym postępowaniem w dziedzinie motoryzacji.

Podstawowe wymagania wobec układów OBD II to:

- znormalizowane diagnostyczne przyłącze wtykowe
- znormalizowane kody błędów dla wszystkich użytkowników
- możliwość identyfikacji błędów przez wszystkie dostępne na rynku urządzenia diagnostyczne
- możliwość stwierdzenia warunków wystąpienia błędu
- znormalizowanie warunków wskazań błędów dotyczących emisji substancji szkodliwych
- znormalizowanie oznaczeń oraz skrótów części konstrukcyjnych i systemów

Podstawowe założenia systemu diagnostycznego OBD II to:

- kontrola wszystkich urządzeń mających wpływ na końcową emisję z pojazdu
- ochrona reaktora katalitycznego spalin przed uszkodzeniem
- optyczne wskazania ostrzegawcze, gdy urządzenia mające wpływ na końcową emisję z pojazdu wykazują usterki funkcjonalne
- pamięć błędów

Efektywność diagnostyczna systemu OBD jest cechą, która powinna umożliwiać diagnozowanie wszystkich elementów wpływających na emisję w sensie ich lokalizacji z dokładnością do wymienial-

nych składowych, na podstawie wyników testów diagnostycznych, wraz z wykorzystywaniem ustalonych progów decyzyjnych. Lokalizacja elementów jest dokonywana za pomocą standardowych kodów wskazujących uszkodzony element i identyfikację typu uszkodzenia. Za element niesprawny uważa się taki, którego działanie może spowodować znaczny wzrost emisji związków toksycznych z układu wydechowego lub zasilania paliwem. Jako znaczący określa się w normie OBD II wzrost o 50% w stosunku do wartości dopuszczalnej dla danego typu samochodu.

Dostępność systemu OBD może umożliwiać wszystkim zainteresowanym nieograniczone korzystanie z dwóch typów informacji tj.:

- informacja diagnostyczna – są to dane generowane przez system pomiarowy, umożliwiające lokalizację i ocenę stanu technicznego uszkodzonych elementów,
- informacja serwisowa – jest dostarczana przez producenta i zawiera dane umożliwiające naprawę uszkodzenia lub wymianę uszkodzonego elementu.

Uniwersalność diagnostyczna jest cechą systemu OBD umożliwiającą jego rozbudowę o nowe elementy i podsystemy oraz przeniesienie go na nowe typy pojazdów. Dlatego też system OBD i jego dalszy rozwój stwarza nową sytuację w dziedzinie eksploatacji i diagnostyki pojazdu. Ocena stanu technicznego pojazdu (w czasie eksploatacji), będąca dotąd obszarem zainteresowania stacji kontroli pojazdów i samego użytkownika, stała się zadaniem producenta pojazdu.

Reasumując, mechanizm OBD pozwala dokonać oceny stanu technicznego auta w okresie eksploatacji, dzięki czemu ciężar odpowiedzialności za sprawność pojazdu spoczywa na producentach, a nie tak jak dotychczas na użytkowniku i stacji kontroli pojazdów. Natomiast prawną gwarancją takiego stanu rzeczy są badania homologacyjne.

1.1.1. Standardy transmisji danych

W systemach pokładowych OBD II informacja o wynikach procedur diagnostycznych jest przekazywana bezpośrednio i na bieżąco użytkownikowi pojazdu, za pośrednictwem kontrolki MIL oraz do osoby zainteresowanej naprawą pojazdów przez cyfrowe złącze diagnostyczne DLC. Forma i znaczenie przekazywanych danych zostały

znormalizowane przez powołane do tego instytucje (ISO, SAE) i stanowią obowiązujące standardy międzynarodowe.

Zgodnie z tymi standardami zewnętrzny czytnik informacji diagnostycznych musi spełniać ogólne wymagania dotyczące szeregowej komunikacji cyfrowej, stosowanej obecnie w pojazdach. Jest on bowiem traktowany jako równoprawny użytkownik sieci pojazdu.

W latach osiemdziesiątych XX wieku jedynym pokładowym systemem kontrolno-pomiarowym, wyposażonym we własny procesor, był układ wtryskowo-zapłonowy. Sterownik tego układu zwany w skrócie ECM lub EMS sterował w czasie rzeczywistym dawką paliwa i kątem wyprzedzenia zapłonu w zależności od bieżących parametrów silnika (obciążenia, prędkości obrotowej, temperatury). W kolejnych latach, w celu ułatwienia programowania i diagnostyki, producenci wprowadzili cyfrowe złącze służące do transmisji informacji ze sterownika ECM do zewnętrznych przyrządów programująco-diagnostycznych. Warstwa fizyczna tej transmisji była modyfikacją uwzględniającą specyfikę pojazdu znanego standardu szeregowego RS 232.

Wraz z wprowadzeniem systemu OBD II, wobec wszystkich producentów pojazdów samochodowych, postawiono wymóg decentralizacji układu kontrolno-pomiarowego pojazdu, oraz zastosowania szeregowej komunikacji cyfrowej, łączącej wiele niezależnych elementów i sterowników obsługujących poszczególne układy pojazdu.

W dokumencie SAE J1850 zdefiniowano następujące rodzaje komunikacji:

- Komunikacja klasy A – system, dzięki któremu klasyczna wiązka elektryczna pojazdu może być zastąpiona jedną linią transmisyjną między wieloma urządzeniami.
- Komunikacja klasy B – system umożliwiający wymianę danych cyfrowych pomiędzy sterownikami w sposób eliminujący nadmiarowość czujników i innych elementów.
- Komunikacja klasy C – system umożliwiający przesyłanie danych przez wspólną magistralę danych cyfrowych reprezentujących sygnały generowane w układach pracujących w czasie rzeczywistym.
- Komunikacja klasy D – dodatkowy system do zastosowań multimedialnych.

Własności funkcjonalne oraz elektryczne podstawowego przyrządu diagnostycznego służącego do odczytu i interpretacji informacji z pokładowych systemów diagnostycznych OBD II określają dokumenty SAE J1978 pt. „OBD II Scan Tool” oraz norma ISO 15031-4.

Połączenie pomiędzy urządzeniem diagnostycznym, a systemem OBD II, jest realizowane przy pomocy jednego z aktualnie obowiązujących protokołów:

- PWM (Pulse With Modulation),
- VPW (Variable Pulse Width),
- ISO 9141-2,
- KWP2000 (Keyword Protocol 2000),
- CAN 2.0 (ISO/DIS 15765, SAE J2480).

W tabeli 1.1. przedstawiono charakterystyczne właściwości standardów transmisji w systemie OBD II.

Tabela 1.1. Wybrane właściwości standardów transmisji danych w OBD II

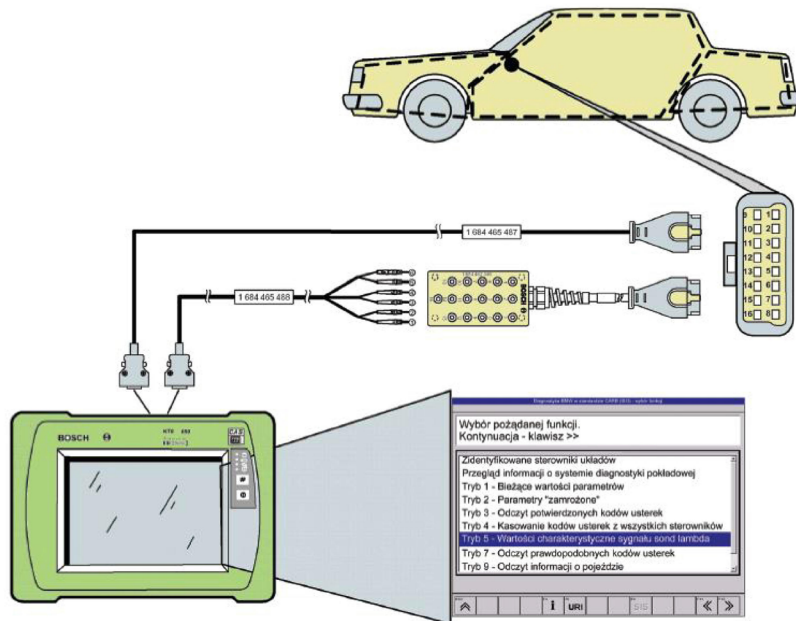
Standard	Prędkość komunikacji	Wykorzystywane styki złącza diagnostycznego	Pojazdy wyposażone w dany standard
PWM (ISO 11519-4, SAE J1850)	41,6 kb/s	2, 4, 5, 10, 16	Ford do 2003 roku
VPW (ISO 11519-4, SAE J1850)	10,4 kb/s	2, 4, 5, 16	General Motors, Chrysler, niektóre modele marki Toyota oraz Lexus
ISO 9141-2	10,4 kb/s	4, 5, 7, 15, 16	Wiele europejskich marek
KWP2000 (ISO 14230-3)	od 1,2 kb/s do 10,4 kb/s	4, 5, 7, 16 opcjonalnie 15	Większość pojazdów europejskich i azjatyckich
CAN 2.0 (ISO/DIS 15765, SAE J2480)	do 1 Mb/s	4, 5, 6, 14, 16	Większość pojazdów po 2003 roku

Na szczególną uwagę zasługuje system CAN opracowany przez firmę Bosch [16]. Został on uznany jako jeden z najbardziej udanych standardów komunikacji szeregowej o otwartej architekturze. War-

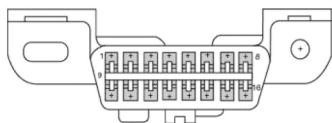
stwa fizyczna oraz protokół transmisji zostały uzgodnione na bazie specyfikacji Boscha z dokumentami ISO 15765, natomiast aplikacje diagnostyczne przejęto w całości z systemu KWP 2000 (ISO 14230-3). W ostatnich latach, w związku z rosnącym zaufaniem do niezawodności systemu CAN, rozszerzono jego zastosowania motoryzacyjne o szybką (klasa C0 – 1 Mb/s) oraz wolną (klasa B – 125 kb/s) komunikację między sterownikami. Zatem system ten jest obecnie znacznie szybszy niż pozostałe systemy stosowane w pojazdach samochodowych. Ponadto według normy ISO 15765 system CAN został formalnie zaakceptowany przez ustawodawstwo unijne jako piąty dopuszczalny standard diagnostyki pokładowej EODB.

1.1.2. Złącze diagnostyczne

W normach OBD wprowadzono standard czytników informacji diagnostycznej, tzw. standardowe czytniki OBD II i zdefiniowano zasady komunikacji zewnętrznego czytnika (*Scan Tool*) z siecią samochodu przez 16-stykowe złącze DLC (rysunek 1.1). Wygląd gniazda DLC przedstawiono na rysunku 1.2, a w tabeli 1.2 wykaz pinów.



Rys. 1.1. Schemat podłączenia testera diagnostycznego do złącza DLC w pojeździe [22]



Rys. 1.2. Złącze diagnostyczne
DLC [22]

Pin	Opis
2	J1850 Bus+
4	Masa nadwozia
5	Masa sygnałowa
6	CAN High (J-2284)
7	ISO 9141/ISO14230 Linia K
10	J1850 Bus
14	CAN Low (J-228)
15	ISO 9141/ISO14230 Linia L
16	Zasilanie (+)

Tabela 1.2. Wykaz pinów w złączu DLC

Standardy SAE przewidują następujące cechy charakterystyczne położenia złącza:

- położenie w obszarze do 300 mm od środka pojazdu oraz mocowanie do tablicy rozdzielczej,
- łatwy dostęp nie wymagający użycia dodatkowych narzędzi,
- widoczność poniżej linii wzroku pasażerów, zarówno z przodu jak i z tyłu, niemniej musi być łatwo identyfikowane przez pracowników stacji obsługi.

1.1.3. Kody błędów

Przez parametr diagnostyczny w normach SAE i ISO rozumie się każdą wielkość fizyczną charakteryzującą stan układu napędowego, wartości nastaw i sygnałów sterujących, stan samego OBD II oraz dane identyfikujące pojazd i oprogramowanie. Identyfikator parametru PID jest liczbą kodującą heksalnie jeden bajt, jednoznacznie określając rodzaj informacji diagnostycznej. Wprowadzenie systemu w określony tryb diagnostyczny oznacza powiadomienie systemu pokładowego, który parametr ma przesłać do systemu. Zapytanie ma długość jednej ramki i zawiera numer trybu oraz PID żądanego parametru.

Tryby o numerach od \$01-\$09 są nazywane trybami podstawowymi, natomiast powyżej \$09 trybami rozszerzonymi. Bieżące war-

tości parametrów układu napędowego oraz informacje systemowe można odczytać za pomocą trybu \$01, natomiast informacje dotyczące zamrożonej ramki w trybie \$02.

Tryb \$03 umożliwia odczytanie kodów błędów zarejestrowanych przez sterownik pojazdu. Strukturę przykładowego kodu błędu przedstawiono na rysunku 1.3.



Rys. 1.3. Przykładowy kod błędu [22]

Odczyt kodów błędów powinien przebiegać dwuetapowo. Najpierw należy odczytać w trybie \$01 ile błędów jest zarejestrowanych w pamięci poszczególnych sterowników, następnie wysłać żądanie obsługi trybu \$03 do każdego sterownika, zawierającego niezerową liczbę zarejestrowanych błędów.

1.1.4. Ramka odczytywanej informacji

Po podłączeniu testera diagnostycznego do systemu OBD II nawiązana zostaje łączność, w wyniku czego czytnik powinien pozyskiwać i wyświetlać informacje diagnostyczne. Komunikacja ze sterownikami jest obsługiwana jeżeli realizują one funkcje systemu OBD II. Metoda polega na wysłaniu zapytania przez tester oraz uzyskaniu odpowiedzi z systemu pokładowej diagnostyki, innymi słowy następuje wymiana ramek informacji.

W protokole ISO 1941-2 ramka składa się z 11 bajtów (rysunek 1.4). Pierwsze trzy bajty tworzą nagłówek, gdzie:

- T - bajt określający status ramki, typ, priorytet szybkość transmisji lub adresowanie,
- TA – adres modułu urządzenia lub informacja o rodzaju informacji (zapytanie lub odpowiedź),
- SA – adres fizyczny urządzenia wysyłającego informację.

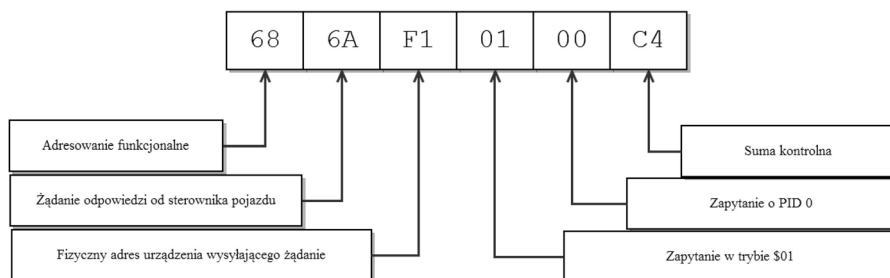
T	TA	SA	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	ERR
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Rys. 1.4. Postać ogólna ramki wymiany informacji dla protokołu ISO 1941-2

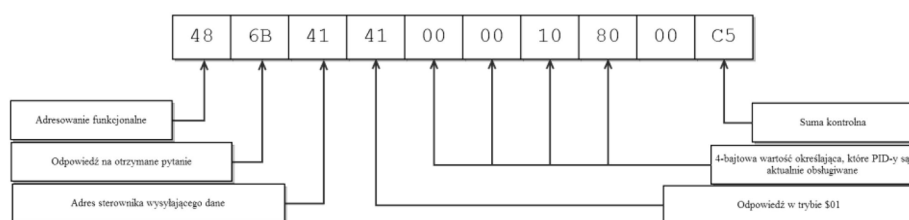
Kolejne bajty #1 - #7 stanowią ciąg danych. W zależności od trybu diagnostycznego ramka przyjmuje od 1 do 7 bajtów, gdzie:

- #1 dotyczy trybu diagnostycznego, który jest aktualnie odczytywany
- #2 - #7 mają przypisaną wartość w zależności od trybu diagnostycznego.

Komunikacja przebiega w ten sposób, że wszystkie sterowniki, które odebrały zapytanie odsyłają listę dostępnych PID-ów w danym trybie diagnostycznym. Rysunek 1.5 ilustruje przykład ramki zapytania w trybie \$01, natomiast rysunek 1.6 przedstawia ramkę przykładowej odpowiedzi na zapytanie z rysunku 1.5.



Rys. 1.5. Ramka przykładowego zapytania przez skaner OBD [22]



Rys. 1.6. Ramka przykładowej odpowiedzi (sterownik skrzynki biegów) [22]

Informacje odczytywane przez złącze diagnostyczne zakodowane są szesnastkowo. Aby uzyskać, na przykład prędkość obrotową silnika odczytaną wartością szesnastkową należy:

- przeliczyć odczytaną wartość szesnastkową na decymalną,
- wedle przyjętego dla określonego parametru przelicznika obliczyć wartość ostateczną danego parametru.

Obliczona wartość ostateczna stanowi rzeczywistą wartość odczytywanego parametru w jednostce przyjętej przez standardy SAE.

1.1.5. Monitorowanie układów emisyjnych w pojeździe

Zadania systemu OBD w nowoczesnych pojazdach najogólniej można podzielić na następujące grupy:

- monitorowanie układów samochodu mających wpływ na emisję toksycznych składników spalin,
- ochrona podzespołów, takich jak reaktor katalityczny czy czujnik tlenu,

- zapisywanie informacji o ewentualnych uszkodzeniach monitorowanych układów,
- zapisanie informacji o warunkach eksploatacji, w których pojawiają się usterki,
- informowanie kierowcy o usterkach, które powodują przekroczenie o 50% dopuszczalnej emisji,
- przekazywanie informacji do zewnętrznych urządzeń diagnostycznych.

Zakres funkcji jakie powinien spełniać system OBD jest jednoznacznie określony przez ustawodawcę. Norma europejska EOBD nieznacznie różni się od amerykańskiej OBD II.

Wymagania jakie są stawiane pokładowym systemom diagnostycznym można przedstawić w następujących punktach:

- monitorowanie działania reaktorów katalitycznych,
- monitorowanie działania filtrów cząstek stałych,
- monitorowanie działania czujników tlenu,
- monitorowanie wypadania zapłonów,
- monitorowanie braku procesu spalania,
- monitorowanie układu zasilania,
- monitorowanie działania układu powietrza dodatkowego,
- monitorowanie działania układu recyrkulacji spalin,
- monitorowanie działania układu odprowadzania par paliwa,
- monitorowanie układu chłodzenia silnika,
- monitorowanie działania układu przestawiania faz rozrządu,
- zapisywanie warunków pracy silnika,
- sterowanie zaświeceniem lampki kontrolnej MIL,
- obsługa standardowego złącza diagnostycznego,
- ochrona przed nieuprawnionymi modyfikacjami systemu,
- monitorowanie funkcji skrzynki przekładniowej.

W celu efektywnej diagnostyki elementy emisyjne pojazdów zostały sklasyfikowane w kilku grupach. **Elementy emisyjne zostały podzielone ze względu na ryzyko emisyjne:**

1. **Grupa A.** Elementy największego ryzyka emisyjnego
 - proces spalania (detekcja wypadania zapłonów)
 - reaktor katalityczny

- czujniki tlenu
 - układ odprowadzania par paliwa EVAP
2. **Grupa B.** Elementy średniego ryzyka emisyjnego
- układ recyrkulacji spalin EGR
 - układ dodatkowego (wtórnego) powietrza
 - układ sterowania składem mieszanki
 - układ przewietrzania skrzyni korbowej PCV
3. **Grupa C.** Elementy potencjalnego ryzyka emisyjnego

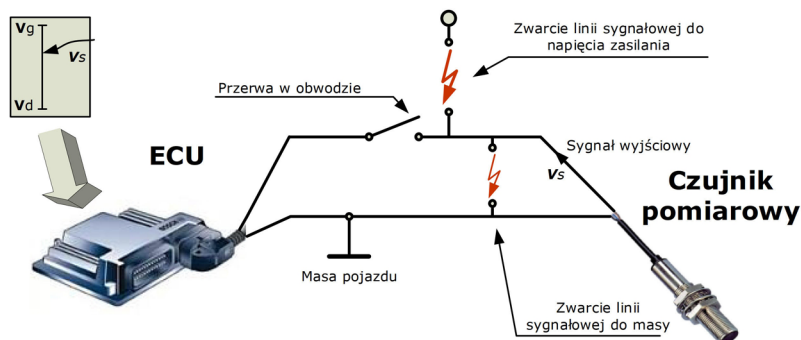
Do grupy elementów potencjalnego ryzyka emisyjnego zaliczamy wszystkie inne elementy emisyjne nie ujęte w grupie A oraz B i obejmuje wszystkie czujniki oraz elementy pomiarowe i wykonawcze układu napędowego.

1.1.6. W systemie OBD II realizowane są następujące testy diagnostyczne:

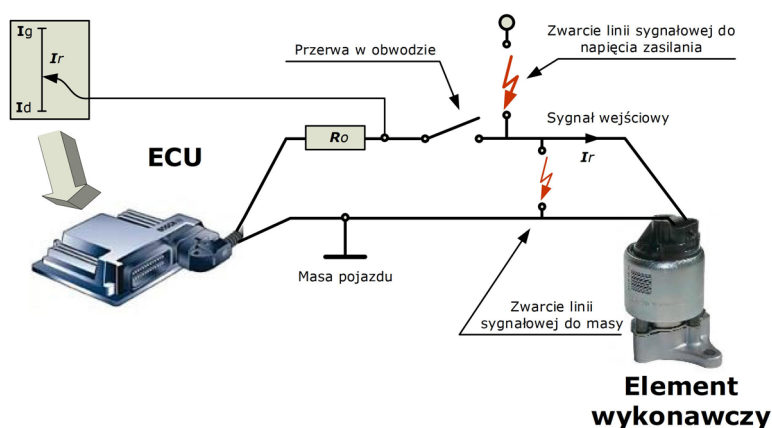
- sprawności elektrycznej elementów pomiarowych i wykonawczych,
- pasywne testy sprawności metrologicznej elementów pomiarowych,
- aktywne testy sprawności metrologicznej elementów pomiarowych,
- emisyjne elementów i układów pojazdów,
- funkcjonalne elementów wykonawczych.

Testy sprawności elektrycznej obejmują sprawdzenie ciągłości obwodu pomiarowego, zwarcie linii sygnałowej czujnika, lub zasilającej element wykonawczy do masy pojazdu lub do napięcia zasilania. Zadaniem testu sprawności elektrycznej jest też porównanie napięcia z czujnika ze zdefiniowanymi przez producenta granicami.

W przypadku testów elementów wykonawczych, dodatkowo jest mierzony prąd płynący do elementu, którego wartość jest parametrem diagnostycznym jego stanu technicznego. Wybrane testy sprawności elektrycznej czujników pomiarowych przedstawiono na rysunku 1.7, zaś elementów wykonawczych na rysunku 1.8.

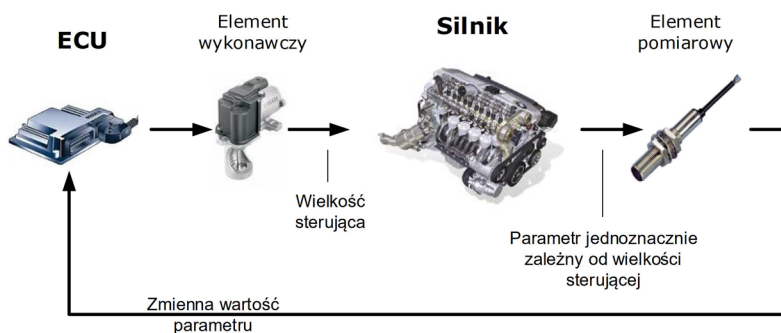


Rys. 1.7. Testy sprawności elektrycznej czujników pomiarowych



Rys. 1.8. Testy sprawności elektrycznej elementów wykonawczych

Kolejną grupą testów diagnostycznych realizowanych przez system EOBD są pasywne testy sprawności metrologicznej. Pasywny test sprawności metrologicznej jest procedurą diagnostyczną polegającą na sprawdzeniu poprawności wskazań testowanego czujnika, na podstawie porównania tych wskazań z tzw. obszarem wskazań racjonalnych. Obszar wskazań racjonalnych jest obliczany na podstawie innych wartości fizycznych układu napędowego. Test funkcjonalności odnosi się do elementów wykonawczych i polega na aktywnym badaniu sprawności elementu za pomocą celowego pobudzenia go znanym sygnałem testującym, co przedstawiono na rysunku 1.9.



Rys. 1.9. Pasywny test sprawności metrologicznej elementu pomiarowego

Przebieg aktywnego testu metrologicznego jest podobny do przebiegu testu funkcjonalnego. Jednak w jego przypadku element pomiarowy jest badany przez wymuszenie znanych zmian, wielkości mierzonych za pomocą wpływającej na nie wielkości sterującej, przy założeniu że element wykonawczy zmieniający tę wielkość działa poprawnie. Test taki pozwala między innymi określić właściwości dynamiczne czujników.

1.1.7. Monitory diagnostyczne

Cechą charakterystyczną testów emisyjnych jest wykorzystanie przez nie następującego kryterium sprawności diagnozowanego elementu lub układu. Element lub układ uważa się za uszkodzony, jeżeli sam jeden powoduje zwiększenie emisji HC, CO, NO_x powyżej zdefiniowanych normą progów. Zarówno wartość emisji jak i progi są wyrażone w g/km i mierzone za pomocą obowiązującego testu. W przeciwnym razie element lub układ uważa się za sprawny.

Oszacowanie tak zdefiniowanej sprawności emisyjnej wymaga realizacji skomplikowanych procedur kontrolno – pomiarowych, obliczeniowych i decyzyjnych. Stąd też testy emisyjne są określane w normie OBD terminem monitorów diagnostycznych.

Monitor jest procedurą diagnostyczną odpowiedzialną za kontrolę i obserwację przypisanych mu podzespołów. Każdy moduł (jednostka sterująca) pojazdu posiada wbudowaną jedną lub więcej takich procedur. Rozróżnia się dwie grupy monitorów: ciągłe i nieciągłe. Jednym z parametrów możliwym do odczytania z systemu OBDII/EOBD jest aktualny stan (status) monitorów diagnostycznych.

Możliwe są następujące ustawienia monitorów:

- niedostępny – brak zainstalowanego monitora,
- gotowy – monitor zakończył działanie, nie wykryto usterek,
- niegotowy – monitor nie zakończył działania, lub wykryto usterki,
- aktywny – monitor w trakcie wykonywania się w danym cyklu jezdnym,
- nieaktywny – monitor nie wykonuje się w danym cyklu jezdnym.

Zakres działania głównych monitorów emisyjnych OBD II/EOBD obejmuje kontrolę sprawności reaktora katalitycznego, poprawności procesu spalania (wypadania zapłonów), układu odprowadzania par paliwa (EVAP) i czujników tlenu. Główne monitory emisyjne stanowią zestaw standardowy, który musi wchodzić w skład każdego układu OBD II, bez względu na jego konfigurację i szczegółowe rozwiązania konstrukcyjne silnika.

Monitor procesu spalania

Niesprawność silnika, polegająca na braku spalania w poszczególnych cylindrach, jest opisana potocznym polskim terminem jako „wypadanie zapłonów”. Brak zapłonu w jednym lub w kilku cylindrach silnika może być spowodowany:

- brakiem iskry zapłonowej,
- za ubogą lub za bogatą mieszanką (poza granicą palności),
- za małym stopniem sprężania,
- lub inną przyczyną.

Niesprawność ta prowadzi zawsze do zwiększenia emisji z układu wylotowego i może spowodować nieodwracalne uszkodzenie reaktora katalitycznego w wyniku jego przegrzania. Monitor procesu spalania, a w szczególności identyfikacja wypadania zapłonów, jest jedną z najważniejszych procedur diagnostycznych systemu OBD II.

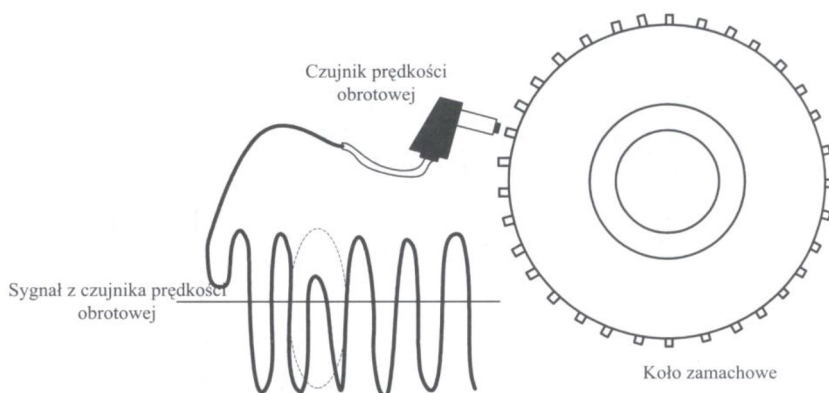
Metody wykrywania wypadania zapłonów w systemach OBD

można dokonać za pomocą:

- analizy chwilowej wartości prędkości kątowej wału silnika,
- analizy chwilowej wartości ciśnienia gazów wylotowych silnika,
- pomiaru i analizy sygnału jonizacji w komorze spalania,
- pomiaru i analizy momentu obrotowego,
- analizy sygnałów optycznych zarejestrowanych w komorze spalania silnika.

Analiza chwilowej wartości prędkości kątowej wału silnika

Metoda ta jest jedną z najczęściej stosowanych obecnie do wykrywania wypadania zapłonów w produkowanych seryjnie silnikach. Brak spalania mieszanki w jednym cyklu pracy silnika powoduje zmniejszenie momentu obrotowego i zmniejszenie chwilowej wartości prędkości obrotowej wału korbowego silnika. Wypadanie zapłonów może być więc zarejestrowane przez pomiar zmian prędkości kątowej wału korbowego silnika, jak to pokazano na rysunku 1.10.

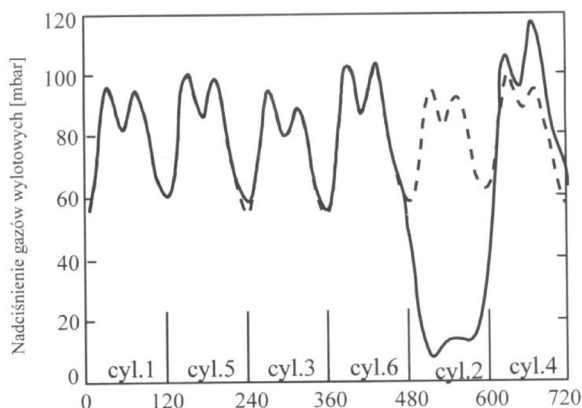


Rys. 1.10. Detekcja wypadania zapłonów na podstawie zmian prędkości kątowej wału korbowego silnika [21]

Analiza chwilowej wartości ciśnienia gazów wylotowych silnika

Pulsacje ciśnienia w układzie wylotowym silnika zależą od procesu spalania i właściwości układu wylotowego. W przypadku wystąpienia zjawiska wypadania zapłonów ciśnienie gazów wylotowych znacząco spada. Powodem tego jest brak procesu spalania i niskie ciśnienie panujące w cylindrze. W przypadku niespalenia mieszanki paliwowo – powietrznej ciśnienie w cylindrze jest około trzy – cztery razy mniejsze niż w przypadku regularnego zapłonu i procesu spalania.

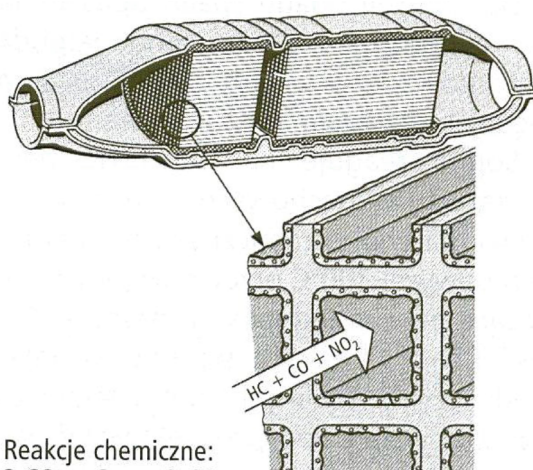
Ciśnienie mierzy się za pomocą przetwornika ciśnienia połączonego z kolektorem dolotowym za pomocą krótkiego elastycznego połączenia rurowego. Przebieg ciśnienia w układzie wylotowym silnika w przypadku braku zapłonu przedstawiono na rysunku 1.11.



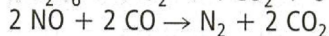
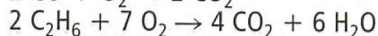
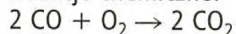
Rys. 1.11. Detekcja wypadania zapłonów na podstawie zmian ciśnienia w układzie wylotowym silnika [26]

Reaktory katalityczne

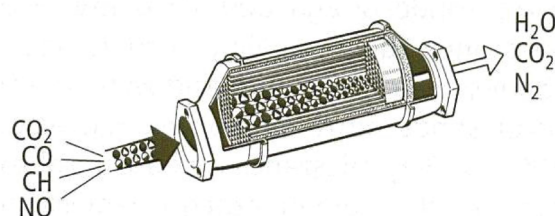
Celem stosowania reaktorów katalitycznych jest stworzenie takich warunków ich działania, aby zawarte w spalinach gazy toksyczne CO, HC, NO_x przereagowały wzajemnie ze sobą tworząc neutralne dla ludzi i środowiska produkty. Produktem końcowym takich reakcji są CO₂, H₂O oraz nietoksyczny azot atmosferyczny N₂. Budowę oraz zasadę działania trójfunkcyjnego reaktora katalitycznego przedstawiono na rysunku 1.12.



Reakcje chemiczne:



Sposób działania katalizatora trójfunkcyjnego



Efekt działania katalizatora

Rys. 1.12. Budowa i zasada działania trójfunkcyjnego reaktora katalitycznego [21]

Monitor sprawności reaktora katalitycznego

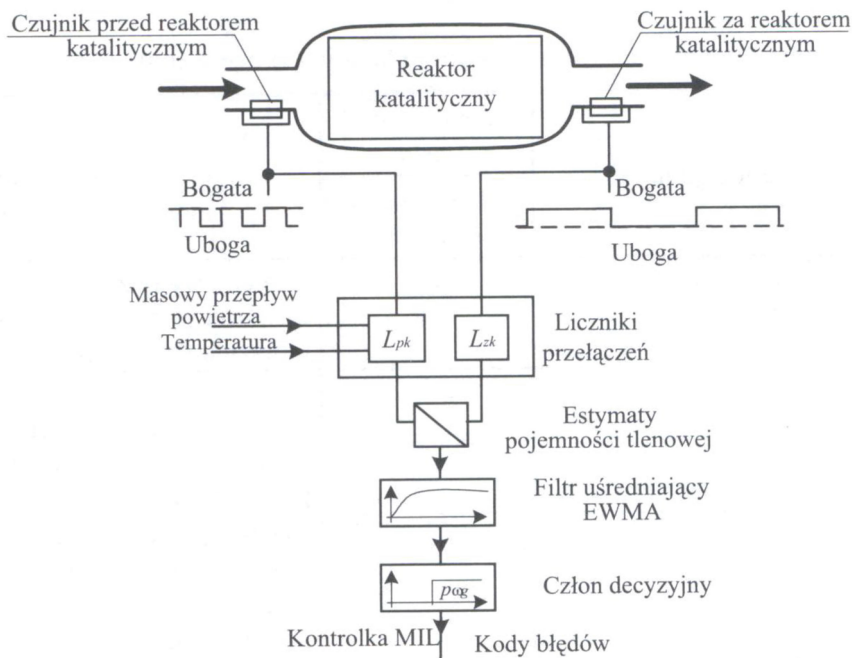
Monitory sprawności reaktora katalitycznego stosowane w systemach OBD II wykorzystują informacje zawarte w sygnałach generowanych przez dwa czujniki tlenu umieszczone w strumieniu gazów wylotowych przed i za reaktorem katalitycznym.

Zasada działania tych procedur jest oparta na ocenie pojemności tlenowej reaktora katalitycznego, wykonanej na podstawie analizy sygnałów AFR (Air-Fuel Ratio) z obu czujników. Pojemność tlenowa jest podstawowym parametrem diagnostycznym świadczącym o sprawności reaktora katalitycznego.

Stosowane jest **kilka metod oceny pojemności tlenowej reaktora katalitycznego**. Do najważniejszych i najczęściej stosowanych należą:

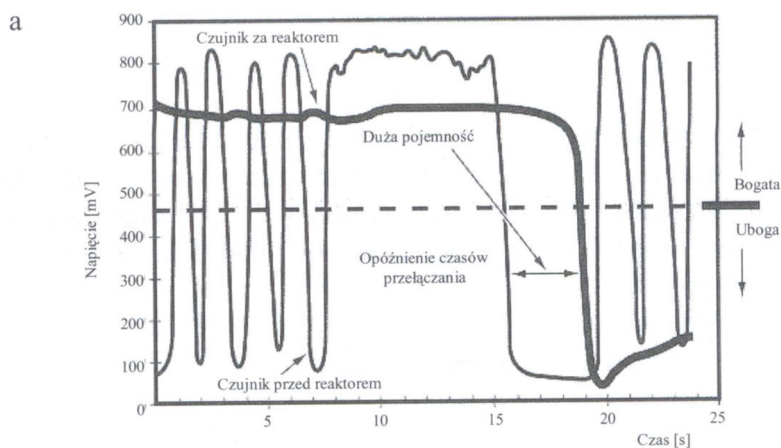
- ocena według Forda,
- ocena według General Motors.

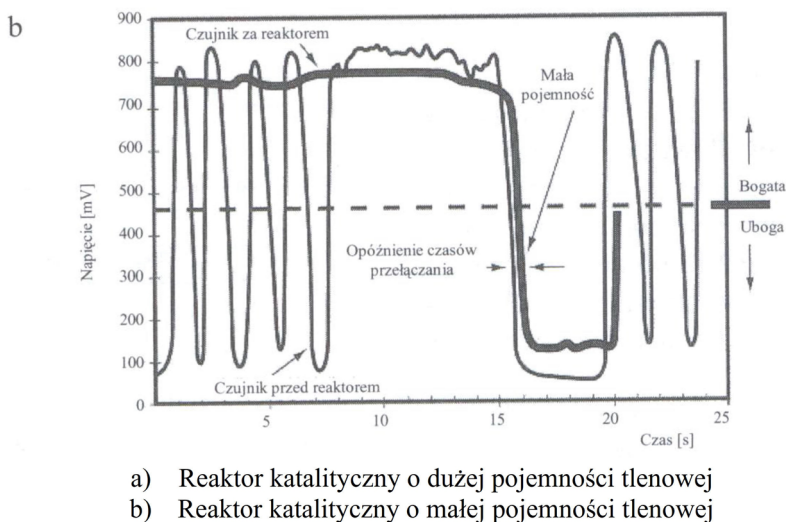
Według metodyki Forda, pojemność tlenowa jest estymowana na podstawie stosunku liczby przełączeń czujnika za reaktorem katalitycznym ZK do przełączeń czujnika przed reaktorem katalitycznym PK. Zasada działania monitora sprawności reaktora katalitycznego wg firmy Ford została przedstawiona na rysunku 1.13.



Rys. 1.13. Estymacja pojemności tlenowej według Forda [21]

Zasada pracy monitora sprawności reaktora katalitycznego według firmy General Motors została przedstawiona na rysunku 1.14.





Rys. 1.14. Estymacja pojemności tlenowej według General Motors [21]

Monitorowanie czujników tlenu w systemie OBD II/EOBD

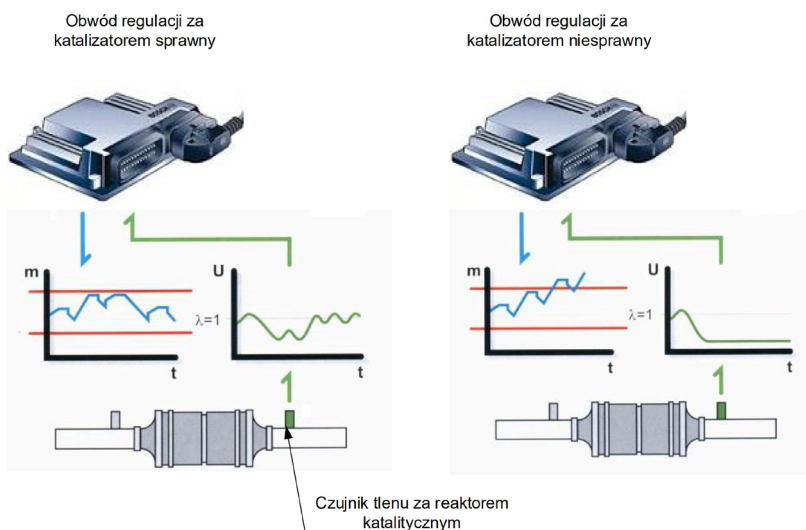
Ważnym czujnikiem pomiarowym w silniku spalinowym o zapłonie iskrowym i zapłonie samoczynnym jest czujnik tlenu w spalinach nazywany powszechnie „sondą lambda”.

Monitorowaniu działania podlega przede wszystkim czujnik tlenu zamontowany przed reaktorem katalitycznym. Diagnozowanie czujnika tlenu odbywa się na zasadzie analizy uzyskanego przebiegu sygnału napięciowego. Naturalne procesy starzenia oraz uszkodzenie spowodowane na przykład zastosowaniem paliwa zawierającego związki ołowiu, prowadzi do specyficznych zmian w rejestrowanym przebiegu sygnału. Niewielkie zmiany nie wykraczające poza określony zakres są kompensowane przez sterownik.

Procedury diagnostyczne monitorujące czujnik tlenu działają w sposób cykliczny. Warunkiem ich realizacji jest zachowanie możliwie niezmiennych warunków pracy silnika przez okres przynajmniej 20 sekund. Może to być na przykład jazda ze stałą prędkością i stałym obciążeniem. W tym czasie poddawany jest analizie sygnał z czujnika tlenu. Oblicza się jego częstotliwość oraz czasy występowania niskich i wysokich napięć.

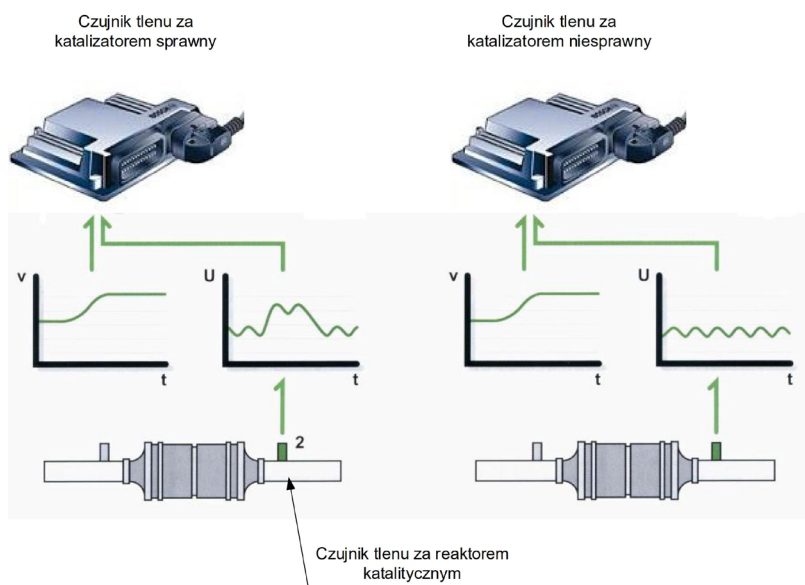
Monitorowaniu działania podlega także czujnik tlenu zamontowany za reaktorem katalitycznym. Test granicy regulacji czujnika tlenu

za reaktorem katalitycznym przedstawiono na rysunku 1.15.



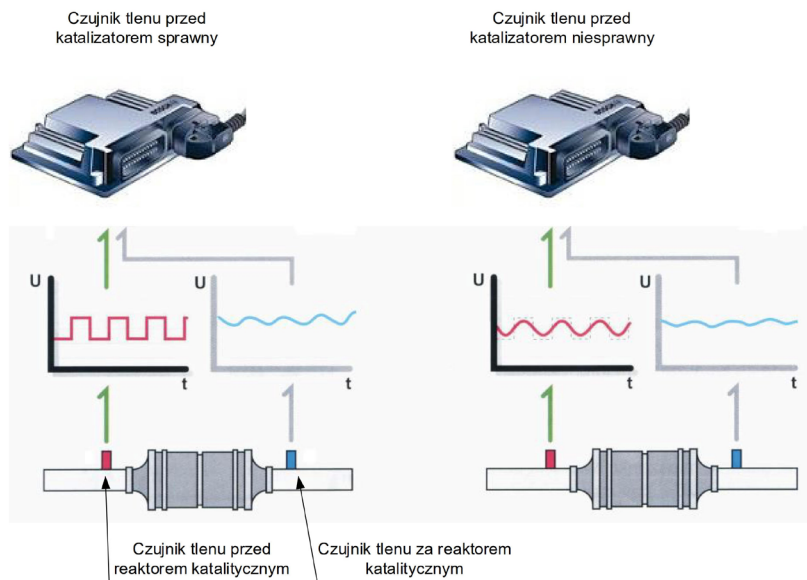
Rys. 1.15. Monitorowanie działania czujnika tlenu zamontowanego za reaktorem katalitycznym

Test czasu reakcji czujnika tlenu za reaktorem katalitycznym przedstawiono na rysunku 1.16.



Rys. 1.16. Test czasu reakcji czujnika tlenu za reaktorem katalitycznym

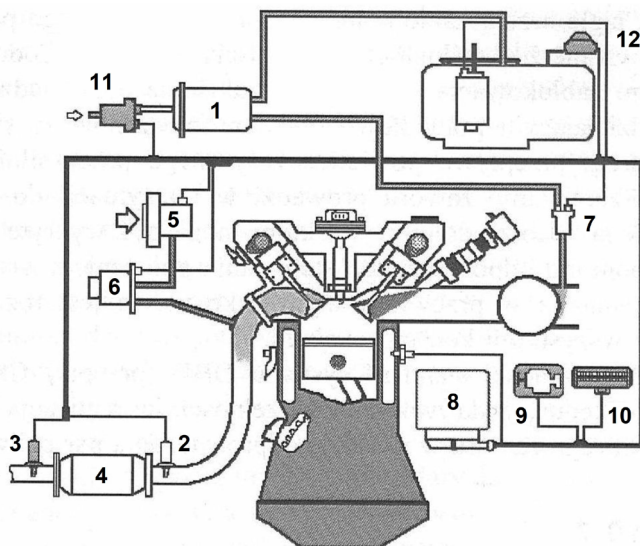
Monitorowanie działania szerokozakresowego czujnika tlenu przedstawiono na rysunku 1.17.



Rys. 1.17. Monitorowanie działania szerokozakresowego czujnika tlenu

Pokładowe systemy diagnozowania nieszczelności

Zadaniem układu odprowadzania par paliwa (EVAP) jest zmniejszenie emisji węglowodorów wynikającej z odparowania i ulatniania się do atmosfery lekkich frakcji paliwa znajdującego się w zbiorniku. Układ paliwowy silnika z systemem EVAP przedstawiono na rysunku 1.18.



Rys. 1.18. Budowa układu paliwowego silnika z systemem EVAP [26]

Układ paliwowy silnika

1. Filtr – pochłaniacz par paliwa
2. Czujnik tlenu w układzie regulacji składu mieszanki
3. Czujnik tlenu monitorujący – za reaktorem
4. Reaktor katalityczny
5. Dmuchawa układu powietrza dodatkowego
6. Zawór układu powietrza dodatkowego
7. Zawór sterujący przepływem par paliwa
8. Sterownik silnika
9. Lampka kontrolna MIL
10. Złącze diagnostyczne OBD
11. Dodatkowy zawór układu EVAP do diagnozowania nieszczelności
12. Czujnik ciśnienia par paliwa w zbiorniku

Istnieje kilka sposobów **diagnozowania układu odprowadzania par paliwa**, które polegają na:

- Kontroli parametrów elektrycznych zaworu sterującego przepływem par paliwa.
- Analizie sygnału otrzymywanego z czujnika tlenu zamontowanego w układzie wylotowym silnika. Analiza polega na ocenie wpływu trybu pracy pochłaniacza na skład mieszanki spalanej przez silnik.
- Sprawdzaniu stopnia napełnienia pochłaniacza parami paliwa.

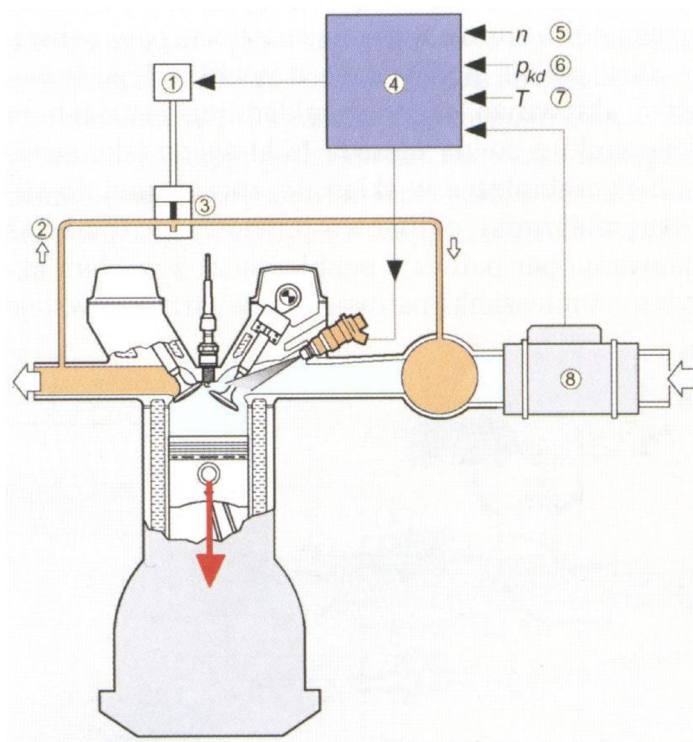
Układ recyrkulacji spalin EGR

Zadaniem układu recyrkulacji spalin (EGR) jest dostarczanie części spalin z układu wylotowego silnika z powrotem do układu dolotowego silnika [4]. Powoduje to obniżenie maksymalnych wartości temperatur występujących podczas procesu spalania, a przez to obniżenie emisji tlenków azotu (NO_x).

Objętość recyrkulowanych spalin zależy od:

- masy lub objętości powietrza zassanego przez silnik,
- temperatury cieczy chłodzącej silnik,
- kąta otwarcia przepustnicy,
- ciśnienia bezwzględnego panującego w kolektorze dolotowym lub nadciśnienia spalin w układzie wylotowym.

Budowa silnika wraz z układem EGR została przedstawiona na rysunku 1.19.



Rys. 1.19. Budowa silnika wraz z układem EGR [22]

Objętość recyrkulowanych spalin w stosunku do całej objętości doprowadzanego do silnika ładunku może wynosić:

- w silniku ZI – 15-25%
- w silniku ZS – 25-50%

Układ recyrkulacji działa wyłącznie po osiągnięciu przez silnik wymaganej temperatury (ok. 80°C), gdy pracuje on w warunkach ustalonych, w zakresie małych i średnich obciążeń.

Nie jest możliwe działanie układu EGR na biegu jałowym, nawet po osiągnięciu przez silnik wymaganej temperatury oraz podczas przyspieszania, pracy silnika pod wysokim obciążeniem a także podczas hamowania silnikiem.

Otwarty w niewłaściwej chwili zawór EGR (np. wskutek zablokowania) powoduje:

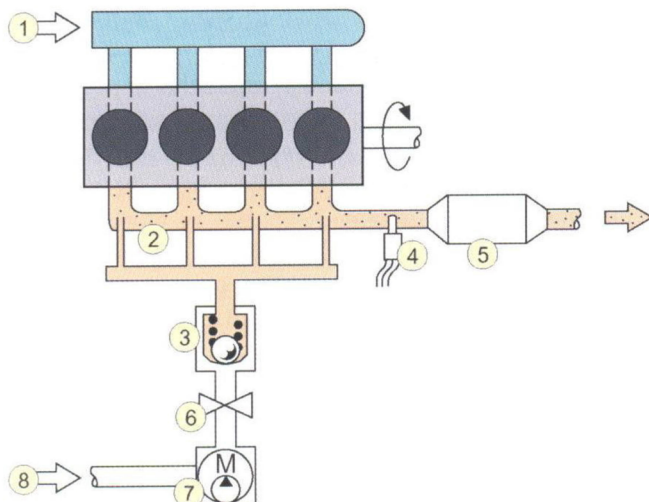
- niestabilną pracę silnika
- wypadanie zapłonów
- zwiększenie toksyczności spalin
- problemy z uruchomieniem silnika

Test monitora EGR jest aktywowany tylko przy określonych warunkach jezdnych. Podczas fazy hamowania silnikiem następuje chwilowe otwarcie zaworu recyrkulacji spalin. Jeżeli w jego następstwie wystąpi chwilowy wzrost wartości ciśnienia bezwzględnego panującego w kolektorze dolotowym, jest to wskazówka, że zawór recyrkulacji jest szczelny oraz że nastąpiło jego otwarcie. Innym sposobem sprawdzenia szczelności układu EGR jest zamontowanie w zaworze czujnika temperatury spalin. Spaliny opływają go po uniesieniu zaworu.

Układ powietrza dodatkowego

Układ powietrza dodatkowego jest włączany przez jednostkę sterującą bezpośrednio po rozruchu silnika i podczas jego nagrzewania. Świeże powietrze tłoczone przez pompę dostarczane jest do układu wylotowego silnika gdzie miesza się z pozostałościami paliwa w spalinach. Pod wpływem ciepła w układzie wylotowym następuje intensywne utlenianie tlenku węgla CO i węglowodorów HC, dzięki czemu zmniejsza się ich emisja. Zastosowanie układu powietrza dodatkowego, powoduje także przyspieszenie nagrzewania się reaktora ka-

talitycznego do normalnej temperatury pracy. W niektórych układach następuje wtrysk powietrza dodatkowego bezpośrednio do reaktora katalitycznego, przy rozruchu zimnego silnika.



Rys. 1.20. Budowa silnika wraz z układem powietrza dodatkowego [22]

1. Układ dołączania dodatkowego powietrza
2. Powietrze zasysane przez silnik
3. Włączanie dodatkowego powietrza
4. Zawór zwrotny
5. Sonda lambda
6. Konwerter katalityczny
7. Zawór odcinający dopływ dodatkowego powietrza
8. Pompa dodatkowego powietrza
9. Powietrze atmosferyczne

Zadaniem monitora układu powietrza dodatkowego jest testowanie elementów wchodzących w jego skład, pod względem poprawności funkcjonalnej, mechanicznej i elektrycznej. Kontrolą objęte jest działanie pompy powietrza oraz zaworu. Warunki które muszą być spełnione, aby uruchomić monitorowanie układu zależą od rodzaju silnika i producenta.

Procedura diagnostyczna polega na krótkotrwałym, celowym wzbogaceniu składu mieszanki, a następnie uruchomieniu układu powietrza dodatkowego. Jeżeli układ działa prawidłowo i dostarcza do spalin dodatkowe powietrze, to tlen w nim zawarty powoduje zmianę sygnału czujnika tlenu, zamontowanego przed reaktorem katalitycznym. Przebieg procedury diagnostycznej polega zatem na rejestracji sygnału z czujnika tlenu. W przypadku, gdy sygnał wykracza poza zakres wartości prawidłowych, jest rozpoznawana usterka układu powietrza dodatkowego.

Monitorowanie układu paliwowego

Monitorowanie poszczególnych elementów układu paliwowego ma na celu wykrycie ewentualnych usterek, które mogłyby zaburzyć proces regulacji składu mieszanki, prowadząc tym samym do zwiększenia emisji spalin.

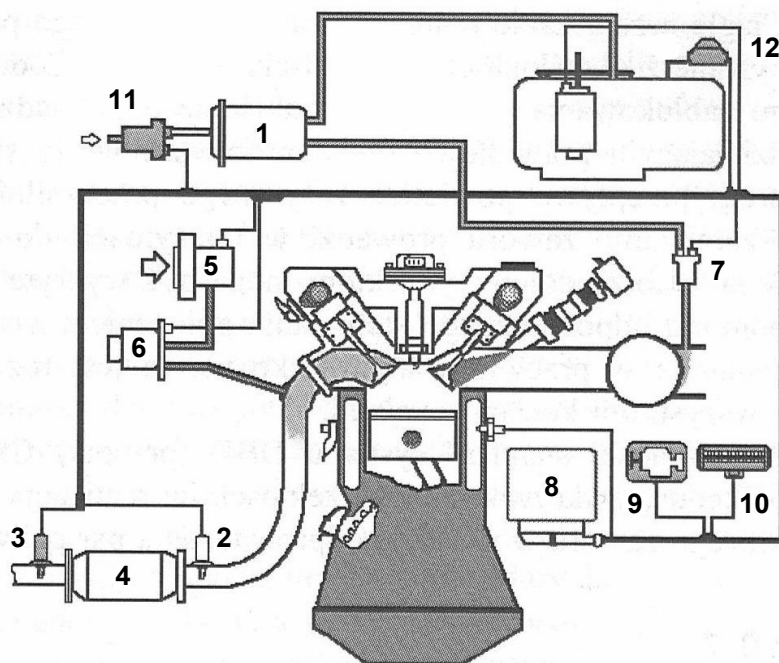
Usterki te mogą polegać na uszkodzeniu:

- regulatora ciśnienia (nieprawidłowe ciśnienie paliwa przed wtryskiwaczami)
- wtryskiwaczy (nieszczelność)
- pompy paliwa

W europejskim systemie EOBD nie przewidziano obowiązku realizacji procedur diagnostycznych, mających na celu sprawdzenie szczelności układu paliwowego. Wymagane jest jednak zastosowanie rozwiązań zapobiegających utracie korka zamykającego wlew paliwa.

Wykrywanie nieszczelności układu paliwowego stosowane jest w **amerykańskim systemie diagnostyki OBD**. Budowa silnika spalinyowego wraz z głównymi komponentami do realizacji tego testu przedstawiona została na rysunku 1.21. Procedura diagnostyczna polega na zamknięciu dodatkowego, kontrolnego zaworu 11, podczas gdy zawór sterujący przepływem par paliwa 7 pozostaje otwarty. Jeśli w czasie pracy silnika w taki sposób wysteruje się oba zawory to w całym układzie paliwowym, łącznie ze zbiornikiem paliwa wytworzy się takie samo podciśnienie jak w układzie dolotowym silnika. Następnie jest zamykany zawór sterujący przepływem 7 i za pomocą czujnika 12 mierzy się przez pewien czas ciśnienie w zbiorniku paliwa.

Nieszczelność wynosząca 0,5 mm traktowana jest jako usterka układu paliwowego.



Rys. 1.21. Budowa silnika oraz procedura wykrywania nieszczelności układu paliwowego [26]

1. Układ paliwowy silnika
2. Filtr – pochłaniacz par paliwa
3. Czujnik tlenu w układzie regulacji składu mieszanki
4. Czujnik tlenu monitorujący – za reaktorem
5. Reaktor katalityczny
6. Dmuchawa układu powietrza dodatkowego
7. Zawór układu powietrza dodatkowego
8. Zawór sterujący przepływem par paliwa
9. Sterownik silnika
10. Lampka kontrolna MIL
11. Złącze diagnostyczne OBD
12. Dodatkowy zawór układu EVAP do diagnozowania nieszczelności
13. Czujnik ciśnienia par paliwa w zbiorniku

Adaptacja układu regulacji składu mieszanki

Współczesne układy zasilania zapewniają automatyczne dostosowanie ilości wtryskiwanego paliwa do panujących warunków otoczenia i indywidualnych cech poszczególnych egzemplarzy silnika.

Zaletą takich układów jest możliwość adaptacji do warunków pracy, zmieniających się między innymi ze względu na postępujące zużycie eksploatacyjne elementów silnika. Mechanizmy autoadaptacji umożliwiają w całym zakresie prędkości i obciążeń silnika, takie dostosowanie dawki paliwa, aby uzyskać pożądany, możliwie bliski stechiometrycznemu, skład mieszanki paliwowo-powietrznej.

Proces autoadaptacji tworzą dwa mechanizmy korekcji czasu otwarcia wtryskiwaczy, skutki działania tych mechanizmów nakładają się na siebie, dając w rezultacie korektę czasu otwarcia wtryskiwacza.

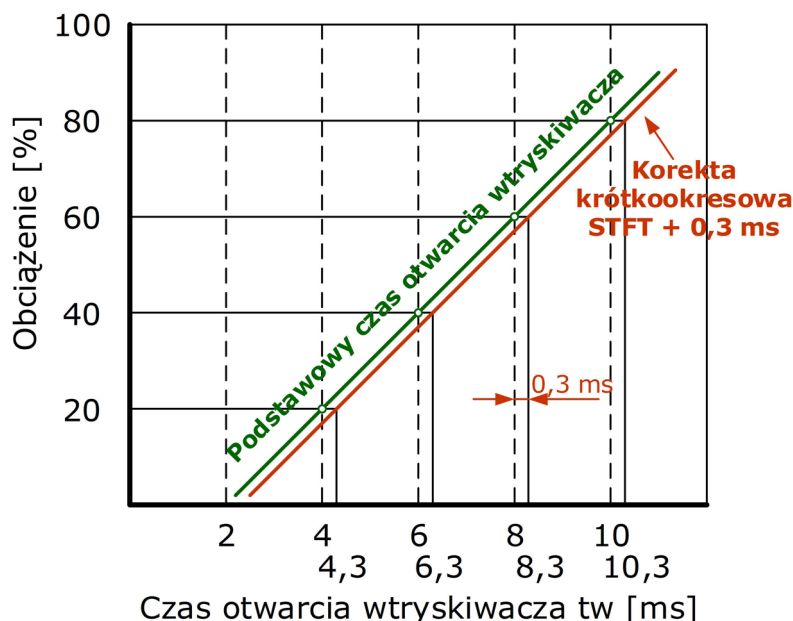
Na mechanizmy korekcji wtrysku paliwa składają się:

- STFT (Short Term Fuel Trim) – krótkookresowa korekcja dawkowania paliwa.
- LTFT (Long Term Fuel Trim) – długookresowa korekcja dawkowania paliwa.

Mechanizm korekty krótkookresowej polega na śledzeniu napięcia czujnika tlenu i wprowadzaniu takich zmian czasu otwarcia wtryskiwaczy, aby współczynnik nadmiaru powietrza osiągnął wartość $\lambda = 1$. Działanie tego mechanizmu jest szczególnie istotne dla zapewnienia prawidłowej pracy silnika i układu oczyszczania spalin w warunkach biegu jałowego i małych obciążeń.

Współczynnik korekty krótkookresowej jest wartością stałą (dodatnią lub ujemną), zawartą w pewnym z góry wyznaczonym zakresie, o którą wydłuża się lub skraca czas otwarcia wtryskiwaczy.

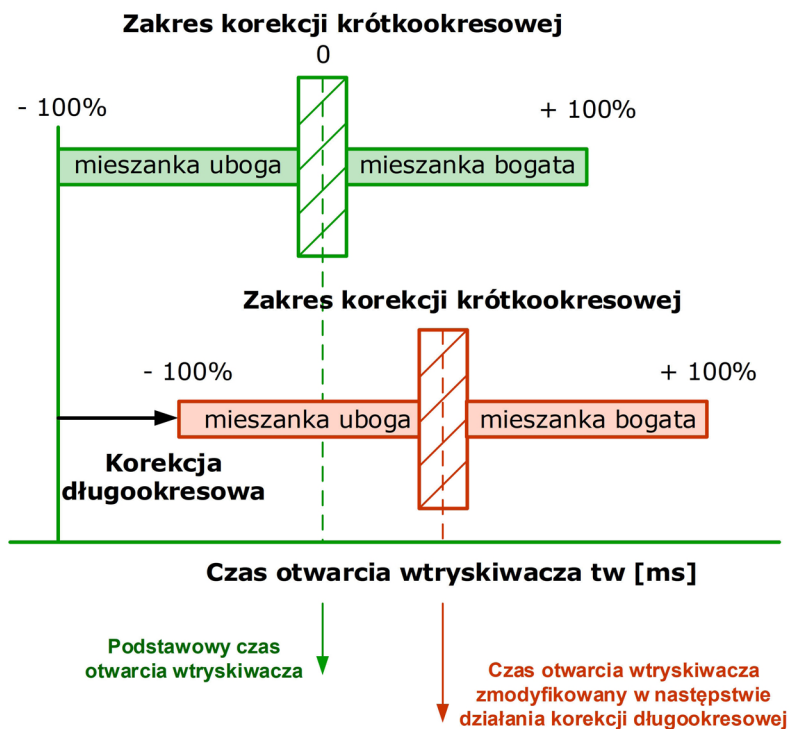
Współczynnik korekty krótkookresowej jest wyrażony w milisekundach, jego wartość podczas pracy silnika zmienia się nieustannie, co przedstawiono na rysunku 1.22.



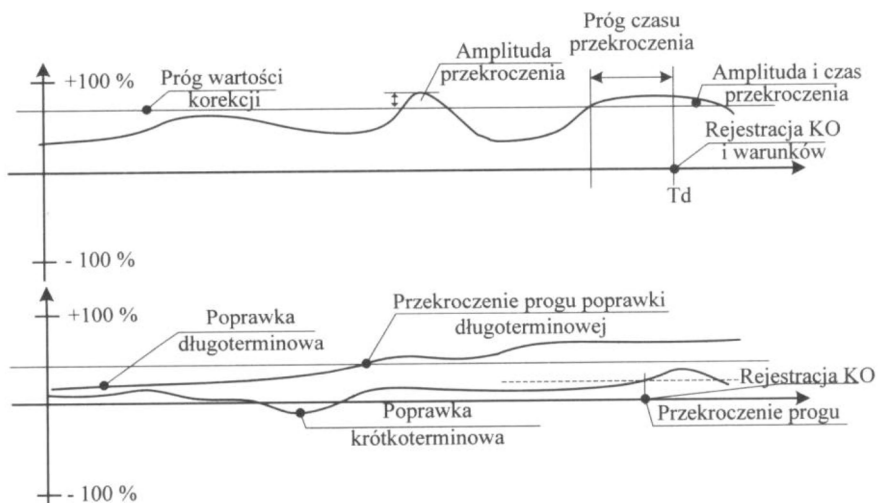
Rys. 1.22. Korekta krótkookresowa wtrysku paliwa

Korekta długookresowa wtrysku paliwa, ma decydujący wpływ na pracę silnika w pełnym zakresie prędkości obrotowych i obciążeń, z wyjątkiem biegu jałowego. Współczynnik korekty długookresowej jest wielkością bezwymiarową. Skorygowany czas otwarcia wtryskiwaczy oblicza się jako iloczyn podstawowego czasu wynikającego z mapy wtrysku oraz współczynnika korekty długookresowej. Wartość korekty długookresowej zmienia się znacznie wolniej niż w przypadku korekty krótkookresowej. Korekta długookresowa umożliwia dostosowanie dawki wtryskiwanego paliwa do indywidualnych cech każdego egzemplarza silnika.

Producent pojazdu wyznacza dopuszczalny zakres wartości współczynników korekty. Granice tego zakresu są tak dobrane, aby zapewnić prawidłowy przebieg procesu adaptacji we wszystkich normalnych warunkach pracy. Modyfikacja czasu otwarcia wtryskiwacza w oparciu o korekty krótko i długookresowe przedstawiono na rysunku 1.23 oraz 1.24.



Rys. 1.23. Zakres korekcji krótkookresowej wtrysku paliwa



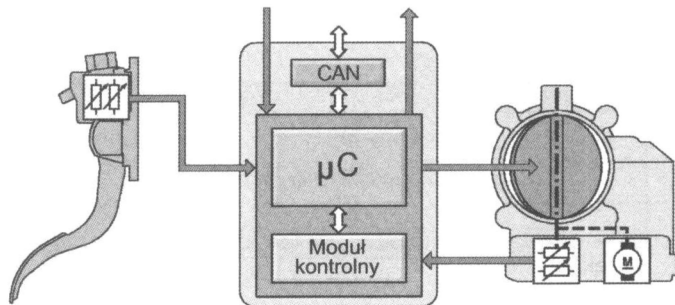
Rys. 1.24. Korekta długoterminowa wtrysku paliwa [21]

Jeżeli w wyniku działania procedury diagnostycznej OBD system stwierdzi, że osiągnięto dopuszczalny zakres korekcji dawkowania paliwa, natomiast nie doprowadziło to do uzyskania mieszanki paliwowo-powietrznej o składzie stechiometrycznym, to rozpoznawana jest usterka. Towarzyszy temu kod błędu z opisem „Mieszanka zbyt uboga” lub „Mieszanka zbyt bogata”.

Wartości współczynników korekty długookresowej są zapisywane w pamięci sterownika silnika. Istnieje możliwość odczytania zapisanych wartości korekty za pomocą testera diagnostycznego.

Monitorowanie elektronicznego pedału gazu

W najnowszych konstrukcjach silników coraz częściej zastępuje się mechaniczne połączenie (za pomocą linki) pedału przyspieszenia z przepustnicą silnika, elektronicznym pedałem gazu (rysunek 1.25). Położenie pedału przyspieszenia jest rejestrowane za pomocą czujników potencjometrycznych lub czujników Halla. Elementem wykonawczym jest siłownik elektryczny, który realizuje żądany kąt otwarcia przepustnicy. Ze względów bezpieczeństwa zawsze stosuje się podwójny układ czujników pomiarowych.



Rys. 1.25. Schemat działania elektronicznego pedału gazu [26]

W przypadku uszkodzenia siłownika sterującego kątem otwarcia przepustnicy, jest realizowany program awaryjny, polegający na tym iż przepustnica samoczynnie otwiera się o określony kąt dzięki wstępnemu napięciu sprężyny, co powoduje że silnik pracuje z podwyższoną prędkością biegu jałowego.

W układzie z elektronicznym pedałem gazu realizowane są niezależnie od działania systemu OBD, autonomiczne procedury diagno-

styczne, dzięki zastosowaniu dwóch niezależnych czujników położenia pedału. System diagnostyki pokładowej OBD może przejmować informacje o usterkach wykrytych przez niezależny od OBD system diagnostyczny i w przypadku kiedy usterka powtórzy się w dwóch kolejnych cyklach jezdnych to system sygnalizuje uszkodzenie zapalając lampkę kontrolną MIL.

W przypadku wykrycia usterki o znaczeniu krytycznym np. uszkodzenie jednego z dwóch niezależnych układów rejestracji położenia pedału przyspieszenia, układ sterowania natychmiast przechodzi w stan awaryjny.

Chwilowe położenie pedału przyspieszenia i przepustnicy są parametrami dostępnymi do odczytu w pierwszym trybie pracy skanera OBD II.

Monitorowanie działania innych układów oraz czujników

Źródłem wielu usterek w samochodzie osobowym jest też instalacja elektryczna. **Rodzaje usterek jakie mogą występować w instalacji elektrycznej pojazdu można podzielić na następujące grupy:**

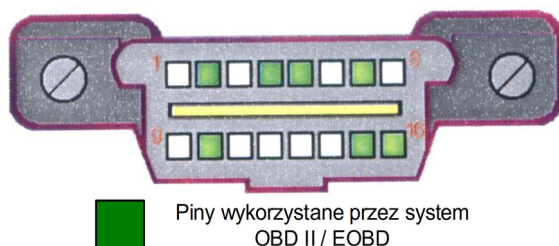
- zmiana charakterystyki sygnału wejściowego lub wyjściowego wywołana np. zwiększeniem rezystancji złączy,
- przebicie między izolowanymi przewodami,
- przerwanie obwodu,
- zwarcie do masy.

Inne układy podlegające monitorowaniu przez układ OBD:

- przepływomierz powietrza,
- ciśnienie doładowania,
- sygnał prędkości pojazdu,
- układ rozrzędu,
- czujniki położenia pedału hamulca i sprzęgła.

1.1.8. Złącze OBD

Komunikacja diagnosty z systemem OBD pojazdu odbywa się za pomocą złącza diagnostycznego przedstawionego na rysunku 1.26. Na rysunku 1.27 przedstawiono sposób wykorzystania pinów w gnieździe OBD.

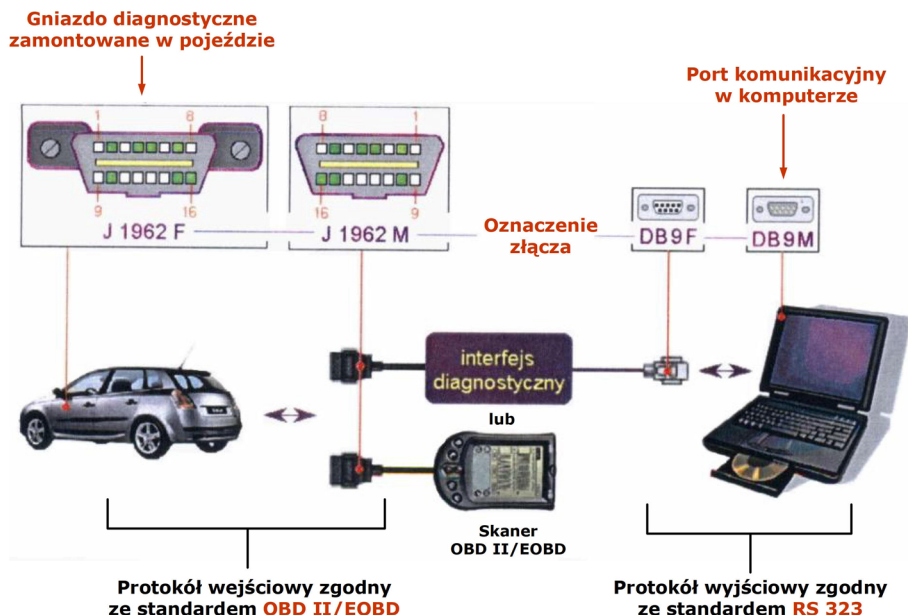


Rys. 1.26. Gniazdo diagnostyczne OBD [26]

Nr styku	Sposób wykorzystania styku	Standard protokołu transmisji danych
1	Nie używany	
2	Linia PWM + lub VPW	SAE J1850
3	Nie używany	
4	GND masa akumulatora	
5	GND masa sygnałowa	
6	Linia CAN +	ISO 11519, SAE J2284
7	Linia K	ISO 9141-2, ISO J14230-4
8	Nie używany	
9	Nie używany	
10	Linia PWM -	SAE J1850
11	Nie używany	
12	Nie używany	
13	Nie używany	
14	Linia CAN -	ISO 11519, SAE J2284
15	Linia L	ISO 9141-2, ISO J14230-4
16	+ 12V nap. akumulatora	

Rys. 1.27. Opis pinów gniazda diagnostycznego OBD II / EOBD [26]

Sposób komunikacji diagnostyki z systemem EOBD/OBD II przedstawiono na rysunku 1.27. W komunikacji wykorzystywane są różne interfejsy i skanery OBD oraz różne sposoby transmisji danych (przewodowe lub bezprzewodowe).



Rys. 1.28. Sposób komunikacji diagnosty z systemem EOBD/OBD II

1.1.9. Lampka kontrolna MIL

Wykrycie niesprawności działania jednostki napędowej sygnalizowane jest kierowcy za pomocą znormalizowanej lampki informacyjnej. Ma ona **różną interpretację graficzną** (patrz rysunek 1.29) i jest ona nazywana zazwyczaj:

- MIL (Malfunction Indicator Light)
- CEL (Check Engine Lamp)
- SES (Service Engine Soon)



Rys. 1.29. Lampka wskazująca uszkodzenie silnika

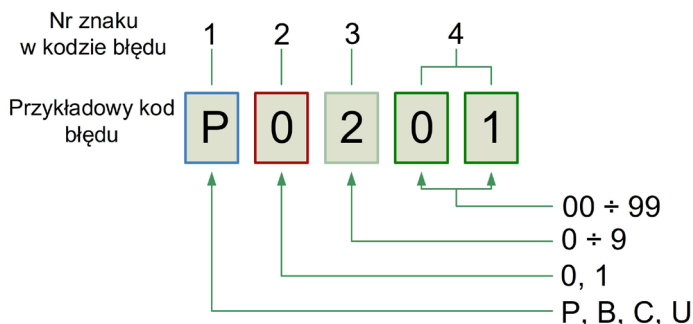
Lampka kontrolna MIL zaświeca się światłem ciągłym w przypadku gdy spełniony jest jeden z warunków:

- wystąpiła usterka jednego z elementów sterowania pracą silnika i mechanizmu przeniesienia napędu,
- jeden z elementów na skutek uszkodzenia powoduje zwiększenie emisji o 15% lub generuje nieprawidłowy sygnał,
- procesy starzenia się reaktora katalitycznego powodują zwiększenie emisji HC ponad dopuszczalną wartość,
- dochodzi do wypadania zapłonów,
- układ odprowadzania par paliwa wykazuje nieszczelność lub jest niedrożny,
- praca silnika lub skrzyni przekładniowej jest sterowana programem awaryjnym,

Lampka kontrolna MIL świeci się światłem pulsacyjnym:

- w przypadku wykrycia usterek, które mogą prowadzić do uszkodzenia reaktora,
- w przypadku wykrycia wypadania zapłonów.

Zaświeceniu lampki MIL towarzyszy obecność błędów zapisanych w pamięci Elektronicznej Jednostki Sterującej. Przykładowy kod błędu przedstawiono na rysunku 1.30. Opis kodów błędów generowanych przez system OBD przedstawiono na rysunku 1.31.



Rys. 1.30. Przykładowy kod błędu systemu OBD

Pozycja znaku w kodzie błędu	Znak	Opis
1	P	Układ napędowy „Powertrain”
	B	Nadwozie „Body”
	C	Układ jezdny „Chassis”
	U	Komunikacja sieciowa „Network”
2	0	Kod błędu zdefiniowany przez ISO/SAE
	1	Kod błędu zdefiniowany przez producenta pojazdu
3	0	Zarezerwowane dla SAE
	1	Usterka układu zasilania paliwem lub powietrzem
	2	Usterka układu zasilania paliwem lub powietrzem
	3	Usterka związana ze zjawiskiem wypadania zapłonów
	4	Usterka układu redukcji spalin
	5	Usterka układu sterowania prędkością obrotową silnika
	6	Usterka związana z układami wyjścia i wejścia ECU
	7	Usterka układu przeniesienia napędu
	8	Usterki dotyczące elementów pojazdu sterowanych elektrycznie
	9	Zarezerwowane dla SAE
4	00÷99	Źródło błędu

Rys. 1.31. Opis kodów błędów generowanych przez system OBD

System OBD zapamiętuje również podstawowe parametry pracy silnika w chwili wykrycia uszkodzenia i wygenerowania odpowiadającego mu kodu błędu. Zestaw tych parametrów jest nazywany „zamrożoną ramką”.

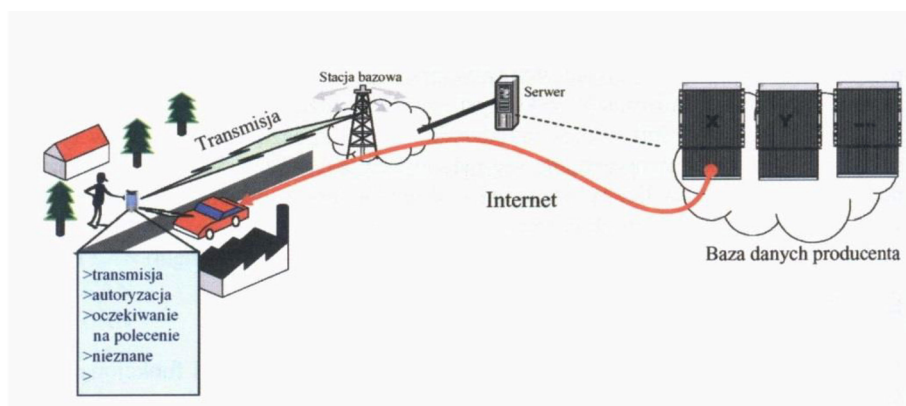
Informacje zawarte w ramce zamrożonej obejmują:

- obliczone obciążenie silnika (moment obrotowy)
- prędkość obrotową silnika
- wartość współczynników korekcji czasów otwarcia wtryskiwaczy (korekcja składu mieszanki)
- ciśnienie paliwa
- prędkość pojazdu
- temperaturę cieczy chłodzącej silnik
- ciśnienie w kolektorze dolotowym
- wartość układu regulacji składu mieszanki (sondy lambda)
- kod usterki, której wykrycie spowodowało zapamiętanie ramki zamrożonej

Dalszy rozwój systemu OBD

Rosnące wymagania stawiane pokładowym systemom diagnostycznym pod względem ograniczenia emisji toksycznych składników spalin, wymuszają rozwój tych systemów. Kolejnym pokładowym systemem diagnostycznym, który ma być rozszerzeniem OBD II będzie pokładowy system diagnostyczny OBD III. Nie są jeszcze znane wymagania normy OBD III. Głównym założeniem wprowadzenia tego systemu jest skuteczna eliminacja uszkodzonych pojazdów z ruchu oraz znaczne ułatwienie naprawy takiego pojazdu.

W systemie OBD III przewiduje się możliwość zdalnego powiadomienia odpowiednich służb o wykryciu usterki w pojeździe w przypadku kiedy kierowca nie usunął jej w określonym czasie. Pojazdy w XXI wieku są pojazdami Internetu Rzeczy i są zdolne komunikować się z kierowcą, właścicielem floty, Autoryzowanymi Stacjami Obsługi oraz między sobą. Sposób takiej komunikacji przedstawiono na rysunku 1.32.



Rys. 1.32. Dalszy rozwój systemów OBD

1.1.10. OBD w pojazdach elektrycznych i hybrydowych

System diagnostyki OBD (ang. On-Board Diagnostic) ma za zadanie monitorować działanie systemów pokładowych pojazdów. Wynika to przede wszystkim z zapewnienia bezpieczeństwa ruchu pojazdu a także ograniczenia emisji spalin w pojazdach z silnikiem spalinyowym. W pojazdach z silnikiem spalinyowym system OBD sprawdzał poprawne działanie układu wtryskowego silnika, sond lambda i katalizatorów. W pojazdach elektrycznych EV sprawdza działanie silnika trakcyjnego oraz systemu baterii, monitorując ich właściwe działanie. Niewłaściwe ich działanie może również prowadzić do zwiększonego zużycia energii przez pojazd elektryczny a przez to do zwiększenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Wynika to z faktu, że w Polsce, a także w innych krajach na świecie, prąd produkowany jest z węgla w elektrowniach. System OBD komunikuje się z zewnętrznym urządzeniem diagnostycznym za pomocą gniazda OBD. Jego położenie jest różne w różnych pojazdach. Na rysunkach 1.33 i 1.34 przedstawiono umiejscowienie gniazda OBD w dwóch pojazdach elektrycznych marki Renault.

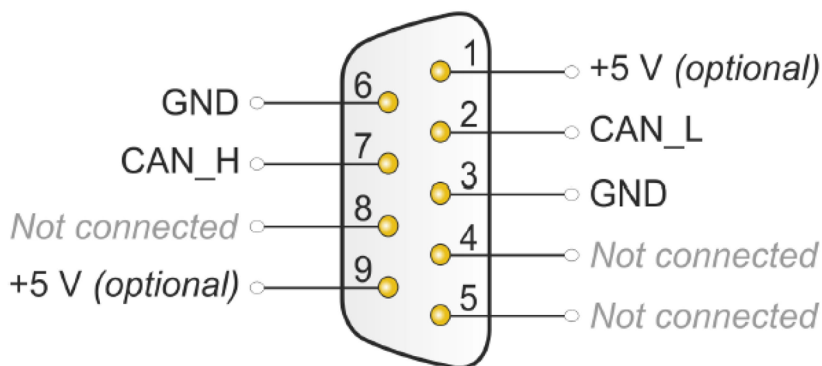


Rys. 1.33. Położenie gniazda EOBD w Renault Twizy



Rys. 1.34. Położenie gniazda EOBD w Renault Zoe

Kształt gniazda OBD wraz z opisem pinów przedstawiono na rysunku 1.36. Oprócz zasilania, możemy na im zauważyć 2 przewody transmisji CAN (CAN_H i CAN_L). Transmisja CAN jest obecnie standardem do komunikacji pomiędzy najważniejszymi komponentami pojazdu elektrycznego.



Rys. 1.35. Gniazdo OBD pojazdu elektrycznego

1.1.11. Diagnostyka zdalna

W XXI wieku coraz częściej diagnostyka może odbywać się w sposób zdalny. Jest to możliwe dzięki coraz powszechniej stosowanym metodom bezprzewodowej transmisji danych za pomocą sieci komórkowych oraz rozwiązaniom chmurowym do gromadzenia i przetwarzania danych. Rozwiązanie takie przedstawiono na rysunku 1.36.



Rys. 1.36. Diagnostyka zdalna pojazdów [46]

Firma Launch Ltd. wprowadziła na rynek nowe rozwiązanie technologiczne w zakresie diagnostyki samochodowych systemów elektronicznych – interfejs diagnostyczny Golo [46]. Interfejs jest wykonany w postaci umieszczanej w złączu diagnostycznym pojazdu wtyczki, która komunikuje się poprzez WiFi z telefonem obsługującym, wyposażonym w system Android lub iOS (rysunek 1.37). Dzięki zainstalowanej w telefonie aplikacji Golo można odczytać i skasować kody usterek systemu EOBD zapisane w pamięci sterownika.



Rys. 1.37. Diagnostyka zdalna pojazdów z wykorzystaniem interfejsu Golo [46]

Zaletą interfejsu Golo jest możliwość zdalnego (bez ograniczeń odległości) diagnozowania pojazdu z użyciem przyrządu diagnostycznego firmy Launch X-431 PRO w pełnym zakresie diagnozy systemów elektronicznych. Interfejs Golo łączy się bezprzewodowo z telefonem, a dalej z wykorzystaniem sieci internetowej z przyrządem X-431 PRO.

Rozbudowana wersja interfejsu Golo 3 z zainstalowaną kartą SIM wpięta w złącze diagnostyczne pojazdu umożliwia ponadto funkcję zdalnego monitorowania pojazdu (przebiegu trasy, czasu i prędkości jazdy oraz zużycia paliwa) przy użyciu telefonu z zainstalowaną aplikacją Golo (rysunek 1.38).



Rys. 1.38. Monitoring floty pojazdów z wykorzystaniem interfejsu Golo [46]

Każdy warsztat posiadający interfejs Golo obsługiwany może być zdalnie przez diagnostę posiadającego tester X-431 PRO. Właściciel pojazdu posiadający interfejs Golo będzie mógł poprzez odpowiednią aplikację zainstalowaną w telefonie odszukać najbliższy w okolicy warsztat zrzeszony w sieci Golo i zwrócić się do niego o pomoc w zdalnym zdiagnozowaniu uszkodzenia pojazdu i w usunięciu usterki.

Firma Launch Polska sp. z o.o. poszukuje warsztatów, które chcą przystąpić do globalnej sieci Golo. Otrzymają one preferencyjne warunki zakupu interfejsów oraz przyrządu nadrzędnego X-431 PRO. Uczestnicy projektu Golo będą mogli również wymieniać i pozyskiwać informacje techniczne na specjalnej platformie internetowej. Autor zachęca właścicieli i pracowników warsztatów samochodowych do otwartości i korzystania z takich okazji.

1.2. Pytania testowe



1. **Skrót OBD oznacza:**
 - a. On-Board Diagnosis
 - b. On-Board Diagnostic
 - c. Only Board Diagnostic
2. **Zadaniem systemu OBD jest:**
 - a. Diagnostyka i monitoring systemów pokładowych odpowiedzialnych za emisję spalin i bezpieczeństwo
 - b. Diagnostyka i monitoring wszystkich systemów pokładowych
 - c. Diagnostyka i monitoring systemów pokładowych odpowiedzialnych za emisję spalin
3. **System OBD I został rozwinięty przez:**
 - a. Amerykanów
 - b. Europejczyków
 - c. Japończyków
4. **System EOBD obowiązuje obecnie w:**
 - a. USA
 - b. Europie
 - c. Japonii
5. **System EOBD został wprowadzony w Europie w:**
 - a. 90. XX wieku
 - b. 2000 roku dla silników benzynowych, 2003 dla Diesli
 - c. 2016 roku
6. **Tlenki azotu powstają podczas spalania mieszanek:**
 - a. Bogatych
 - b. Stechiometrycznych
 - c. Ubogich
7. **Niespalone węglowodory powstają podczas spalania mieszanek:**
 - a. Bogatych
 - b. Stechiometrycznych
 - c. Ubogich



8. **Dwutlenek węgla powstaje:**
 - a. Tylko podczas spalania mieszanek bogatych
 - b. Zawsze podczas spalania węgla
 - c. Tylko podczas spalania mieszanek bogatych
9. **Trójfunkcyjny reaktor katalityczny w pojeździe ma za zadanie:**
 - a. Dopalać HC i CO oraz redukować NO_x
 - b. Dopalać PM i CO oraz redukować NO_x
 - c. Dopalać HC i CO oraz redukować sadzę
10. **Sonda lambda jest:**
 - a. Czujnikiem całkowitego i zupełnego spalania
 - b. Czujnikiem tlenu w spalinach
 - c. Czujnikiem obecności niespalonego paliwa w spalinach
11. **Konwerter katalityczny jest klasyfikowany jako uszkodzony, jeżeli:**
 - a. Świeci się lampka MIL
 - b. przeciętna wartość współczynnika konwersji węglowodorów (HC) zmniejszy się w takim stopniu, że ich emisja przekroczy wartość dopuszczalna w normie, której wymaganiom odpowiada układ diagnostyki pokładowej danego samochodu
 - c. Świeci się kontrolka Check engine
12. **Gniazdo diagnostyczne OBD jest montowane w pojazdach:**
 - a. Zawsze po lewej stronie kierownicy
 - b. Zawsze pod kierownicą
 - c. W różnych miejscach ale zawsze w obrębie zasięgu kierowcy
13. **Dopuszczone standardy komunikacji z gniazdem OBD to:**
 - a. KWP, PWM, CAN
 - b. ISO, DIN, CAN
 - c. ISO lub SAE



- 14. Najbardziej powszechnym interfejsem diagnostycznym do komunikacji z OBD jest:**
- a. RS-232
 - b. ELM 327
 - c. RS-485
- 15. Kody usterki zaczynające się literą B dotyczą:**
- a. Nadwozia
 - b. Podwozia
 - c. Zespołu napędowego
- 16. Kody usterki zaczynające się literą P dotyczą:**
- a. Nadwozia
 - b. Podwozia
 - c. Zespołu napędowego
- 17. Czy można dokonać skasowania kodu usterki za pomocą interfejsu diagnostycznego ELM 327?**
- a. tak
 - b. nie
 - c. tylko zaawansowane i drogie testery diagnostyczne mają taką funkcję
- 18. Do monitorów bezwarunkowych systemu OBD (ciągłych) zaliczamy:**
- a. Zapobieganie parowaniu paliwa
 - b. Wypadanie zapłonów
 - c. Reaktor katalityczny
- 19. Do monitorów warunkowych systemu OBD (nieciągłych) zaliczamy:**
- a. Wypadanie zapłonów
 - b. Zasilanie paliwem
 - c. Reaktor katalityczny
- 20. Jedną z metod wykrywania zapłonów przez system OBD jest:**
- a. Analiza spalin za pomocą analizatora 5-składnikowego
 - b. Analiza chwilowej wartości prędkości kątowej wału silnika
 - c. Analiza wskazań sondy lambda



1.3. Ćwiczenia wraz z instrukcją

1.3.1. Ćwiczenie 1

Dokonaj połączenia interfejsu OBD ELM 327 z systemem OBD wybranego pojazdu w celu wyświetlenia aktualnych parametrów pracy silnika spalinowego.

Ćwiczenie wykonaj w następującej kolejności:

- Przygotuj pojazd posiadający system OBDII/EOBD
- Odnajdź gniazdo OBD w przedmiotowym pojeździe
- Dokonaj identyfikacji posiadanego interfejsu ELM 327 ze względu na rodzaj komunikacji z komputerem lub urządzeniem przenośnym (tablet, smartphone). Może to być komunikacja przewodowa (USB, RS-232) lub bezprzewodowa (wi-fi, Bluetooth)
- Dobierz odpowiedni software na komputer przenośny lub aplikację na urządzenie mobilne oraz je zainstaluj
- Włóż interfejs ELM 327 do gniazda OBD pojazdu i ustanów komunikację z software
- Wyświetl i dokonaj porównania z dostępnymi wskaźnikami w pojeździe wybranych aktualnych parametrów pracy silnika (np. RPM)

1.3.2. Ćwiczenie 2

Dokonaj połączenia interfejsu OBD ELM 327 z systemem OBD wybranego pojazdu w celu wyświetlenia i skasowania zapamiętanych kodów błędów TDC.

Ćwiczenie wykonaj w następującej kolejności:

- Przygotuj pojazd posiadający system OBDII/EOBD ze świecącą się kontrolką MIL
- Jeśli nie ma takiego pojazdu to dokonaj symulacji uszkodzenia poprzez odpięcie wtyczki wybranego czujnika lub urządzenia wykonawczego
- Odnajdź gniazdo OBD w przedmiotowym pojeździe
- Dokonaj identyfikacji posiadanego interfejsu ELM 327 ze względu na rodzaj komunikacji z komputerem lub urządzeniem przenośnym (tablet, smartphone). Może to być komunikacja przewodowa (USB, RS-232) lub bezprzewodowa (wi-fi, Bluetooth)

- Dobierz odpowiedni software na komputer przenośny lub aplikację na urządzenie mobilne oraz je zainstaluj
- Włóż interfejs ELM 327 do gniazda OBD pojazdu i ustanów komunikację z software
- Wyświetl zakładkę z kodami błędów TDC. Zapisz i dokonaj identyfikacji kodu błędu. Skasuj błąd i sprawdź czy nie pojawia się od razu ponownie.
- Dokonaj diagnozy możliwego uszkodzenia na podstawie odczytanego kodu błędu DTC



1.3.3. Ćwiczenie 3

Dokonaj połączenia interfejsu OBD ELM 327 z systemem OBD wybranego pojazdu w celu zapisania w pamięci komputera parametrów pracy silnika i pojazdu podczas wykonania krótkiej jazdy w warunkach miejskich.

Ćwiczenie wykonaj w następującej kolejności:

- Przygotuj pojazd posiadający system OBDII/EOBD ze świecącą się kontrolką MIL
- Jeśli nie ma takiego pojazdu to dokonaj symulacji uszkodzenia poprzez odpięcie wtyczki wybranego czujnika lub urządzenia wykonawczego
- Odnajdź gniazdo OBD w przedmiotowym pojeździe
- Dokonaj identyfikacji posiadanego interfejsu ELM 327 ze względu na rodzaj komunikacji z komputerem lub urządzeniem przenośnym (tablet, smartphone). Może to być komunikacja przewodowa (USB, RS-232) lub bezprzewodowa (wi-fi, Bluetooth)
- Dobierz odpowiedni software na komputer przenośny lub aplikację na urządzenie mobilne oraz je zainstaluj
- Włóż interfejs ELM 327 do gniazda OBD pojazdu i ustanów komunikację z software
- Wyświetl zakładkę z wyborem parametrów do archiwizacji w pamięci komputera. Wybierz przynajmniej 5 parametrów.
- Dokonaj krótkiej jazdy w warunkach miejskich.
- Wykonaj wykresy przebiegu w czasie zarchiwizowanych parametrów pracy silnika i pojazdu.



1.3.4. Ćwiczenie 4

Dokonaj połączenia interfejsu OBD ELM 327 z systemem OBD wybranego pojazdu w celu zapisania w pamięci komputera parametrów pracy silnika i pojazdu oraz parametrów GPS podczas wykonania krótkiej jazdy w warunkach miejskich i pozamiejskich.

Ćwiczenie wykonaj w następującej kolejności:

- Przygotuj pojazd posiadający system OBDII/EOBD ze świecącą się kontrolką MIL
- Jeśli nie ma takiego pojazdu to dokonaj symulacji uszkodzenia poprzez odpięcie wtyczki wybranego czujnika lub urządzenia wykonawczego
- Odnajdź gniazdo OBD w przedmiotowym pojeździe
- Dokonaj identyfikacji posiadanego interfejsu ELM 327 ze względu na rodzaj komunikacji z komputerem lub urządzeniem przenośnym (tablet, smartphone). Może to być komunikacja przewodowa (USB, RS-232) lub bezprzewodowa (wi-fi, Bluetooth)
- Dobierz odpowiedni software na komputer przenośny lub aplikację na urządzenie mobilne oraz je zainstaluj
- Włóż interfejs ELM 327 do gniazda OBD pojazdu i ustanów komunikację z software
- Wyświetl zakładkę z wyborem parametrów jazdy do archiwizacji w pamięci komputera. Wybierz przynajmniej 5 parametrów. Włącz zapis lokalizacji pojazdu na podstawie danych GPS.
- Dokonaj krótkiej jazdy w warunkach mieszanych (miejskich i pozamiejskich).
- Wykonaj wykresy przebiegu w czasie zarchiwizowanych parametrów pracy silnika i pojazdu.
- Wyświetl na mapie przebieg trasy pojazdu na podstawie zarchiwizowanych danych GPS.

1.3.5. Ćwiczenie 5

Dokonaj podłączenia interfejsu OBD ELM 327 z systemem OBD wybranego pojazdu w celu wyświetlenia i skasowania zapamiętanych kodów błędów TDC wraz z analizą "zamrożonej ramki."



Ćwiczenie wykonaj w następującej kolejności:

- Przygotuj pojazd posiadający system OBDII/EOBD ze świecącą się kontrolką MIL
- Jeśli nie ma takiego pojazdu to dokonaj symulacji uszkodzenia poprzez odpięcie wtyczki wybranego czujnika lub urządzenia wykonawczego
- Odnajdź gniazdo OBD w przedmiotowym pojeździe
- Dokonaj identyfikacji posiadanego interfejsu ELM 327 ze względu na rodzaj komunikacji z komputerem lub urządzeniem przenośnym (tablet, smartphone). Może to być komunikacja przewodowa (USB, RS-232) lub bezprzewodowa (wi-fi, Bluetooth)
- Dobierz odpowiedni software na komputer przenośny lub aplikację na urządzenie mobilne oraz je zainstaluj
- Włóż interfejs ELM 327 do gniazda OBD pojazdu i ustanów komunikację z software
- Wyświetl zakładkę z kodami błędów TDC. Zapisz i dokonaj identyfikacji kodu błędu.
- Sprawdź 'zamrożoną ramkę' i dokonaj jej archiwizacji.
- Skasuj błąd i sprawdź czy nie pojawia się od razu ponownie.
- Dokonaj diagnozy możliwego uszkodzenia na podstawie odczytanego kodu błędu DTC oraz parametrów zapisanych w 'zamrożonej ramce'.



2. Diagnostyka pojazdów z wykorzystaniem hamowni podwoziowej



2.1. Teoria działania hamowni podwoziowych

2.1.1. Budowa i zastosowanie hamowni podwoziowych

W dzisiejszych czasach możemy zauważyć coraz więcej warsztatów oferujących usługi realizowane za pomocą **hamowni podwoziowych**. Zakłady zajmujące się poprawianiem osiągnięć silników spalinowych, poprzez chip-tuning lub instalację „power-boxów”, coraz częściej chwalą się posiadaniem nowoczesnych hamowni. Instalatorzy systemów zasilania gazem LPG bądź CNG wykorzystują hamownie do precyzyjnej kalibracji systemów zasilania gazem pojazdów. Zakłady mechaniczne wykorzystują hamownie podwoziowe aby w kontrolowanych warunkach można było dokonać diagnostyki pojazdu w symulowanym cyklu drogowym. Czy można sobie wyobrazić w dzisiejszych czasach profesjonalny zakład budujący pojazdy do sportów motorowych bez hamowni? Czy to wyścigi na ćwierć mili, czy samochody rajdowe, czy pojazdy przygotowane do zawodów w drifcie muszą być przygotowywane na hamowni. W dzisiejszych czasach każdy profesjonalnie przygotowany samochód sportowy przechodzi takie badania.

Hamownie podwoziowe stopniowo zyskują coraz większą popularność. Są **uniwersalnym i bardzo** przydatnym narzędziem dla praktycznie każdego warsztatu. Na dodatek ich cena maleje, pojawiają się też nowe opcje finansowania (takie jak dofinansowanie z Unii Europejskiej czy możliwość leasingu producenckiego) co pozwala na ich użytkowanie coraz większej grupie docelowej. Dlatego temat ten jest dzisiaj bardziej aktualny niż kiedykolwiek.

Niniejszy rozdział ma na celu opisanie celu badań hamownianych, budowę hamowni podwoziowych a także przedstawić przebieg takiego badania oraz wytłumaczyć sposób odczytywania ich wyników.

Badania hamowniane silników spalinowych pozwalają sprawdzić parametry silnika – takie jak moment obrotowy czy moc, przy danej prędkości obrotowej silnika. Niektóre modele mierzą też stosunek masowy mieszanki paliwowo-powietrznej (AFR), ciśnienie doładowania turbosprężarki bądź kompresora oraz umożliwiają badanie analityczne spalin za pomocą dodatkowych czujników [15]. Wiele dodatkowych czujników, czy też skaner diagnostyczny podłączony

do gniazda OBD, pozwalają na jednoczesne sprawdzenie działania dodatkowych systemów np. systemu zmiennych faz rozrządu, systemu zmiennego czasu otwarcia zaworów, kąta wyprzedzenia zapłonu, adaptację mapy czasów wtrysku względem odczytów z sondy lambda oraz wiele innych. Jak widać mnogość możliwości badań na hamowni pozwala na dogłębne zdiagnozowanie stanu silnika oraz komponentów mu towarzyszących, dając szeroki wachlarz możliwości dla różnych przedsięwzięć.

Porównując **stan wzorcowy** (często podany przez producenta samochodu bądź przez producenta hamowni) do stanu faktycznego auta, można wywnioskować o stopniu zużycia danego zespołu napędowego samochodu. Pozwala to na odpowiednią diagnostykę jednostki napędowej co jest bardzo przydatne w celu naprawy pojazdu.

Badania na hamowni podwoziowej pozwalają także na modyfikacje niektórych parametrów (na przykład opóźnienie zapłonu czy edycję **mapy czasu otwarcia wtryskiwaczy** paliwowych) celem uzyskania wyższej wydajności termicznej silnika, bądź dostosowanie komputera sterującego do wprowadzonych modyfikacji (takich jak zmiana turbosprężarki czy zmodyfikowanie układu dolotowego w przypadku samochodów wolnossących). Wówczas badania takie pozwalają na symulację warunków drogowych przy ograniczeniu losowości zmiennych, takich jak temperatura powietrza, niewystarczająca powtarzalność cykli jazdy czy rodzaj i opory nawierzchni. Dzięki tym zaletom rola hamowni podwoziowych jest nieoceniona w sportach motorowych, gdzie każda zmiana w układzie napędowym samochodu powinna być uwzględniona w celu zwiększenia osiągnięć finalnych.

Hamownie są też coraz częściej używane w zakładach montujących instalacje zasilania silnika gazem ciekłym (LPG) bądź instalacje zasilania sprężonym gazem ziemnym (CNG) [17]. Pozwalają one na kalibrację systemu w ten sposób, aby uzyskać odpowiedni współczynnik nadmiaru powietrza λ . Dzięki temu spalanie jest najbardziej efektywne, ekonomiczne, bezpieczne dla komponentów silnika oraz cechuje się niską emisją toksycznych spalin do atmosfery. Z tego względu profesjonalne zakłady montażu gazu dokonują zakupu hamowni silnikowych.

Stopniowo coraz więcej także ośrodków badawczych decyduje się na zakup takiego urządzenia [14]. Czy są to ośrodki usprawnia-

jące konstrukcje pojazdów, w celu badań innowacyjnych rozwiązań, czy niezależne ośrodki badające specyfikacje samochodu (takie jak średnie spalanie, moc czy moment pojazdu) dla przyszłych konsumentów, badania na hamowni są zazwyczaj podstawą do przedstawienia ważnego dokumentu potwierdzającego bądź obalającego postawione tezy. Dzięki nim możemy też się dowiedzieć czy deklarowane przez producenta średnie zużycie paliwa w cyklu miejskim wynoszące 10 litrów na 100 km dla trzylitrowego, turbodoładowanego silnika benzynowego możliwe jest do uzyskania w rzeczywistych warunkach.

Jak widać badania na hamowni są dziś nieodłączną częścią przemysłu motoryzacyjnego, niezastąpionym narzędziem, spotykanym w coraz to większej ilości miejsc. Rola tych urządzeń jest różna. Pozaawansz od narzędzia mechanika, po wykrywacz kłamstw producentów. Dlatego tak istotne jest zrozumienie zasady działania hamowni, co takie urządzenie potrafi zmierzyć i jakie informacje jesteśmy w stanie dzięki niemu otrzymać [3].

Hamownie jednoosiowe

Hamownie jednoosiowe to urządzenia mierzące moment obrotowy tylko na jednej osi pojazdu. Pozwalają one na badania tylko i wyłącznie pojazdów przednionapędowych oraz tylnonapędowych. Pomiar momentu w samochodach z napędem na dwie osie jest także możliwy. Najczęściej jednak wymaga to ingerencji w układ napędowy bądź ingerencji w układ elektryczny pojazdu. Na przykład dla samochodów wyposażonych w system Haldex zazwyczaj konieczne jest odpięcie wtyczki zasilania zaworu hydraulicznego sterującego sprzęgłem dołączającym napęd na drugą oś, natomiast w wypadku samochodów z napędem załączanym mechanicznie konieczne jest najczęściej odłączenie wału napędowego prowadzącego do tylnego mechanizmu różnicowego.

Czasami jednak badanie samochodów z napędem na dwie osie na hamowni jednoosiowej przysparza wiele problemów. Przy odłączonym napędzie drugiej osi system kontroli trakcji, w zależności od konstrukcji, potrafi ograniczyć moment obrotowy silnika bądź aktywować hamulce w celu uniknięcia uślizgu kół. Przekłada się to na zaniżony wynik pomiaru. Problem można obejść odłączając zupełnie moduł ABS. Powoduje to jednak powstanie kodów błędów w jednostce sterowania silnikiem, których usunięcie wymaga dodatkowych czynności serwisowych.

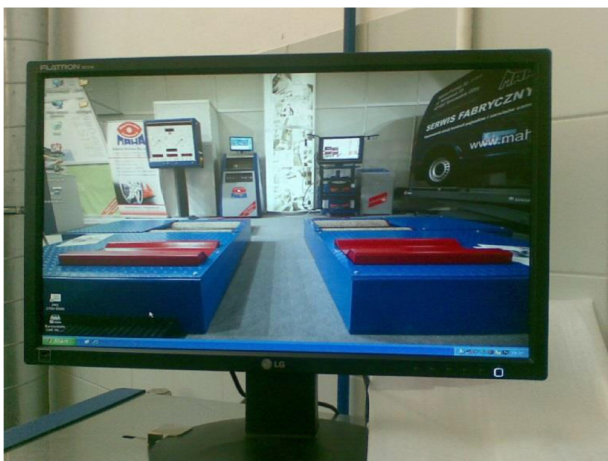
Wygląd hamowni jednoosiowej przedstawiono na rysunku 2.1.



Rys. 2.1. Hamownia najazdowa jednoosiowa firmy Maha

Hamownie dwuosiowe

Hamownie dwuosiowe pozwalają na badania samochodów zarówno z napędem na jedną, jak i na dwie osie. Przykład takiej hamowni przedstawiono na rysunku 2.2. Wśród tych konstrukcji zazwyczaj możemy wyróżnić dwa typy hamowni – z synchronizacją prędkości obrotowej obu osi, bądź bez niej.



Rys. 2.2. Hamownia najazdowa dwuosiowa firmy Maha

Synchronizacja ma za zadanie wyrównywać prędkości obrotowe przednich i tylnych rolek dla zapewnienia realistycznych warunków drogowych dla samochodu w celu uniknięcia pojawienia się kodów błędów wynikających z długotrwałej różnicy w odczytach czujników systemu kontroli trakcji. Pozwala to na pełny i dokładny pomiar parametrów silnika bez ryzyka wprowadzenia go w tryb awaryjny, co najczęściej powoduje obniżenie jego mocy przez elektroniczną jednostkę sterującą. To daje zaś niepełny oraz niewiarygodny wynik pomiarów.

Synchronizacja osi, o ile jest na wyposażeniu hamowni, jest zaimplementowana na różne sposoby. Hamownie firmy V-Tech czy Mustang Dynos są na przykład wyposażone w napęd pasowy łączący obie rolki hamowni. Takie mechaniczne połączenie cechuje się dokładnym wyrównaniem prędkości obrotowej, co przekłada się na mniejsze ryzyko wystąpienia błędu systemu kontroli trakcji.

Konstrukcje producentów takich jak Maha są wyposażone w silniki elektryczne, mające za zadanie nadanie prędkości obrotowej drugiemu zestawowi rolek. Niestety przy wyższej prędkości obrotowej bądź przez wyższy moment obrotowy rotującej masy rolki, silniki te nie są w stanie zniwelować różnicy prędkości dwóch osi w przypadku samochodów sportowych czy wyczynowych o dużej mocy silnika.

Czasami produkty firmy Maha cechują się synchronizacją rolek za pomocą przekładni hydrokinetycznych. Ta jednak cechuje się nieliniowymi stratami energii oleju napędowego. Mają na to wpływ: temperatura oleju, średnica przewodów hydraulicznych, zjawisko kawitacji oleju a także często niedokładne pomiary viskozyczności użytego w przekładni oleju hydraulicznego. Przez nakładanie się niepewności pomiarowych tych czynników, wyznaczenie parametru straty energii w takim rozwiązaniu jest często wysoce niedokładne. Wpływa to na zwiększenie błędu pomiarowego przy badaniach silnika.

Hamownie bezwładnościowe (inercyjne)

W hamowniach bezwładnościowych, zwanych też inercyjnymi, obciążenie silnika jest realizowane przede wszystkim za pomocą masy rolek. Dodatkowe obciążenie pochodzi jeszcze od oporów toczenia kół na rolkach a także od oporów mechanizmu napędowego.

Pomiar taki polega na rozpędzeniu rolek hamowni za pomocą silnika. Podczas rozpędzania mierzony jest moment i moc układu napędowego. Następnie występuje wysprzęglenie układu napędowego i swo-

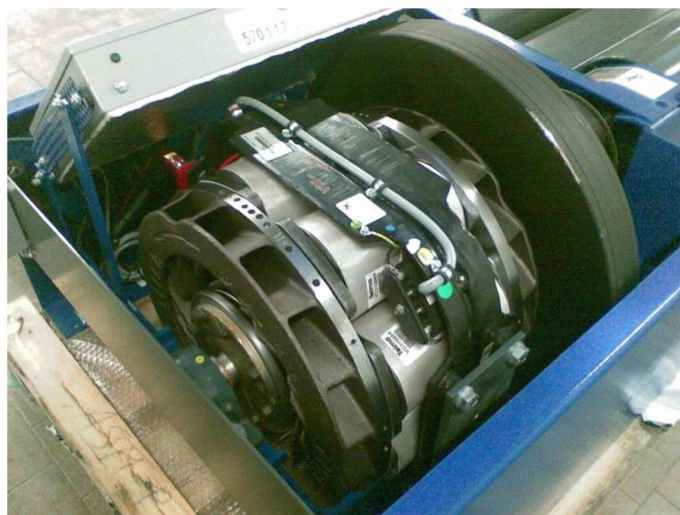
bodne wyhamowanie rolek w celu zmierzenia mocy i momentu strat. Po zsumowaniu tych wartości otrzymuje się moc i moment silnika.

Zaletami takiego rozwiązania są:

- Dokładność pomiaru – ponieważ tensometr hamulca oraz ograniczenia sterowalności hamulca i jego termika pogarszają dokładność przy pomiarze obciążeniowym.
- Większe bezpieczeństwo silnika, gdyż sam silnik jest obciążany przez krótszy czas.
- Brak wymagania kosztownych układów chłodzenia auta, gdyż krótsze obciążenie silnika zapobiega nadmiernej kumulacji ciepła w komorze silnika.

Hamownie elektrowirowe

Hamownie elektrowirowe posiadają jeden lub więcej silników elektrowirowych. Mają one za zadanie generować moment przeciwny do momentu napędowego wytwarzanego przez koła napędowe pojazdu. Hamulce elektrowirowe mogą również napędzać rolki a przez nie koła pojazdu stojącego na rolkach. Widok hamulca elektrowirowego w hamowni firmy Maha przedstawiono na rysunku 2.3.



Rys. 2.3. Hamulec elektrowirowy w hamowni firmy Maha

2.1.2. Pomiar mocy i momentu silnika na hamowni podwoziowej

Pomiar mocy i momentu silnika na hamowni podwoziowej następuje przy optymalnych warunkach pracy silnika. To znaczy przy odpowiedniej temperaturze oleju oraz cieczy chłodzącej. Oznacza to, że przed rozpoczęciem badań należy pozwolić silnikowi pracować przez kilkadziesiąt minut w celu osiągnięcia nominalnej temperatury pracy. Pozwoli to na uzyskanie odpowiednich pasowań i luzów a także gwarantuje odpowiednie smarowanie elementów ruchomych silnika takich jak pierścienie tłoka, panewki silnika czy sworznie tłoka. Obniża to też ryzyko uszkodzenia głowicy silnika. Dzięki równomiernemu rozgrzaniu głowicy nie następują naprężenia związane z różnicą temperatur co niweluje możliwość permanentnego zdeformowania płaszczyzny odpowiadającej za uszczelnienie komory spalania, powodując spadek ciśnienia sprężania, co wiąże się z jego uszkodzeniem i kwalifikuje go do remontu.

Następnie pojazd jest wprowadzany na urządzenie badawcze tak, aby napędzane osie stały na rolkach hamowni. Jeśli jest to hamownia jednoosiowa, a badany jest pojazdem z napędem na cztery koła, wykonywane zostają czynności konieczne do odłączenia drugiej osi, tak jak opisane to zostało wcześniej.

Potem podnoszone są rolki hamowni w ten sposób, aby spoczęły na nich koła samochodu. Wykorzystywane do tego są układy pneumatyczne bądź hydrauliczne, sterowane za pomocą komputera, bądź za pomocą standardowego zaworu sterowanego manualnie.

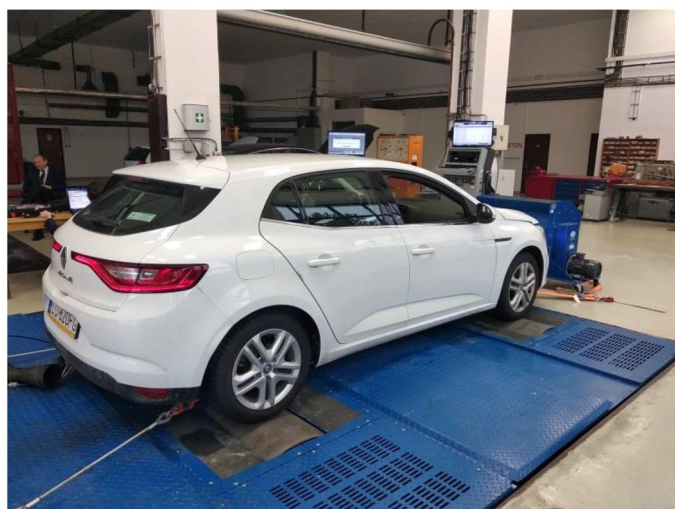
Kolejną wykonywaną czynnością jest utwierdzenie pojazdu w ten sposób, aby nie poruszał się względem urządzenia pomiarowego podczas badania. Jest to konieczne ze względu na bezpieczeństwo a także na miarodajność badania. Ruch samochodu jest zazwyczaj ograniczany pasami przytwierdzającymi go do konstrukcji otaczającej hamownię. Dodatkowo, aby zachować stałą trakcję kół pojazdu z rolkami hamowni, wykorzystuje się pasy łączące podwozie pojazdu z podłożem hamowni. Ma to na celu przyłożenie siły dociskającej pojazd do podłoża, która pozwala na zwiększenie siły tarcia pomiędzy kołem a rolkami. Zmniejsza się w ten sposób ryzyko poślizgu kół. Poślizg kół jest zjawiskiem niepożądanym, gdyż powoduje otrzymanie niepoprawnych wyników badań. W trakcie poślizgu nie cały moment obrotowy

silnika jest przekazany na urządzenie pomiarowe. Powoduje ponadto aktywację systemu kontroli trakcji, która jeszcze bardziej zwiększa błąd pomiarowy, czyniąc niejednokrotnie badanie bezużytecznym.

Następnie, opcjonalnie po podłączeniu komputera diagnostycznego, wykonywanych jest kilka przejazdów próbnych bez maksymalnego obciążania silnika. Mają one na celu upewnienie się czy zachowane są wszystkie środki bezpieczeństwa, a także sprawdzenie poprawności działania silnika i układów mu towarzyszących.

Przykład pomiaru i porównania osiągnięć silnika na hamowni

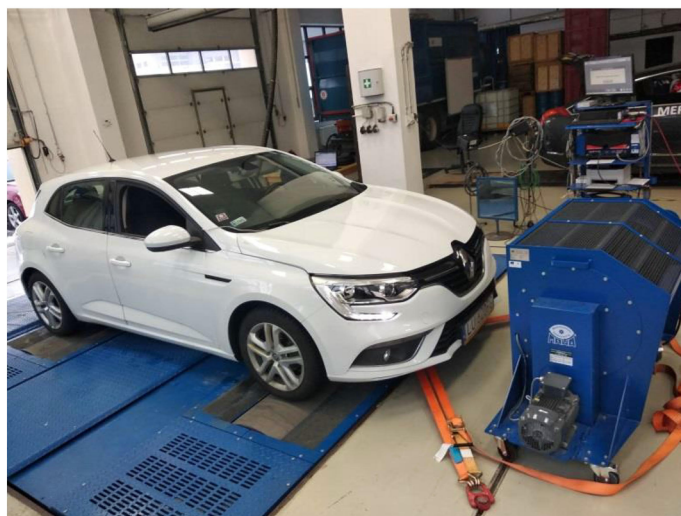
Wykorzystywana w przedmiotowych badaniach hamownia podwoziowa firmy Maha była typem dwuosiowej hamowni podwoziowej z hamulcami elektrowirowymi na dwóch osiach. Hamownia znajduje się na Uniwersytecie w Żylinie na Słowacji. Hamulce elektrowirowe są zdolne nie tylko hamować ale także napędzać obydwie osie. Wygląd hamowni przedstawiono na rysunku 2.4. Jest to jeden z najnowszych i najbardziej zaawansowanych produktów tej niemieckiej firmy. Po najeździe na rolki pojazd został przymocowany do podłogi za pomocą stalowych lin i pasów mocujących. Podczas jazdy na hamowni w badanym pojeździe musi być zdezaktywowany system ABS i ASR. Robi się to za pomocą wyjęcia bezpiecznika odpowiedzialnego za te systemy. Alternatywą jest napędzenie tylnej osi za pomocą hamulca elektrowirowego do tej samej prędkości co oś przednia - napędzana.



Rys. 2.4. Hamownia dwuosiowa firmy Maha

Badanym pojazdem był Renault Megane IV wyprodukowany w 2017 roku z silnikiem 1,6 SCS o mocy 115 KM. Pojazd wyprodukowany w tym roku musi spełniać normy emisji spalin Euro 6. Okazuje się, że pojazd posiada silnik z wtryskiem pośrednim benzyny do kolektora dolotowego. Czyli nie tylko silniki benzynowe z bezpośrednim wtryskiem benzyny są w stanie spełniać najnowsze i najsurowsze normy obowiązujące w Europie. Dzięki zasilaniu wtryskiem pośrednim benzyny do kolektora dolotowego pojazd mógł bez problemu zostać przekonwertowany na zasilanie LPG. Pojazd przejechał 26 000 km na benzynie i właściciel zdecydował się na jego konwersję na LPG w celu obniżenia kosztów eksploatacji. Po konwersji pojazd pokonał już prawie 40 000 km na zasilaniu LPG.

Po zamocowaniu pojazdu na hamowni konieczne jest ustawienie przed pojazdem wentylatora chłodzącego, jak to przedstawiono na rysunku 2.6. Wymusza on duży strumień powietrza przepływający przez chłodnicę silnika zastępujący strumień powietrza przepływający podczas normalnej jazdy. Strumień powietrza wytwarzany za pomocą wentylatora pokładowego pojazdu jest za mały, zwłaszcza podczas jazdy z dużym obciążeniem.

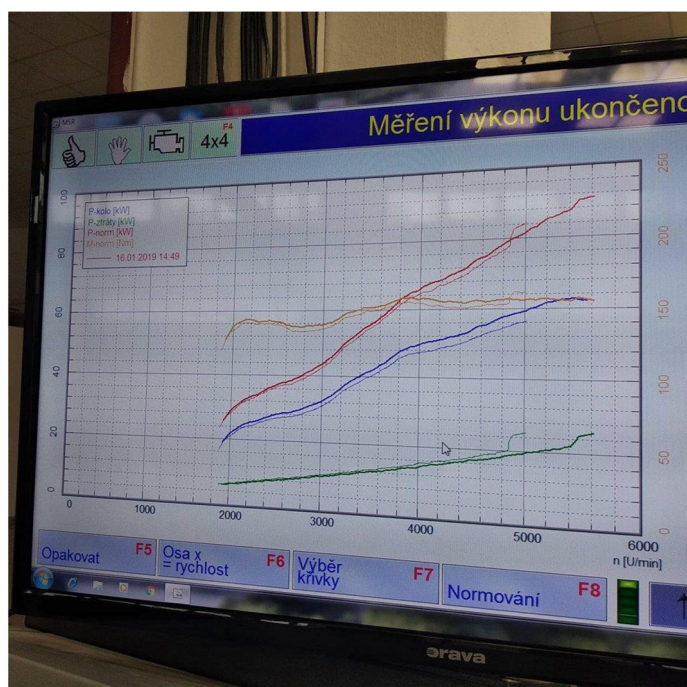


Rys. 2.5. Pojazd Renault Megane na hamowni podwoziowej

Po nagrzananiu silnika do nominalnej temperatury pracy, przeprowadzono badania osiągow pod czas zasilania benzyną oraz na LPG i otrzymano następujące wyniki:

- Moc fabryczna na benzynie - 84 kW
- Moc zmierzona na benzynie - 85 kW
- Moc zmierzona na LPG - 80 kW

Dokładny przebieg charakterystyki mocy i momentu obrotowego silnika przedstawiono na rysunku 2.6. Widać na nich, że osiągi na LPG są odrobinę niższe niż na oryginalnym zasilaniu benzynowym. Zazwyczaj różnica ta nie jest większa niż 5% i kierujący nawet nie jest w stanie odczuć mniejszej mocy.



Rys. 2.6. Wykres hamowniany mocy i momentu silnika

2.1.3. Emisyjne testy jezdne na hamowni podwoziowej

Hamownie podwoziowe są bardzo użytecznymi urządzeniami, z wykorzystaniem których możliwe jest przeprowadzenie wielu badań mających na celu określenie sprawności silnika, całego układu

napędowego a także emisji spalin. Można na nich dokonać pomiaru mocy i momentu silnika a następnie porównać je z wartościami fabrycznymi lub między sobą. Hamownie służą także do odwzorowywania warunków jazdy na drodze, w czasie ich przeprowadzania w spokojnych warunkach laboratoryjnych. Takie badania obejmują realizację standaryzowanych cykli jezdnych, podczas których można dokonywać i porównywać między sobą dane dotyczące emisji spalin oraz zużycia paliwa. Przeprowadzanie takich badań wynika z regulacji na poziomie Europy jak i całego świata. Zaliczamy do nich przede wszystkim Regulaminy Europejskiej Komisji Gospodarczej przy Organizacji Narodów Zjednoczonych tzw. Regulaminy EKG ONZ.

Przedstawione w przedmiotowym rozdziale badania, zostały wykonane przez autora i stanowiły badania prehomologacyjne, dzięki którym możliwe było uzyskanie homologacji i wprowadzenie na rynek innowacyjnych i ekologicznych systemów sekwencyjnego wtrysku gazu LPG do najnowszych pojazdów Euro 4, 5 i 6. Hamownie podwoziowe zostały wykorzystywane zarówno podczas badań prehomologacyjnych jak i oficjalnych badań homologacyjnych, przeprowadzanych w Instytucie Transportu Samochodowego w Warszawie.

Celem badań prehomologacyjnych jest zatem przygotowanie pojazdów macierzystych do właściwych badań homologacyjnych zgodnych z Regulaminem 115 EKG ONZ [25]. Według tego regulaminu każda rodzina pojazdów musi być reprezentowana przez dwa pojazdy macierzyste: jeden o małej mocy przypadającej na cylinder a drugi zaś o dużej mocy cylindrowej. Rodziny pojazdów, w myśl tego regulaminu, obejmują pojazdy produkowane przez jednego wytwórcę, ale mogą być do niej dołączone pojazdy wytwarzane przez innego producenta jeżeli wykorzystują one ten sam typ silnika i taką samą strategię emisji. Przykładem takiej rodziny może być grupa Fiata, w której skład dodatkowo wchodzi Alfa Romeo i Lancia. Spełnienie wymogów homologacyjnych przez dwa pojazdy macierzyste umożliwia otrzymanie odpowiednich świadectw homologacji, które pozwalają na montaż systemów w całej gamie pojazdów danej rodziny. Ze względu na powyższe wymogi istnieje konieczność dostosowania parametrów algorytmu, sterującego wtryskiem gazu do pojazdów danej rodziny, w celu uzyskania jak najmniejszej emisji zanieczyszczeń do atmosfery i odpowiedniej mocy silnika.

Celem przedstawionych badań było przygotowanie pojazdu Euro 5 z pośrednim wtryskiem benzyny, zasilanego LPG, do badań homologacyjnych zgodnych z regulaminem R115. Badania dotyczą pojazdu macierzystego Ford Focus 1,6 z silnikiem Duratec 1,6 Euro 5 (77 kW) będącego reprezentantem rodziny pojazdów Ford w rozumieniu wspomnianego regulaminu.

Zastosowane narzędzia badawcze

Badany pojazd znajdujący się na hamownianym stanowisku przedstawiono na rysunku 2.7. W skład stanowiska wchodzi następujące urządzenia badawcze i pomiarowe:

- hamownia podwoziowa,
- analizator spalin,
- przyrządy, oprogramowanie i czujniki badawcze.

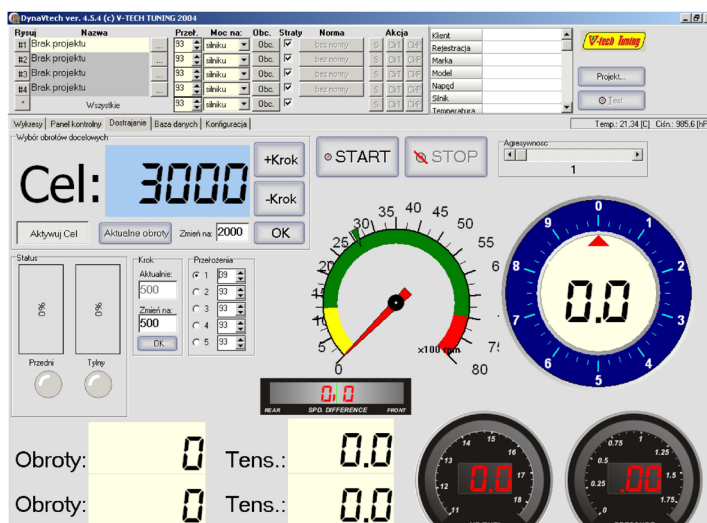


Rys. 2.7. Obiekt badań znajdujący się na hamownianym stanowisku badawczym

Hamownia podwoziowa

Badania pojazdów odbywają się na hamowni podwoziowej, na której odwzorowuje się warunki ruchu związane ze współpracą kół napędowych z nawierzchnią drogi, oraz z oporami jazdy. W badaniach została wykorzystana hamownia podwoziowa firmy V-Tech. Jest to hamownia jednoosiowa z hamulcem elektrowirowym. Obciążenie silnika realizowane jest za pośrednictwem: hamulca elektrowirowego, masy rolek, oporów toczenia oraz oporów mechanizmu napędowego. Podczas badań używano dwóch trybów pracy:

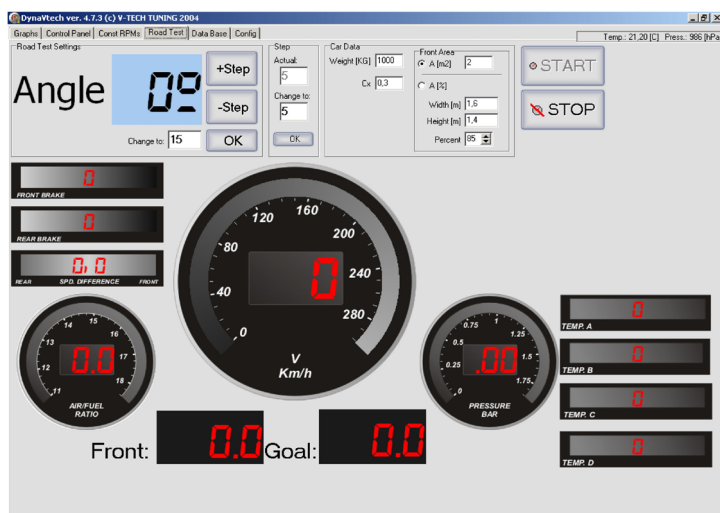
- **Dostrajanie**, który umożliwia hamowanie obciążeniowe z zapewnieniem stałej prędkości obrotowej silnika, pojazdu znajdującego się na rolkach hamowni. Tryb ten jest wykorzystywany do kalibracji systemu wtrysku gazu i polega na tym, że hamulec zapewnia utrzymanie zadanej prędkości obrotowej niezależnie od obciążenia silnika. Pomiar obciążeniowy przy stałych obrotach polega na zrównoważeniu siły napędowej auta hamulcem elektrowirowym i zmierzeniu momentu napędowego za pomocą tensometrów. Obciążenie silnika realizowane jest za pośrednictwem: hamulca elektrowirowego i masy rolek, oporów toczenia oraz oporów mechanizmu napędowego. Do obsługi hamowni wykorzystywano program DynaV-Tech (rysunek 2.8).



Rys. 2.8. Okno programu DynaV-Tech, tryb pracy hamowanie obciążeniowe ze stałą prędkością

- **Cykl jezdny (Road test)**, który umożliwia hamowanie obciążeniowe z symulacją oporów powietrza, oporów toczenia i oporów bezwładności pojazdu co stanowi odwzorowanie rzeczywistych oporów ruchu występujących na drodze. Moduł ten jest wynikiem współpracy firmy D.T. Gas System z producentem hamowni firmą V-Tech. W myśl Regulaminu 83 EKG ONZ hamownia wyposażona w taki moduł stanowi tzw. hamownię podwoziową ze stałą krzywą oporów i po przeprowadzeniu odpowiedniego wzorcowania może

być użyta do realizacji testów jezdnych NEDC. Na przedstawionym na rysunku 2.9 oknie programu widnieją pola, w których wpisuje się m.in. masę pojazdu, współczynnik oporów powietrza, pole powierzchni czołowej pojazdu. Wpisując odpowiednie wartości tych parametrów dokonuje się wzorcowania hamowni podwoziowej.



Rys. 2.9. Okno programu DynaV-Tech, tryb pracy
- hamowanie obciążeniowe z symulacją oporów jazdy

Analizator spalin

Analizator spalin jest niezbędnym urządzeniem diagnostycznym służącym do oceny poprawności przebiegu procesu spalania w silniku. Od analizatora wymagana była praca w trybie ciągłym, dlatego konieczne było jego wyposażenie w wysokotemperaturową sondę poboru spalin. Opracowanie systemu ciągłej rejestracji składników toksycznych spalin zostało oparte na dostępnym diagnostycznym analizatorze spalin MAHA MGT 5. W celu rejestracji chwilowych wartości poszczególnych składników emisji został opracowany program OCR, który z częstotliwością próbkowania wynoszącą 10 Hz zapisywał do pliku wartości emisji CO (tlenku węgla), HC (węglowodorów) i NOx (tlenków azotu). Do obsługi analizatora spalin wykorzystano jego fabryczne oprogramowanie Eurosystem V6.05.004a (rysunek 2.10).



Rys. 2.10. Okno programu Eurosystem V6.05.004a

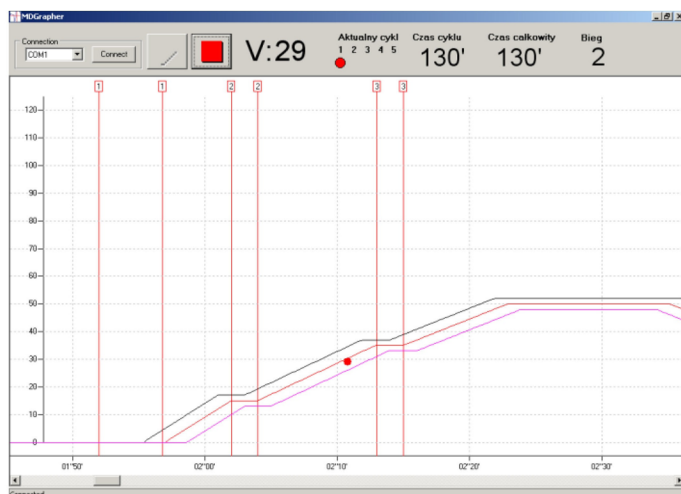
Wskazania współczynnika nadmiaru powietrza (Lambda) pozwalają na precyzyjne określenie strategii pracy układu paliwowego. Wartości Lambda ≈ 1 wskazują na pracę ze składem stechiometrycznym. Za pomocą wskazań pięcioskładnikowego analizatora diagnostycznego możliwe jest również określenie z dużym prawdopodobieństwem czy pojazd spełnia aktualne normy emisji spalin (Euro 4, Euro 5 czy Euro 6).

System nadzorczy testu NEDC

System nadzorczy testu NEDC o nazwie GRAPHER ECE (rysunek 2.11) służy do zadawania odpowiedniej prędkości pojazdu. Jest to napisany w języku C++ software wyświetlający na ekranie monitora żadaną wartość prędkości pojazdu (linia czerwona), odchyłkę górną (linia granatowa), odchyłkę dolną (linia różowa), prędkość rzeczywistą pojazdu (czerwony punkt) a także momenty wysprzęgleń i zmian biegów. Dodatkowo na ekranie jest wyświetlany aktualnie realizowany cykl jezdny i czas jego trwania, oraz czas całkowity testu. System ten został zrealizowany zgodnie ze wszystkimi wytycznymi zawartymi w Regulaminie nr 83.

Rzeczywista prędkość badanego pojazdu jest określana na podstawie prędkości obrotowej rolek, która jest mierzona za pomocą czujnika magnetoindukcyjnego (typ KMI15/1) współpracującego

z kołem zębatym zamontowanym na osi rolki. Sygnał ten jest następnie przetwarzany i przekazywany do programu GRAPHER ECE.



Rys. 2.11. Okno programu grapher ECE

Przyrządy, oprogramowanie i czujniki badawcze

Do przeprowadzenia wnikliwej analizy poprawności pracy silnika przy zasilaniu paliwem oryginalnym jak i paliwem alternatywnym, konieczna była obserwacja wielu parametrów pracy poszczególnych jego układów. Zadanie takie wiązało się z koniecznością podglądu parametrów pracy silnika, dostępnych za pomocą złącza diagnostyki pokładowej OBD a także doposażenia silnika w dodatkowe czujniki badawcze. Ważne jest, aby posiadać możliwość archiwizacji danych badawczych na dysku twardym komputera w celu późniejszej ich analizy off-line, by stworzyć charakterystyki bazowe elementarnych procesów silnikowych.

Komunikacja ze sterownikiem systemu wtrysku gazu odbywała się za pomocą programu GENOVA build: 4.2.90, który umożliwia odpowiednie przeprowadzenie procesu kalibracji pojazdu oraz podgląd (rysunek 2.12) i rejestrację takich parametrów systemu jak:

- prędkość obrotowa silnika,
- ciśnienie wtryskiwanego gazu,
- temperatura wtryskiwanego gazu,
- czas wtrysku benzyny,
- czas wtrysku gazu,

- temperatura ECU systemu wtrysku gazu,
- napięcie akumulatora,
- sygnał sondy lambda (bezpośrednio z czujnika lub z gniazda OBD),
- krótkoterminowa i długoterminowa korekta czasu wtrysku (z gniazda OBD),
- podciśnienie w kolektorze dolotowym (z gniazda OBD),
- ciśnienie w szynie paliwowej (z gniazda OBD),
- sygnał z czujnika położenia przepustnicy (z gniazda OBD),
- prędkość pojazdu (z gniazda OBD).

Największą zaletą tego oprogramowania (względem innych konkurencyjnych) jest możliwość obserwacji wszystkich wspomnianych parametrów w jednym oknie z wykorzystaniem czytelnych i logicznie rozmieszczonych wskaźników i okien.



Rys. 2.12. Okno PARAMETRY software gazowego

Często wykorzystywanym i bardzo pomocnym, zarówno w diagnostyce warsztatowej jak i w badaniach naukowych, jest Scantool będący darmowym programem diagnostycznym niezbędnym do przeprowadzenia diagnostyki pojazdów. Współpracuje on z interfejsem diagnostycznym OBD o nazwie MD100 produkcji D.T. Gas System.

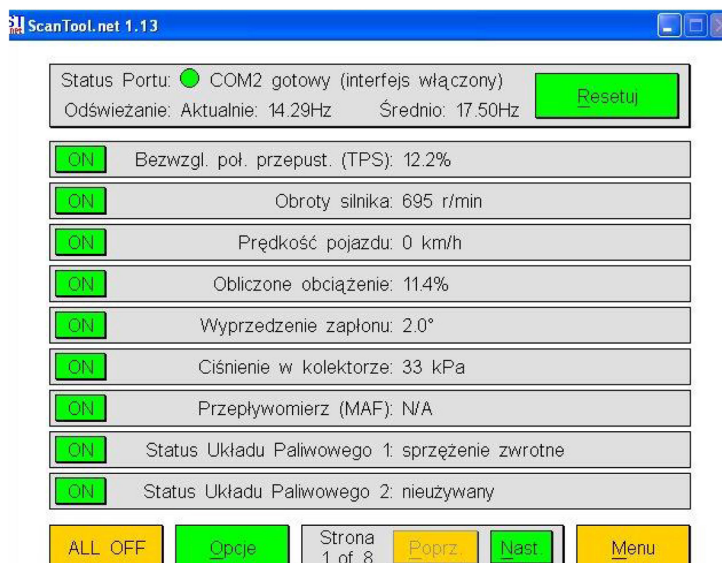
Program Scantool umożliwia:

- odczytywanie kodów błędów (DTC) standardowych oraz specyficznych,
- kasowanie kodów oraz kontrolki „check engine” (MIL).

Ponadto możliwe jest wyświetlanie informacji z czujników takich jak:

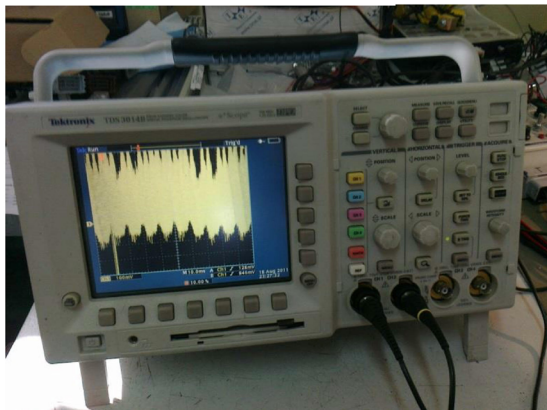
- prędkość obrotowa silnika (RPM),
- obliczone obciążenie silnika (Calculated Load Value),
- temperatura cieczy chłodzącej (Coolant Temperature),
- status układu paliwowego (Fuel System Status),
- prędkość pojazdu (Vehicle Speed),
- krótkoterminowa korekta czasu wtrysku (Short Term Fuel Trim),
- długoterminowa korekta czasu wtrysku (Long Term Fuel Trim),
- podciśnienie w kolektorze dolotowym (Intake Manifold Pressure),
- kąt wyprzedzenia zapłonu (Timing Advance),
- temperatura zasysanego powietrza (Intake Air Temperature),
- masowy przepływ powietrza - wskazanie przepływomierza (Air Flow Rate),
- położenie przepustnicy TPS (Absolute Throttle Position),
- wskazania czujnika tlenu (Oxygen sensor voltages),
- ciśnienie paliwa (Fuel Pressure),
- i inne.

Poniżej przedstawiono zrzut ekranowy programu ScanTool na którym możliwy jest odczyt wybranych parametrów pracy silnika odpowiadających prędkości biegu jałowego (rysunek 2.13).



Rys. 2.13. Okno programu ScanTool.
Wybrane parametry pracy na biegu jałowym

Urządzeniem pomiarowym oraz diagnostycznym niezbędnym w tego typu badaniach jest również oscyloskop. Autor wykorzystywał czterokanałowy oscyloskop firmy Tektronix znajdujący się na wyposażeniu warsztatu (rysunek 2.14).



Rys. 2.14. Wygląd oscyloskopu firmy Tektronix TDS 3014B

2.1.4. Podsumowanie

Prawie wszystkie kraje Unii Europejskiej (np. Niemcy, Słowacja, Hiszpania, Włochy, Węgry, Rumunia, Bułgaria) dopuszczają jedynie montaż systemów wtrysku gazu, które otrzymały homologację zgodną z Regulaminem EKG ONZ nr 115. Przepisy Regulaminu Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych nr 115 wejdą w życie zapewne w najbliższym czasie w również w Polsce. Wykonanie usługi badawczo-rozwojowej zapewniło odpowiednie przygotowanie pojazdu do pozytywnego przejścia badań homologacyjnych zgodnych z Regulaminem 115 EKG ONZ nr 115 [25]. Pozytywne badania w certyfikowanym ośrodku badawczym (np.: w ITS w Warszawie) pozwolą na uzyskanie świadectwa homologacji, poświadczającego spełnianie przez przedmiotowy system wtrysku gazu aktualnych rygorystycznych norm emisji spalin Euro 6 [18]. Świadectwo takie daje możliwość sprzedaży produktu na prawie wszystkich rynkach Unii Europejskiej. Ma także znaczenie marketingowe, potwierdzające ciągły rozwój systemów wtrysku gazu, oraz ich przystosowywanie do zasilania najnowszych ekonomicznych i nisko-emisyjnych jednostek napędowych.

W przewidzianych dla Euro 6 limitach istnieje pozorny brak zaostrzenia norm dla silników z zapłonem iskrowym w stosunku do Euro 4. Jednak zmienione współczynniki pogorszenia emisji, dla normy Euro 6, powodują obniżenie celowej wartości emisji. Oznacza to rzeczywiste zaostrzenie wymogów emisyjnych podczas oficjalnych badań homologacyjnych. Różnice te są na tyle duże, że nie każdy pojazd Euro 4 jest w stanie spełnić wymogi Euro 6. Wymusiło to na producentach zmiany konstrukcyjne w projektowanych silnikach i zmianę algorytmów sterujących wtryskiem paliwa, w poszczególnych zakresach obciążenia silnika. Niektóre koncerny w związku z powyższym zmieniły technologię wtrysku pośredniego benzyny do kolektora dolotowego na bezpośredni wtrysk benzyny (np.: *HPI High Precision Injection* BMW). Zmiany te wymusiły również rozwój systemów zasilania gazem odpowiednich dla coraz bardziej precyzyjnych, skomplikowanych i wymagających systemów benzynowych. Zmniejszone limity emisji poszczególnych składników spalin wymagają dokładniejszych urządzeń pomiarowych (nagle się okazało, że obecne działają na granicy dokładności pomiarowej).

W chwili obecnej istnieje możliwość badań homologacyjnych zgodnych z Regulaminem R115 zarówno na Euro 4, Euro 5, jak i Euro 6, jednak normę determinuje standard emisyjny pojazdu. Oznacza to, że producenci systemów wtrysku gazu, mający aspiracje sprzedaży systemów gazowych do najnowszych pojazdów Euro 6, w krajach uznających Regulamin R115, będą musieli wykonać rozszerzenia posiadanych homologacji i udowodnić, że ich systemy spełniają również te bardziej rygorystyczne wymagania. Uzyskanie homologacji wykonanej na pojeździe Euro 4 uprawnia jedynie do konwersji pojazdów w zakresie rodziny pojazdów obejmującej pojazdy Euro 4 i Euro 3 [18].

Opracowane stanowisko do badań prehomologacyjnych pozwala na dostosowanie parametrów algorytmu sterującego wtryskiem gazu, do homologowanych pojazdów macierzystych w celu uzyskania jak najmniejszej emisji zanieczyszczeń do atmosfery i odpowiedniej mocy silnika. Podejście takie nie daje jednak ilościowej wartości emisji wyrażonej w g/km a jedynie dane do dalszej analizy. Kluczem do poprawnej kalibracji systemu wtrysku gazu LPG, jest odpowiednia

analiza stanów dynamicznych, a następnie wprowadzenie niezbędnych korekt współczynników algorytmu sterowania wtryskiem gazu. Opracowane na Uniwersytecie w Żylinie stanowisko do badania emisji spalin pozwala naukowcom na pełniejsze uczestnictwo w międzynarodowym współzawodnictwie w rozwoju przemysłu motoryzacyjnego, przy konstruowaniu nowych, bardziej ekologicznych i zużywających mniej paliwa, systemów zasilania silników paliwami gazowymi.



2.2. Pytania testowe

1. **Hamownia silnikowa umożliwia pomiar:**
 - a. Mocy i momentu silnika wyjętego z pojazdu i zabudowanego na stanowisku badawczym
 - b. Mocy i momentu silnika w pojeździe na stanowisku rolkowym
 - c. Toksycznych składników spalin
2. **Hamownia podwoziowa umożliwia pomiar:**
 - a. Mocy i momentu silnika wyjętego z pojazdu i zabudowanego na stanowisku badawczym
 - b. Mocy i momentu silnika w pojeździe na stanowisku rolkowym
 - c. Toksycznych składników spalin
3. **Hamownia podwoziowa w trybie odwzorowania testu drogowego umożliwia:**
 - a. Zadanie na rolkach takich oporów drogowych jakie występują podczas normalnej jazdy po drodze
 - b. Pomiar charakterystyki mocy i momentu silnika
 - c. Pomiar emisji spalin
4. **Aby zrealizować laboratoryjny emisyjny test jezdny potrzebne są:**
 - a. Hamownia podwoziowa, oprogramowanie nadzorcze do zadawania cyklu jezdny oraz analizatory spalin
 - b. Pojazd spełniający normy Euro 6 i hamowania podwoziowa
 - c. Hamowania podwoziowa inercyjna i analizatory spalin
5. **Rzeczywiście zmierzone na hamowni wartości mocy i momentu silnika należy porównać z:**
 - a. Wartościami nominalnymi podawanymi przez producenta
 - b. Wartościami zmierzonymi wcześniej
 - c. Wartościami w tabeli podawanej przez producenta hamowni



6. **W poprawnie pracującym silniku wartość mocy rzeczywiście zmierzona na hamowni może być mniejsza od mocy fabrycznej o:**
 - a. 10 %
 - b. 5 %
 - c. Powinna być taka sama
7. **W poprawnie pracującym silniku zasilanym LPG wartość mocy rzeczywiście zmierzona na hamowni na LPG może być mniejsza od mocy na benzynie o:**
 - a. 10 %
 - b. 20 %
 - c. Powinna być taka sama
8. **Moc silnika osiągnąca przy zasilaniu LPG może być wyższa od mocy na benzynie w przypadku instalacji gazowej generacji:**
 - a. II
 - b. IV
 - c. V
9. **Pomiar mocy i momentu silnika w pojeździe o dużej mocy należy dokonywać na hamowni podwoziowej w trybie:**
 - a. inercyjnym
 - b. obciążeniowym
 - c. testu drogowego
10. **Spadek mocy zmierzonej na hamowni w stosunku do mocy fabrycznej świadczy o:**
 - a. Nieprawidłowej pracy silnika spowodowanej uszkodzeniem lub bardzo dużym przebiegiem
 - b. Dużych oporach toczenia pojazdu
 - c. Konieczności wymiany silnika
11. **Tryb stałej prędkości obrotowej na hamowni podwoziowej może być wykorzystywany do:**
 - a. Kalibracji instalacji LPG
 - b. Pomiaru mocy silnika
 - c. Pomiaru momentu silnika



- 12. Tryb odwzorowania jazdy drogowej wymaga wpisania w panelu sterującym hamowni:**
- a. Masy, powierzchni czołowej oraz współczynnika oporów powietrza pojazdu
 - b. Przyspieszenia pojazdu od 0 do 100 km/h
 - c. Prędkości maksymalnej pojazdu
- 13. Hamowania podwoziowa z odwzorowaniem jazdy drogowej jest szczególnie przydatna do testowania pojazdów podczas:**
- a. Zimy
 - b. Letnich upalnych dni
 - c. Deszczu
- 14. Do pomiaru mocy i momentu silnika w pojeździe z napędem na wszystkie koła potrzebna jest hamowania:**
- a. Jednoosiowa z hamulcem elektrowirowym
 - b. Dwuosiowa inercyjna
 - c. Jednoosiowa inercyjna
- 15. V-tech jest producentem hamowni podwoziowych pochodzącym z:**
- a. Polski
 - b. Niemiec
 - c. Austrii
- 16. MAHA jest producentem hamowni podwoziowych pochodzącym z:**
- a. Polski
 - b. Niemiec
 - c. Austrii
- 17. AVL jest producentem hamowni podwoziowych pochodzącym z:**
- a. Polski
 - b. Niemiec
 - c. Austrii



- 18. Do diagnostycznego pomiaru emisji spalin z nowego pojazdu z silnikiem o zapłonie iskrowym potrzebny jest:**
- a. 5-cio składnikowy analizator spalin
 - b. dymomierz
 - c. sonda lambda
- 19. Do diagnostycznego pomiaru emisji spalin z nowego pojazdu z silnikiem o zapłonie samoczynnym potrzebny jest:**
- a. 5-cio składnikowy analizator spalin
 - b. dymomierz
 - c. sonda lambda
- 20. Do diagnostycznego pomiaru emisji spalin z nowego pojazdu z silnikiem o zapłonie iskrowym zasilanym LPG potrzebny jest:**
- a. 5-cio składnikowy analizator spalin
 - b. dymomierz
 - c. sonda lambda



2.3. Ćwiczenia wraz z instrukcją

2.3.1. Ćwiczenie 1

Ćwiczenie do wykonania na zajęciach wyjazdowych do firmy posiadającej hamownię podwoziową.

Dokonaj pomiaru mocy i momentu silnika małej mocy w danym pojeździe na hamowni podwoziowej w trybie bezwładnościowym.

Ćwiczenie wykonaj w następujących krokach:

- Dokonaj wyboru pojazdu do badań
- Pod nadzorem prowadzącego zajęcia lub osoby z obsługi hamowni w firmie wizytującej dokonaj zamocowania pojazdu na hamowni
- Dokonaj wszelkich niezbędnych ustawień w software hamowni wraz z inercyjnym trybem pomiaru mocy i momentu
- Dokonaj pomiaru krzywych charakterystycznych w badanym pojeździe oraz pozyskaj wydruk lub wersję elektroniczną z wykonanych pomiarów
- Porównaj wartości zmierzone mocy i momentu z danymi nominalnymi. Porównaj przebieg krzywej mocy i momentu z przebiegiem nominalnym
- Dokonaj diagnozy stanu silnika na podstawie dokonanych pomiarów

2.3.2. Ćwiczenie 2

Ćwiczenie do wykonania na zajęciach wyjazdowych do firmy posiadającej hamownię podwoziową.

Dokonaj pomiaru mocy i momentu silnika dużej mocy w danym pojeździe na hamowni podwoziowej w trybie bezwładnościowym.

Ćwiczenie wykonaj w następujących krokach:

- Dokonaj wyboru pojazdu do badań
- Pod nadzorem prowadzącego zajęcia lub osoby z obsługi hamowni w firmie wizytującej dokonaj zamocowania pojazdu na hamowni
- Dokonaj wszelkich niezbędnych ustawień w software hamowni wraz z obciążeniowym trybem pomiaru mocy i momentu

- Dokonaj pomiaru krzywych charakterystycznych w badanym pojeździe oraz pozyskaj wydruk lub wersję elektroniczną z wykonanych pomiarów
- Porównaj wartości zmierzone - mocy i momentu - z danymi nominalnymi. Porównaj przebieg krzywej mocy i momentu z przebiegiem nominalnym
- Dokonaj diagnozy stanu silnika na podstawie dokonanych pomiarów



2.3.3. Ćwiczenie 3

Ćwiczenie do wykonania na zajęciach wyjazdowych do firmy posiadającej hamownię podwoziową.

Dokonaj pomiaru mocy i momentu silnika zasilanego LPG w danym pojeździe na hamowni podwoziowej w trybie bezwładnościowym lub obciążeniowym.

Ćwiczenie wykonaj w następujących krokach:

- Dokonaj wyboru pojazdu do badań
- Pod nadzorem prowadzącego zajęcia lub osoby z obsługi hamowni w firmie wizytującej dokonaj zamocowania pojazdu na hamowni
- Dokonaj wszelkich niezbędnych ustawień w software hamowni wraz z inercyjnym lub obciążeniowym trybem pomiaru mocy i momentu
- Dokonaj pomiaru krzywych charakterystycznych w badanym pojeździe podczas zasilania benzyną oraz pozyskaj wydruk lub wersję elektroniczną z wykonanych pomiarów
- Dokonaj pomiaru krzywych charakterystycznych w badanym pojeździe podczas zasilania LPG oraz pozyskaj wydruk lub wersję elektroniczną z wykonanych pomiarów
- Porównaj wartości zmierzone mocy i momentu przy zasilaniu benzynowym z danymi nominalnymi. Porównaj przebieg krzywej mocy i momentu z przebiegiem nominalnym
- Porównaj wartości zmierzone mocy i momentu przy zasilaniu benzynowym i LPG
- Dokonaj diagnozy stanu silnika na podstawie dokonanych pomiarów. Dokonaj diagnozy stanu technicznego i kalibracji instalacji LPG.



2.3.4. Ćwiczenie 4

Ćwiczenie do wykonania na zajęciach wyjazdowych do firmy posiadającej hamownię podwoziową.

Dokonaj pomiaru emisji spalin z pojazdu benzynowego podczas realizacji testu jezdnyego NEDC. Do pomiaru emisji użyj diagnostycznego analizatora spalin.

Ćwiczenie wykonaj w następujących krokach:

- Dokonaj wyboru pojazdu do badań
- Pod nadzorem prowadzącego zajęcia lub osoby z obsługi hamowni w firmie wizytującej dokonaj zamocowania pojazdu na hamowni
- Dokonaj wszelkich niezbędnych ustawień w software hamowni wraz z kalibracją ustawień drogowych hamowni
- Dokonaj kondycjonowania silnika, aby pomiar odbył się przy zimnym rozruchu silnika
- Wykonaj test jezdny NEDC wraz z obserwacją lub archiwizacją danych pomiarowych z analizatora spalin. W przypadku braku możliwości archiwizacji jeden student odpowiada za jeden składnik spalin w analizatorze w celu jego opisu (wartości maksymalne i czas wystąpienia w teście).
- Dokonaj diagnozy stanu silnika na podstawie dokonanych pomiarów.

2.3.5. Ćwiczenie 5

Ćwiczenie do wykonania na zajęciach wyjazdowych do firmy posiadającej hamownię podwoziową.

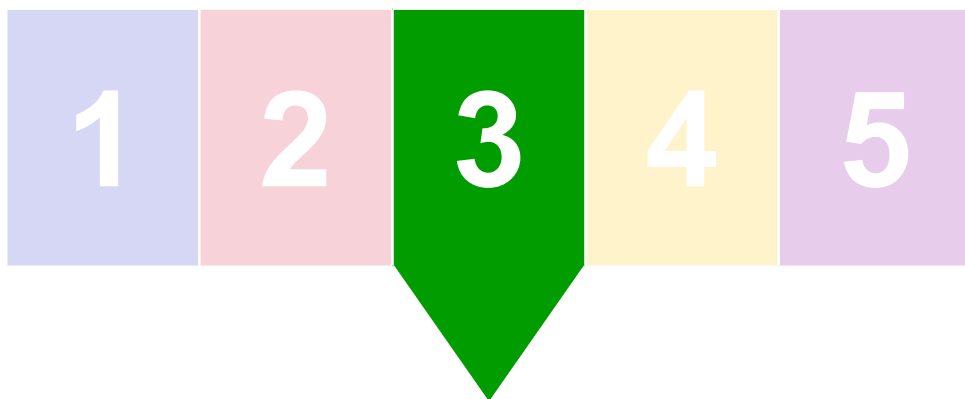
Dokonaj pomiaru emisji spalin z pojazdu benzynowego podczas realizacji testu jezdnyego WLTP. Do pomiaru emisji użyj diagnostycznego analizatora spalin.

Ćwiczenie wykonaj w następujących krokach:

- Dokonaj wyboru pojazdu do badań
- Pod nadzorem prowadzącego zajęcia lub osoby z obsługi hamowni w firmie wizytującej dokonaj zamocowania pojazdu na hamowni
- Dokonaj wszelkich niezbędnych ustawień w software hamowni wraz z kalibracją ustawień drogowych hamowni
- Dokonaj kondycjonowania silnika, aby pomiar odbył się przy zimnym rozruchu silnika

- Wykonaj test jezdny WLTP wraz z obserwacją lub archiwizacją danych pomiarowych z analizatora spalin. W przypadku braku możliwości archiwizacji jeden student odpowiada za jeden składnik spalin w analizatorze w celu jego opisu (wartości maksymalne i czas wystąpienia w teście).
- Dokonaj diagnozy stanu silnika na podstawie dokonanych pomiarów.





3. Diagnostyka silników w pojazdach



3.1. Teoria diagnostyki silników w pojazdach

Z rozdziału pierwszego można dowiedzieć się jak działa system diagnostyki pokładowej oraz jego najważniejsze monitory odpowiedzialne za emisję spalin. Rozdział drugi potwierdził, że hamownie silnikowe oraz analizatory spalin są bardzo użytecznymi urządzeniami w diagnostyce pojazdów zasilanych silnikami spalinowymi.

Celem rozdziału trzeciego jest wzbogacenie wiedzy z zakresu diagnostyki nowoczesnych silników z zapłonem iskrowym i samoczynnym. Na podstawie 20-letniego doświadczenia w diagnostyce pojazdów, autor dokona przedstawienia naukowego podejścia do diagnostyki silników. Proces diagnostyki silnika lub kompletnego układu napędowego można porównać do eksperymentu badawczego nad nieznanym uszkodzeniem lub awarią. Bardzo duże skomplikowanie dzisiejszych silników i układów napędowych pojazdów w znacznym stopniu utrudnia proces diagnostyczny. Diagnosta musi mieć po pierwsze solidną wiedzę na temat budowy i zasady działania nowoczesnych pojazdów. Bez takich podstaw niemożliwe jest wykonywanie zawodu diagnosty. Nie jest prawdą, że dzisiejsze, wspomagane komputerowo, podejście do diagnostyki pojazdów jest w stanie zastąpić w tym zakresie profesjonalistę. Zarówno system OBD jak i algorytmy przeprowadzania diagnostyki wdrożone w Autoryzowanych Stacjach Obsługi w znacznym stopniu ułatwiają pracę diagnostom oraz mechanikom. Pozwalają systematyzować pracę oraz unikać błędów, niejednokrotnie prowadząc za rękę niedoświadczonego diagnostę lub mechanika. Są też jakimś rozwiązaniem w przypadku braku wykwalifikowanej kadry i dużej rotacji na wspomnianych stanowiskach. Jednak zdaniem autora takie braki edukacyjne należy nadrabiać między innymi podejmując studia pierwszego i drugiego stopnia na kierunkach Mechanika i Budowa Maszyn oraz Transport.

Tak samo w przypadku ludzi jak i pojazdów rzadko dokonuje się kompletnej diagnostyki sprawnie działającego egzemplarza. Co prawda od ludzi i pojazdów wymaga się okresowych badań kontrolnych ale nie mają one statusu zaawansowanych badań diagnostycznych. Po prostu nie trzeba tracić czasu i pieniędzy na dokładne badanie sprawnie działającego obiektu. Do szczegółowych badań przechodzi się dopiero, gdy zostaną zauważone pewne oznaki lub symptomy nieprawidłowego działania. Czasami pierwszy zauważa je

kierujący pojazdem a czasami pierwszy informuje nas o tym system diagnostyki pokładowej OBD.

Do diagnostyki lub mechanika, zazwyczaj z umiejętnościami diagnosty, zwracamy się gdy coś dolega naszemu pojazdowi. Może to być niewielkie uszkodzenie lub awaria, która sprawia, że kontynuowanie jazdy nie jest możliwe. Czasami są to stuki, wibracje, różnego rodzaju inne dźwięki, które nie występują podczas normalnej eksploatacji pojazdu. Czasami są to objawy polegające na wyczuwalnym przez kierowcę spadku mocy silnika. Do innych objawów zaliczamy brak płynności w przyspieszaniu (tzw. szarpanie) lub brak kultury pracy silnika na biegu jałowym (tzw. falowanie biegu jałowego). Do innych objawów zachodzących w silniku nieprawidłowości, należy zaliczyć także gaśnięcie silnika podczas jazdy lub na biegu jałowym. W przypadku silników spalinowych objawów ich uszkodzenia należy szukać w spalinach wychodzących z układu wydechowego pojazdu. Czasami są one widoczne gołym okiem i nie potrzebny jest analizator spalin by stwierdzić, że progi emisji zostały przekroczone. Do częstych objawów zaliczamy również trudności z rozruchem silnika.

Tak czy inaczej, bez względu na wagę uszkodzenia każda diagnostyka nowoczesnego pojazdu powinna rozpocząć się od podłączenia urządzenia diagnostycznego zdolnego do odczytu zapisanych w pamięci ECU kodów błędów. Mogą mieć one różne wagi i statusy. Mogą być zapamiętane jako błędy chwilowe lub trwałe. Sprawdzenie obecności błędów podpowie nam czy system OBD zajął się już diagnostyką naszego uszkodzenia. Jeśli występują błędy w systemie OBD to znaczy, że uszkodzenie jest poważne i wpływa ono na podwyższoną emisję szkodliwych substancji do atmosfery.

3.1.1. Diagnostyka uszkodzeń elektrycznych

System OBD pomaga nam przede wszystkim na określenie rodzaju uszkodzenia. Jednym z najważniejszych wymogów poprawnej pracy silnika jest prawidłowe zasilanie elektryczne i działanie wszystkich czujników i urządzeń wykonawczych w silniku.

System OBD jest w stanie wykryć większość uszkodzeń związanych z uszkodzeniem czujników i urządzeń wykonawczych. Przeprowadzane przez OBD testy sprawności elektrycznej działają bardzo szybko i są w stanie identyfikować brak zasilania (obwód otwarty) lub

zwarcia w układzie elektrycznym pojazdu jak i w samych czujnikach. Wiedźmy również o tym, że sterowanie danym układem odbywa się bardzo często z poziomu odpowiedniej jednostki sterującej.

Zatem źródłem uszkodzeń mogą być zarówno płytki elektryczne samej jednostki sterującej oraz wszelkie połączenia rozłączne (wtyczki pinowe) i nierozłączne (luty) występujące w układzie. Zatem w przypadku uszkodzeń elektrycznych system OBD zazwyczaj dokładnie identyfikuje miejsce uszkodzenia i jego rodzaj. Diagnostyka pojazdu polega na odczytaniu błędu oraz organoleptycznym sprawdzeniu jakości połączeń pomiędzy wszystkimi komponentami w diagnozowanym układzie. Nie zaszkodzi podczas takiego testowania odpiąć i zapiąć ponownie złącza tam występujące. W przypadku starszych pojazdów podczas takiego odpięcia warto dokonać czyszczenia połączeń elektrycznych za pomocą specjalnych środków. Korozja połączeń potrafi prowadzić do zmian rezystancji i przekłamań we wskazaniach wielu czujników. Oględziny powinny obejmować również określenie stanu przewodów elektrycznych w celu stwierdzenia czy nie występują przecięcia lub przetarcia izolacji wszystkich przewodów.

Podczas kontroli technicznej na stacji kontroli pojazdów diagnosta jedynie sprawdza poprawność zamocowania wiązek elektrycznych do elementów nadwozia lub podwozia. Gdy nie jesteśmy pewni jakości przewodów należy wykonać pomiary za pomocą multimetru polegające na sprawdzeniu ciągłości obwodu i jego rezystancji. Kolejnym krokiem w diagnostyce elektrycznej jest badanie wybranego czujnika lub elementu wykonawczego. Pomiary elektryczne zazwyczaj obejmują badanie ciągłości elektrycznej wybranych obwodów oraz pomiar rezystancji w danych warunkach temperatury. Do tego celu potrzebne są szczegółowe wartości parametrów diagnostycznych i schematy elektryczne. W przypadku ich braku duża wiedza diagnosty umożliwia także wykonanie takich badań. Osoba z dużym doświadczeniem jest w stanie bez problemu zidentyfikować zasilanie układu i zna orientacyjne wartości chociażby rezystancji czujników i urządzeń wykonawczych, jak na przykład wtryskiwacze benzyny.

Jednak ze względu na mnogość odmian wtryskiwaczy, zakres działania ciśnień wtrysku paliwa oraz skomplikowania samego układu sterowania nimi, diagnosta powinien dążyć do tego by diagnostyka

układu elektrycznego i komponentów w postaci czujników i urządzeń wykonawczych odbywała się z dostępem do dokumentacji technicznej pojazdu, którego dotyczy. Bardzo pomocne w tego rodzaju diagnostyce jest porównywanie mierzonych wartości między sobą. Na przykład porównanie wartości rezystancji wszystkich czterech wtryskiwaczy (ich liczba zależy od ilości cylindrów) może wskazywać na odstępstwa od normy i uszkodzenie jednego z nich lub większej ich liczby. Kolejną przydatną praktyką diagnostyczną jest zamiana podejrzanego o uszkodzenie komponentu na inny w 100 % sprawny lub uważany za sprawny. Przywrócenie prawidłowej pracy silnika i brak wykrywania błędów przez system OBD świadczy o skuteczności zamiany podejrzanego komponentu. Taka podmiana ma zazwyczaj miejsce podczas diagnostyki elektronicznych jednostek sterujących. W XXI wieku zazwyczaj naprawa urządzeń elektronicznych, czujników i urządzeń wykonawczych polega na ich wymianie na nowe. Rzadko stosuje się ich czyszczenie i naprawę. Autor jednak zachęca do dogłębnej diagnostyki pozwalającej ocenić czy faktycznie danego komponentu nie da się naprawić. Podejście takie pozwala na zrównoważone podejście do produkcji i konsumpcji co również wpływa na ochronę środowiska [10]. Diagnostyka pojazdu nie powinna polegać na maksymalizacji zarobku warsztatu zajmującego się diagnostyką i naprawą ale na racjonalnym kosztowo podejściu do wykrycia i naprawy występującego w pojeździe uszkodzenia.

3.1.2. Diagnostyka uszkodzeń układu zasilania powietrzem

Układ zasilania powietrzem silnika ma za zadanie dostarczenie odpowiedniej ilości powietrza potrzebnego do spalania paliwa w każdych warunkach pracy silnika. Zatem zadaniem diagnosty będzie sprawdzenie tego czy faktycznie układ zasilania paliwem dostarcza wymaganą w danych warunkach pracy ilość powietrza czy jest ona po prostu w niewłaściwy sposób zmierzona za pomocą czujników pokładowych. Diagnostyka układu zasilania powietrzem powinna rozpoczynać się od oględzin wszystkich połączeń mechanicznych i elektrycznych w układzie. Przed przystąpieniem do tego działania diagnosta powinien już posiadać wiedzę na temat rodzaju silnika (benzynowy czy Diesel) oraz występowania systemu doładowania powietrza lub jego braku [8]. W przypadku występowania doładowania powinniśmy

wiedzieć czy jest ono oparte o turbosprężarkę czy o kompresor. Ważne jest również czy w obwodzie doprowadzania powietrza występuje międzystopniowe chłodzenie (intercooler).

Po kontroli szczelności układu, diagnosta powinien podpiąć do gniazda OBD urządzenie diagnostyczne w celu stwierdzenia czy nie występują zapisane błędy odpowiadające komponentom układu doprowadzania powietrza. Mogą być one bardzo pomocne w szybkiej identyfikacji uszkodzonego komponentu. Jeśli ich nie ma diagnosta przechodzi do śledzenia w czasie rzeczywistym lub zapisu do pliku aktualnych wartości mierzonych przez czujniki pokładowe [2]. Powinien skoncentrować się na wartości podciśnienia (lub ciśnienia absolutnego) w kolektorze dolotowym oraz na wskazaniach wartości pomiaru ilości zasysanego powietrza wskazywanych przez masowy lub objętościowy przepływomierz powietrza. Sprawdzenie poprawności pomiaru ciśnienia w kolektorze dolotowym pozwoli od razu sprawdzić szczelność kolektora dolotowego. Na biegu jałowym spodziewamy się bowiem dużego podciśnienia w kolektorze w wyniku prawie całkowitego zamknięcia przepustnicy. Podczas intensywnego przyspieszania lub jazdy z mocą maksymalną, możemy zaobserwować maksymalne ciśnienie w kolektorze dolotowym wynikające z całkowitego otwarcia przepustnicy oraz działania turbodoładowania. Ze względu na szybkozmienność ciśnienia w układach dolotowych, nowoczesnych pojazdów, warto skorzystać z funkcji śledzenia przebiegu wybranych sygnałów diagnostycznych, które ludzkie oko nie jest w stanie wyśledzić. Dla konkretnych silników o określonej mocy istnieje konkretna wartość ciśnienia doładowania silnika. Bardzo często producenci silników dywersyfikują moc silników (a także ich cenę) za pomocą ustalania określonej wartości ciśnienia doładowania. Śledzenie wartości ciśnienia w układzie dolotowym pozwala na efektywną diagnostykę pracy silnika na biegu jałowym oraz określenie poprawności działania turbodoładowania.

Diagnostyka uszkodzonego układu dolotowego silnika zazwyczaj nie kończy się na odbyciu jazdy z podpiętym urządzeniem diagnostycznym. Bardzo często dochodzi do demontażu wybranego komponentu w celu jego czyszczenia (korpus przepustnicy lub silnik regulacji biegu jałowego) lub pomiaru wydatku (turbosprężarka lub kompresor). Te ostatnie badania odbywają się na specjalnych stołach probierczych mających możliwość dokładnego pomiaru wydatku powietrza.

Nie należy marginalizować konieczności czyszczenia komponentów układu zasilania powietrzem. Zwłaszcza w silnikach z układem recyrkulacji spalin EGR, wiele komponentów układu dolotowego jest bardzo zanieczyszczonych i wymaga regularnego czyszczenia.

Bardzo pomocna w diagnostyce turbodoładowania jest hamownia podwoziowa. Pozwala na zadawanie dużych obciążeń silnika co jest trudne do realizowania i niebezpieczne podczas badań drogowych.

3.1.3. Diagnostyka uszkodzeń układu zasilania paliwem

Układ zasilania paliwem silnika ma za zadanie dostarczenie odpowiedniej ilości paliwa do powietrza znajdującego się w komorze sprężania silnika w każdych warunkach jego obciążenia. Nowoczesne silniki spalinowe w XXI wieku posiadają zazwyczaj systemy bezpośredniego wtrysku paliwa do komory sprężania. Jednak nie brakuje również silników z wtryskiem pośrednim paliwa do kolektora dolotowego silnika. Systemy bezpośredniego wtrysku paliwa są bardziej skomplikowane pod względem budowy i sterowania niż układy wtrysku pośredniego do kolektora. Jednak mają one wiele zalet w porównaniu ze swoimi poprzednikami. Pozwalają na osiąganie większej mocy oraz dokładniejsze sterowanie wtryskiem paliwa, które przekłada się na niższą emisję spalin.

W przypadku uszkodzenia układów zasilania paliwem zarówno w silnikach z zapłonem iskrowym jak i samoczynnym, zazwyczaj dochodzi do spadku mocy silnika, braku kultury pracy silnika na biegu jałowym oraz zwiększonego zużycia paliwa.

Diagnostyka układu paliwowego sprowadza się zazwyczaj do sprawdzenia obecności kodów błędów w systemie OBD. Układy wtryskowe są diagnozowane zwłaszcza za pomocą czujników ciśnienia, które dokonują pomiaru ciśnienia paliwa w wielu miejscach traktu paliwowego. Jeśli wartości rzeczywiste odczytane z systemu OBD nie odpowiadają wartościom spodziewanym (wychodzą poza zakres prawidłowych wskazań) jest to sygnalizowane jako błąd.

Podczas diagnostyki układu paliwowego diagnosta powinien koncentrować się na dokładnej lokalizacji uszkodzenia. Sprawdzeniu podlega zbiornik wraz z zawartością odpowiedniego paliwa oraz jego czystością. Zanieczyszczony zbiornik i inne elementy układu paliwowego lub zatankowanie zbiornika niewłaściwym paliwem, prowadzi

niejednokrotnie do mniejszych lub większych uszkodzeń komponentów traktu paliwowego. Bardzo wrażliwe na czystość paliwa są nowoczesne systemy bezpośredniego wtrysku paliwa.

Ocenę pracy systemu paliwowego należy rozpocząć od oceny kultury pracy na biegu jałowym. Uszkodzenia wtryskiwaczy (związane z utratą charakterystyki wydatku paliwa) zazwyczaj powodują niestabilną pracę na biegu jałowym. Zarówno elektroniczne jednostki sterujące w nowoczesnych silnikach, jak i urządzenia diagnostyczne, mają możliwość przeprowadzenia testów funkcjonalnych pozwalających określić odstępstwa w dozowaniu paliwa przez konkretne wtryskiwacze. Niewielkie odstępstwa mogą zostać skorygowane. W przypadku większych należy dokonać demontażu wtryskiwaczy, ich czyszczenia oraz dokładnego pomiaru wydatku na stanowisku badawczym. Ze względu na wysokie koszty wtryskiwaczy do bezpośredniego wtrysku benzyny lub oleju napędowego, nie są one wymieniane na nowe ale poddawane procesom regeneracji w celu przywrócenia odpowiednich charakterystyk wydatku paliwa.

Zarówno układy wtryskowe Common-Rail występujące w silnikach Diesla, jak i wysokociśnieniowe układy bezpośredniego wtrysku benzyny posiadają wysokociśnieniowe pompy paliwa. Podlegają one kontroli przez system OBD w celu sprawdzenia wytwarzanego ciśnienia w zależności od warunków pracy silnika. Odstępstwa od zapisanych wartości są traktowane jako niesprawność i zgłaszane jako uszkodzenie przez system OBD.

Należy pamiętać, że układ paliwowy zawiera elementy średniego ryzyka emisyjnego obejmujące cały układ sterowania składem mieszanki.

3.1.4. Układ zapłonowy w silniku

Zadaniem układu zapłonowego w silniku z zapłonem iskrowym jest wytworzenie iskry zapłonowej o odpowiedniej mocy i w odpowiednim czasie, w celu całkowitego i zupełnego spalania mieszanki paliwowo-powietrznej.

Nieprawidłowe działanie układu zapłonowego zazwyczaj objawia się stopniową utratą mocy oraz kultury pracy silnika. Często są również problemy z rozruchem silnika. Działanie układu paliwowego oraz zapłonowego objęte jest monitorowaniem przez system diagnostyki pokładowej OBD. Należy pamiętać, że układ zapłonowy zawiera elementy największego ryzyka emisyjnego i jest ciągle monitoro-

wany, gdyż wpływa na jakość procesu spalania (detekcja wypadania zapłonów).

W przypadku detekcji wypadania zapłonów, lampka kontrolna MIL miga. Jest to natychmiastowym wezwaniem kierowcy z pojazdem do warsztatu w celu diagnostyki i naprawy układu zapłonowego. W polskich realiach bardzo wielu kierowców eksploatuje układ zapłonowy pojazdu w niewłaściwy sposób. Zamiast wymiany świec zapłonowych, cewek oraz w niektórych przypadkach przewodów wysokiego napięcia, zgodnie z okresami określonymi przez producenta, wielu kierowców jeździ o wiele za długo. Zazwyczaj aż do momentu wystąpienia wyraźnych objawów uszkodzenia sygnalizowanych przez miganie lampki MIL. W przypadku stwierdzenia takich zaniedbań dalsza diagnostyka powinna być prowadzona jedynie po wymianie wszystkich komponentów układu zapłonowego na nowe.

Wymiana uszkodzonych świec zapłonowych, cewek oraz przewodów wysokiego napięcia powinna się odbywać całymi kompletami. Niedopuszczalna jest wymiana jedynie jednej świecy zapłonowej lub jednego przewodu wysokiego napięcia.

3.2. Analiza spalin

Wbrew opinii wielu fachowców, system OBDII/EOBD nie jest w stanie zastąpić analizatora spalin. Wprawdzie jest on w stanie ocenić stopień zużycia konwertera katalitycznego, ale nie zawsze prawidłowo określa przyczyny uszkodzeń (jak i każdy system diagnostyczny). Nie mierzy on bowiem składu spalin, a jedynie szacuje go w oparciu o wartości wielkości mierzonych przez elektroniczną jednostkę sterującą.

Analiza spalin wykonywana jest za pomocą diagnostycznych lub laboratoryjnych analizatorów spalin, których zadaniem jest pomiar chwilowych stężeń poszczególnych regulowanych przez odpowiednie normy, składników spalin. Obecność dużej ilości poszczególnych składników w spalinach może świadczyć o wielu uszkodzeniach występujących w pracy silników spalinowych. Analizatory spalin są zbyt rzadko wykorzystywane w diagnostyce silników. Niewielu diagnostów dokładnie wie jak się powinno ich używać.

Na początek bardzo potrzebne jest krótkie wprowadzenie dotyczące genezy rozwoju norm emisji spalin. Europejskie standardy emisji spalin są to normy dopuszczalnych emisji spalin dla nowo pro-

dukowanych pojazdów sprzedawanych w Unii Europejskiej. Pierwsze limity związane z emisją spalin zostały wprowadzone wraz z wydaniem Dyrektywy 70/220/EWG z dnia 06.04.1970 r. Określała ona sposób pomiaru składników spalin jak i wielkość limitów tlenku węgla CO oraz węglowodorów HC jakie mogą zawierać gazy wydechowe. Dyrektywa ta była wielokrotnie nowelizowana w celu zmniejszania norm emisji spalin.

W wyniku kolejnych modyfikacji Dyrektywy 70/220/EWG powstało rozporządzenie 2007/15/EC które zawiera obowiązujące dzisiaj normy EURO. Pierwsza norma EURO obowiązująca dla samochodów osobowych oraz osobowych i lekkich samochodów ciężarowych weszła w życie w 1993 roku wraz z Dyrektywą 91/441/EWG. W 1996 roku wprowadzono Dyrektywę 94/12/WE a wraz z nią normę Euro 2. Kolejną dyrektywą, wprowadzającą następną normę Euro 3, była wprowadzona w 2000 roku Dyrektywa 98/69/WE i obowiązywała ona już wszystkie pojazdy. Norma Euro 4 powstała w 2006 roku wraz z wprowadzeniem Dyrektywy 98/69/WE oraz 2002/80/WE. Kolejna norma, Euro 5, zwiększająca restrykcyjność norm emisji spalin, weszła w życie w 2009 roku i została opisana w rozporządzeniu 2007/715/EC. Ostatnią wprowadzoną normą jest norma Euro 6 obowiązująca od 2016 roku.

W tabelach 3.1 i 3.2 przedstawiono dopuszczalne wartości emisji spalin w poszczególnych normach Euro dla silników o zapłonie iskrowym oraz zapłonie samoczynnym.

Tabela 3.1. Dopuszczalne wartości emisji spalin w poszczególnych normach Euro dla samochodów osobowych z silnikiem wysokoprężnym

Emisja	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
CO [g/km]	2,72	1	0,64	0,5	0,5	0,5
HC [g/km]	-	-	-	-	-	-
NOx [g/km]	-	-	0,5	0,25	0,18	0,08
HC+NOx [g/km]	0,97	0,7	0,56	0,3	0,23	0,17
PM [g/km]	0,14	0,08	0,05	0,025	0,005	0,005
Cząstki stałe [# /km]	-	-	-	-		

Tabela 3.2. Dopuszczalne wartości emisji spalin w poszczególnych normach Euro dla samochodów osobowych z silnikiem benzynowym

Emisja	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
CO [g/km]	2,72	2,2	2,3	1	1	1
HC [g/km]	-	-	0,2	0,1	0,1	0,1
NOx [g/km]	-	-	0,15	0,08	0,06	0,06
HC+NOx [g/km]	0,97	0,5	-	-	-	-
PM [g/km]	-	-	-	-	0,005*	0,005*
Cząstki stałe [# /km]	-	-	-	-	-	

* Dotyczy silników z wtryskiem bezpośrednim

Badania emisji spalin wykonywane są na hamownianych stanowiskach badawczych w testach emisyjnych zwanych NEDC oraz najnowszych WLTP. Wartość wyemitowanych rzeczywiście składników spalin zostaje odniesiona do wartości dopuszczalnych z tabel 3.1 i 3.2. Przekroczenie tych wartości świadczy o nieprawidłowym działaniu silnika lub układu oczyszczania spalin. Dokładna analiza poszczególnych składników spalin w konkretnych miejscach testu jezdnego, pozwala na identyfikację źródła pochodzenia spalin oraz przyczyny ich nadmiernego generowania. Emisyjne testy jezdne są przeprowadzane w Centrum Ochrony Środowiska w Instytucie Transportu Samochodowego w Warszawie. Do ich wykonania wykorzystywana jest droga aparatura badawcza zatem i cena samych testów jest dość duża.

Dużo bardziej dostępna i popularna jest analiza spalin wykonywana za pomocą diagnostycznych analizatorów spalin na Stacjach Kontroli Pojazdów. Przykład takiego pięcioskładnikowego analizatora został przedstawiony na rysunku 2.10 i opisany w rozdziale 2.

Pomiar emisji spalin z motocykli i innych pojazdów samochodowych odbywa się na biegu jałowym i na podwyższonym biegu jałowym, jak to przedstawiono w tabeli 3.3. Analizie podlega wartość emisji CO i HC oraz współczynnika nadmiaru powietrza λ . Są to tzw. trójskładnikowe analizatory spalin. Nowsze pozwalają na pomiar pięciu składników spalin: CO, HC, NOx, CO₂, O₂ oraz λ .

Tabela 3.3. Poziomy zanieczyszczeń gazowych w spalinach [6]

Lp.	Pojazd	Prędkość obrotowa silnika	Zawartość CO w % objętości spalin, CH w ppm (cząstki na milion) oraz współczynnik λ dla pojazdu zarejestrowanego po raz pierwszy						
			do dnia 30 września 1986 r.	od dnia 1 października 1986 r. do dnia 30 czerwca 1995 r.	od dnia 1 lipca 1995 r. do dnia 30 kwietnia 2004 r.			od dnia 1 maja 2004 r.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			CO	CO	CO	CH	λ	CO	λ
1	Motocykl	Bieg jałowy	5,5	4,5	4,5	—	—	4,5	—
		Bieg jałowy	4,5	3,5	0,5	100	—	0,3	—
2	Inny pojazd samochodowy ¹	2000 min ⁻¹ do 3000 min ⁻¹	—	—	0,3	100	0,97 – 1,03	0,2	0,97 – 1,03

Duża emisja CO oraz HC świadczy o niecałkowitym i niezupełnym spalaniu paliwa. Może wynikać zarówno z nieprawidłowej pracy układu wtryskowego jak i zapłonowego. Może również świadczyć o nieprawidłowym działaniu trójfunkcyjnego reaktora katalitycznego. Duże ilości niespalonych węglowodorów mogą towarzyszyć konsumpcji przez silnik oleju silnikowego, będący wynikiem nieszczelności na poziomie tłok-pierścienie-cylinder silnika. Analizując wartości wszystkich skalników spalin jednocześnie doświadczony diagnosta jest w stanie z dużym prawdopodobieństwem postawić słuszną diagnozę. Źródłem pochodzenia nadmiernej emisji spalin może więc być nie tylko nieprawidłowa praca układu zasilania powietrzem, paliwem lub zapłonu. Nieprawidłowy przebieg procesu spalania może wynikać z uszkodzenia układu korbowo-tłokowego silnika, głowicy silnika a także z naturalnego zużycia wszystkich komponentów silnika. Czasami do ich prawidłowego zdiagnozowania konieczne jest wykonanie dodatkowych pomiarów w postaci chociażby pomiaru ciśnienia sprężania w cylindrze [9].

Mankamentem pomiaru emisji spalin na Stacji Kontroli Pojazdów jest ich ograniczenie do warunków biegu jałowego. Najlepszym rozwiązaniem jest wyposażenie warsztatu w hamownię podwoziową z hamulcem elektrowirowym oraz pięcioskładnikowy analizator spalin z sondą wysokotemperaturową poboru spalin. Z takim wyposażeniem diagnostycznym można dokonać profesjonalnej i dokładnej diagnostyki całego silnika i układu przeniesienia napędu pojazdu.

3.3. Urządzenia diagnostyczne

Rozwój techniki cyfrowej w samochodach nie zatrzymał się przed bramą warsztatu. Rosnąca złożoność podzespołów i włączenie ich w sieć systemów tworzą z samochodu „jeżdżące laboratorium badawcze”. Dlatego profesjonalna naprawa i serwisowanie wymagają rozszerzonej diagnostyki. Dla warsztatu mającego skutecznie działać, także w przyszłości, polecana jest przez autora innowacyjna diagnostyka pojazdów oferowana przez firmę Bosch.

Coraz większy udział elektroniki w samochodach powoduje, że diagnostyka sterowników staje się standardową czynnością w warsztacie. Dotyczy to także prostych czynności serwisowych w nowoczesnych pojazdach, na przykład resetowanie wskaźników serwisowych. Seria testerów KTS firmy Bosch, oferowana na rynku już od ponad 25 lat, charakteryzuje się największym i stale rosnącym udziałem w rynku pojazdów. Regularny update danych diagnostycznych w oprogramowaniu ESI[tronic] 2.0 firmy Bosch sprawia, że warsztat ma do dyspozycji zawsze aktualne informacje, które obejmują dzisiaj około 80 różnych rodzajów systemów elektronicznych montowanych przez ponad 150 producentów samochodów.

Warsztaty, zarówno niezależne jak i autoryzowane, obsługujące samochody osobowe i ciężarowe, oczekują od programu więcej niż tylko czystej diagnozy sterowników. Liczą na pomoc przy lokalizowaniu usterki, prowadzącej do szybkiej naprawy, jak również na wykaz czynności serwisowych. Tę wielofunkcyjność zapewnia program ESI[tronic] 2.0 firmy Bosch.

We wszystkich pojazdach, jakie obecnie i w przyszłości przyjadą do warsztatu, liczy się szybka lokalizacja usterki i jej skuteczne usunięcie. Testery KTS tworzą wyposażenie dobrze przygotowane do spełnienia wymagań, jakie stawia przed warsztatem nowoczesna diagnostyka pojazdów. Badanie kompletnej elektroniki jest prostsze z wykorzystaniem profesjonalnych urządzeń diagnostycznych. Posiadają one następujące cechy:

- Są inteligentne i odporne na upływ czasu dzięki zastosowania adaptera OBD
- Sterowane są przez program ESI[tronic] 2.0
- Łatwe podłączenie do pojazdu

- Jednoznaczna komunikacja dzięki multiplekserowi i rozpoznawaniu przewodów: linii K oraz L, SAE i CAN włączane na wszystkie zaciski w gnieździe OBD
- Inteligentny przewód adaptacyjny zapewnia także w przyszłości niezawodne wysterowanie multipleksa oraz automatyczną funkcję wyszukiwania sterowników
- Rodzina modułów KTS Bosch: KTS 570/540 ma wymienny adapter co jest rozwiązaniem na przyszłość (wykorzystanie techniki radiowej)
- Wymienny adapter OBD zintegrowany z KTS, łatwo zastępowany zaktualizowaną jego wersją
- Łatwe mocowanie i zdejmowanie dzięki mocowaniu modułu
- Optyczne i akustyczne rozpoznawanie statusu/kontrolowanie połączenia radiowego
- Tryb symulacji konfigurowany indywidualnie poprzez DDC, możliwy pokaz poza pojazdem
- Pomiar rezystencji o rozszerzonych zakresach pomiarowych
- Kontroler ciągłości w celu lokalizowania usterek
- Pomiar diod przy badaniu komponentów
- Pomiar napięcia o rozszerzonych funkcjach pomiarowych
- Pomiar natężenia prądu z dodatkowymi możliwościami adaptacyjnymi cęgów prądowych FSA
- Uniwersalne zastosowanie dla samochodów osobowych i ciężarowych przy wykorzystaniu uniwersalnego gniazda OBD, dla instalacji 14 V oraz 28 V

Przykład profesjonalnych narzędzi diagnostycznych firmy Bosch przedstawiono na rysunku 3.1.



Rys. 3.1. Urządzenia diagnostyczne firmy Bosch [41]

3.4. Pytania testowe



1. **Afera Volkswagena dotyczyła zwiększonej emisji:**
 - a. HC
 - b. CO
 - c. NO_x
2. **Dla silników z zapłonem iskrowym obecnie obowiązują normy emisji spalin:**
 - a. Euro 4
 - b. Euro 5
 - c. Euro 6
3. **Dla silników z zapłonem iskrowym zasilanych dodatkowo LPG obecnie obowiązują normy emisji spalin:**
 - a. Euro 4
 - b. Euro 5
 - c. Euro 6
4. **Dla silników z zapłonem samoczynnym obecnie obowiązują normy emisji spalin:**
 - a. Euro 4
 - b. Euro 5
 - c. Euro 6
5. **Wartość graniczna emisji HC w normie Euro 6 dla pojazdów z zapłonem iskrowym wynosi:**
 - a. 120 g/km
 - b. 1 g/km
 - c. 0,1 g/km
6. **Wartość graniczna emisji CO w normie Euro 6 dla pojazdów z zapłonem iskrowym wynosi:**
 - a. 120 g/km
 - b. 1 g/km
 - c. 1 g/km



7. **Wartość graniczna emisji NO_x w normie Euro 6 dla pojazdów z zapłonem samoczynnym wynosi:**
 - a. 0,08 g
 - b. 6 g/km
 - c. 0,08 g/km
8. **Pomiar emisji cząstek stałych z silników z zapłonem iskrowym i bezpośrednim wtrysku benzyny wymagany jest w normie:**
 - a. Euro 3
 - b. Euro 4
 - c. Euro 5
9. **Test WLTP odbywa się:**
 - a. Tylko na hamowni podwoziowej
 - b. Tylko w warunkach drogowych
 - c. Na hamowni podwoziowej i w warunkach drogowych
10. **HC są emitowane z silnika o zapłonie iskrowym podczas:**
 - a. Zimnego rozruchu silnika
 - b. Stanów dynamicznych np. podczas zmiany biegów
 - c. Podczas jazdy z dużymi prędkościami i obciążeniami np. podczas jazdy na autostradzie
11. **NO_x są emitowane z silnika o zapłonie iskrowym podczas:**
 - a. Zimnego rozruchu silnika
 - b. Stanów dynamicznych np. podczas zmiany biegów
 - c. Podczas jazdy z dużymi prędkościami i obciążeniami np. podczas jazdy na autostradzie
12. **Cząstki stałe (sadza) są emitowane z silnika o zapłonie samoczynnym podczas:**
 - a. Zimnego rozruchu silnika
 - b. Gwałtownego przyspieszania i dużego obciążenia silnika
 - c. Podczas jazdy z dużymi prędkościami i obciążeniami np. podczas jazdy na autostradzie



- 13. Częstki stałe sadza mogą być emitowane przez silnik benzynowy z:**
- a. Pośrednim wtryskiem benzyny do kolektora dolotowego
 - b. Bezpośrednim wtryskiem benzyny do cylindra
 - c. Instalacją LPG
- 14. Objawem nieszczelności kolektora dolotowego silnika może być:**
- a. Duża emisja węglowodorów
 - b. Podwyższona prędkość biegu jałowego do 2000 – 3000 obr./min.
 - c. Zwiększone zużycie paliwa
- 15. Objawem uszkodzonego układu zapłonowego silnika może być:**
- a. Zwiększona emisja tlenków azotu
 - b. Szarpanie podczas przyspieszania silnika
 - c. Nieprawidłowa praca sondy lambda
- 16. Zwiększony wydatek (ciekniecie) jednego z czterech wtryskiwaczy w silniku benzynowym będzie się objawiał:**
- a. Trudnościami w rozruchu zimnego silnika
 - b. Zwiększoną emisją węglowodorów
 - c. Trudnościami w rozruchu rozgrzanego silnika
- 17. Duża emisja CO oraz HC świadczy o:**
- a. Niecałkowitym i niezupełnym spalaniu paliwa
 - b. Całkowitym i niezupełnym spalaniu paliwa
 - c. Niecałkowitym i zupełnym spalaniu paliwa
- 18. Emisja CO na biegu jałowym w pojazdach samochodowych innych niż motocykl produkowanych od 1 lipca 1995 r. do 30.04.2004 r. wynosi:**
- a. 4,5 ppm
 - b. 0,5 %
 - c. 4,5 %



19. Emisja HC na biegu jałowym w pojazdach samochodowych innych niż motocykl produkowanych od 1 lipca 1995 r. do 30.04.2004 r. wynosi:

- a. 50 ppm
- b. 100 ppm
- c. 10 %

20. Emisja CO na biegu jałowym w pojazdach samochodowych innych niż motocykl produkowanych od 1.05. 2004 r. wynosi:

- a. 1 %
- b. 0,3 %
- c. 10 ppm

3.5. Ćwiczenia wraz z instrukcją



3.5.1. Ćwiczenie 1

Dokonaj podłączenia urządzenia diagnostycznego Bosch KTS (lub innego) z systemem OBD wybranego pojazdu z zapłonem iskrowym w celu jego diagnostyki.

Ćwiczenie wykonaj w następującej kolejności:

- Przygotuj pojazd posiadający system OBDII/EOBD nie będący silnika benzynowego w dobrym stanie technicznym
- Odnajdź gniazdo OBD w przedmiotowym pojeździe
- Włóż interfejs diagnostyczny do gniazda OBD pojazdu i ustanów komunikację z software
- Dokonaj odczytu kodów błędów
- Dokonaj niezbędnych testów aktywnych i funkcjonalnych wybranych systemów
- Na podstawie przeprowadzonej diagnostyki postaw diagnozę w sprawie dalszej naprawy silnika benzynowego

3.5.2. Ćwiczenie 2

Dokonaj podłączenia urządzenia diagnostycznego Bosch KTS (lub innego) z systemem OBD wybranego pojazdu z zapłonem samoczynnym w celu jego diagnostyki.

Ćwiczenie wykonaj w następującej kolejności:

- Przygotuj pojazd posiadający system OBDII/EOBD nie będący silnika Diesla w dobrym stanie technicznym
- Odnajdź gniazdo OBD w przedmiotowym pojeździe
- Włóż interfejs diagnostyczny do gniazda OBD pojazdu i ustanów komunikację z software
- Dokonaj odczytu kodów błędów
- Dokonaj niezbędnych testów aktywnych i funkcjonalnych wybranych systemów
- Na podstawie przeprowadzonej diagnostyki postaw diagnozę w sprawie dalszej naprawy silnika Diesla



3.5.3. Ćwiczenie 3

Dokonaj podłączenia urządzenia diagnostycznego Bosch KTS (lub innego) z systemem OBD wybranego pojazdu w celu zapisania w pamięci komputera parametrów pracy silnika podczas jazdy drogowej.

Ćwiczenie wykonaj w następującej kolejności:

- Przygotuj pojazd posiadający system OBDII/EOBD ze świecącą się kontrolką MIL
- Włóż interfejs diagnostyczny do gniazda OBD pojazdu i ustanów komunikację z software
- Wyświetl zakładkę z wyborem parametrów jazdy do archiwizacji w pamięci komputera. Wybierz kilka parametrów.
- Dokonaj krótkiej jazdy w warunkach mieszanych (miejskich i pozamiejskich).
- Wykonaj wykresy przebiegu w czasie zarchiwizowanych parametrów pracy silnika i pojazdu.
- Na podstawie badań dokonaj diagnozy stanu technicznego silnika pojazdu

3.5.4. Ćwiczenie 4

Zaplanuj i wykonaj proces diagnostyki i naprawy systemu wtrysku paliwa w silniku z bezpośrednim wtryskiem benzyny.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.5.5. Ćwiczenie 5

Zaplanuj i wykonaj proces diagnostyki i naprawy turbosprężarki w silniku Diesla.

.....

.....

.....

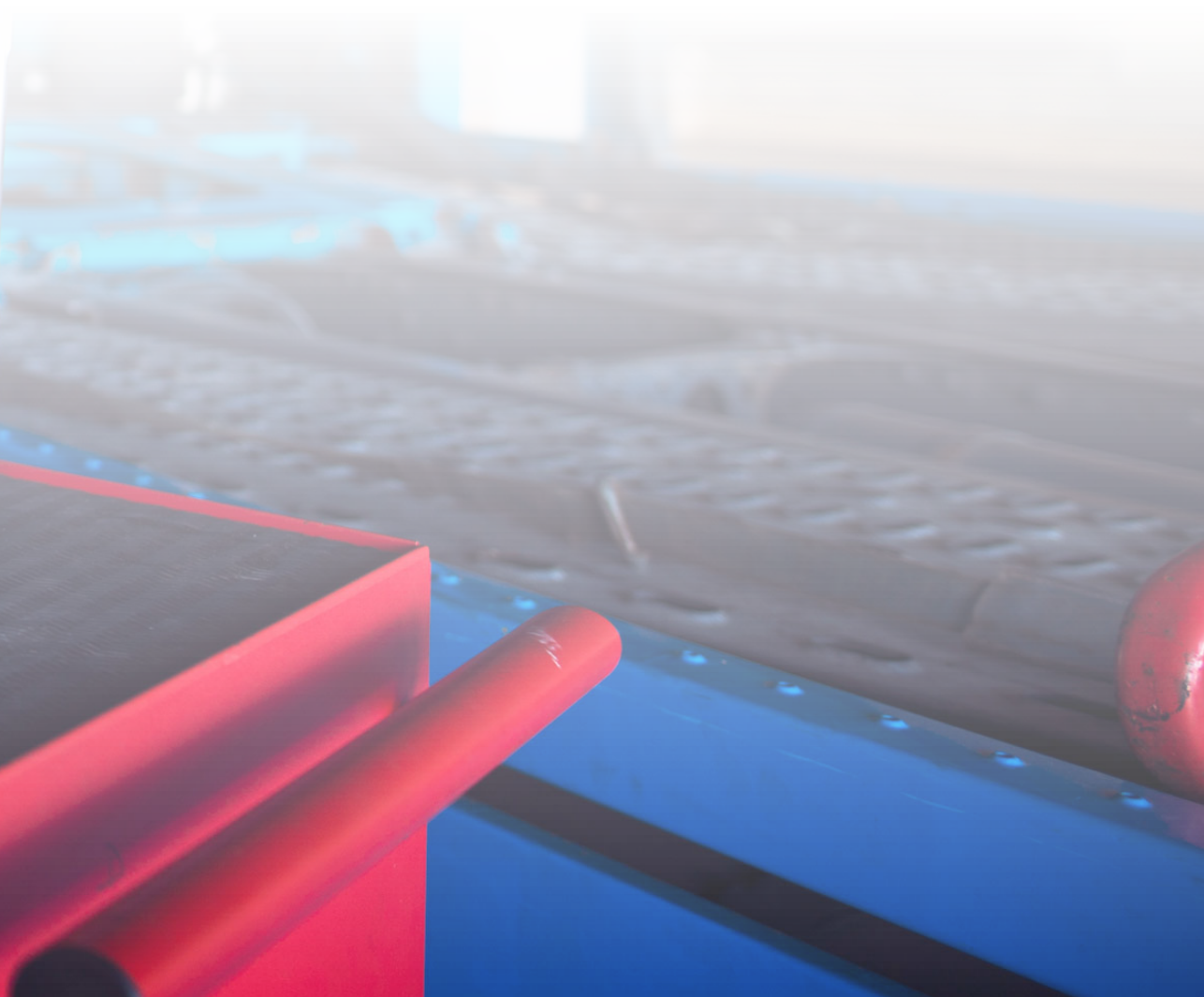
.....

.....

.....



4. Diagnostyka pojazdów zasilanych paliwami alternatywnymi



4.1. Własności paliw gazowych

Ze względu na sposób magazynowania, paliwa gazowe dzieli się na dwie grupy: gazy skroplone i gazy sprężone. Paliwa płynne charakteryzuje duża gęstość magazynowanej energii i dlatego bardzo często sięga się do nich. Sprężenie gazu jest zabiegiem mniej wydajnym, ale także w wyniku jego rozprężenia można uzyskać wystarczające ilości gazu do zasilenia silnika samochodu.

O zastosowaniu konkretnego paliwa do zasilania pojazdów samochodowych decydują ich własności fizyczne i chemiczne [19]. Ogromne znaczenie ma sposób ich otrzymywania, przechowywania oraz ilość generowanej podczas spalania energii. Paliwa alternatywne stanowią dodatkową opcję dla paliw takich jak benzyna i olej napędowy [16]. Do najważniejszych z nich zaliczamy:

- gazy skroplone: LPG – mieszanka skroplonego propanu i butanu w różnych proporcjach, LNG – skroplony metan oraz skroplony wodór (warunki kriogeniczne),
- gazy sprężone: CNG – sprężony metan (do 250 bar) i sprężony wodór (do 700 bar ze względu na małą gęstość).

Porównanie najważniejszych własności paliw alternatywnych w porównaniu do benzyny przedstawiono w tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Własności paliw alternatywnych [19]

Kryterium	Benzyna	Metan	LPG (50% propanu, 50% butanu)	Wodór
Wartość opałowa mieszanek ($\lambda=1$), MJ/m ³	3,7	3,37	3,66	3,2
Szybkość spalania laminarnego, m/s	0,3 ÷ 0,6	0,34	0,39 propan 0,38 butan	3,17 ÷ 10
Zapotrzebowanie powietrza/ kg paliwa	14,7	17,2	15,5	34,6
Liczba oktanowa	<98	110 ÷ 130	110 ÷ 115	>60 zmienna
Gęstość, kg/m ³	0,72 ÷ 0,76 kg/dm ³	0,72	2,0 propan 2,7 butan	0,09

Temperatura zapłonu, °C	220 normalna 270 super	650	481 propan 430 butan	585
Zakres zapalności λ	0,7 ÷ 1,25 (praktyczny)	0,6 ÷ 2,0	0,4 ÷ 1,91 propan 0,34 ÷ 1,74 butan	0,15 ÷ 10
Granica wybuchowości, %	1,3 ÷ 7	5 ÷ 15	2,12 ÷ 9,35 propan 1,80 ÷ 8,50 butan	4 ÷ 74,2

Spośród przedstawionych powyżej paliw gazowych do zasilania pojazdów najczęściej stosuje się LPG (mieszanke propanu i butanu) oraz rzadziej sprężony metan (CNG) [17][18]. LNG jak i wodór (sprężony i skroplony) stosowane są niesamowicie rzadko.

Propan i butan, tworzące mieszanke LPG, są łatwe do skroplenia i do magazynowania w temperaturach bliskich otoczenia [12]. W temperaturze otoczenia i przy ciśnieniu atmosferycznym znajdują się w stanie gazowym i właśnie w takim stanie zasilają silniki spalnowe. Ich magazynowanie powinno się odbywać w stanie ciekłym ze względu na dużo większą gęstość energii zwłaszcza w odniesieniu do objętości. Aby skroplić butan i propan w normalnych warunkach należy niewiele zwiększyć ciśnienie. Odparowany LPG jest cięższy od powietrza, zatem po wycieku gromadzi się przy podłożu wypełniając najniższe położone pomieszczenia (kanały w warsztacie, czy piwnice). Posiada właściwości znieczulające i należy unikać jego wdychania. Ze względu na dużą szybkość parowania może powodować odmrożenia ludzkiej skóry. Podczas wycieku widoczna jest nietrująca mgiełka, która jest bardzo łatwopalna. Charakterystyczną cechą skroplonego LPG, wpływającą na trudności jego magazynowania, jest duża rozszerzalność temperaturowa. Wszystkie zbiorniki LPG powinny mieć ograniczenie napełniania do 80% swojej objętości.

CNG – sprężony gaz ziemny charakteryzuje się dużo mniejszą niż LPG gęstością energii w jednostce objętości. Z tego powodu jest sprężany do ponad 20 bar. Wymaga to stosowania zbiorników wysokociśnieniowych o dużej objętości i masie. Dużą zaletę CNG stanowi jego wysoka liczba oktanowa, szeroki zakres zapalności oraz wysoka temperatura samozapłonu [15]. Przy jego spalaniu wydziela się dużo mniej toksycznych składników niż w przypadku benzyn czy LPG. Gaz ziemny jest lżejszy od powietrza i w przeciwieństwie do LPG unosi się do góry. Zazwyczaj nie ma problemu by parkować pojazdem zasilanym CNG w podziemnych parkingach.

Aby skroplić gaz ziemny, konieczne jest jego ochłodzenie do temperatury ok. -162°C . W tym czasie jego objętość zmniejsza się ponad 600 razy. W wyniku takiego zabiegu otrzymujemy paliwo o bardzo dużej gęstości energii zwane LNG. Jednak jego przechowywanie możliwe jest jedynie w bardzo drogich i skomplikowanych zbiornikach kriogenicznych.

Najważniejszymi parametrami paliw alternatywnych służącymi ocenie przydatności do zasilania pojazdów są [19]:

- wartość opałowa mieszanki paliwowo-powietrznej – jest to ilość energii chemicznej zawarta w określonej objętości lub masie paliwa,
- współczynnik nadmiaru powietrza λ – mówiący ile powietrza należy dostarczyć do całkowitego spalania paliwa, co wynika ze wzorów stechiometrycznych,
- liczba oktanowa – określa odporność paliwa na spalanie stukowe,
- temperatura zapłonu,
- granica zapalności i wybuchowości – świadczą o łatwości spalania paliw w różnych rodzajach silników a także o ich bezpieczeństwie w wyniku wycieku.

Duży wpływ na moc silnika ma wartość opałowa mieszanki paliwa i powietrza o składzie stechiometrycznym ($\lambda=1$). Mniejsza wartość opałowa mieszanki powoduje spadek mocy silnika zasilanego gazem.

Zaletą paliw gazowych jest wysoka liczba oktanowa (powyżej 100). Pozwala to na zwiększenie stopnia sprężania i mocy silnika. Pełne wykorzystanie właściwości tego paliwa możliwe jest w silnikach zaprojektowanych tylko do zasilania gazem (wyższy stopień sprężania, zmieniona konstrukcja układu dolotowego). W praktyce rezygnuje się z wykorzystania pełnych zalet paliwa gazowego w silnikach zaprojektowanych do zasilania benzyną. Takie rozwiązanie powoduje straty mocy silnika benzynowego zasilanego gazem i zwiększa zużycie gazu.

Paliwa gazowe (LPG i CNG) charakteryzuje większa efektywność procesu spalania oraz wyższa energia zapłonu. Pełne wykorzystanie zalet paliwa gazowego umożliwiają nowoczesne układy zasilania, w których wykorzystuje się wtrysk paliwa (analogicznie do wtrysku benzyny). Takie rozwiązanie umożliwia optymalizację zarówno położenia wału korbowego (otwarcia i zamknięcia wtryskiwacza), jak i zapłonu mieszanki [5].

Podstawowymi zaletami pojazdu zasilanego gazem są: niższy koszt paliwa gazowego, mniejsza emisja szkodliwych składników spalin, wydłużenie czasu eksploatacji oleju silnikowego (brak rozcieńczania) i większa trwałość silnika (brak osadów, brak zmywania oleju ze ścianek cylindra).

Do głównych wad należą: koszt zakupu i zabudowy instalacji zasilania gazem, możliwy niewielki spadek mocy silnika i prędkości maksymalnej (nie dotyczy wtrysku ciekłego gazu) oraz niewielki wzrost zużycia gazu w porównaniu do benzyny.

Systemy zasilania paliwami gazowymi zależą od rodzaju układów zasilania silników spalinowych i dzielą się na :

- Klasyczne (mieszalnikowe) bez regulacji przepływu gazu (I generacja) lub z regulacją przepływu gazu (II generacja),
- Nadciśnieniowe – realizujące zasilanie gazowe w sposób ciągły przez dyszę (III generacja) lub sekwencyjne przez wtryskiwacze (IV generacja),
- Wtryskowe – wtrysk fazy ciekłej gazu (V generacja).

Obecnie w kraju najbardziej rozpowszechniony jest system zasilania nadciśnieniowego, z wtryskiwaczami elektromagnetycznymi (IV generacja).

4.2. Komponenty systemu sekwencyjnego wtrysku LPG

Na rysunki 4.1 przedstawiono komponenty sekwencyjnego systemu wtrysku gazu LPG do silnika benzynowego.



EKO MINI

zestaw elektroniki wtrysku gazu LPG 3-4 cyl.



przeznaczenie:

EKO MINI to zestaw elektroniki sekwencyjnego wtrysku gazu do samochodów 3 i 4 cylindrowych, z wtryskiem wielopunktowym z doładowaniem turbo lub bez.

opis systemu:

- małe wymiary sterownika, prosty montaż i podłączenie
- współpracuje z większością wtryskiwaczy dostępnych na rynku
- oferuje duży zakres funkcji
- precyzyjna autokalibracja systemu

- oddzielna kalibracja wtryskiwaczy pod względem równomierności
- pełna diagnoza pracy / odnotowanie błędów
- odłączanie pojedynczych wtryskiwaczy w celu diagnostyki.

skład zestawu:

- sterownik EKO-MINI 3-4 cyl. - 1 szt.
- wiązka (okablowanie) - 1 kpl.
- mapsensor (czujnik ciśnienia gazu) - 1 szt.
- centralka kabinowa - 1 szt.
- czujnik temperatury - 2 szt.

Rys. 4.1. Komponenty systemu sekwencyjnego wtrysku LPG

4.2.1. Elektroniczna jednostka sterująca

Zadaniem jednostki sterującej jest nadzór nad prawidłową pracą silnika samochodu oraz innych jego podzespołów (m.in. układów elektronicznych, takich jak ABS, ESP, TCS, czy też innych elementów wyposażenia, takich jak klimatyzacja). Sterownik zwykle ma postać mikroprocesora, do którego napływają dane z różnych czujników. Na ich podstawie, oraz w oparciu o zapisane w pamięci komputera uniwersalne charakterystyki pracy silnika (wartości standardowe, określające np.: wartość obrotów silnika przy danym stopniu otwarcia przepustnicy), jednostka sterująca dobiera takie parametry pracy silnika, by pracował on w sposób jak najbardziej optymalny z punktu widzenia ekonomii, ekologii, dynamiki i trwałości. ECU jest swego rodzaju mózgiem pojazdu, sterującym jego pracą.

Elektroniczną jednostkę sterującą (ECU) przedstawia rysunku 4.2.



Rys. 4.2. Elektroniczna jednostka sterująca

Diagnostyka ECU LPG

Podczas diagnostyki poprawności działania elektronicznej jednostki sterującej LPG nie sposób pominąć sprawdzenia poprawności pomiaru wszystkich parametrów pracy. Badania do tej części skryptu zostały wykonane na stanowisku kontroli jakości produkcyjnych jednostek sterujących wtryskiem gazu. Tester ECU jest urządzeniem w pełni zaprojektowanym i wykonanym przez lubelskiego producenta systemów gazowych. Testy poszczególnych parametrów pracy zostały przedstawione w oddzielnych oknach programowych (patrz rysunki 4.3 – 4.8). Testowanie polega na wygenerowaniu przez tester sygnału o odpowiedniej wartości (minimalnej, maksymalnej lub pośredniej z zakresu pomiarowego) i sprawdzeniu poprawności jego odczytu przez testowaną jednostkę sterującą. Pozytywnemu przejściu testu towarzyszy pojawienie się ZIELONEGO kwadracika, zaś błędnemu odczytowi pojawienie się CZERWONEGO kwadracika widocznego na rysunku 4.4.

Sytuacja błędnego odczytu została zasymulowana do celów poglądowych raportu i nie dotyczy rzeczywistego działania badanej jednostki sterującej.



Rys. 4.3. Okno testu obwodu prędkości obrotowej



Rys. 4.4. Okno testu obwodu czujnika ciśnienia

Niektóre okna testera umożliwiają bezpośrednią konfrontację wartości wymaganych i zmierzonych poszczególnych parametrów (patrz rysunki 4.5 i 4.6). Na rysunku 4.6 przedstawiono test napięć zasilania jednostki sterującej. Widoczne są dwa zakresy napięć występujące w obwodach jednostki sterującej. Napięcie akumulatora (12 ± 1 V) jest wykorzystywane do zasilania m.in. obwodów wtryskiwaczy gazowych oraz elektrozaworów odcinających. Napięcie pokładowe ($5 \pm 0,5$ V) jest wykorzystywane do zasilania mikroprocesora, czujników temperatury i centralki przełączającej gaz/benzyna. Obydwa obwody pozytywnie przeszły badania.



Rys. 4.5. Okno testu czujnika temperatury ECU



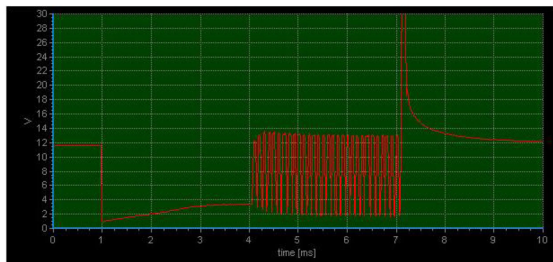
Rys. 4.6. Okno testu napięć zasilania

Jeden z testów umożliwia także podgląd przebiegu sygnałów na wyjściach z kluczy tranzystorowych, sterujących otwarciem wtryski-

waczy gazowych. Okno testera szyn wtryskowych zostało przedstawione na rysunku 4.7, zaś przykładowy prawidłowy przebieg sygnału na jednym z kanałów na rysunku 4.8.



Rys. 4.7. Okno testu sygnałów otwierających wszystkie wtryskiwacze



Rys. 4.8. Przykładowy poprawny przebieg napięcia otwarcia wtryskiwacza gazowego

Badania poprawności pomiaru wszystkich parametrów pracy obejmowały następujące testy:

- sprawdzenie pomiaru napięcia zasilania 12 V,
- sprawdzenie pomiaru napięcia zasilania 5 V,
- sprawdzenie czujnika temperatury ECU,
- sprawdzenie napięcia sterowania 12 V,
- sprawdzenie napięcia sterowania 5 V,
- sprawdzenie wyłącznika zapłonu,
- sprawdzenie diod centralki,
- sprawdzenie przełącznika centralki,
- sprawdzenie obwodów zasilania wtryskiwaczy LPG (2 testy)
- sprawdzenie obwodów emulacji wtryskiwaczy benzynowych,
- sprawdzenie przełącznika elektrozaworów,
- sprawdzenie poprawności odczytu sygnału prędkości obrotowej,
- sprawdzenie poprawności odczytu sygnału TPS,
- sprawdzenie poprawności odczytu sygnału ciśnienia
- sprawdzenie poprawności odczytu sygnału sondy lambda,
- sprawdzenie poprawności odczytu sygnału poziomu gazu,
- sprawdzenie poprawności odczytu sygnału temperatury reduktora,
- sprawdzenie poprawności odczytu sygnału temperatury gazu.

Obydwie badane jednostki sterujące wtryskiem gazu do silników z bezpośrednim wtryskiem benzyny pozytywnie przeszły badania po-

prawności odczytu wszystkich parametrów co potwierdza raport końcowy przedstawiony na rysunku 4.9.

Staus połączenia ■

TESTER

RAPORT

Napięcie zasilania 12V.....	■	Obrotomierz.....	■	OCENA OGÓLNA ■
Napięcie zasilania 5V.....	■	min. 300 obr/min	średnie 2013 obr/min	
Czujnik temperatury ECU.....	■	max. 4758 obr/min		
Napięcie sterowania 12V.....	■			
Napięcie sterowania 5V.....	■	TPS.....	■	
Wyłącznik zapłonu.....	■	min. 0,0 V	max. 4,5 V	
Centralka - diody.....	■	Pomiar ciśnienia gazu.....	■	
Centralka - przełącznik.....	■	min. 0,00 bar	max. 2,31 bar	
Wtrysk LPG: 1 2 3 4		Pomiar sondy lambda.....	■	
test 1: ■ ■ ■ ■		min. 0,20 V	max. 4,06 V	
test 2: ■ ■ ■ ■		Pomiar poziomu LPG.....	■	
Wtryskiwacze: 1 2 3 4		min. 1	max. 6	
■ ■ ■ ■		Pomiar temp. reduktora.....	■	
Przełącznik elektrozaworu.....	■	min. 4 °C	max. 87 °C	
		Pomiar temp. szyny.....	■	
		min. 3 °C	max. 87 °C	

<< Wstecz **Dalej >>** **F10 Wyjście**

Rys. 4.9. Raport końcowy z pozytywnych badań ECU

Następnie przeprowadzono badania oprogramowania pod kątem zabezpieczeń w sytuacjach wyjątkowych. Przez sytuację wyjątkową należy rozumieć brak ciśnienia gazu, prędkości obrotowej RPM, czasów wtrysku benzyny, zasilania jednostki sterującej. Oznacza to sytuację mającą zdarzenie podczas prawidłowej pracy systemu gazowego z wystąpieniem powyżej wymienionych okoliczności. Zachowanie się jednostki sterującej jest wówczas ściśle określone w Regulaminach Europejskiej Komisji Gospodarczej przy Organizacji Narodów Zjednoczonych (patrz tabela 4.2). Pierwszy z tych regulaminów stanowi podstawę konwersji silników benzynowych na zasilanie gazem LPG. Jest to Regulamin nr 67.01 [24]. Drugi (Regulamin nr 115) jest podstawą nowego ogólnoeuropejskiego podejścia do konwersji rozdzin pojazdów.

Tabela 4.2. Podstawa prawna badań

Regulamin Nr 67.01 ZAŁĄCZNIK 14**PRZEPISY DOTYCZĄCE HOMOLOGACJI ELEKTRONICZNEJ JEDNOSTKI STERUJĄCEJ**

1. Funkcję elektronicznej jednostki sterującej może spełniać dowolne urządzenie sterujące zapotrzebowaniem silnika na LPG oraz ustalające punkt odcięcia jednego lub więcej samoczynnych zaworów odcinających zbiornika, zaworów odcinających oraz pompy paliwa instalacji zasilania LPG w przypadku uszkodzenia przewodu doprowadzającego paliwo i/lub zgaśnięcia silnika wskutek przeciążenia.
2. Opóźnienie odcięcia samoczynnych zaworów odcinających po zgaśnięciu silnika wskutek przeciążenia nie może przekraczać 5 sekund.
4. Awaria systemów elektrycznych pojazdu nie może prowadzić do niekontrolowanego otwarcia żadnego zaworu.
5. Sygnały wyjściowe elektronicznej jednostki sterującej powinny być nieaktywne w przypadku odłączenia lub awarii zasilania.

Regulamin Nr 115**2. OKREŚLENIA**

- 2.1.6. „Układ zależny” (master-slave) oznacza dodatkowy układ zasilania, w którym elektroniczna jednostka sterująca LPG jest zdolna przekazywać strategię elektronicznej jednostki sterującej benzyny podczas pracy na LPG.
- 6.1.4.4.2.1. Elektroniczna jednostka sterująca LPG powinna być zgodna z elektroniczną jednostką sterującą benzyny w strategiach paliwowych (np. wtrysk)

Badania oprogramowania pod kątem zabezpieczeń w sytuacjach wyjątkowych zostały przedstawione w tabeli 4.3.

Tabela 4.3. Tabela zachowań ECU w sytuacjach wyjątkowych

L.p.	Zasymulowana usterka	Reakcja systemu	Ocena ogólna
1	Brak ciśnienia gazu	przełączenie na benzynę, elektrozawory odcinające zamknięte	Reakcja prawidłowa
2	Brak prędkości obrotowej RPM	przełączenie na benzynę, elektrozawory odcinające zamknięte	Reakcja prawidłowa
3	Brak czasów wtrysku benzyny	pozostanie na gazie, elektrozawory odcinające otwarte (interpretacja sytuacji cut-off)	Reakcja prawidłowa
4	Brak zasilania jednostki sterującej wtryskiem gazu	przełączenie na benzynę, elektrozawory odcinające zamknięte, Sygnały wyjściowe ECU nieaktywne	Reakcja prawidłowa

Powyższe badania potwierdzają prawidłowe zachowanie ECU podczas występowania wyżej zdefiniowanych sytuacji wyjątkowych.

Wtryskiwacz gazu LPG, tak jak i wtryskiwacz benzynowy, stanowi ważny element systemu zasilania paliwem, który wpływa istotnie na emisję zanieczyszczeń z pojazdu. Dlatego ich praca powinna być objęta ciągłym monitoringiem ze strony diagnostyki pokładowej systemu wtrysku gazu (patrz tabela 4.4).

Tabela 4.4. Podstawa prawna badań

Regulamin Nr 115

6. WYMAGANIA DOTYCZĄCE DODATKOWYCH UKŁADÓW ZASILANIA

6.1. CZĘŚĆ I – Wymagania dla dodatkowych układów zasilania LPG

6.1.4.4.1.d. Podczas pracy na LPG elektroniczna jednostka sterująca LPG powinna monitorować tylko elementy składowe związane z emisją LPG, jak i ich połączenia elektryczne.

Regulamin Nr 83.05 ZAŁĄCZNIK 11

UKŁAD DIAGNOSTYKI POKŁADOWEJ (OBD) DLA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

3.3.4.5. O ile nie są inaczej kontrolowane, wszystkie inne mające wpływ na emisję zanieczyszczeń części mechanizmu napędowego, połączone ze sterownikiem, wraz z odpowiednimi czujnikami umożliwiającymi przeprowadzenie funkcji kontrolnych muszą być kontrolowane pod względem ciągłości obwodu.

Badania reakcji na zwarcie w obwodzie, przerwę w obwodzie oraz uszkodzenie klucza sterującego zostały przedstawione w tabeli 4.5.

Tabela 4.5. Tabela zachowań ECU

L.p.	Przyczyna usterki	Reakcja systemu	Ocena ogólna
1	Przerwa w obwodzie wtryskiwacza gazowego nr X (X - numer wtryskiwacza od 1 do 4)	przełączenie na benzynę	Reakcja prawidłowa
2	Zwarcie w obwodzie wtryskiwacza gazowego nr X	przełączenie na benzynę	Reakcja prawidłowa
3	Awaria obwodu ECU wtryskiwacza gazowego nr X	przełączenie na benzynę	Reakcja prawidłowa

Powyższe badania potwierdzają prawidłowe zachowanie ECU podczas występowania problemów z obwodem wtryskiwaczy gazowych.

4.2.2. Zbiornik Gazu

Instalacja gazowa to jeden ze skuteczniejszych sposobów na obniżenie kosztu eksploatacji samochodu. Niestety, wiąże się to z koniecznością zamontowania dodatkowego zbiornika, do którego będzie można zatankować paliwo alternatywne. Taka modyfikacja zazwyczaj powoduje obniżenie walorów użytkowych i estetycznych pojazdu. Właśnie dlatego producenci zbiorników LPG mają w swojej ofercie kilka rodzajów butli, aby każdy mógł dobrać model idealnie dopasowany do typu pojazdu i własnych preferencji. Sprawdźmy, jakie są wady i zalety tych rozwiązań.

Zbiorniki LPG dzielimy na:

- Zbiorniki cylindryczne
- Zbiorniki toroidalne

Zbiorniki cylindryczne (walcowe) były bardzo popularne w latach 90. XX wieku, kiedy specjalnie nie przywiązywano wagi do względów estetycznych, a instalacja gazowa miała po prostu działać i zapewniać duży zasięg. To zadanie zbiorniki cylindryczne spełniały w 100 %. Ich budowa gwarantowała optymalną pojemność, więc wizyty na stacji były znacznie rzadsze. Butlę zazwyczaj umieszczano poprzecznie tuż za oparciem tylnej kanapy, co niestety ograniczało pojemność bagażnika i możliwość przewożenia długich przedmiotów.

Obecnie zbiorniki tego typu montowane są bardzo rzadko. Można je spotkać najczęściej w pickupach lub samochodach terenowych, które ze względu na duże zużycie paliwa potrzebują butli o dużej pojemności.

Mniejsze wersje zbiorników cylindrycznych można spotkać w samochodach wyposażonych w niewielkie bagażniki. Ich pojemność zazwyczaj nie przekracza 30 litrów, a montaż odbywa się wzdłużnie po lewej lub prawej stronie. Takie rozwiązanie pozwala efektywniej wykorzystać pozostałą przestrzeń bagażnika, a po złożeniu oparcia tylnej kanapy możliwe jest przewożenie dłuższych przedmiotów.

Butle tego typu są alternatywą dla posiadaczy pojazdów, w których nie da się zamontować wewnętrznego zbiornika toroidalnego. Tak jest

w przypadku np. niektórych samochodów francuskich, gdzie koło zapasowe umieszczono w koszu pod podłogą bagażnika. Najmniejsze zbiorniki cylindryczne na ogół posiadają zintegrowane mocowania, natomiast do większych modeli konieczne jest dokupienie stelaży.

Zbiorniki toroidalne to zdecydowanie najpopularniejsze rozwiązanie stosowane w samochodowych instalacjach LPG. Zazwyczaj ulokowane są we wnęce na koło zapasowe, dzięki czemu nie ograniczają przestrzeni użytkowej. W takim przypadku koło zapasowe umieszczane jest w pokrowcu ochronnym i wożone w bagażniku. Nie stanowi to jednak większego problemu, ponieważ koło w każdej chwili można wyjąć albo przełożyć. Inne wyjście to zakup dojazdówki lub zestawu naprawczego.

Pojemność zbiornika toroidalnego jest ściśle uzależniona od wielkości wnęki na koło zapasowe. Jeśli zechcemy ją wykorzystać maksymalnie, konieczne może okazać się usunięcie niektórych elementów mocujących. Aby tego uniknąć, będziemy musieli wybrać nieco mniejszy zbiornik.

Zbiorniki toroidalne, podobnie jak ich cylindryczne odpowiedniki, występują również w wersji zewnętrznej. Zazwyczaj wykorzystuje się je w samochodach, których koło zapasowe podwieszone jest pod podłogą bagażnika. Po zdemontowaniu kosza na koło zapasowe powstaje idealne miejsce na butlę LPG. Takie rozwiązanie sprawdzi się także w SUV-ach i pojazdach terenowych, gdzie koło znajduje się na drzwiach bagażnika. Zewnętrzne zbiorniki toroidalne w zależności od wariantu i producenta posiadają zintegrowane mocowania lub dedykowane obejmy.

Zbiorniki LPG występują w wielu wariantach, dzięki czemu bez trudu można zakupić model dostosowany do danego pojazdu i oczekiwań klientów. Jest to niezwykle ważne dla późniejszej eksploatacji, ponieważ wpływa na zasięg pojazdu i funkcjonalność bagażnika. Dla wielu osób istotne są również względy estetyczne. Transparentny montaż butli LPG potrafi skutecznie zniechęcić do założenia instalacji gazowej. Dlatego zanim oddamy samochód do warsztatu, powinniśmy rozważyć wszystkie opcje, mając na uwadze wady i zalety każdej z nich.

Montaż w pojeździe zbiornika toroidalnego przedstawiono na rysunku 4.10.



Rys. 4.10. Zbiornik gazu LPG

Diagnostyka zbiorników LPG

Diagnostyka zbiorników LPG przebiega w taki sam sposób bez względu na ich kształt zewnętrzny. Najważniejszym parametrem diagnostycznym jest szczelność zbiornika. Nieszczelności mogą wynikać z nieprawidłowego położenia spawów, uszkodzeń mechanicznych (np. przewiercenia ścianki przez montażystę) oraz nieprawidłowego połączenia z wielozaworem. Test szczelności wykonywany jest za pomocą testera pianowego lub elektronicznego detektora wycieku gazu. Obydwa urządzenia pozwalają precyzyjnie zlokalizować miejsce wycieku. W diagnostyce nieszczelności zbiornika pomagają nieprzyjemny zapach gazu.

Utrzymanie w czasie zdolności do magazynowania ciekłego gazu LPG, jest gwarantowane przez producenta na okres 10 lat. Gwarancja opiera się o świadectwo homologacji, które jest ważne właśnie przez ten okres. Ważność świadectwa homologacji oraz test szczelności wchodzi w skład kontroli technicznej pojazdów wykonywanych w Stacjach Kontroli Pojazdów.

4.2.3. Reduktor/parownik

Najważniejszym urządzeniem każdego układu zasilania silnika gazem jest reduktor – parownik (rysunek 4.11). To właśnie do tego elementu należy zmiana skupienia gazu z fazy ciekłej w gazową oraz utrzymanie jego ciśnienia na odpowiednim poziomie. Reduktor jest

dobierany do konkretnego pojazdu ze szczególnym uwzględnieniem mocy silnika oraz generacji zastosowanego systemu zasilania gazem. Na rynku występuje kilka typów reduktorów:

1. Elektroniczne:

- dwustopniowe - mają zastosowanie w systemach I i II generacji
- jednostopniowe - stosowane w instalacjach IV generacji
- tłokowe - stosowane w instalacjach IV generacji

2. Pneumatyczne (podciśnieniowe)

- dwustopniowe - stosowane w instalacjach I generacji (silniki gaźnikowe)

Reduktor jako podstawowy podzespół każdej instalacji gazowej ma do spełnienia kilka istotnych funkcji:

- zamianę stanu skupienia gazu z fazy ciekłej w gazową
- redukcję ciśnienia gazu
- dostarczenie paliwa gazowego w odpowiedniej ilości do aktualnego zapotrzebowania przez silnik
- odcięcie wypływu gazu z reduktora w momencie kiedy silnik nie pracuje na gazie.

Zasada działania każdego reduktora-parownika do gazu LPG jest podobna. W celu przemiany stanu skupienia paliwa gazowego z fazy ciekłej na gazową potrzebne jest dostarczenie do reduktora-parownika ciepła. Źródłem ciepła w tym przypadku jest silnik pojazdu. Reduktor jest ogrzewany przez płyn układu chłodzącego przepływający przez umieszczone w nim kanały. Gaz po odparowaniu jest podawany do miksera lub wtryskiwaczy.

Najważniejszym elementem reduktora są membrany, które odpowiadają za regulację ciśnienia oraz wydatku odparowywanego gazu dostarczanego do silnika, w zależności od jego zapotrzebowania. Membrany pełnią też rolę przegrody, pomiędzy cieczą układu chłodniczego a paliwem gazowym. Z uwagi, że membrany pracują w bardzo trudnych warunkach (są poddawane dużej różnicy temperatur), ulegają one zużyciu w miarę upływu czasu. Membrany są wykonane z materiałów ulegających starzeniu. Z upływem czasu parcieją i tracą swoje właściwości. W ekstremalnych przypadkach, kiedy użytkownik uruchamia silnik bezpośrednio z gazu, zamiast na benzynie dochodzi do przemrożenia membran. Wówczas ulegają one trwałemu uszkodzeniu. W większości przypadków producenci oferują tzw. zestawy naprawcze, dzięki którym można dokonać regeneracji reduktora

LPG. Trzeba jednak mieć świadomość, że na zestawy naprawcze producenci nie udzielają gwarancji. Inaczej sytuacja wygląda przy reduktorach, które są objęte gwarancją producenta.



Rys. 4.11. Reduktor ciśnienia

Diagnostyka reduktora LPG

Diagnostyka reduktora obejmuje kontrolę szczelności gazowej urządzenia oraz wydatku gazu. Test szczelności wykonywany jest za pomocą testera pianowego lub elektronicznego detektora wycieku gazu. Obydwa urządzenia pozwalają precyzyjnie zlokalizować miejsce wycieku. Wydatek gazu można bezpośrednio zmierzyć na stanowisku badawczym zawierającym przepływomierz lub pośrednio w pojeździe podczas prób drogowych lub hamownianych.

Diagnosta powinien również sprawdzić szczelność połączeń reduktora z układem chłodzenia silnika. Wycieki cieczy chłodzącej mogą prowadzić do poważnych konsekwencji zarówno w pracy systemu gazowego jak i silnika spalinowego.

4.2.4. Wtryskiwacze gazu

Wtryskiwacze gazu są najbardziej precyzyjnymi elementami współcześnie stosowanych systemów zasilania gazem LPG i CNG silników benzynowych. Odpowiedni ich dobór, gwarantujący prawidłową pracę jednostki napędowej, to zadanie warsztatu montujące-

go instalację. Zasadniczy wpływ na kondycję wtryskiwaczy w trakcie eksploatacji ma sam użytkownik. Tylko terminowo wykonywana obsługa gazowego systemu zasilania, której podstawowe czynności są związane z wymianą filtrów (szczególnie fazy gazowej), wpływa bezpośrednio na trwałość wtryskiwaczy gazowych.

Wtryskiwacz gazowy, do silnika 4-cylindrowego, został przedstawiony na rysunku 4.12.



Rys. 4.12. Wtryskiwacze gazowe

Diagnostyka wtryskiwaczy gazu

Diagnostyka wtryskiwaczy gazu obejmuje kontrolę szczelności gazowej urządzenia oraz wydatku gazu. Test szczelności wykonywany jest za pomocą testera pianowego lub elektronicznego detektora wycieku gazu. Obydwa urządzenia pozwalają precyzyjnie zlokalizować miejsce wycieku. Wydatek gazu można bezpośrednio zmierzyć na stanowisku badawczym zawierającym przepływomierz lub pośrednio w pojeździe podczas prób na biegu jałowym, prób drogowych lub hamownianych. Najnowsze systemy sekwencyjnego wtrysku gazu pozwalają dokonać w sposób pośredni pomiaru wydatków poszczególnych wtryskiwaczy i dokonać odpowiednich korekt.

4.2.5. Filtr gazu

Za jakość paliwa gazowego doprowadzanego do wtryskiwaczy odpowiada głównie filtr fazy gazowej LPG, który w zależności od zaleceń producenta instalacji gazowej należy wymieniać co 10-15 tys. km.

To właśnie ten filtr zatrzymuje najbardziej szkodliwe dla wtryskiwaczy oleiste frakcje, które wytrącają się po zmianie stanu skupienia LPG z ciekłego na gazowy. Można powiedzieć, że jest to najważniejszy filtr w instalacji gazowej i należy go bezwzględnie wymieniać zgodnie z zaleceniami producenta instalacji.

Przyzwyczailiśmy się do filtrów fazy gazowej zamkniętych w aluminiowych obudowach. Są to najczęściej filtry nierozbieralne, choć spotyka się także takie filtry z wymiennymi wkładami.

Coraz popularniejsze stają się filtry wyposażone w odstojniki, które łącząc różne formy filtracji (np. koalescencję z filtracją odśrodkową) zapewniają wysoki poziom separacji zanieczyszczeń. Odstojnik stanowiący dolną część obudowy filtra gromadzi płynne zanieczyszczenia. Zaletą takiego filtra jest to, że może być wykorzystywany wielokrotnie. Wymianie podlega tylko umieszczony wewnątrz wkład filtracyjny. Odstojnik przy każdej wymianie wkładu wymaga tylko wyczyszczenia z zalegających w nim zanieczyszczeń.

Spotyka się także filtry fazy gazowej z wymiennymi wkładami typu spin-on (takie jak filtry oleju silnikowego). Wymiana takiego wkładu jest jeszcze prostsza i polega na wykręceniu starego wkładu i zamontowaniu nowego.

Filtry fazy ciekłej nie mają tak bezpośredniego wpływu na wtryskiwacze LPG jak filtry fazy gazowej. Nie oznacza to jednak, że nie należy ich wymieniać. Wkłady filtrujące LPG w stanie ciekłym wymienia się co 20-30 tys. km w zależności od zaleceń producenta instalacji LPG.

Filtr fazy lotnej gazu, polskiego producenta - firmy Czaja, przedstawiony jest na rysunku 4.13.



Rys. 4.13. Filtr fazy lotnej gazu LPG

Diagnostyka filtrów LPG

Obydwa filtry LPG (fazy ciekłej i gazowej) podlegają okresowej wymianie w zależności od przebiegu pojazdu. Zazwyczaj producenci i monterzy systemów gazowych zalecają wymianę obydwu filtrów co 10 -15 000 km. Test szczelności wykonywany jest za pomocą testera pianowego lub elektronicznego detektora wycieku gazu. Obydwa urządzenia pozwalają precyzyjnie zlokalizować miejsce wycieku.

4.3. Warunki zabudowy systemu IV generacji

W załączniku nr 9 do rozporządzenia o warunkach technicznych [1] przedstawiono warunki dodatkowe dla pojazdu przystosowanego do zasilania gazem. Natomiast sposób sprawdzania prawidłowości przystosowania pojazdu do zasilania gazem opisano w dziale V załącznika nr 1 do rozporządzenia o zakresie i sposobie badań [2].

W obowiązujących przepisach używa się następujących określeń:

- LPG – skroplony gaz węglowodorowy, którego podstawowymi składnikami są propan i butan;
- CNG – sprężony gaz ziemny, którego podstawowym składnikiem jest metan;
- LNG – skroplony, schłodzony do temperatury co najmniej - 162°C gaz ziemny, którego podstawowym składnikiem jest metan;
- gaz – LPG, CNG i LNG;
- instalacja – zestaw części i zespołów umieszczonych w pojeździe niezbędnych do zasilania silnika gazem;
- zbiornik – zbiornik lub butla umieszczona na stałe w pojeździe na gaz LPG, CNG lub LNG służący do zasilania silników w pojazdach.

Wyposażenie pojazdu w instalację nie może naruszać parametrów określonych przez producenta pojazdu (DMC, dopuszczalne naciski osi, położenie środka masy, prześwit pojazdu itp.) i nie powinno zakłócać pracy podstawowego zasilania paliwem oryginalnym. Instalacja powinna działać w sposób prawidłowy i bezpieczny [29].

Elementy instalacji nie mogą znajdować się niżej niż 0,2 m od jezdni, jeżeli nie są chronione dolną częścią pojazdu, położoną poniżej nich w odległości do 0,15 m w poziomie z przodu i z boków. Wylot rury wydechowej nie może być skierowany w stronę jakiegokolwiek elementu instalacji. Autobus z instalacją gazową powinien być ozna-

czony z przodu i z tyłu nadwozia oraz prawego boku pojazdu w pobliżu drzwi nalepką z symbolem LPG, CNG lub LNG.

Instalacja zasilania gazem powinna być projektowana na ciśnienie wynoszące: LPG – 3 MPa, CNG – 26 MPa, LNG 2,7 MPa. Złącza instalacji, przez które przepływa gaz, powinny znajdować się w miejscach łatwo dostępnych dla kontroli ich szczelności. Przełączanie zasilania powinno być możliwe z pozycji kierującego pojazdem bez konieczności wyłączania silnika. W pojeździe z silnikiem ZS instalacja powinna odciąć dopływ gazu do silnika po osiągnięciu jego maksymalnej prędkości obrotowej. Kompletację instalacji oraz sposób jej połączenia i umieszczenia w pojeździe, określa podmiot, który uzyskał świadectwo homologacji. Instalacja powinna być zabezpieczona przed korozją i tak zbudowana, aby umożliwiać przeprowadzenie badań okresowych. Elementy instalacji:

- powinny być odpowiednio zabezpieczone (dotyczy elementów narażonych na uszkodzenia mechaniczne),
- nie mogą wystawać poza obrys pojazdu (nie dotyczy wlewów paliwa),
- nie mogą utrudniać w sposób istotny dostępu do silnika i innych zespołów, w których znajduje się lub przez które przepływa gaz,
- nie mogą bez pełnego osłonięcia być umieszczone w przestrzeni pasażerskiej.

Rozdzielanie złącz gazowych instalacji nie powinno być możliwe bez użycia narzędzi. Dopływ gazu do układu dolotowego, gdy silnik nie pracuje oraz po przełączeniu na inne paliwo, powinien być zatrzymany w czasie do 2 s.

Przez elementy instalacji w których znajduje się gaz, nie może płynąć prąd elektryczny. Układ elektryczny wchodzący w skład instalacji powinien być zabezpieczony przed przeciążeniem i wyposażony w co najmniej 1 bezpiecznik dostępny bez użycia narzędzi.

W pojeździe zasilanym gazem LNG przedział, w którym umieszczony jest zbiornik na gaz LNG, powinien być wyposażony w system detekcji gazu. Natomiast w kabinie kierowcy powinien znajdować się wskaźnik poziomu paliwa i sygnalizacja świetlna detektora gazu.

Zbiorniki gazu powinny:

- spełniać wymagania określone w warunkach technicznych dozoru technicznego (zbadane i dopuszczone do eksploatacji przez TDT).

- być tak zainstalowane (zabezpieczone) aby były maksymalnie chronione przed skutkami zderzeń oraz przed uszkodzeniem ładunkiem.
- Być osłonięte przed działaniem promieni słonecznych (dotyczy zbiorników na gaz LPG, nie obowiązuje zbiorników homologowanych wg serii poprawek 01 do regulaminu EKG nr 67).

Mocowanie zbiorników do pojazdu powinno zabezpieczać przed ich przemieszczeniem, przy działaniu na pojazd przyspieszenia ziemskiego g . Przykładowo dla pojazdów kategorii M1 i N1 – 20 g w (w kierunku wzdłużnym do przodu) i 8 g (w kierunku poprzecznym).

Elementy mocowania oraz części pojazdu przylegające do zbiornika powinny być oddzielone od niego przekładką elastyczną i nieabsorbującą wilgoci. Zbiorniki powinny być tak umieszczone, aby była możliwość łatwego odczytu:

- stanu napełnienia,
- danych dotyczących oznakowań identyfikacyjnych oraz cech legalizacji.

Zbiorniki na gaz LPG powinny być tak umieszczone, aby w pozycji roboczej wypływ gazu występował w stanie ciekłym. Zabrania się instalowania zbiorników w części przedniej pojazdu, w komorze silnika oraz w przestrzeni pasażerskiej. W pobliżu zbiorników nie powinny znajdować się sztywne elementy o ostrych krawędziach. Odległość zbiorników od układu wydechowego nie może być mniejsza niż 0,1 m, jeżeli nie jest stosowana osłona termiczna. Niedopuszczalne są przeróbki zbiornika i instalacji.

Każdy zbiornik na gaz LPG łączony w zespoły i połączony jednym przewodem zasilającym powinien być wyposażony w:

- zawór jednokierunkowy umieszczony za samoczynnym zaworem odcinającym zbiornika,
- zawór bezpieczeństwa przewodu zainstalowany w przewodzie zasilającym (umieszczony za zaworem jednokierunkowym).
- układ filtrujący umieszczony przed zaworem/zaworami jednokierunkowymi.

Nie wymaga się zaworu jednokierunkowego i zaworu bezpieczeństwa przewodu gazowego, jeśli ciśnienie zwrotne samoczynnego zaworu odcinającego przekracza 0,5 MPa w położeniu zamkniętym.

Ręczny zawór odcinający zbiornik instalacji zasilania gazem LNG powinien być umieszczony w miejscu łatwo dostępnym, wyraźnie oznaczonym a jego użycie nie powinno wymagać stosowania narzędzi. Na rysunku 4.14 przedstawiono zawór odcinający znajdujący się pod obudową gazoszczelną. Żeby zakręcić zawór należy zdjąć obudowę bez użycia narzędzi i dokonać ręcznego zakręcenia zaworu. Jednocześnie można uzyskać dostęp do zasilania zaworu elektromagnetycznego odcinającego i czujnika poziomu gazu w zbiorniku.



Rys. 4.14. Przykład zbiornika wyposażonego w gazoszczelną obudowę osłaniającą jedynie zawory

- Wlewy paliwa/zawory do napełniania zbiorników powinny być:
- Umieszczone w miejscu łatwo dostępnym, umożliwiającym napełnianie zbiorników z zewnątrz pojazdu.
 - Zamontowane w sposób pewny oraz zabezpieczone przed obracaniem się, jak również zanieczyszczeniem oraz widoczne podczas tankowania.

Przewody metalowe zastosowane w instalacji zasilania gazem powinny być bez szwu, stalowe lub miedziane (dla gazu LPG) oraz wyłącznie stalowe (dla gazu CNG). Przewody stalowe powinny być ze stali nierdzewnej lub stali z pokryciem antykorozyjnym. Dopuszcza się stosowanie przewodów sztywnych wykonanych z materiału

niemetalowego. Przewody instalacji zasilania gazem LNG powinny być wykonane wyłącznie ze stali nierdzewnej.

Przewody miedziane na całej długości powinny być zabezpieczone osłoną gumową lub z tworzywa sztucznego. Przewody metalowe łączące elementy instalacji, które podczas eksploatacji mogą się przemieszczać, powinny być ukształtowane w pętle.

Przewody powinny być umieszczone tak, aby:

- Mogły być łatwo kontrolowane,
- Nie ocierały się o elementy pojazdu,
- Odległość od układu wydechowego nie była mniejsza niż 0,1 m, jeżeli nie stosuje się układu termicznego,
- Nie przebiegały w pobliżu miejsc do podnoszenia pojazdu,
- Mocowanie wykluczało ich wibrację.

Przewody nie mogą być spawane lub lutowane oraz łączone ciśnieniowymi złączami zatrzaskowymi. Przewody metalowe należy łączyć za pomocą złącz z kielichem lub pierścieniem samozaciskającym. Liczba złącz powinna być ograniczona do minimum. Średnica zewnętrzna przewodu sztywnego do gazu nie może przekraczać 12 mm, a grubość jego ścianki powinna wynosić co najmniej 0,8 mm.

Na pracę reduktora nie może wpływać przyspieszenie lub opóźnienie pojazdu. Odległość reduktora od układu wydechowego nie może być mniejsza niż 0,1 m, jeżeli nie jest stosowany ekran termiczny.

Zbiorniki zamontowane w przestrzeni zamkniętej pojazdu powinny być umieszczone w gazoszczelnej obudowie całkowitej lub wyposażone w gazoszczelną obudowę osłaniającą jedynie zawory (rysunek 5).

Obudowy całkowite powinny mieć co najmniej dwa otwory wentylacyjne, a obudowy osłaniające jedynie zawory zbiorników – minimum jeden. Przekrój otworu wentylacyjnego nie może być mniejszy niż $4,5 \text{ cm}^2$. Wyloty otworów wentylacyjnych nie mogą być skierowane w stronę układu wydechowego, nie mogą uchodzić do wnęki koła, oraz w przypadku gazu płynnego, powinny być skierowane do dołu.

Obudowy osłaniające zawory zbiorników oraz przewody układów ich przewietrzania powinny wykazywać gazoszczelność przy nadciśnieniu 0,01 MPa (bez widocznych ich odkształceń, dopuszczalny wypływ gazu do $100 \text{ cm}^3/\text{h}$). Nie może wystąpić możliwość przypadkowego otwarcia obudów.

W zależności od rodzaju gazu i daty przystosowania instalacja zasilania gazem powinna zawierać ściśle określone elementy i zespoły wymienione w tabeli załącznika nr 9 do rozporządzenia [1]. Powinny być one homologowane (poza przewodami sztywnymi metalowymi) według obowiązującej wersji Regulaminów EKG ONZ i odpowiednio oznakowane (rysunek 4.15).



Rys. 4.15. Przykład oznakowania homologacyjnego umieszczonego na elementach instalacji gazowej [42]

Elementy instalacji LPG posiadają umieszczony w okręgu numer kraju (od 1 do 47) po literze E, numer regulaminu 67R i numer serii poprawek 01. Do dnia montażu 31.03.2002 r. dopuszcza się serię poprawek 00) oraz kolejny numer homologacji.

Elementy instalacji CNG i LNG (część wysokociśnieniowa) – posiadają umieszczony w okręgu numer kraju (1 do 47) po literze E, numer Regulaminu 110R i numer serii poprawek 00 oraz kolejny numer homologacji.

W pojazdach przystosowanych do zasilanie gazem LPG do dnia 30.05.1999 r. oraz do zasilania gazem CNG i LNG do dnia 31.12.2003 r. dopuszcza się inne oznakowanie bezpieczeństwa.

Instalacja do zasilania gazem może zawierać również inne (określone w przepisach) części i zespoły. Pojazd zasilany gazem może być używany po uzyskaniu odpowiedniej adnotacji w dowodzie rejestracyjnym.

4.4. Podsumowanie

Systemy zasilania LPG pojazdów są obecne na rynku polskim od ponad 20 lat. We wczesnych latach ekspansji dominowały prawie wyłącznie systemy produkcji włoskiej i holenderskiej. Jednakże po roku 2000 kilka polskich firm, zazwyczaj we współpracy z jednostkami badawczymi, rozwinęło własne technologie zasilania gazem pojazdów wszystkich generacji. Ze względu na możliwość zaoszczędzenia znacznych kosztów związanych z zasilaniem paliwem pojazdów, jak i bardzo dobre własności jezdne oraz kulturę pracy, zasilanie LPG pojazdów osobowych jak i użytkowych jest bardzo popularne zarówno w Polsce, Europie jak i wybranych krajach na całym świecie.

Diagnostyka poszczególnych komponentów systemu gazowego jak i poprawność działania całości, mają wpływ na bezpieczeństwo użytkownika pojazdu, innych ludzi oraz otaczającego nas środowiska. Dlatego diagnostyka systemów zasilania gazem pojazdów powinna być wykonywana z największą starannością zgodnie z wytycznymi i regulaminami krajowymi oraz unijnymi w tym zakresie.

4.5. Pytania testowe



1. **Skrót LPG oznacza:**
 - a. Liquid Polish Gas
 - b. Liquefied Petroleum Gas
 - c. Liquid Propane Gas
2. **LPG jest gromadzony w zbiorniku w pojeździe w formie:**
 - a. skroplonej
 - b. sprężonej do 250 bar
 - c. odparowanej
3. **LPG jest mieszanką następujących gazów:**
 - a. Propanu i butanu
 - b. Metanu i butanu
 - c. Etanu i propanu
4. **Pomiar szczelności instalacji gazowej dokonywany jest za pomocą:**
 - a. Testera pianowego
 - b. Software kalibracyjnego
 - c. Analizatora spalin
5. **Pojazd benzynowy poddany konwersji na zasilanie LPG musi spełniać normy emisji spalin:**
 - a. Takie same na LPG co na benzynie
 - b. O jeden stopień wyższe na LPG niż na benzynie
 - c. O jeden stopień niższe na LPG niż na benzynie
6. **Do silnika benzynowego z pośrednim wtryskiem benzyny spełniającego normy Euro 6 można założyć instalację LPG następującej generacji:**
 - a. II
 - b. III
 - c. IV



- 7. Sekwencyjnymi systemami wtrysku gazu nazywane są instalacje LPG następującej generacji:**
 - a. II
 - b. III
 - c. IV
- 8. Konfiguracja systemu gazowego ma na celu:**
 - a. Montaż odpowiednich komponentów LPG do pojazdu
 - b. Dokonanie odpowiednich ustawień w software gazowym np.: rodzaju zamontowanych wtryskiwaczy
 - c. Kalibrację systemu gazowego
- 9. Kalibracja systemu gazowego ma na celu:**
 - a. Montaż odpowiednich komponentów LPG do pojazdu
 - b. Dokonanie odpowiednich ustawień w software gazowym np.: rodzaju zamontowanych wtryskiwaczy
 - c. Dopasowanie mapy wtrysku LPG do mapy wtrysku benzyny w każdych warunkach prędkości obrotowej i obciążenia silnika
- 10. W przypadku wielokrotnego wykrycia kodu usterki przerwa w obwodzie czujnika temperatury reduktora LPG należy:**
 - a. Sprawdzić stan przewodów i złączy elektrycznych czujnika
 - b. Od razu wymienić czujnik temperatury na nowy
 - c. Sprawdzić stan cieczy chłodzącej silnika
- 11. Pomiar rezystancji wtryskiwaczy benzynowych i LPG ma na celu:**
 - a. Pomiar ciągłości obwodu uzwojenia cewki
 - b. Pomiar wydatku
 - c. Pomiar indukcyjności cewki
- 12. Podczas pracy na LPG wtryskiwacze benzynowe:**
 - a. Wtryskują zawsze odrobinę benzyny
 - b. Są emulowane za pomocą rezystorów aby się nie otwierały
 - c. Nigdy nie wtryskują benzyny



- 13. W oknie DIAGNOSTYKA systemu gazowego LPG można dokonać:**
- a. Sprawdzenia poprawności konfiguracji systemu
 - b. Sprawdzenia poprawności kalibracji systemu
 - c. Aktywnych testów różnych komponentów np.: wtryskiwaczy i wielozaworów
- 14. Czy system sekwencyjnego wtrysku gazu LPG posiada własny system diagnostyki pokładowej?**
- a. tak
 - b. nie
 - c. korzysta tylko z systemu OBD benzynowego
- 15. Kalibracja systemu sekwencyjnego wtrysku gazu LPG powinna odbywać się:**
- a. Co roku
 - b. Po przejechaniu przez pojazd od 10 000 do 15 000 km
 - c. Po każdej dłuższej trasie
- 16. Kalibracja systemu sekwencyjnego wtrysku gazu LPG powinna odbywać się po wymianie następującego komponentu:**
- a. wtryskiwaczy
 - b. zbiornika LPG
 - c. końcówki tankowania
- 17. Nieprawidłowa kalibracja systemu LPG może objawiać się następującymi kodami usterek w systemie OBD pojazdu:**
- a. Mieszanka paliwowo-powietrza za bogata lub za uboga
 - b. Wydajność katalizatora poniżej progu
 - c. Wypadanie zapłonów na cylindrze 1
- 18. Świecie zapłonowe w silniku benzynowym zasilanym LPG należy wymieniać:**
- a. Rzadziej niż podczas jazdy na samej benzynie
 - b. Częściej niż podczas jazdy na samej benzynie
 - c. Tak samo często czyli zgodnie z zaleceniami producenta



19. Najbardziej niebezpieczne dla katalizatora w silniku benzynowym jest:

- a. Wypadanie zapłonów
- b. Brak wtrysku
- c. Jazda na LPG

20. Kalibracja systemu LPG podczas jazdy w porównaniu z kalibracją na biegu jałowym ma na celu:

- a. Zmniejszenie zużycia podczas jazdy na autostradzie
- b. Dokładniejszą kalibrację systemu we wszystkich warunkach pracy silnika
- c. Sprawdzenie czy pojazd samoczynnie nie przejdzie na zasilanie benzynowe powyżej 5 000 obr/min
- a. kodu usterki i kontynuowanie jazdy na gazie

4.6. Ćwiczenia wraz z instrukcją



4.6.1. Ćwiczenie 1

Dokonaj połączenia z pojazdem wyposażonym w instalację sekwencyjnego wtrysku gazu LPG. Dokonaj sprawdzenia poprawności konfiguracji i kalibracji systemu.

Instrukcja

Wejdź na stronę internetową jednego z producentów samochodowych instalacji gazowych i ściągnij najnowszy software komunikacyjny. Dobierz i zakup potrzebny przewód transmisyjny. Zainstaluj software na komputerze przenośnym. Dokonaj podłączenia i komunikacji pomiędzy komputerem i ECU LPG pojazdu. Sprawdź poprawność konfiguracji i kalibracji systemu.

4.6.2. Ćwiczenie 2

Dokonaj aktualizacji firmware w sterowniku gazowym (ECU).

Instrukcja

Wejdź na stronę jednego z producentów samochodowych instalacji gazowych i ściągnij najnowszy software komunikacyjny. Sprawdź aktualność zainstalowanego firmware. Dokonaj zapisu ustawień ECU. Jeśli posiadany firmware jest starszy od najnowszego dokonaj aktualizacji. Po aktualizacji wgraj zapisane ustawienia konfiguracyjne i kalibracyjne lub ponownie skonfiguruj i skalibruj pojazd.

4.6.3. Ćwiczenie 3

Dokonaj kalibracji systemu gazowego LPG podczas jazdy.

Instrukcja

Po uzyskaniu komunikacji z systemem zasilania gazem LPG w pojeździe skorzystaj z funkcji „przywróć ustawienia fabryczne ECU”. Rozgrzej silnik do nominalnej temperatury pracy. Dokonaj automatycznej kalibracji systemu na biegu jałowym. Następnie dokonaj jazdy kalibracyjnej. Do tej czynności potrzebne są przynajmniej 2 osoby: kierowca i osoba dokonująca kalibracji za pomocą software.



4.6.4. Ćwiczenie 4

Dokonaj doboru optymalnej instalacji gazowej dla pojazdu z pośrednim wtryskiem benzyny w pojeździe Renault Megane IV 1,6 SCe o mocy 115 KM.

Instrukcja

Znajdź w Internecie, który z polskich producentów oferuje instalacje gazowe do silników niskoemisyjnych z pośrednim wtryskiem benzyny. Dobierz odpowiednią instalację wraz z reduktorem i wtryskiwaczami. Uzasadnij swoje decyzje.

4.6.5. Ćwiczenie 5

Dokonaj doboru optymalnej instalacji gazowej dla pojazdu z bezpośrednim wtryskiem benzyny w pojeździe VW Golf 7 1,4 TSI o mocy 150 KM.

Instrukcja

Znajdź w Internecie, który z polskich producentów oferuje instalacje gazowe do silników z bezpośrednim wtryskiem benzyny. Dobierz odpowiednią instalację wraz z reduktorem i wtryskiwaczami. Uzasadnij swoje decyzje.



5. Diagnostyka pojazdów elektrycznych



5.1. Organizacja warsztatu diagnostyki pojazdów elektrycznych

5.1.1. Wyzwania w obszarze diagnostyki pojazdów elektrycznych

Diagnostyka i serwisowanie pojazdów elektrycznych wynika z potrzeby rynkowej. Coraz częściej w warsztacie pojawiają się auta elektryczne wymagające zdiagnozowania usterki w wyniku zaświecenia się lampki kontrolnej na tablicy wskaźników. Klienci pytają również drogą telefoniczną czy dany warsztat podejmie się takiego zlecenia. Jeśli jest warsztatem otwartym na nowe technologie to z ciekawości podejmuje się takich zleceń. Niejednokrotnie jednak diagnostyka nowoczesnych pojazdów elektrycznych i hybrydowych przerasta możliwości przeciętnego warsztatu. Na przykład pracownicy nie posiadają odpowiedniej wiedzy oraz narzędzi (warsztatowych lub komputerowych) by wykonać usługę i są zmuszeni odesłać klienta. Pojawiają się również pytania o regularne serwisowanie i naprawę ww. pojazdów. Okazuje się, że klienci poszukują tańszej alternatywy do obsługi pogwarancyjnej swoich pojazdów elektrycznych. Twierdzą, że mniejsze koszty prądu elektrycznego w porównaniu z benzyną czy olejem napędowym pozwalają zaoszczędzić. Jednak bardzo drogi serwis niweluje wszelkie oszczędności. Okazuje się, że wiele firm nie jest w stanie w chwili obecnej prowadzić również tego rodzaju usług, poza drobnymi pracami obejmującymi wymianę opon, żarówek czy klocków hamulcowych. Patrząc w przyszłość wiele firm postanowiło zainwestować w innowacje, które pozwolą świadczyć usługi dla właścicieli aut elektrycznych.

Zdaniem autora innowacyjna usługa diagnozowania i serwisowania pojazdów powinna zawierać:

- innowacyjne podejście i realizację procesu diagnostyki i serwisowania pojazdów elektrycznych - stanowiące innowację procesową,
- innowacyjne podejście i wdrożenie organizacji infrastruktury warsztatowej, wyposażenia w sprzęt i przeszkolenia pracowników – stanowiące innowację nietechnologiczną (organizacyjną).

Okazuje się bowiem, że nie ma jednoznacznych wytycznych ze strony producentów czy organów legislacyjnych UE jak to robić. Autor

zapropował opracowanie i wprowadzenie w firmie wewnętrznych norm i procedur w tym obszarze. Zapropował również zastosowanie konkretnych narzędzi diagnostycznych w celu efektywnego badania pojazdów celem wykrycia i naprawy uszkodzonego elementu. Autor proponuje zastosowanie w warsztacie metod, które do tej pory były stosowane jedynie w najlepszych laboratoriach badawczych. Przeszkolenie pracowników w zakresie podstaw działania komponentów, nowoczesnych pojazdów elektrycznych, pozwoli zidentyfikować potencjalne miejsca uszkodzeń. Wykorzystanie metod i narzędzi badawczych oraz gromadzenie wiedzy z wykonywanych zleceń pozwoli na szybką i sprawną diagnostykę. Autor zaleca wykonywanie jazd drogowych lub hamownianych z zapisem do pliku wybranych sygnałów diagnostycznych, które można analizować on-line i off-line.

Jedna z lubelskich firm zdała sobie sprawę z zagrożeń, jakie niesie za sobą obsługa aut elektrycznych. Zauważyła, że potrzebna jest odpowiednia infrastruktura warsztatowa w celu przeprowadzenia profesjonalnego procesu serwisowania i naprawy aut elektrycznych. Z tego faktu wynika chęć zbudowania całkowicie nowego warsztatu, który byłby przygotowany do świadczenia innowacyjnych usług. Firma ma zamiar wprowadzić nowe podejście do świadczenia usług uwzględniające trwałe występowanie kontaktu z jednostką naukową i/lub indywidualnym naukowcem, celem konsultacji trudnych przypadków. Okazuje się, że lubelscy naukowcy są bardzo otwarci na tego typu współpracę. Dodatkowo, uczelnie wyższe techniczne mogą dostarczać wykwalifikowanej kadry inżynierskiej dla autoryzowanych i nieautoryzowanych warsztatów. Po budowie infrastruktury warsztat ma ambicje świadczyć innowacyjne usługi.

Proces diagnostyki pojazdów elektrycznych jest przedmiotem intensywnego rozwoju na poziomie międzynarodowym ze strony naukowców, firm motoryzacyjnych posiadających własne Autoryzowane Stacje Obsługi, oraz niezależne warsztaty zajmujące się diagnostyką pojazdów różnych marek. Każda z tych grup ma swój interes w rozwoju i komercjalizacji innowacji w tym zakresie.

5.1.2. Badania naukowe prowadzone na uniwersytetach i przez instytuty badawcze

Grupa naukowa w Wyższej Szkole Ekonomii i Innowacji w Lublinie prowadzi badania naukowe w zakresie innowacyjnego podejścia do diagnostyki coraz bardziej zaawansowanych urządzeń, jakimi są samochody osobowe i użytkowe z napędem elektrycznym. Dzięki takim badaniom rozwijane są metody diagnostyczne pozwalające na przykład na ciągły monitoring wybranych sygnałów pomiarowych i wykorzystanie ich do oceny poprawności działania lub predykcji (przewidywania) uszkodzeń. Na podstawie takich badań tworzone są na przykład zaawansowane algorytmy wykorzystywane przez systemy diagnostyki pokładowej w pojazdach (ang. On-Board Diagnostics). Wyniki takich badań, prowadzonych na światowym poziomie, stanowią niejednokrotnie podstawę dla wprowadzania nowych dyrektyw, regulaminów, norm i standardów wprowadzanych na poziomie Unii Europejskiej lub poszczególnych krajów. Mają one przede wszystkim na celu bezpieczeństwo użytkowania pojazdów elektrycznych, ochronę środowiska oraz pomoc w zarządzaniu mobilnością, zwłaszcza w centrach dużych miast.

5.1.3. Badania prowadzone przez koncerny motoryzacyjne

Koncerny motoryzacyjne produkujące i sprzedające pojazdy elektryczne są zobowiązane do ich diagnostyki i serwisowania w okresie gwarancyjnym jak i pogwarancyjnym. Po pierwsze muszą produkować pojazdy posiadające pewne cechy samodiagnozy, wynikające z przedstawionych powyżej dyrektyw i regulaminów. Bez ich posiadania i sprawnego działania nie można uzyskać homologacji częściowej, a co za tym idzie całopojazdowej i sprzedaży aut na wybranych rynkach. Przykładem jest znany system i złącze diagnostyczne OBD. Koncerny motoryzacyjne posiadają Autoryzowane Stacje Obsługi świadczące usługi jedynie dla pojazdów danego koncernu lub fuzji. Ich zadaniem jest zapewnienie najwyższych standardów diagnostyki i serwisowania pojazdów. Nie jest to wcale tajemnicą, że niejednokrotnie dochody koncernów z tego rodzaju działalności są wyższe niż z produkcji pojazdów. Diagnostyka i serwis w ASO jest obligatoryjny dla pojazdów nowo zakupionych w celu utrzymania gwarancji producenta. Wysokie ceny świadczonych usług skłaniają posiadaczy aut

elektrycznych do poszukiwania alternatywnych miejsc do diagnostyki i serwisowania swoich pojazdów elektrycznych.

5.1.4. Innowacyjne podejście do serwisowania i naprawy pojazdów elektrycznych

Innowacyjne podejście do serwisowania i naprawy pojazdów elektrycznych polega na zerwaniu wszelkich przyzwyczajień związanych z serwisowaniem i naprawą pojazdów z silnikiem spalinowym. Na próżno szukać ogólnych wytycznych w tym zakresie. Zasady te są szczątkowe i dotyczą wybranych aspektów serwisu czy naprawy. Jednak osoba mająca styczność z nimi na poziomie każdego ważnego komponentu (jak silnik elektryczny, baterie trakcyjne) może złożyć szereg zaleceń, które mogą być nieocenione przy pracy z pojazdem elektrycznym.

5.1.5. Odpowiednia infrastruktura warsztatowa

Infrastruktura obejmuje zarówno sam budynek warsztatu jak i niezbędne jego wyposażenie w sprzęt i inne elementy. Oczywiście budynek jest najważniejszą częścią infrastruktury. I tutaj można zastosować dwojake podejście, podobnie jak w przypadku produkcji pojazdów elektrycznych. Można przerobić, przystosować obecną infrastrukturę warsztatową lub zaplanować od początku do końca nowoczesny warsztat przeznaczony do diagnostyki, serwisowania i naprawy samochodów elektrycznych. Autor poleca zastosowanie drugiego podejścia. Budowa dedykowanego warsztatu pozwoli zwiększyć bezpieczeństwo oraz wydajność i efektywność prac prowadzonych w tym zakresie. Wymogi w zakresie bezpieczeństwa nie są oczywiste i nie są zebrane w jednym dokumencie. Metodą badania rynku i wymogów poszczególnych dostawców komponentów (zwłaszcza baterii trakcyjnych) można zebrać takie dane i stworzyć z nich wytyczne dla pracowników. Wśród najważniejszych zaleceń można znaleźć istnienie oddzielnych stanowisk diagnostyczno-warsztatowych dla każdego z pojazdów. Pozwoli to kontrolować przepływ osób nieupoważnionych w pobliżu serwisowanych pojazdów. Z doświadczenia autora wynika, że stosowanie środków pośrednich, jak wydzielanie specjalnych stref z przestrzeni ogólnej, nie zdaje rezultatu. Oczywiście każde pomieszczenie musi być wyposażone w sprzęt przeciwpożarowy i przeciwporażeniowy (rysunek 5.3).

Kolejnym ważnym elementem wyposażenia takiego warsztatu są mierniki, klucze i inne drobne elementy wyposażenia. Wszystkie niezbędne rzeczy znaleźć można w specjalnym zestawie, przedstawionym na rysunku 5.1 i 5.2.



Rys. 5.1. Przykład kitu wyposażenia warsztatu serwisującego EV [43]



Rys. 5.2. Przykład kitu wyposażenia warsztatu serwisującego EV [44]



Rys. 5.3. Środki ochrony przeciwporażeniowej w warsztacie [44]

5.1.6. Przeszkolenie kadry pracowniczej

Odpowiednie wykształcenie i przeszkolenie pracowników warsztatu ma na celu uzyskanie wymagań krajowych. Autor ma tu na myśli zdobycie wykształcenia kierunkowego w zakresie elektrotechniki samochodowej. Każde działanie, nawet najprostsze, polegające na pracy z prądem, wymaga odpowiednich kwalifikacji i wiedzy. Niestety, nawet najbardziej rozległa wiedza na temat prądu i długoletnie doświadczenie nie zapewnią nam bezpieczeństwa. Wypadki „przy pracy” zdarzają się nawet bardzo doświadczonym elektrykom. Rzecz jasna, zdobywana latami wiedza pozwala na uniknięcie oczywistych zagrożeń. Niemniej jednak każda, najbardziej nawet błaha praca, jaka wiąże się z instalacjami elektrycznymi do 1kV musi być wykonywana przy wyłączonym napięciu zasilającym. Jest to konieczne, nawet kiedy chodzi o bardzo proste czynności jak wymiana żarówek, gniazd czy układanie przewodów zasilających. Gdyby jednak zdarzyła się konieczność wykonywania prac „pod napięciem”, wtedy niezbędna jest asekuracja. W sytuacji porażenia, osoba asekurująca jest w stanie odciąć dopływ prądu, jak również udzielić pierwszej pomocy. Prace takie są jednak dość szczególnego typu, rzadko wykonywane, zazwyczaj o charakterze kontrolno-pomiarowym.

Nie ma tutaj znaczenia rodzaj i stopień ukończonej edukacji. Czy to będzie zasadnicza szkoła zawodowa, technikum, pierwszy czy drugi stopień studiów a może studia podyplomowe. Chodzi o zdobycie podstawowych informacji, wiedzy i kwalifikacji w obszarze elek-

trotechniki samochodowej. Takie podstawy są konieczne podczas ubiegania się o certyfikat SEP do 1 kV. Jest to droga rekomendowana przez autora. Istnieje również możliwość zdobycia certyfikatu SEP dla nie elektryków. Wtedy egzamin państwowy przed komisją poprzedza dłuższe szkolenie obejmujące tematykę przedstawioną w tabeli 5.1[17].

Tabela 5.1. Tematyka i zakres szkolenia [45]

L.p.	Godzin	Tematyka
1	1	Zajęcia organizacyjne
1	2	Podstawy elektrotechniki
3	2	Podstawy rysunku zawodowego i dokumentowania prac.
4	4	Materiałoznawstwo elektryczne.
5	5	Ochrona od porażeń w instalacjach elektrycznych . Norma PN-HD 60 364
6	5	Ochrona od porażeń w instalacjach elektrycznych (zasady budowy urządzeń elektrycznych)
7	8	Ćwiczenia praktyczne z montażu instalacji i wyszukiwania usterek
8	4	Ochrona od porażeń w instalacjach elektrycznych (instalacje w wykonaniach specjalnych)
9	4	BHP przy urządzeniach, instalacjach i sieciach elektroenergetycznych, ochrona ppoż.
10	4	Rozporządzenie MG z 23 .04. 2013r poz. 492
11	1	Egzamin wewnętrzny i kwalifikacyjny

Po zdaniu egzaminu przed komisją pracownik otrzymuje na okres 5 lat uprawnienia i świadectwo kwalifikacyjne, jak to przedstawiono na rysunku 5.4.

5. Diagnostyka pojazdów elektrycznych

Komisja Kwalifikacyjna nr 472 działająca zgodnie z przepisami rozporządzenia Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 r. w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci (Dz. U. Nr 89, poz. 828 i Nr 128, poz. 1184 oraz z 2005 r. Nr 141, poz. 1189), na podstawie wyniku egzaminu złożonego w dniu 17 stycznia 2018

protokołu nr G/131/E/ stwierdza, że

Pan (Pani) Matek Arkadiusz

posiadający/a numer ewidencyjny 780330 i legitymujący się dokumentem tożsamości [redacted]

spełnia wymagania kwalifikacyjne do wykonywania pracy na stanowisku **EKSPLLOATACJI** w zakresie obsługi, konserwacji, naprawy, montażu, prac kontrolno-pomiarowych.

dla następujących urządzeń, instalacji i sieci:

Grupa 1. Urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne wytwarzające, przetwarzające, przesyłające i zużywające energię elektryczną:

- urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne o napięciu nie wyższym niż 1kV
- zespoły prądowców o mocy powyżej 50kW
- urządzenia elektrotermiczne
- elektryczne urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym
- termatura kontrolno-pomiarowa oraz urządzenia i instalacje automatycznej regulacji, sterowania i zabezpieczeń urządzeń
- instalacji wymienionych w pkt. jak wyżej.

Świadek jest ważne do dnia 16.01.2023

Komisja Kwalifikacyjna Nr 472 Lublin WKTIR

17.01.2018 Lublin

Przewodniczący Komisji Kwalifikacyjnej i Mac-Włodarczyk

KOMISJA KWALIFIKACYJNA NR 472 WKTIR • LUBLIN ul. Szewska 4

ŚWIADECTWO KWALIFIKACYJNE

Nr 472-IE-31/

E

UPRAWNIAJĄCE DO ZAJMOWANIA SIĘ EKSPLOATACJĄ URZĄDZEŃ, INSTALACJI I SIECI NA STANOWISKU EKSPLOATACJI

Rys. 5.4. Świadek kwalifikacyjny SEP autora

Zdaniem autora do diagnostyki innowacyjnych pojazdów z napędem elektrycznym potrzebne są specjalistyczne urządzenia diagnostyczne w postaci:

- multimetr laboratoryjny
- multimetr cęgowy do pomiaru prądu
- watomierz z kalkulatorem energii
- oscyloskop, 2 kanały analogowe (np.: firmy Oscyloskop EDUX1002G Keysight Technologies)
- adapter CAN (np.: firmy PEAK system)
- urządzenie diagnostyczne (np.: firmy TEXA)

5.2. Naukowe podejście do diagnostyki z CAN bus

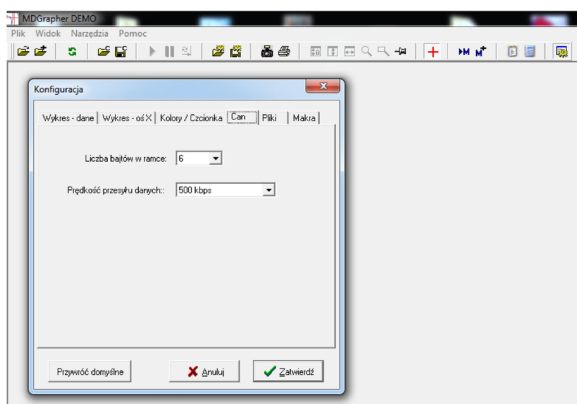
W większości pojazdów elektrycznych do sterowania nimi oraz do ich diagnostyki wykorzystywane są sieci CAN. Do komunikacji z magistralą CAN potrzebny jest interfejs, który jest w stanie odczytać dane krążące w magistrali, wyświetlić ich aktualne wartości a nawet zapisać do pliku ich chwilowe dane w celu analizy off-line. Przykładem takiego interfejsu jest PCAN-USB – CAN interfejs z końcówką USB firmy Peak System (rysunek 5.5). Autor szczególnie poleca ten interfejs ze względu na niezawodne działanie i łatwość obsługi.



numer części IPEH-002022,
koszt 220 €
PEAKSystem
Technik GmbH
OttoRöhmStr.69
D64293 Darmstadt
Fon: +49 6151 817320
Fax: +49 6151 817329
info@peaksystem.com
www.peaksystem.com

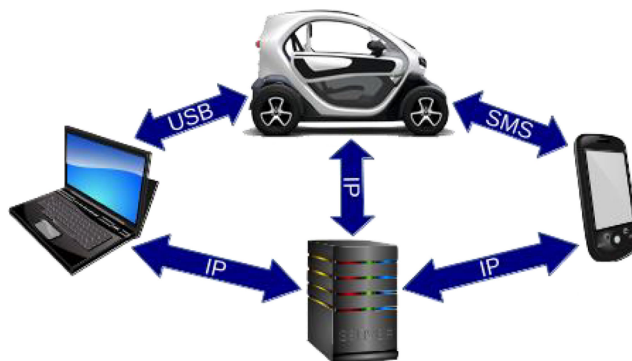
Rys. 5.5. Interfejs PCAN-USB

Do odczytu i wizualizacji danych z magistrali CAN służy specjalistyczny software, którego przykładem może być MDGrapher (rysunek 5.6).



Rys. 5.6. Okno programu MDGrapher

Na podstawie takiego podejścia do diagnostyki powstają specjalne software i aplikacje dedykowane pojazdom elektrycznym. Przykładem może być OVMS, przedstawiony na rysunku 5.7, dedykowany Renault Twizy.

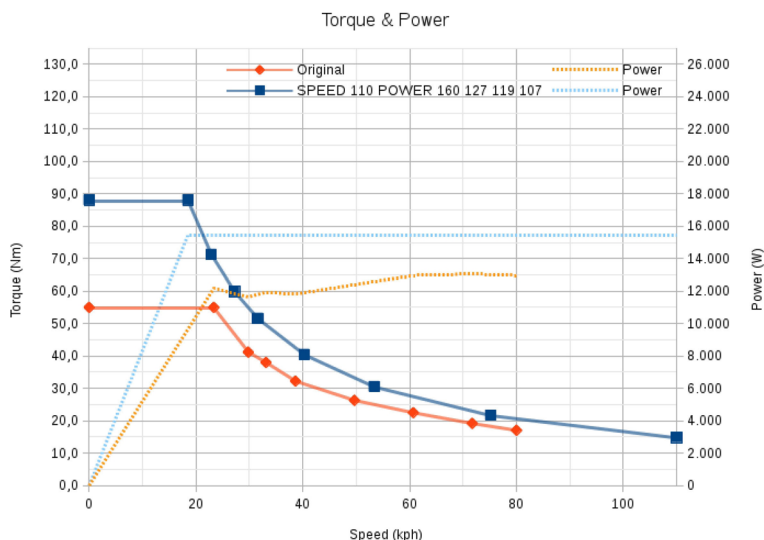


Rys. 5.7. Zasad działania software OVMS

Co to jest OVMS? W wolnym tłumaczeniu oznacza on system monitorowania otwartych pojazdów. OVMS jest to mały moduł, który łączy się z portem diagnostycznym pojazdu (szyna OBD2 / CAN), aby w sposób ciągły odczytywać stan pojazdu i dane dotyczące osiągnięć. Może również dokonywać wysyłania informacji do magistrali CAN, aby zmienić konfigurację sterownika silnika (chip tuning). OVMS może (ale nie musi) być podłączony do sieci GSM za pomocą standardowej karty SIM. Jeśli użytkownik skorzysta z tej opcji, może go kontrolować za pomocą wiadomości SMS, aplikacji OVMS na smartfony lub komputera. OVMS może wysyłać dane telemetryczne do serwera, umożliwiając długoterminowe ich przechwytywanie i analizę. Moduł może również wysyłać powiadomienia SMS, na przykład o przerwaniu procesu ładowania lub gdy bateria 12 V wymaga ładowania. Jest również wyposażony w odbiornik GPS, dzięki czemu użytkownik może zlokalizować pojazd i nagrać ścieżki przejazdu. Więcej o systemie można znaleźć na oficjalnej stronie internetowej producenta www.openvehicles.com.

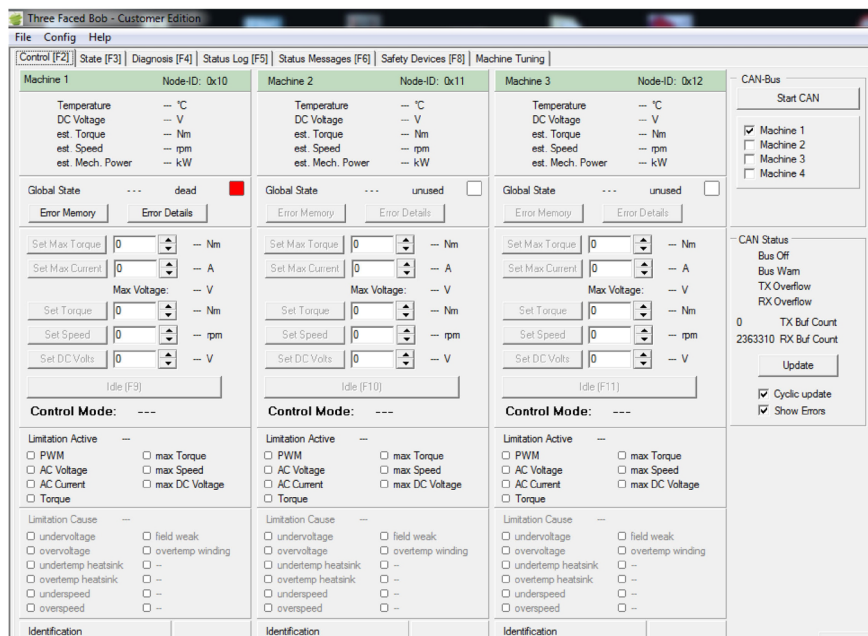
Schematy i oprogramowanie OVMS są wydawane jako Open Source i mogą być używane dowolnie w dowolnym celu. Każdy może pomóc w projekcie i każda pomoc jest mile widziana. OVMS wywodzi się z Tesli Roadster, ale w chwili obecnej obsługuje szeroką gamę pojazdów elektrycznych.

Osoby będące elektronikami i programistami mogą zrobić za pomocą takiego software znacznie więcej. Możliwa jest rekonfiguracja ustawień silnika elektrycznego lub BMS baterii w celu zwiększenia osiągnięć układu napędowego. Efekt takiego tuningu dla pojazdu Renault Twizy przedstawiono na rysunku 5.8.



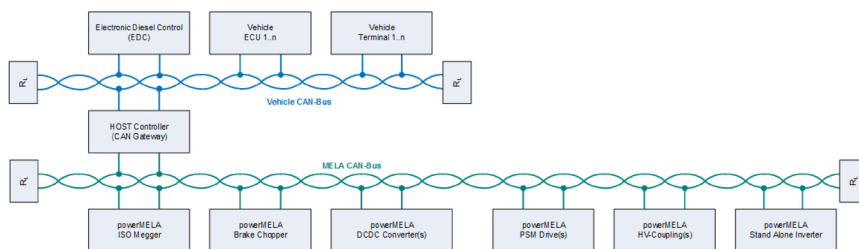
Rys. 5.8. Efekt tuningu Renault Twizy

Producenci silników elektrycznych dla pojazdów elektrycznych mają swoje dedykowane software, które umożliwiają konfigurację danego silnika. Przykładem takiego oprogramowania jest Three face Bob przeznaczony do konfiguracji silników trakcyjnych dla pojazdów jednego z niemieckich producentów (rysunek 5.9).



Rys. 5.9. Three face Bob software – okno Control

Na rysunku 5.10 przedstawiono powiązania i zależności pomiędzy magistralą CAN silnika elektrycznego EV a magistralą CAN pojazdu.



Rys. 5.10. Zależności magistrali CAN silnika elektrycznego z magistralą CAN pojazdu

W magistrali CAN krążą odpowiednie informacje (ramki z danymi) adresowane do wszystkich lub wybranych odbiorców (rysunek 5.11). Dzięki takiemu podejściu nie trzeba dublować tej samej informacji adresowanej do kilku odbiorców, a co najważniejsze nie trzeba do nich ciągnąć wiązek przewodów elektrycznych, by taką informację dostarczyć.

Identifier	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Command-1-ID	Maximum torque		Maximum speed		Control value		Control mode	Valid flags
	LB	HB	LB	HB	LB	HB		
	In Nm unsigned int16		In rpm unsigned int16		In S.I. units signed int16		Numerical unsigned int8	Bit-coded unsigned int8

Rys. 5.11. Komendy sterujące silnikiem elektrycznym podawane przez magistralę CAN

Nowoczesne inwertery zapewniają możliwość sterowania silnikiem PMSM (*ang. Permanent-Magnet Synchronous Motor*) na wiele sposobów. Przykładowe tryby sterowania przedstawiono w tabeli na rysunku 5.12.

Data Byte	Control mode	Control value	Unit
0	IDLE	Nothing (0xFFFF)	-
1	Torque	Desired torque	Nm
2	Speed	Desired speed	rpm
3	DC voltage	Desired DC voltage	V
4	Angle	Desired angle	rad
5	Master: Synchronization of the generator	Desired DC voltage	V
6	Slave: Synchronization of the generator	Desired DC voltage	V
7..255	Invalid	Nothing (0xFFFF)	-

Rys. 5.12. Tryby sterowania silnikiem elektrycznym poprzez magistralę CAN

W sieci CAN krążą również informacje z kodami usterek (rysunek 5.13) i ostrzeżeniami (rysunek 5.14). Ich odczytanie i interpretacja mają znaczenie w kontekście poprawności pracy elektrycznego układu napędowego.

Bit of D7	Definition	Description
0	Valid maximum torque	B0 set to 1 enables the maximum torque to adopt the sent value B0 set to 0 blocks the maximum torque to adopt the sent value
1	Valid maximum speed	B1 set to 1 enables the maximum speed to adopt the sent value B1 set to 0 blocks the maximum speed to adopt the sent value
2	Valid control value	B2 set to 1 enables the control value to adopt the sent value B2 set to 0 blocks the control value to adopt the sent value
3	Valid control mode	B3 set to 1 enables the control mode to adopt the sent value B3 set to 0 blocks the control mode to adopt the sent value

Rys. 5.13. Kody usterek podawane przez magistralę CAN

Bit	Warning Status
0	DC under voltage
1	DC over voltage
2	Under temperature IGBT heat sink
3	Over temperature IGBT heat sink
4	Over temperature DC-link capacitor
5	Over temperature motor winding
6	Maximum speed
7	Maximum D-current
8	Maximum phase current
9	Maximum torque
10	Maximum electrical power
11	Over temperature ambient inside the inverter
12	Minimum speed (blocked drive)
13...15	Reserved

Rys. 5.14. Ostrzeżenia podawane przez magistralę CAN

Duże skomplikowanie sterowania silnikiem elektrycznym oraz bateriami EV wymaga znajomości procedur CAN przez pracownika warsztatu. Szkolenie takie są w stanie przeprowadzić specjalistyczne firmy zajmujące się elektroniką samochodową i nie tylko.

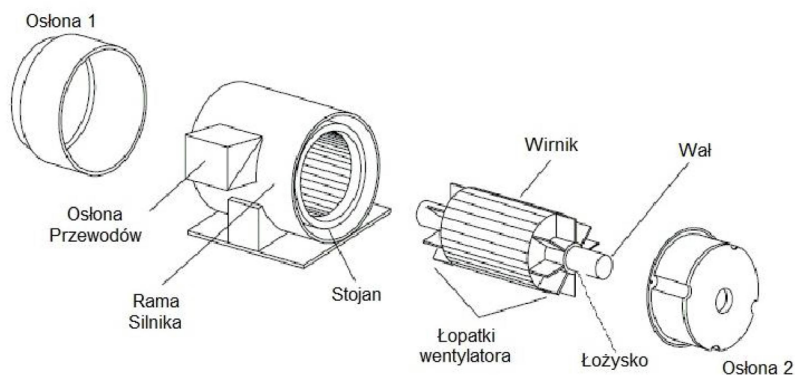
5.3. Diagnostyka silników elektrycznych

Analizując typowe usterki silników elektrycznych uszkodzenia te można podzielić na dwie grupy: usterki elektryczne i usterki mechaniczne. Kolejny podział usterek w silnikach elektrycznych może stanowić miejsce ich występowania co przedstawiono w tabeli 5.2.

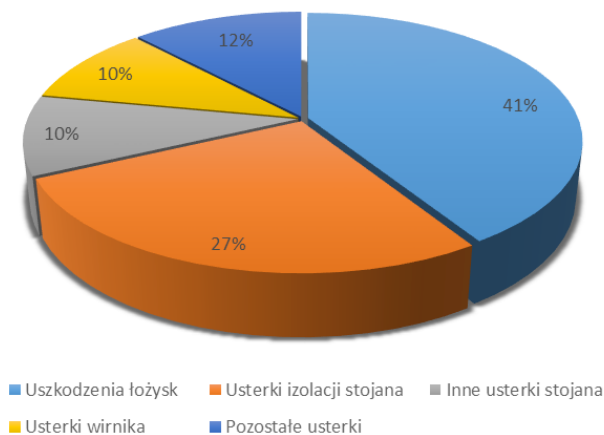
Tabela 5.2. Klasyfikacja uszkodzeń silników elektrycznych

Błędy mechaniczne		Błędy elektryczne	
Uszkodzenia łożysk	Błędy mimośrodowości	Uszkodzenia wirnika	Uszkodzenia stojana
Uszkodzenie zewnętrznej bieżni łożyska	Zgięty wał	Zepsuty pręt wirnika	Nieprawidłowe połączenie uzwojenia stojana
Uszkodzenie wewnętrznej bieżni łożyska	Statyczna nieregularność szczeliny powietrznej	Pęknięte pierścienie końcowe wirnika	
Defekt śrutów	Dynamiczna nieregularność szczeliny powietrznej	Zwarte uzwojenie pola wirnika	Przerwa lub zwarcie w uzwojeniach stojana
Defekt bieżni			

Schemat budowy silnika indukcyjnego przedstawiono na rysunku 5.15. Na rysunku 5.16 można zobaczyć wykres kołowy opisujący procent występowania błędów zależnie od danego komponentu. Na wykresie widać dokładnie, że najczęstsze usterki silników elektrycznych dotyczą głównie łożysk i elementów stojana.



Rys. 5.15. Schemat silnika indukcyjnego [31]



Rys. 5.16. Procentowy udział usterek w silniku elektrycznym.

Rysunek własny, źródło danych [32]

W ostatnich dziesięcioleciach przeprowadzono różnego rodzaju badania w celu zbadania sygnatur usterek silnika elektrycznego. Jednakże większość awarii wykazuje wyraźne składowe harmoniczne prądu stojana. Najczęściej używanym narzędziem do diagnostyki usterek w silniku elektrycznym jest analiza sygnatury prądu silnika (MCSA). Do analizy sygnatur prądu wykorzystywane są również techniki oparte na procesorze sygnału cyfrowego (DSP).

Istnieją różne metody diagnostyki pękniętych prętów wirnika silnika indukcyjnego. Jednak analiza tradycyjnych metod diagnostycznych wykazała, że większość z nich wymaga usunięcia silnika indukcyjnego z procesu eksploatacji i jego demontażu. Obecnie znane są takie metody diagnostyki pękniętych prętów wirnika jak:

- metody analizy widmowej prądów,
- analiza składowych zerowych napięć,
- analiza parametrów zewnętrznego pola magnetycznego.

Niemniej jednak, metody te nie dają zadowalających wyników podczas diagnostyki w stanie jałowym i nie uwzględniają wpływu niskiej jakości napięcia sieci zasilającej, oraz wahań poziomu obciążenia na wynik diagnostyczny. Ponadto wyniki transformacji Fouriera sygnałów prądowych nie pozwalają na jednoznaczną identyfikację liczby i względnego położenia uszkodzonych prętów wirnika. Głównie

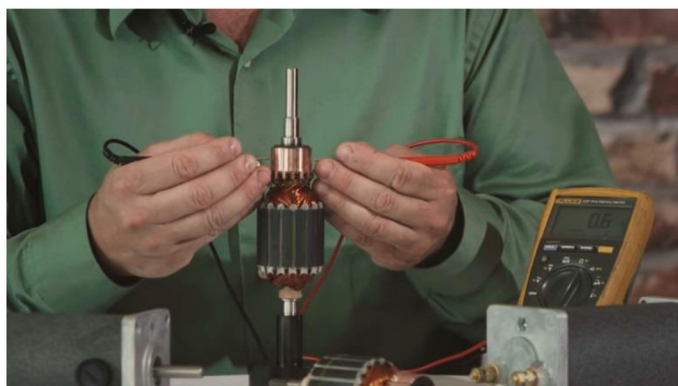
nymi czynnikami mogącymi prowadzić do uszkodzenia wirnika jest ciepło i zmęczenie związane z nadmiernym uruchamianiem silnika lub jego przeciążeniem. Mogą prowadzić one do pęknięcia prętów wirnika w silnikach elektrycznych. Złamane pręty wirnika ostatecznie prowadzą do awarii silnika i mogą spowodować wtórne uszkodzenie uzwojeń stojana. Uszkodzenie pręta wirnika może być trudne do wykrycia w sygnaturze drgań. Technologia diagnostyki silników CSI firmy Emerson, pomaga w ukończeniu pełnego programu zarządzania stanem maszyn poprzez diagnozowanie problemów elektrycznych, które mogą zostać pominięte przy samym programie monitorowania drgań. Analiza prądu silnika dostarcza informacji na temat usterek elektrycznych związanych z wirnikiem, takich jak pęknięte pręty wirnika, połączenia o wysokiej rezystancji, puste przestrzenie w wirnikach odlewanych z aluminium i pęknięte pierścienie końcowe wirnika w silnikach indukcyjnych klatkowych.



Rys. 5.17. Przykład uszkodzonego komutatora [33]

Bardziej powszechną i ogólnie dostępną metodą diagnostyczną jest pomiar wirnika multimetrem. Aby można było tego dokonać musimy mieć wirnik zdemontowany z silnika. Wirnik składa się z wału, komutatora z prętami i uzwojenia twornika. Uzwojenie nawinięte jest na charakterystyczne zęby. Razem tworzą one efekt elektromagnetyczny, który oddziałuje z magnesem trwałym w obudowie silnika powodując jego obrót. Wirnik posiada również system izolacji na zwojach. Aby sprawdzić czy uzwojenia nie są uszkodzone lub zwarte mierzymy ich

rezystancję na prętach komutatora oddalonych od siebie o 180° . Mierzy się wszystkie uzwojenia, które są połączone szeregowo, dookoła z pozycji naprzeciwko siebie (rysunek 5.18). Rzeczywista uzyskiwana wartość oporu nie jest zbyt istotna, ważne jest natomiast by kolejne mierzone wartości wynosiły tyle samo obracając wirmik dookoła i wykonując pomiary. Jeżeli różnice w otrzymanych pomiarach są radykalne i np. wartość oporu zmierza do zera lub uzyskujemy otwarty obwód, wówczas wskazuje nam to na uszkodzenie uzwojenia.



Rys. 5.18. Pomiar uszkodzenia uzwojeń wirmika za pomocą miernika uniwersalnego [34]

Następnym testem opartym na tej samej zasadzie pomiaru jest test, w którym mierzymy pary sąsiadujące bezpośrednio ze sobą. Jak w poprzednim pomiarze dokładna wartość oporu nie jest istotna (oscyluje od $0,3\text{--}0,6\ \Omega$). Ważne jest natomiast by otrzymywane wyniki nie różniły się radykalnie od siebie.

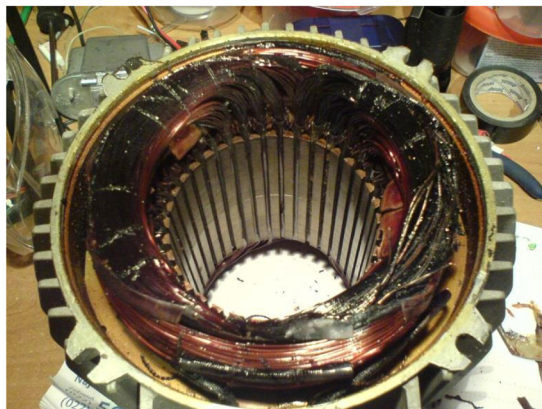
Stojan to kolejny element silnika elektrycznego, który należy do grupy podwyższonego ryzyka uszkodzenia. Przerwa lub zwarcie w uzwojeniach silnika jest związane z uszkodzeniami izolacji uzwojenia. Zgodnie z wpływem tego uszkodzenia na temperaturę pracy, analiza termiczna jest w konsekwencji szeroko stosowana do wykrywania zwarć z wykorzystaniem algorytmu rozpoznawania wzorców. Temperatura jest uważana za wskaźnik błędu. W programie, uproszczony model termiczny silnika indukcyjnego jest realizowany poprzez porównanie wyników cieplnych między normalnym silnikiem a silnikiem z uszkodzeniem zwarciovym. Metoda ta ukazuje, że zwarcie może

spowodować dodatkowe straty, które zachowują się w sygnaturach termicznych. Aby móc sprawdzić stojan mniej zaawansowanymi sposobami, znów musimy odnieść się do użycia miernika uniwersalnego, ustawiając go w pozycję do pomiaru rezystancji. Pierwszym etapem jest pomiar rezystancji cewek w stojanie. W niektórych stojanach powinien on wynosić w okolicach $3\ \Omega$, lecz nie jest to wartość, którą należy się sugerować. Ważne jest natomiast, iż zmierzone wartości nie powinny się od siebie znacząco różnić względem poszczególnych pomiarów. Spadek oporu może wskazywać zwarcie między przewodami, natomiast jego nagły wzrost wskazuje na zerwane lub spalone przewody. Następnym etapem jest pomiar ciągłości pomiędzy obudową, a drutem cewki, co przedstawiono na rysunku 5.19.



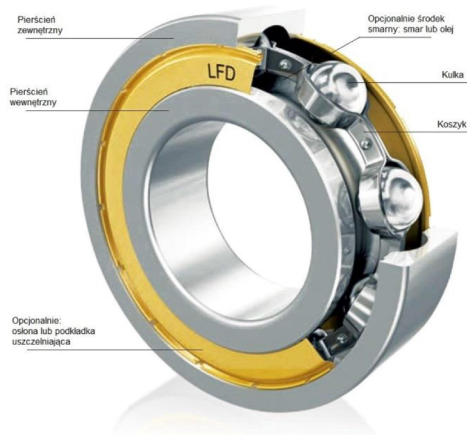
Rys. 5.19. Pomiar uszkodzenia wirnika za pomocą miernika uniwersalnego [35]

Test powtarzamy dla pozostałych cewek. Cewki nigdy nie powinny mieć połączenia elektrycznego z obudową. Jeżeli powyższe pomiary przebiegną pomyślnie, mamy pewność że badany stojan w pełni poprawnie spełnia swoją funkcję. Niekiedy poważne uszkodzenie stojana widać już gołym okiem – tak jak na rysunku 5.20, gdzie mamy do czynienia ze spalonym uzwojeniem stojana.



Rys. 5.20. Spalone uzwojenie stojana [36]

Ostatnim najczęściej występującym elementem w usterkach silników elektrycznych są łożyska. Istnieją cztery typy uszkodzeń łożysk, które są głównymi źródłami drgań silnika, a mianowicie: wada bieżni zewnętrznej, wada bieżni wewnętrznej, wada kulek i wada koszyka, jeśli takowy występuje (rysunek 5.21).



Rys. 5.21. Budowa łożyska w silniku elektrycznym [37]

Podstawowa idea diagnostyki uszkodzeń łożysk opiera się na analizie widma drgań. Zaproponowano zarówno analizę drgań, jak i analizę sygnatury prądu silnika, jako skuteczne metody wykrywania uszkodzeń łożysk. Są to jednak bardziej skomplikowane meto-

dy i wymagają specjalistycznej aparatury. Wadą tradycyjnej analizy widma drgań jest niska dokładność wykrywania składowych częstotliwości defektów. Niemniej jednak, aby zdiagnozować łożysko bez użycia zaawansowanych urządzeń i obliczeń, nieodzowna wydaje się być popularna metoda organoleptyczna. Konieczny jest uprzedni demontaż danego łożyska, a następnie jego oględziny i ewentualna diagnoza odgłosów pracy. Zbyt głośna i „chropowata” praca świadczy o jego zużyciu. W najgorszym przypadku może dojść do wysypiania się kulek wewnętrznych i ocierania się bieżni o bieżnię co świadczy o zniszczeniu łożyska. Stan taki możemy zaobserwować gołym okiem, a werdykt o zniszczeniu wydamy nawet nie będąc specjalistą.

5.4. Diagnostyka baterii trakcyjnych

Jak wiadomo akumulatory trakcyjne stanowią zasilanie całego układu elektrycznego pojazdu. Usterki systemów akumulatorów możemy podzielić na cztery grupy, a mianowicie:

- błąd napięcia akumulatora,
- błąd przepływu prądu akumulatora.
- błąd temperatury akumulatora
- błąd stanu naładowania

Usterki te wymieniono bardziej precyzyjnie w tabeli 5.3.

Tabela 5.3. Klasyfikacja uszkodzeń systemu akumulatorów

Awaria napięcia akumulatora	Błąd generowany zbyt niskim napięciem
	Błąd przepięcia
	Usterka izolacji wysokiego napięcia
	Usterka pętli wysokiego napięcia
Usterka przepływu prądu akumulatora	Zwarcie
Błąd temperatury akumulatora	Zbyt niska temperatura
	Zbyt wysoka temperatura
Błąd poziomu naładowania baterii (SOC)	Błąd ładowania wstępnego
	Błąd przeładowania
	Błąd nadmiernego rozładowania

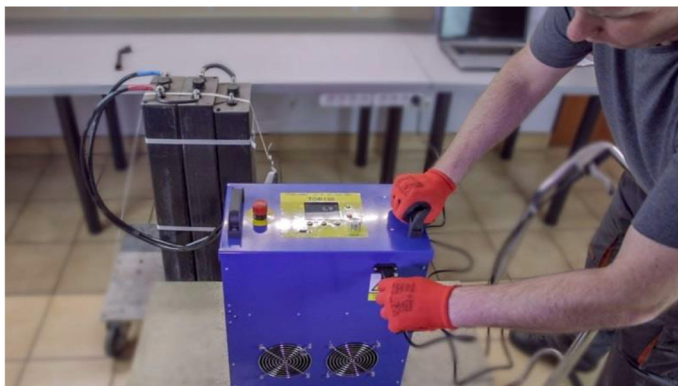
Na podstawie występujących problemów można stwierdzić, że niesprawności akumulatora dotyczą głównie wahań napięcia akumulatora, wahań przepływu prądu, temperatury i problemów z ładowaniem. Aby mieć nad tym wszystkim kontrolę oraz możliwość zapobiegania niekorzystnym procesom zachodzącym w akumulatorze, nieodzowny wydaje się być wcześniej wspomniany system BMS. Jest on szeroko stosowany w akumulatorach, do monitorowania podstawowych parametrów takich jak: stan SOC, stan zdrowia (SOH), temperatura akumulatora, prąd akumulatora i napięcie akumulatora. Ma na celu zapewnienie bezpiecznego, niezawodnego i ekonomicznego rozwiązania dla baterii. Działanie takie jest istotne zwłaszcza w gałęzi motoryzacji z powodu dosyć ciężkich warunków pracy jakim poddawane są samochody – dlatego też system BMS jest zaprojektowany w taki sposób aby być odpornym na nadużycia i jednocześnie zaspokajać potrzeby pod względem mocy, energii, temperatury pracy, a przede wszystkim cyklu życia baterii.

Ważną cechą systemu BMS, o której należy wspomnieć jest funkcja balansowania ogniw. „Potrzeba balansowania ogniw wynika z niewielkich różnic pomiędzy pojedynczymi ogniwami pod względem poziomu rozładowania, pojemności i oporności, co może skutkować różnym poziomem naładowania. Jeśli wszystkie ogniwa mają tę samą pojemność, są one zbalansowane kiedy są w tym samym stanie naładowania. W pewnych sytuacjach napięcie jałowe jest dobrym wskaźnikiem stanu naładowania i akumulatory są zbalansowane, gdy wszystkie ogniwa mają takie samo napięcie. Jeśli jedno lub więcej ogniw jest niedopasowanych, wtedy także i cały akumulator jest niezbalansowany i ma niską pojemność. Dzieje się tak dlatego, iż pojemność najsłabszego ogniwa determinuje całkowitą pojemność akumulatora. Podczas ładowania niezbalansowanego akumulatora jedno lub więcej ogniw może osiągnąć maksymalny poziom naładowania przed innymi. W trakcie rozładowania te ogniwa szybciej się rozładują niż reszta, ograniczając tym samym dostępną energię. Równoważenie ogniw poprawia wydajność baterii wydłużając ich „żywość” [33].



Rys. 5.22. Baterie trakcyjne BMW i3 zaprezentowane na zewnątrz pojazdu [38]

Najwięcej o zużyciu akumulatora trakcyjnego mówi nam charakterystyka czasu pracy urządzenia, które zasila. Sposób ten określa stopniową utratę zdolności do magazynowania energii przez akumulator. Podstawą do wydania werdyktu jest obserwacja - jeżeli dane urządzenie po pełnym naładowaniu traci możliwość wykonania zadanego typu pracy przez określony czas, uwarunkowany pełną początkową sprawnością baterii, wówczas możemy mówić o znacznym jego zużyciu. Kolejną możliwością sprawdzenia akumulatorów jest pomiar gęstości elektrolitu, choć dotyczy to głównie standardowych akumulatorów samochodowych. Jeżeli w danym akumulatorze gęstość tej substancji nie spada poniżej $1,15 \text{ g/cm}^3$ możemy uznać go za sprawny. Bardziej prostą i podstawową metodą pomiaru choć nie tak bardzo miarodajną jest metoda pomiaru napięcia na nieużywanym akumulatorze. Możemy tego dokonać za pomocą powszechnie występującego miernika uniwersalnego. Naładowany i stabilny akumulator ma napięcie w zakresie rzędu $\pm 0,4 \text{ V}$ względem napięcia znamionowego. Pomiar taki może uwydatnić również słabą wydajność poszczególnych ogniw, gdy przyłożymy obciążenie do całej baterii. Najbardziej wiarygodnym i dokładnym sposobem na sprawdzenie sprawności akumulatorów jest jednak pomiar spadku napięcia pod obciążeniem i odbywa się on z użyciem specjalnie do tego celu przygotowanych testerów (rysunek 5.23).



Rys. 5.23. Podłączenie baterii trakcyjnej do testera akumulatorów i pomiar spadku napięcia pod obciążeniem [39]

Tester akumulatorów potocznie zwany również „opornicą”, to sprzęt o nieskomplikowanej budowie. Podstawą jego konstrukcji jest przede wszystkim drut oporowy, dobrany w taki sposób aby wymusić przepływ dużego prądu – w tym przypadku maksymalnie rzędu 150A. Nie jest to jedna z najdroższych opcji, ponieważ na rynku są dostępne bardziej profesjonalne opornice potrafiące obciążyć akumulator prądem 200, 400 a nawet 600A. Wraz ze wzrostem zakresu pomiarowego diametralnie wzrasta również cena danego urządzenia. W przypadku testera TBA150 mamy możliwość testowania pojedynczych ogniw jak i zespołów ogniw o obsługiwanych napięciach podstawowych 24V, 48V, 80V (5-150A) lub napięciach dodatkowych w przedziale od 18 do 80V (5-100A). Do realizacji testu podstawowego wykorzystany jest program czasu rozładowania prądem pięciogodzinnym – warto również dodać, że istnieje możliwość wybrania dłuższych programów czasowych oraz dopasowania programu do indywidualnych preferencji. Przystępując do testu baterii należy pamiętać, że prawidłowy test możemy zrealizować wyłącznie na w pełni naładowanej baterii. Dlatego przed przystąpieniem do testów powinno się podłączyć prostownik i doładować baterię. Dopiero po odpowiednim przygotowaniu akumulatora możemy podłączyć przewody testera do badanego obiektu. Z reguły urządzenie takie automatycznie wykrywa parametry testowanej baterii, jednakże gdyby rozpoznanie wyszło jednak źle – mamy możliwość jego ręcznego ustawienia. Ekran nastawy parametrów umożliwia nam ustawienie pojemności znamionowej testowanej baterii ($Q_n = [Ah]$) oraz wartość napięcia

końcowego pojedynczego ogniwa ($V_k = [V]$). Po ustawieniu właściwych parametrów możemy uruchomić proces testu baterii. Podczas pracy testera możemy obserwować zadane parametry oraz na bieżąco śledzić stan procesu jak i stan urządzenia.

Na rysunku 5.24 widzimy ekran nastawy testera TBA150 w trakcie programu pięciogodzinnego gdzie: Q – ładunek pobrany z rozładowanej baterii, E – energia pobrana z rozładowanej baterii, U – aktualne napięcie rozładowanej baterii, G – ilość załączonych opornic (1-10), c – współczynnik sprawności baterii, t – pozostały czas rozładowania baterii. Urządzenie samoczynnie kończy pracę po osiągnięciu przez baterię napięcia końcowego zadeklarowanego w ustawieniach. Po zakończeniu testu wyniki możemy zapisać na nośniku danych typu pendrive i na podstawie otrzymanych danych jesteśmy w stanie stwierdzić jaki jest ogólny stan baterii i jak zachowuje się ona przez cały proces rozładowania. Pozwala to na uzyskanie informacji o ewentualnych usterkach i w efekcie podjąć decyzję o wymaganym serwisie naszego banku energii. Dzięki uzyskanym informacjom jesteśmy w stanie z wyprzedzeniem zaplanować regenerację lub po prostu wymianę baterii, a w przypadku zakupu - zebrane dane pomogą ocenić jej realną wartość.



Rys. 5.24. Widok ekranu nastawy testera TBA150 [40]

5.5. Podsumowanie i wnioski

Ciągle zwiększająca się liczba pojazdów elektrycznych wymaga coraz większej liczby stacji ich ładowania. Wszelkie doniesienia medialne jak i analiza statystyczna świadczą o tym, że wprawdzie powinna powstać infrastruktura ładowania pojazdów, która zachęci użytkowników do zakupu pojazdów elektrycznych. Pojazdy elektryczne są z natury ekologiczne w miejscu ich użytkowania. Nie wydzielają wówczas żadnych szkodliwych substancji do otoczenia. To jest istotny argument za ich użytkowaniem w centrach dużych miast, gdzie skażenie spalinami jest bardzo duże ze względu na ogromną liczbę pojazdów i niejednokrotne problemy wybranych metropolii z przewietrzaniem, które powodują powstawanie smogu. Pojazdy elektryczne wydają się być jedynym skutecznym rozwiązaniem do walki ze smogiem.

Krótki czas wdrożenia rynkowego pojazdów elektrycznych sprawia, że ich diagnostyka, serwisowanie i naprawa nie są jeszcze dostatecznie rozwinięte. Konieczne jest przeprowadzanie badań naukowych i prac rozwojowych w tym obszarze, w celu stworzenia efektywnych procedur diagnostycznych. Także na poziomie wielu krajów europejskich (nie mówiąc już o mniej rozwiniętych) istnieją braki legislacyjne w tej dziedzinie. Jest jeszcze wiele do zrobienia w zakresie dostarczenia infrastruktury do ładowania pojazdów elektrycznych (miejsca parkingowe, punkty wolnego i szybkiego ładowania).

Takie braki oznaczają ewidentną niszę rynkową, która w najbliższych latach będzie musiała być zniwelowana. Otworzenie biznesu obejmującego diagnostykę, serwis oraz naprawę pojazdów elektrycznych jest wysoce obiecującą inwestycją. Wynika ze światowego trendu zwanego elektromobilnością, który od kilku lat bardzo szybko się rozwija na świecie, a ostatnio zawitał również do naszego kraju.

Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski w obszarze diagnostyki pojazdów elektrycznych:

1. Brak silnika spalinowego nie eliminuje konieczności serwisowania pokładowych systemów pojazdu. Gniazdo EOBD nadal istnieje w pojazdach elektrycznych i jest drogą do komunikacji z pojazdem i diagnostyki komponentów elektrycznych.
2. Stosując innowacyjne podejście do diagnostyki pojazdów elektrycznych można uzyskać w niej dużą efektywność. Zastosowa-

nie podejścia naukowego, obejmującego jazdy drogowe z zapisem do pliku wybranych sygnałów diagnostycznych, jest dużo bardziej skuteczną metodą diagnostyki niż przeprowadzanie testów podczas postoju.

3. Diagnostyka pojazdów elektrycznych wymaga sprzętu diagnostycznego do komunikacji z wybranymi markami pojazdów. Raport podpowiada jak wykorzystać sprzęt tani i uniwersalny do profesjonalnego przeprowadzenia diagnostyki.
4. Diagnostyka pojazdów elektrycznych wymaga znajomości struktury i komunikacji występującej w magistrali CAN. Przeszkolenie pracownika w tym zakresie pozwoli uzyskać przewagę nad konkurencją. Pozwoli szybciej i bardziej precyzyjnie identyfikować niewłaściwie pracujące komponenty.
5. Nowoczesny software do wizualizacji i zapisu do pliku sygnałów z pojazdu elektrycznego jest niezbędny do szybkiej diagnostyki pojazdów.
6. Firma działająca w obszarze diagnostyki pojazdów elektrycznych powinna na stałe współpracować z indywidualnym naukowcem lub instytutem badawczym realizującym badania naukowe w tym zakresie.

Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski w obszarze serwisowania i naprawy pojazdów elektrycznych:

1. Firma podejmująca się serwisowania i naprawy pojazdów elektrycznych powinna:
 - Posiadać odpowiednią infrastrukturę warsztatową.
 - Mieć wprowadzone procedury postępowania w wybranych sytuacjach niebezpiecznych jako normy wewnętrzne.
 - Pracownicy powinni posiadać odpowiednie wykształcenie i przeszkolenie w celu uzyskania wymagań krajowych.
2. Firma działająca w obszarze serwisowania i naprawy pojazdów elektrycznych powinna na stałe współpracować z dostawcami komponentów OEM i części zamiennych do EV. Powinna również korzystać ze szkoleń przez nich oferowanych.
3. Firma działająca w obszarze serwisowania i naprawy pojazdów elektrycznych powinna na stałe współpracować z indywidualnym naukowcem lub instytutem badawczym realizującym badania naukowe w tym zakresie.

5.6. Pytania testowe



1. **Diagnosta zajmujący się pojazdami elektrycznymi musi posiadać świadectwo kwalifikacyjne wydawane przez:**
 - a. CEP
 - b. SEP
 - c. MAP
2. **Napięcie w bateriach trakcyjnych elektrycznych pojazdów osobowych zazwyczaj wynosi:**
 - a. 100 – 200 V
 - b. 300 – 500 V
 - c. 600 – 800 V
3. **Baterie elektrycznych pojazdów osobowych zazwyczaj mają pojemność energetyczną:**
 - a. 1-10 kWh
 - b. 20 – 100 kWh
 - c. 100 – 200 kWh
4. **W celu pomiaru energii pobranej podczas ładowania pojazdu elektrycznego potrzebny jest:**
 - a. voltomierz
 - b. amperomierz
 - c. licznik energii
5. **Pojemność energetyczna pakietu baterii litowo-jonowej w nowo wyprodukowanym pojeździe może w ciągu 5 lat użytkowania spaść do:**
 - a. 60 % pojemności początkowej
 - b. 70 % pojemności początkowej
 - c. 80 % pojemności początkowej
6. **Degradacja właściwości baterii litowo-jonowej w pojazdach elektrycznych zależy od:**
 - a. Okresu eksploatacji i liczby ładowań
 - b. Prędkości maksymalnych osiąganych przez pojazd
 - c. Jakości początkowej



7. **Na degradację właściwości baterii litowo-jonowej w pojazdach elektrycznych negatywnie wpływa:**
 - a. Długotrwałe przechowywanie w niskich temperaturach w stanie całkowitego naładowania
 - b. Długotrwałe przechowywanie w niskich temperaturach w stanie całkowitego rozładowania
 - c. Stan naładowania nie ma wpływu na przechowywanie w niskich temperaturach
8. **O złym stanie pakietu baterii litowo-jonowych w pojeździe świadczy:**
 - a. Duża różnica w napięciu poszczególnych modułów w stanie całkowitego rozładowania
 - b. Duża ilość prądu pobierana podczas ładowania
 - c. Grzanie się baterii podczas ładowania
9. **Baterie litowo-jonowe powinny być przechowywane w stanie:**
 - a. Całkowitego rozładowania
 - b. Częściowego naładowania
 - c. Pełnego naładowania
10. **Naprawa pakietu baterii litowo-jonowych zazwyczaj sprowadza się do:**
 - a. Wymiany uszkodzonej celi
 - b. Wymiany uszkodzonego modułu
 - c. Nie naprawia się w ogóle baterii litowo-jonowych
11. **BMS monitoruje w pakiecie baterii litowo-jonowych:**
 - a. napięcie i prąd we wszystkich celach
 - b. napięcie i temperaturę we wszystkich modułach
 - c. napięcie i temperaturę we wszystkich celach
12. **BMS to skrót od angielskiego:**
 - a. Battery Monitoring System
 - b. Battery Management System
 - c. Battery Management Solution



- 13. O niesprawności pakietu baterii litowo-jonowych system OBD informuje diagnostę poprzez:**
- a. Zaświecenie kontrolki MIL
 - b. Wygenerowanie kodu usterki
 - c. Unieruchomienie pojazdu
- 14. Diagnostyka baterii litowo-jonowych w pojeździe elektrycznym odbywa się za pomocą:**
- a. złącza ładowania baterii
 - b. gniazda OBD
 - c. specjalnego gniazda w BMS
- 15. Diagnostyka silnika trakcyjnego w pojeździe elektrycznym odbywa się za pomocą:**
- a. złącza ładowania baterii
 - b. gniazda OBD
 - c. specjalnego gniazda w BMS
- 16. Czy elektroniczna Jednostka Sterująca w pojeździe elektrycznym posiada pokładowy licznik energii pobranej do ładowania?**
- a. tak
 - b. nie
 - c. może ale nie musi
- 17. Czy położenie gniazda OBD w pojazdach elektrycznych jest inne niż w pojazdach spalinowych?**
- a. Nie, obowiązują te same zasady montażu gniazda OBD
 - b. Tak
 - c. Gniazdo OBD w pojazdach elektrycznych jest zawsze montowane pod kierownicą
- 18. Diagnostyka baterii trakcyjnych pojazdów elektrycznych może odbywać się w:**
- a. Tylko w Autoryzowanych Stacjach Obsługi producenta pojazdu
 - b. Tylko w Autoryzowanych Stacjach Obsługi producenta baterii
 - c. Zarówno w autoryzowanych jak i nieautoryzowanych profesjonalnych warsztatach



19. Magistra CAN to:

- a. Controller Area Network
- b. Continuous Analog Network
- c. Ciągła Administracja Numeryczna

20. Czy do diagnostyki i naprawy komponentów elektrycznych pojazdów elektrycznych wymagane są klucze izolowane dla elektryków?

- a. Tak, bezwzględnie
- b. Nie
- c. Tak, ale nie wynika to z żadnych przepisów

5.7. Ćwiczenia wraz z instrukcją



5.7.1. Ćwiczenie 1

Dokonaj podłączenia interfejsu OBD ELM 327 z systemem OBD wybranego pojazdu elektrycznego w celu wyświetlenia aktualnych parametrów pracy silnika elektrycznego i pojazdu.

Ćwiczenie wykonaj w następującej kolejności:

- Przygotuj pojazd elektryczny posiadający system OBDII/EOBD
- Odnajdź gniazdo OBD w przedmiotowym pojeździe
- Dokonaj identyfikacji posiadanego interfejsu ELM 327 ze względu na rodzaj komunikacji z komputerem lub urządzeniem przenośnym (tablet, smartphone). Może to być komunikacja przewodowa (USB, RS-232) lub bezprzewodowa (wi-fi, Bluetooth)
- Dobierz odpowiedni software na komputer przenośny lub aplikację na urządzenie mobilne oraz je zainstaluj. Pamiętaj, że pojazdy elektryczne mają zazwyczaj aplikacje dedykowane konkretnym markom lub modelom pojazdów.
- Włóż interfejs ELM 327 do gniazda OBD pojazdu i ustanów komunikację z software
- Wyświetl i dokonaj porównania z dostępnymi wskaźnikami w pojeździe wybranych aktualnych parametrów pracy silnika elektrycznego (np. RPM)

5.7.2. Ćwiczenie 2

Dokonaj podłączenia interfejsu OBD ELM 327 z systemem OBD wybranego pojazdu elektrycznego w celu wyświetlenia i skasowania zapamiętanych kodów błędów TDC.

Ćwiczenie wykonaj w następującej kolejności:

- Przygotuj pojazd elektryczny posiadający system OBDII/EOBD ze świecącą się kontrolką MIL
- Jeśli nie ma takiego pojazdu to dokonaj symulacji uszkodzenia poprzez odpięcie wtyczki wybranego czujnika lub urządzenia wykonawczego
- Odnajdź gniazdo OBD w przedmiotowym pojeździe
- Dokonaj identyfikacji posiadanego interfejsu ELM 327 ze względu na rodzaj komunikacji z komputerem lub urządzeniem przenośnym



- śnym (tablet, smartphone). Może to być komunikacja przewodowa (USB, RS-232) lub bezprzewodowa (wi-fi, Bluetooth)
- Dobierz odpowiedni software na komputer przenośny lub aplikację na urządzenie mobilne oraz je zainstaluj. Pamiętaj, że pojazdy elektryczne mają zazwyczaj aplikacje dedykowane konkretnym markom lub modelom pojazdów.
 - Włóż interfejs ELM 327 do gniazda OBD pojazdu i ustanów komunikację z software
 - Wyświetl zakładkę z kodami błędów TDC. Zapisz i dokonaj identyfikacji kodu błędu. Skasuj błąd i sprawdź czy nie pojawia się od razu ponownie.
 - Dokonaj diagnozy możliwego uszkodzenia na podstawie odczytanego kodu błędu DTC

5.7.3. Ćwiczenie 3

Dokonaj podłączenia interfejsu OBD ELM 327 z systemem OBD wybranego pojazdu elektrycznego w celu zapisania w pamięci komputera parametrów pracy silnika i pojazdu podczas wykonania krótkiej jazdy w warunkach miejskich.

Ćwiczenie wykonaj w następującej kolejności:

- Przygotuj pojazd elektryczny posiadający system OBDII/EOBD
- Odnajdź gniazdo OBD w przedmiotowym pojeździe
- Dokonaj identyfikacji posiadanego interfejsu ELM 327 ze względu na rodzaj komunikacji z komputerem lub urządzeniem przenośnym (tablet, smartphone). Może to być komunikacja przewodowa (USB, RS-232) lub bezprzewodowa (wi-fi, Bluetooth)
- Dobierz odpowiedni software na komputer przenośny lub aplikację na urządzenie mobilne oraz je zainstaluj. Pamiętaj, że pojazdy elektryczne mają zazwyczaj aplikacje dedykowane konkretnym markom lub modelom pojazdów.
- Włóż interfejs ELM 327 do gniazda OBD pojazdu i ustanów komunikację z software
- Wyświetl zakładkę z wyborem parametrów do archiwizacji w pamięci komputera. Wybierz przynajmniej 5 parametrów.
- Dokonaj krótkiej jazdy w warunkach miejskich.
- Wykonaj wykresy przebiegu w czasie zarchiwizowanych parametrów pracy silnika i pojazdu.

5.7.4. Ćwiczenie 4



Dokonaj podłączenia interfejsu OBD ELM 327 z systemem OBD wybranego pojazdu elektrycznego w celu zapisania w pamięci komputera parametrów pracy silnika i pojazdu oraz parametrów GPS podczas wykonania krótkiej jazdy w warunkach miejskich i pozamiejskich. Celem badań jest określenie maksymalnego zasięgu pojazdu na jednym ładowaniu i średniego zużycia energii.

Ćwiczenie wykonaj w następującej kolejności:

- Przygotuj pojazd posiadający system OBDII/EOBD
- Odnajdź gniazdo OBD w przedmiotowym pojeździe
- Dokonaj identyfikacji posiadanego interfejsu ELM 327 ze względu na rodzaj komunikacji z komputerem lub urządzeniem przenośnym (tablet, smartphone). Może to być komunikacja przewodowa (USB, RS-232) lub bezprzewodowa (wi-fi, Bluetooth)
- Dobierz odpowiedni software na komputer przenośny lub aplikację na urządzenie mobilne oraz je zainstaluj. Pamiętaj, że pojazdy elektryczne mają zazwyczaj aplikacje dedykowane konkretnym markom lub modelom pojazdów.
- Włóż interfejs ELM 327 do gniazda OBD pojazdu i ustanów komunikację z software
- Wyświetl zakładkę z wyborem parametrów jazdy do archiwizacji w pamięci komputera. Wybierz przynajmniej 5 parametrów. Włącz zapis lokalizacji pojazdu na podstawie danych GPS.
- Dokonaj krótkiej jazdy w warunkach mieszanych (miejskich i pozamiejskich).
- Wykonaj wykresy przebiegu w czasie zarchiwizowanych parametrów pracy silnika i pojazdu.
- Wyświetl na mapie przebieg trasy pojazdu na podstawie zarchiwizowanych danych GPS.

5.7.5. Ćwiczenie 5

Dokonaj monitoringu procesu ładowania baterii pojazdu elektrycznego.

Ćwiczenie wykonaj w następującej kolejności:

- Dokonaj wyboru pojazdu i określ stopień naładowania baterii SoC
- Zużyj prawie całkowicie energię z baterii



- Podłącz pojazd do ładowarki. Określ rodzaj ładowarki oraz typ złącza i parametry prądowe. Zaplanuj proces ładowania.
- Zorientuj się czy ładowarka ma pomiar energii zużytej do ładowania. Jeśli nie to skorzystaj z kalkulatora energii elektrycznej.
- Dokonaj procesu pełnego ładowania baterii wraz z archiwizacją parametrów ładowania co 5 minut.
- Wykonaj wykresy poszczególnych parametrów ładowania i dokonaj ich opisu.
- Porównaj wartość energii potrzebnej do ładowania z nominalną pojemnością energetyczną baterii. Na tej podstawie dokonaj diagnostyki stanu baterii.

Podsumowanie i wnioski

XXI wiek w motoryzacji charakteryzuje się mnogością wyboru różnych rodzajów pojazdów dostosowanych do potrzeb wymagających klientów. Pojazdy te mają różną konstrukcję, różne wyposażenie, napędzane są bardzo wieloma różnymi układami napędowymi wykorzystującymi paliwa tradycyjne jak i alternatywne. Coraz częściej mają elektryczne lub hybrydowe układy napędowe. Tak duże zróżnicowanie wymaga ogromnej wiedzy od osób dokonujących diagnostyki, serwisowania i obsługi tychże pojazdów. Coraz częściej diagnostyka wspomagana jest komputerowo a nawet całkowicie zautomatyzowana.

W przedmiotowym podręczniku dokonany został przegląd najnowszych technik diagnozowania pojazdów. Przedstawiono opis i zasadę działania systemów diagnostyki pokładowej OBD, które są obecne we wszystkich typach pojazdów i mają za zadanie monitorować i diagnozować wszystkie systemy w pojeździe, odpowiedzialne za emisję spalin i bezpieczeństwo pasażerów. Następnie opisano w jaki sposób wykorzystać hamownię podwoziową do oceny sprawności silnika oraz emisji spalin, podczas realizacji laboratoryjnych testów jezdnych. Bardzo aktualna jest diagnostyka silnika, zasilanego paliwem alternatywnym w postaci LPG, ze względu na popularność tego paliwa w Polsce i w Europie. System sekwencyjnego wtrysku gazu również posiada wewnętrzne funkcje diagnostyczne oraz możliwość odczytywania wykrytych błędów. Dużą część książki poświęcono diagnostyce pojazdów elektrycznych, które od 2010 roku są coraz częściej spotykane na ulicach światowych jak i polskich miast. W praktyczny sposób zostały przedstawione i opisane poszczególne testy diagnostyczne oraz aparatura niezbędna do ich przeprowadzenia. Autor zachęca do naukowego podejścia do diagnostyki wybranego układu, co jest odpowiedzią na ich mnogość i bardzo duże zróżnicowanie. Pozwala ono zaplanować eksperyment w ramach którego możliwe będzie szybkie zlokalizowanie i usunięcie nieprawidłowości.

Bibliografia

- [1] Bielaczyc P., Woodburn J.: *Current and future trends in Automotive emissions, fuels, lubricants and test methods – the view from the year 2012*. COMBUSTION ENGINES - Silniki Spalinowe, No. 2/2012 (149).
- [2] Boguś P., Grzeszczyk R., Merkisz J., Wrona A.: On-board diagnostic system for vehicle state assessment. Combustion Engines 2011,145(2)
- [3] Buczaj M.: Wykorzystanie alternatywnych źródeł zasilania pojazdów w świetle norm i dyrektyw UE na przykładzie Polski. MOTROL, 2006, 8, 12–19.
- [4] Cieślowski, B., Jakóbiec, J.: Monitoring of the states of malfunction of the EGR system in TDCi engines fueled with Eko-diesel Ultra and B10 fuel. Combustion Engines. 2013, 153(2), 83-93. ISSN 0138-0346.
- [5] Ciupała K., Szwaja S.: Spalanie gazu generatorowego w tłokowym silniku spalinowym. Silniki spalinowe 2/2010, PTNSS-2010-SS2-204 str. 27-32.
- [6] DZIENNIK USTAW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ, Warszawa, dnia 15 grudnia 2016 r. Poz. 2022. Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 27 października 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia.
- [7] Flekiewicz M: Instalacje zasilania gazem. Poradnik Serwisowy 1/2004.
- [8] Girtler J.: Possibility of estimating reliability of diesel engines by applying the theory of semi-Markov processes and making operational decisions by considering reliability of diagnosis on technical state of this sort of combustion engines. Combustion

- stion Engines. 2015, 163(4), 44-51. ISSN 2300-9896.
- [9] Godula A., Wendeker M., Siadkowska K., Kamiński Z., Małek A.: Ograniczanie emisji pojazdów samochodowych poprzez wykrywanie nieszczelności komory spalania. VI Konferencja Naukowa EKOENERGIA'2011, Lublin 3-5.11.2011. Materiały konferencyjne – AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe 10/2011, str. 188-195. ISSN 1509-5878.
- [10] Idzior, M., Czapliński, E. Environmental aspects of the impact of the technical condition of motor vehicles on environmental pollution. Combustion Engines. 2017, 168(1), 149-152. DOI: 10.19206/CE-2017-124
- [11] Kowalewicz A., Wołoszyn R.: Dwupaliwowy turbodoładowany silnik wysokoprężny zasilany gazem ziemnym i olejem napędowym. SILNIKI GAZOWE wybrane zagadnienia, Częstochowa 2010, str. 357-369.
- [12] Majerczyk A., Taubert S.: *Układy zasilania gazem propan-butan*, WKiŁ, Warszawa 2006.
- [13] Małek A., Łusiak T.: Interaktywne stanowisko badawcze komponentów pojazdów elektrycznych. AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe 1-2/2019
- [14] Małek A., Ogrodnik M.: *Interaktywne stanowisko edukacyjne i badawcze systemów sekwencyjnego wtrysku gazu LPG*. XXI Międzynarodowa Konferencja Naukowa TRANSCOMP Komputerowe systemy wspomagania nauki, przemysłu i transportu, Zakopane 4 -7.12. 2017. Technika transportu szynowego 12/2017.
- [15] Małek A., Siadkowska K.: Analiza opłacalności wykorzystania CNG do zasilania pojazdów w województwie lubelskim. IX konferencja naukowo-techniczna LOGITRANS'2012 „logistyka, systemy transportowe, bezpieczeństwo w transporcie” Szczyrk, 17-20 kwietnia 2012 r. Czasopismo Logistyka – nauka 3/2012, str. 1443-1449. ISSN 1231-5478.
- [16] Małek A., Siadkowska K.: Charakterystyka pracy silnika benzynowego zasilanego E85. XV Forum Motoryzacji Wpływ nowych technologii w motoryzacji i infrastrukturze komunikacyjnej na ochronę środowiska. Słupsk, 25 maj 2012 rok. Materiały konferencyjne – AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy

- Transportowe 5/2012, str. 290-295. ISSN 1509-5878.
- [17] Małek A., Wendeker M., Czarnigowski J.: Stanowisko do badań przedhomologacyjnych dla pojazdów wyposażonych w układ sekwencyjnego wtrysku gazu LPG. PTNSS Kongres – 2007, Kraków 20-23.05.2007. Materiały konferencyjne – specjalne wydanie COMBUSTION ENGINES Silniki Spalinowe 2007–SC3. 2007–SC3-148 (P07-C148) str. 290 – 299.
- [18] Małek A.: Wymogi normy emisji spalin Euro 5 w odniesieniu do pojazdów zasilanych LPG. Konferencja Międzynarodowa Innowacje w Motoryzacji dla Ochrony Środowiska, Słupsk 03.06.2011. Materiały konferencyjne – AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe 5/2011, str. 289 – 294. ISSN 1509-5878.
- [19] Merkisz J., Pielecha I.: *Alternatywne paliwa i układy napędowe pojazdów*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2004.
- [20] Merkisz J., Pielecha J., Radzymirski S.: *Emisja zanieczyszczeń motoryzacyjnych w świetle nowych przepisów Unii Europejskiej*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 2012.
- [21] Merkisz J.: Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych.
- [22] Myszkowski S.: Diagnostyka pokładowa standard OBD II/EOBD. Poradnik serwisowy 5/2003
- [23] Orczyk, M., Tomaszewski, F.: Diagnostic and reliability model of an internal combustion engine. Combustion Engines. 2020, 180(1), 41-46. <https://doi.org/10.19206/CE-2020-107>
- [24] Regulamin nr 67.01 Europejskiej Komisji Gospodarczej przy ONZ. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A42008X0716%2801%29>
- [25] Regulamin nr 115 Europejskiej Komisji Gospodarczej przy ONZ. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A42014X1107%2802%29>
- [26] Rokosch: Układy oczyszczania spalin.
- [27] Rozporządzenie ministra infrastruktury w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (tekst jednolity Dz. U. z 2015 r., poz. 305).

- [28] Rozporządzenie ministra transportu, budownictwa i gospodarki morskiej w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania badań technicznych pojazdów oraz dokumentów stosowanych przy tych badaniach (Dz. U. z 2012 r., poz. 996 z późn. zm.).
- [29] Sitek K.: Badanie techniczne pojazdów wyposażonych w instalację gazową (1). Nowoczesny warsztat nr 6 (192)
- [30] Szymański G. M., Tomaszewski F.: Experimental method for the selection of points of measurement diagnostic vibration signals on internal combustion engine. *Combustion Engines* 2012,150(3)
- [31] <https://automationforum-blog.s3.amazonaws.com/uploads/2018/06/assembly-details-of-a-typical-ac-induction-motor.gif> [dostęp 2020-08-09]
- [32] https://www.researchgate.net/profile/Hakan_Calis/publication/278121987/figure/fig1/AS:669963278876683@1536743101559/Faults-and-the-fault-rates-in-the-induction-motor.png [dostęp 2020-08-09]
- [33] https://obrazki.elektroda.pl/6415623800_1297124806.jpg [dostęp 2020-08-09]
- [34] <https://www.youtube.com/watch?v=qNV7TyllzSY> [dostęp 2020-08-10]
- [35] <https://www.youtube.com/watch?v=eUzKAxZ9pJ8> [dostęp 2020-08-10]
- [36] https://obrazki.elektroda.pl/15_1231364970.jpg [dostęp 2020-08-10]
- [37] <https://www.lfd.eu/media/images/aufbau-rillenkugellager-01-large.jpg> [dostęp 2020-08-11]
- [38] https://i.blogs.es/c9a227/battery/450_1000.jpg [dostęp 2020-08-20]
- [39] <https://i.ytimg.com/vi/uTTQfNdPiyo/maxresdefault.jpg> [dostęp 2020-08-25]
- [40] https://www.youtube.com/watch?v=nN97hHiJ2_o [dostęp 2020-09-01]

- [41] http://nl-www.bosch-automotive.com/en/products_workshopworld/testing_equipment_products/ecu_diagnostics/kts_890/kts_995 [dostęp 2020-09-30]
- [42] <https://jacus.pl/reduktor-maximus-rm3-compact-250km350km-p-2070.html> [dostęp 2020-09-30]
- [43] <https://www.warwickts.com/24/Hybrid-and-EV-Service-Safety-Kit> [dostęp 2020-09-30]
- [44] <https://www.lasertools.co.uk/article/Hybrid-and-Battery-Electric-Vehicle-Workshop-Safety> [dostęp 2020-09-30]
- [45] <http://www.wktir.pl/oferta/uprawnienia-energetyczne-m-in-sep-palacz-kotlow-c-o-autoklawy-gazy-techniczne/> [dostęp 2020-09-30]
- [46] <https://motofocus.pl/wyposazenie-warsztatowe/11832/launch-wprowadza-interfejs-diagnostyczny-golo> [dostęp 2020-09-30]

Spis rysunków

Rys. 1.1. Schemat podłączenia testera diagnostycznego do złącza DLC w pojeździe [22]	15
Rys. 1.2. Złącze diagnostyczne DLC [22].....	16
Rys. 1.3. Przykładowy kod błędu [22].....	17
Rys. 1.4. Postać ogólna ramki wymiany informacji dla protokołu ISO 1941-2	18
Rys. 1.5. Ramka przykładowego zapytania przez skaner OBD [22].....	19
Rys. 1.6. Ramka przykładowej odpowiedzi (sterownik skrzynki biegów) [22].....	19
Rys. 1.7. Testy sprawności elektrycznej czujników pomiarowych	22
Rys. 1.8. Testy sprawności elektrycznej elementów wykonawczych	22
Rys. 1.9. Pasywny test sprawności metrologicznej elementu pomiarowego	23
Rys. 1.10. Detekcja wypadania zapłonów na podstawie zmian prędkości kątowej wału korbowego silnika [21] .	25
Rys. 1.11. Detekcja wypadania zapłonów na podstawie zmian ciśnienia w układzie wylotowym silnika [26].....	26
Rys. 1.12. Budowa i zasada działania trójfunkcyjnego reaktora katalitycznego [21].....	27
Rys. 1.13. Estymacja pojemności tlenowej według Forda [21].....	28
Rys. 1.14. Estymacja pojemności tlenowej według General Motors [21].....	29

Rys. 1.15. Monitorowanie działania czujnika tlenu zamontowanego za reaktorem katalitycznym.....	30
Rys. 1.16. Test czasu reakcji czujnika tlenu za reaktorem katalitycznym	30
Rys. 1.17. Monitorowanie działania szerokokresowego czujnika tlenu	31
Rys. 1.18. Budowa układu paliwowego silnika z systemem EVAP [26]	32
Rys. 1.19. Budowa silnika wraz z układem EGR [22].....	33
Rys. 1.20. Budowa silnika wraz z układem powietrza dodatkowego [22]	35
Rys. 1.21. Budowa silnika oraz procedura wykrywania nieszczelności układu paliwowego [26]	37
Rys. 1.22. Korekta krótkookresowa wtrysku paliwa	39
Rys. 1.23. Zakres korekcji krótkookresowej wtrysku paliwa.....	40
Rys. 1.24. Korekta długoterminowa wtrysku paliwa [21]	40
Rys. 1.25. Schemat działania elektronicznego pedału gazu [26] ...	41
Rys. 1.26. Gniazdo diagnostyczne OBD [26]	43
Rys. 1.27. Opis pinów gniazda diagnostycznego OBD II / EOBD [26].....	43
Rys. 1.28. Sposób komunikacji diagnosty z systemem EOBD/OBD II.....	44
Rys. 1.29. Lampka wskazująca uszkodzenie silnika	45
Rys. 1.30. Przykładowy kod błędu systemu OBD	46
Rys. 1.31. Opis kodów błędów generowanych przez system OBD	46
Rys. 1.32. Dalszy rozwój systemów OBD	48
Rys. 1.33. Położenie gniazda EOBD w Renault Twizy	49
Rys. 1.34. Położenie gniazda EOBD w Renault Zoe.....	49
Rys. 1.35. Gniazdo OBD pojazdu elektrycznego	50
Rys. 1.36. Diagnostyka zdalna pojazdów [46].....	50

Rys. 1.37. Diagnostyka zdalna pojazdów z wykorzystaniem interfejsu Golo [46]	51
Rys. 1.38. Monitoring floty pojazdów z wykorzystaniem interfejsu Golo [46]	52
Rys. 2.1. Hamownia najazdowa jednoosiowa firmy Maha	64
Rys. 2.2. Hamownia najazdowa dwuosiowa firmy Maha.....	64
Rys. 2.3. Hamulec elektrowirowy w hamowni firmy Maha.....	66
Rys. 2.4. Hamownia dwuosiowa firmy Maha.....	68
Rys. 2.5. Pojazd Renault Megane na hamowni podwoziowej.....	69
Rys. 2.6. Wykres hamowniany mocy i momentu silnika.....	70
Rys. 2.7. Obiekt badań znajdujący się na hamownianym stanowisku badawczym.....	72
Rys. 2.8. Okno programu DynaV-Tech, tryb pracy hamowanie obciążeniowe ze stałą prędkością.....	73
Rys. 2.9. Okno programu DynaV-Tech, tryb pracy - hamowanie obciążeniowe z symulacją oporów jazdy.....	74
Rys. 2.10. Okno programu Eurosystem V6.05.004a	75
Rys. 2.11. Okno programu grapher ECE.....	76
Rys. 2.12. Okno PARAMETRY software gazowego.....	77
Rys. 2.13. Okno programu ScanTool. Wybrane parametry pracy na biegu jałowym	78
Rys. 2.14. Wygląd oscyloskopu firmy Tektronix TDS 3014B	79
Rys. 3.1. Urządzenia diagnostyczne firmy Bosch [41]	104
Rys. 4.1. Komponenty systemu sekwencyjnego wtrysku LPG.....	116
Rys. 4.2. Elektroniczna jednostka sterująca.....	117
Rys. 4.3. Okno testu obwodu prędkości obrotowej	118
Rys. 4.4. Okno testu obwodu czujnika ciśnienia	118
Rys. 4.5. Okno testu czujnika temperatury ECU	118
Rys. 4.6. Okno testu napięć zasilania	118

Rys. 4.7. Okno testu sygnałów otwierających wszystkie wtryskiwacze	119
Rys. 4.8. Przykładowy poprawny przebieg napięcia otwarcia wtryskiwacza gazowego	119
Rys. 4.9. Raport końcowy z pozytywnych badań ECU	120
Rys. 4.10. Zbiornik gazu LPG	125
Rys. 4.11. Reduktor ciśnienia	127
Rys. 4.12. Wtryskiwacze gazowe	128
Rys. 4.13. Filtr fazy lotnej gazu LPG	129
Rys. 4.14. Przykład zbiornika wyposażonego w gazoszczelną obudowę osłaniającą jedynie zawory	133
Rys. 4.15. Przykład oznakowania homologacyjnego umieszczonego na elementach instalacji gazowej [42]	135
Rys. 5.1. Przykład kitu wyposażenia warsztatu serwisującego EV [43]	148
Rys. 5.2. Przykład kitu wyposażenia warsztatu serwisującego EV [44]	148
Rys. 5.3. Środki ochrony przeciwporażeniowej w warsztacie [44]	149
Rys. 5.4. Świadectwo kwalifikacyjne SEP autora	151
Rys. 5.5. Interfejs PCAN-USB	152
Rys. 5.6. Okno programu MDGrapher	152
Rys. 5.7. Zasad działania software OVMS	153
Rys. 5.8. Efekt tuningu Renault Twizy	154
Rys. 5.9. Three face Bob software – okno Control	155
Rys. 5.10. Zależności magistrali CAN silnika elektrycznego z magistralą CAN pojazdu	155
Rys. 5.11. Komendy sterujące silnikiem elektrycznym podawane przez magistralę CAN	156

Rys. 5.12. Tryby sterowania silnikiem elektrycznym poprzez magistralę CAN	156
Rys. 5.13. Kody usterek podawane przez magistralę CAN.....	156
Rys. 5.14. Ostrzeżenia podawane przez magistralę CAN.....	157
Rys. 5.15. Schemat silnika indukcyjnego [31]	158
Rys. 5.16. Procentowy udział usterek w silniku elektrycznym. Rysunek własny, źródło danych [32].....	159
Rys. 5.17. Przykład uszkodzonego komutatora [33]	160
Rys. 5.18. Pomiar uszkodzenia uzwojeń wirnika za pomocą miernika uniwersalnego [34]	161
Rys. 5.19. Pomiar uszkodzenia wirnika za pomocą miernika uniwersalnego [35]	162
Rys. 5.20. Spalone uzwojenie stojana [36].....	163
Rys. 5.21. Budowa łożyska w silniku elektrycznym [37].....	163
Rys. 5.22. Baterie trakcyjne BMW i3 zaprezentowane na zewnątrz pojazdu [38].....	166
Rys. 5.23. Podłączenie baterii trakcyjnej do testera akumulatorów i pomiar spadku napięcia pod obciążeniem [39]	167
Rys. 5.24. Widok ekranu nastawy testera TBA150 [40]	168

Grafika użyta do rozdzielania poszczególnych rozdziałów:
aleksandarlittlewolf/Freepik.com

Spis tabel

Tabela 1.1. Wybrane właściwości standardów transmisji danych w OBD II	14
Tabela 1.2. Wykaz pinów w złączu DLC	16
Tabela 3.1. Dopuszczalne wartości emisji spalin w poszczególnych normach Euro dla samochodów osobowych z silnikiem wysokoprężnym	99
Tabela 3.2. Dopuszczalne wartości emisji spalin w poszczególnych normach Euro dla samochodów osobowych z silnikiem benzynowym	100
Tabela 3.3. Poziomy zanieczyszczeń gazowych w spalinach [6]	101
Tabela 4.1. Własności paliw alternatywnych [19]	112
Tabela 4.2. Podstawa prawna badań	121
Tabela 4.3. Tabela zachowań ECU w sytuacjach wyjątkowych....	121
Tabela 4.4. Podstawa prawna badań	122
Tabela 4.5. Tabela zachowań ECU.....	122
Tabela 5.1. Tematyka i zakres szkolenia [45]	150
Tabela 5.2. Klasyfikacja uszkodzeń silników elektrycznych	158
Tabela 5.3. Klasyfikacja uszkodzeń systemu akumulatorów	164

Odpowiedzi do pytań testowych

Pytanie testowe 1.2		Pytanie testowe 2.7		Pytanie testowe 3.5		Pytanie testowe 4.3		Pytanie testowe 5.5	
1	B	1	A	1	C	1	B	1	B
2	A	2	B	2	C	2	A	2	B
3	A	3	A	3	C	3	A	3	B
4	B	4	A	4	C	4	A	4	C
5	B	5	A	5	C	5	A	5	C
6	C	6	C	6	C	6	C	6	A
7	A	7	A	7	C	7	C	7	A
8	B	8	C	8	C	8	B	8	A
9	A	9	B	9	C	9	C	9	B
10	B	10	A	10	A	10	A	10	B
11	B	11	A	11	B	11	A	11	B
12	C	12	A	12	B	12	B	12	B
13	A	13	A	13	B	13	C	13	B
14	B	14	B	14	B	14	A	14	B
15	A	15	A	15	B	15	B	15	B
16	C	16	B	16	B	16	A	16	A
17	A	17	C	17	A	17	A	17	A
18	B	18	A	18	B	18	B	18	C
19	C	19	B	19	B	19	A	19	A
20	B	20	A	20	B	20	B	20	A

DIAGNOSTYKA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

Część druga Studia przypadków

Arkadiusz Małek

Lublin 2021

Spis treści

Wprowadzenie.....	197
1. Systemy diagnostyki pokładowej OBD	200
1.1. Klient	200
1.2. Potrzeba	201
1.3. Rozwiązanie	202
1.3.1. Rozwój i badania software do zapisu danych z OBD	202
1.3.2. Badania pojazdów z wykorzystaniem danych z systemu OBD	211
1.3.3. Kompatybilność systemu LPG z systemem OBD ..	215
1.3.4. Odczytanie i interpretacja kodów błędów z OBD ...	221
1.4. Rezultaty	228
1.4.1. Badania drogowe pojazdu niskoemisyjnego zasilanego LPG	228
1.4.2. Podsumowanie	234
2. Diagnostyka pojazdów z wykorzystaniem hamowni podwoziowej	236
2.1. Klient	236
2.2. Potrzeba	237
2.2.1. Diagnostyka i regeneracja filtra DPF	237
2.2.2. Przygotowanie pojazdu do badań homologacyjnych zgodnych z Regulaminem R115 EKG ONZ	243
2.3. Rozwiązanie	247
2.3.1. Regeneracja serwisowa filtra DPF	247
2.3.2. Badania emisji spalin w cyklu NEDC	254
2.4. Rezultaty	265
2.4.1. Rezultaty w obszarze regeneracji filtrów DPF	265
2.4.2. Rezultaty w obszarze homologacji pojazdów zgodnie z Regulaminem R115	266

3. Diagnostyka silników spalinowych w pojazdach.....	268
3.1. Klient	268
3.2. Potrzeba	268
3.3. Rozwiązanie	272
3.3.1. Systemy elektroniczne w nowoczesnych pojazdach	272
3.3.2. Diagnostyka silników w nowoczesnych pojazdach	277
3.3.3. Diagnostyka silnika z bezpośrednim wtryskiem benzyny	281
3.3.4. Diagnostyka i naprawa turbosprężarki.....	287
3.3.5. Diagnostyka układu wtryskowego silnika Diesla....	301
3.4. Rezultaty	308
4. Diagnostyka pojazdów zasilanych paliwami alternatywnymi....	311
4.1. Klient	311
4.2. Potrzeba	312
4.3. Rozwiązanie	314
4.4. Rezultaty	319
5. Diagnostyka pojazdów elektrycznych.....	335
5.1. Klient	335
5.2. Potrzeba	336
5.3. Rozwiązanie	337
5.3.1. Urządzenia diagnostyczne w ASO.....	337
5.3.2. Urządzenia diagnostyczne w warsztatach niebędących ASO	338
5.4. Rezultaty	341
Podsumowanie i wnioski	346
Bibliografia.....	348
Spis rysunków	352
Spis tabel.....	358

Wprowadzenie

Diagnostyka pojazdów samochodowych jest jednym z przedmiotów, które wręcz wymagają aby były nauczane z wykorzystaniem studiowania odpowiednich przykładów. Dokonując głębokiej analizy skomplikowanego przypadku uszkodzenia pojazdu student nabywa wiedzy oraz zdobywa nowe kompetencje. Proces studiowania przypadków diagnostyki powinien być ukierunkowany przez prowadzącego zajęcia. Student powinien mieć świadomość skomplikowania i zaawansowania technologicznego obecnie produkowanych pojazdów. Powinien już też posiadać wiedzę z budowy pojazdów, silników spalinowych, silników elektrycznych i hybrydowych układów napędowych. Zachęcam również przed przeczytaniem case study do przestudiowania podręcznika z tego przedmiotu.

Rozdział 1 zawiera studium przypadku związanego z wykorzystaniem złącza diagnostycznego OBD. Jest ono oknem do komunikacji użytkownika oraz diagnosty i serwisanta z pojazdem. Zapoznanie się z praktycznym wykorzystaniem gniazda OBD jest podstawą do prowadzenia bardziej zaawansowanej diagnostyki. Aby skomunikować się z pojazdem za pomocą gniazda EOBD należy zakupić interfejs diagnostyczny ELM 327. Jest to niewielkie urządzenie elektroniczne, które komunikuje się z pojazdem a pozyskane informacje przesyła do software zainstalowanego na komputerze przenośnym lub tablecie. W rozdziale tym przedstawiono konkretne przykłady hardware oraz software do tego potrzebne. Na konkretnym przykładzie nowoczesnego niskoemisyjnego pojazdu pokazano jak zdiagnozować poprawność działania systemów odpowiedzialnych za niską emisję spalin z pojazdu.

Rozdział 2 zawiera dwa praktyczne przykłady diagnostyki z wykorzystaniem hamowni podwoziowej. Pierwszy z nich dotyczy diagnozy zapchania filtra DPF, który jest powszechnie używany w pojazdach z silnikiem Diesla. Drugi dotyczy przeprowadzenia na hamowni testu

jezdnego NEDC z jednoczesnym pomiarem spalin za pomocą analizatora diagnostycznego. Obydwa procesy diagnostyczne były by bardzo utrudnione gdyby nie możliwość wykonania ich na hamowni podwoziowej. W pierwszym przypadku na hamowni odbywa się pomiar mocy i momentu napędowego silnika. W drugim przypadku realizowany jest emisyjny cykl jezdny mający za zadanie odwzorować w sposób powtarzalny jazdę pojazdu po drodze. Dokonując analizy tych dwóch przypadków student zapoznaje się z praktyczną diagnostyką wykorzystującą konkretne modele hamowni podwoziowej.

Rozdział 3 poświęcony został diagnostyce najnowszych silników spalinowych. Są one bardzo skomplikowanymi urządzeniami mechatronicznymi, które wymagają również nie mniej skomplikowanych urządzeń diagnostycznych. Zostanie wykonana diagnostyka pracy silnika za pomocą urządzenia diagnostycznego wykorzystywanego przez Autoryzowaną Stację Obsługi marki Mercedes. Studenci będą mogli zapoznać się z diagnostyką poszczególnych systemów silnika. Zostanie zaprezentowane wykonanie testu funkcjonalnego oraz jazdy drogowej z podpiętym urządzeniem diagnostycznym.

Rozdział 4 poświęcony został diagnostyce pojazdów zasilanych paliwami alternatywnymi. Przedstawione case dotyczy paliwa gazowego w postaci LPG. Jest ono bardzo popularne w Polsce i innych krajach na świecie ze względu na niską cenę, dobre osiągi silnika oraz potwierdzoną poprzez liczne badania ekologię. Mnogość pojazdów zasilanych LPG rodzi konieczność ich diagnostyki i naprawy. Diagnostyka systemów sekwencyjnego wtrysku LPG polega na diagnostyce poprawności montażu poszczególnych komponentów w pojeździe. Następnie przechodzimy do diagnostyki poprawności konfiguracji i kalibracji systemu gazowego za pomocą odpowiedniego software. Ten ostatni zawiera zazwyczaj okno diagnostyka, które umożliwia przeprowadzenie testów funkcjonalnych wybranych komponentów systemu LPG. W praktyczny sposób zostanie pokazane jak je wykorzystać. Sprawny pojazd zasilany LPG oznacza oszczędności dla użytkownika i mniejszą emisję CO₂ dla środowiska.

Rozdział 5 poświęcono diagnostyce pojazdów elektrycznych, które coraz częściej pojawiają się na polskich drogach. Zostaną przedstawione wymagania dotyczące warsztatów oraz osób pra-

gnących taką diagnostykę wykonywać. Ze względu na niebezpieczeństwo porażenia prądem elektrycznym o napięciu ponad 500 V osoby zajmujące się diagnostyką muszą mieć potwierdzoną za pomocą zdanego egzaminu państwowego zarówno wiedzę, kwalifikacje oraz doświadczenie. W przedmiotowym case przedstawiono diagnostykę baterii trakcyjnych pojazdu Renault Twizy po 5 latach użytkowania pojazdu w polskich warunkach pogodowych i drogowych. Warto przypomnieć, że był to pierwszy tego rodzaju pojazd zarejestrowany na Lubelszczyźnie [29]. Zapoznając się z tym rozdziałem, czytelnicy będą mieli możliwość dołączenia do światowego trendu zwanego elektromobilnością.

Czytelnicy zachęceni są do tego by śledzić i wprowadzać w pracy zawodowej dociekliwość oraz pragmatyzm autora stosowany w diagnostyce najnowszych pojazdów.

1. Systemy diagnostyki pokładowej OBD

1.1. Klient

Klientem dla systemów diagnostyki pokładowej jest w chwili obecnej każdy posiadacz pojazdu. Systemy OBD są obowiązkowe w pojazdach z silnikiem benzynowym od 2000 roku a z silnikiem Diesla od 2003 roku. System diagnostyki pokładowej ma za zadanie dokonywać ciągłej diagnostyki systemów w pojeździe odpowiedzialnych za niską emisję spalin. Jeśli aktywne testy funkcjonalne wykryją nieprawidłowości w działaniu silnika lub na przykład katalizatora spalin informują one o tym przede wszystkim użytkownika poprzez zaświecenie lampki kontrolnej MIL. Świadomy użytkownik nie zignoruje tego komunikatu tylko podejmie odpowiednie kroki. Do kroków tych należy sprawdzenie dokładnie czego dotyczy wyświetlony błąd. Protokół komunikacji z systemem OBD jest otwarty dla wszystkich użytkowników i każdy może mieć do niego dostęp. Można tego dokonać za pomocą ogólnodostępnego i taniego interfejsu diagnostycznego ELM 327. Potrzebny jest także software, który skomunikuje się z ELM 327. Software umożliwia przede wszystkim odczytanie kodów błędów, które przypisane są do uszkodzeń i nieprawidłowego działania wybranych komponentów czy systemów.

Odczytując błąd użytkownik może zorientować się czego dotyczy błąd i czy jest to nieprawidłowość poważna lub błaha. Jednak takiej oceny może dokonać jedynie doświadczony diagnosta. Zwykły użytkownik ze świecącą się lampką MIL powinien udać się właśnie do takiego diagnosty. Generowane przez system OBD kody błędów nie zawsze są precyzyjne i niekiedy niedoświadczony diagnosta czy mechanik może zostać wprowadzony w błąd. Wówczas może dokonać drogiej naprawy silnika, która wcale nie była konieczna i nie spowoduje

prawidłowego działania silnika i zgaśnięcia kontrolki MIL. Oznacza to nic innego jak bardzo dużą powagę ostrzeżeń generowanych przez system OBD. W przypadku zignorowania ostrzeżenia dochodzi do zwiększonej emisji zanieczyszczeń z pojazdu do atmosfery. Trujemy w ten sposób wszystko wokół naszego pojazdu oraz samych siebie. Wykorzystanie podpowiedzi systemu OBD może być bardzo pomocne w szybkiej i trafnej diagnozie uszkodzenia lub nieprawidłowego działania. To pozwoli minimalizować czas i koszty naprawy.

1.2. Potrzeba

Potrzeba rozwoju i stosowania w praktyce systemów diagnostyki pokładowej OBD wynikała z dużego wzrostu zanieczyszczenia powietrza zwłaszcza w miastach spowodowanego przez wzrastającą w dużym tempie liczbę pojazdów. Najpierw systemy OBD zostały wprowadzone w 1998 roku w USA, a ściślej mówiąc w Kalifornii. Duże zanieczyszczenie powietrza doprowadziło do powstania tzw. smogu typu kalifornijskiego lub Los Angeles. Bogaci i wpływowi ludzie tam zamieszkujący nie mogli sobie pozwolić na wdychanie zanieczyszczonego powietrza i ponoszenie tego konsekwencji w postaci chorób układu oddechowego i raka. Podjęto zakrojone na szeroką skalę działania mające na celu redukcję zanieczyszczeń powietrza z pojazdów samochodowych. Działania te zaczęły przynosić pożądane skutki i zaczęły być stosowane w innych stanach USA a także na innych kontynentach, między innymi w Europie. Kalifornia do dzisiaj stanowi wzór postaw legislacyjnych i obywatelskich związanych z wprowadzaniem zasad ochrony środowiska. To właśnie tam podatny grunt znalazła elektromobilność w postaci bogatych i świadomych ekologicznie ludzi. Ekologiczne samochody elektryczne sprzedają się najlepiej właśnie w Kalifornii. Należy podkreślić, że systemy diagnostyki pokładowej występują również w samochodach elektrycznych.

1.3. Rozwiązanie

1.3.1. Rozwój i badania software do zapisu danych z OBD

Podczas pracy w jednej z lubelskich firm zajmujących się produkcją systemów zasilania gazem LPG pojazdów autor uczestniczył w rozbudowie istniejącej funkcji zapisu do pliku w software gazowym. Chodziło o to, by stworzyć program niezależny od połączenia z software gazowym zdolny do zapisywania do pliku wszystkich sygnałów obecnych w złączu EOBD pojazdów.

Zadaniem autora była współpraca z programistą pracującym w firmie gazowej i testowanie przygotowywanych przez niego kolejnych wersji programu. Programem odniesienia dla tworzonego oprogramowania jest darmowy program ScanTool.net w wersji 1.13, z którego zakładki prezentujące poszczególne sygnały zostały przedstawione na rysunku 1.1.





Rys. 1.1. Okna wizualizacji parametrów w programie ScanTool

Program powstał w dwóch wersjach. Pierwsza wersja była rozbudowaniem software gazowego o wszystkie pozostałe (bo niektóre z nich były już wcześniej wykorzystywane) sygnały obecne w złączu OBD. Wersja ta umożliwia także zapis do pliku wszystkich sygnałów analogowych z systemu zasilania gazem.

Okno modułu wizualizacji danych OBD zostało przedstawione na rysunku 1.2 i udostępnia opcję wyboru parametrów OBD, które zostaną następnie zapisane do pliku. Badania przeprowadzono na pojeździe Peugeot Partner 1,4 (75 KM) wyprodukowanym w 2005 roku. Parametry OBD zostały podzielone na strony (Page 1, Page 2, itd.) odpowiadające stronom w programie ScanTool. Okno umożliwia zatem wyświetlenie podglądu i zapis do pliku następujących sygnałów OBD:

Page 1

- *Absolute Throttle Position* – Bezwzględne położenie przepustnicy
- *Engine RPM* – Prędkość obrotowa silnika
- *Vehicle Speed* – Prędkość pojazdu

- *Calculated Load Value* – Obciążenie
- *Timing Advance (Cyl. #1)* – Kąt wyprzedzenia zapłonu
- *Intake Manifold Pressure* – Ciśnienie w kolektorze dolotowym
- *Air Flow Rate (MAF Sensor)* – Strumień masy powietrza (przepływomierz)
- *Fuel System 1 Status* – Stan układu paliwowego 1
- *Fuel System 2 Status* – Stan układu paliwowego 2

Page 2

- *Short Term Fuel Trim (Bank 1)* – Krótkoterminowa korekta wtrysku paliwa (Blok 1)
- *Long Term Fuel Trim (Bank 1)* – Krótkoterminowa korekta wtrysku paliwa (Blok 1)
- *Short Term Fuel Trim (Bank 2)* – Krótkoterminowa korekta wtrysku paliwa (Blok 1)
- *Long Term Fuel Trim (Bank 2)* – Krótkoterminowa korekta wtrysku paliwa (Blok 1)
- *Intake Air Temperature* – Temperatura zasysanego powietrza
- *Coolant Temperature* – Temperatura cieczy chłodzącej
- *Fuel Pressure (gauge)* – Wskaźnik ciśnienia paliwa
- *Secondary air status* – Status powietrza dodatkowego
- *Power Take-Off Status* – Status odbioru mocy

Page 3

- *O2 Sensor 1, Bank 1* – czujnik tlenu 1, Blok 1
- *O2 Sensor 2, Bank 1* – czujnik tlenu 2, Blok 1
- *O2 Sensor 3, Bank 1* – czujnik tlenu 3, Blok 1
- *O2 Sensor 4, Bank 1* – czujnik tlenu 4, Blok 1
- *O2 Sensor 1, Bank 2* – czujnik tlenu 1, Blok 2
- *O2 Sensor 2, Bank 2* – czujnik tlenu 2, Blok 2
- *O2 Sensor 3, Bank 2* – czujnik tlenu 3, Blok 2
- *O2 Sensor 4, Bank 2* – czujnik tlenu 4, Blok 2
- *OBD conforms to* – dostosowanie OBD ?

Page 4

- *O2 Sensor 1, Bank 1 (WR)* – czujnik tlenu 1, Blok 1 (Szerokopasmowa)
- *O2 Sensor 2, Bank 1 (WR)* – czujnik tlenu 2, Blok 1 (Szerokopasmowa)

- *O2 Sensor 3, Bank 1 (WR)* – czujnik tlenu 3, Blok 1 (Szerokopasmowa)
- *O2 Sensor 4, Bank 1 (WR)* – czujnik tlenu 4, Blok 1 (Szerokopasmowa)
- *O2 Sensor 1, Bank 2 (WR)* – czujnik tlenu 1, Blok 2 (Szerokopasmowa)
- *O2 Sensor 2, Bank 2(WR)* – czujnik tlenu 2, Blok 2 (Szerokopasmowa)
- *O2 Sensor 3, Bank 2 (WR)* – czujnik tlenu 3, Blok 2 (Szerokopasmowa)
- *O2 Sensor 4, Bank 2 (WR)* – czujnik tlenu 4, Blok 2 (Szerokopasmowa)
- *Time Since Engine Start* – Czas od momentu uruchomienia silnika

Page 5

- *FRP rel. to manifold vacuum* – Ciśnienie w szynie paliwowej względem podciśnienia w kolektorze dolotowym
- *Fuel Pressure (gauge)* – Ciśnienia paliwa w szynie
- *Commanded EGR* – Sterowanie EGR
- *EGR Error* – Błąd EGR
- *Commanded Evaporative Purge* – Sterowanie zaworu doprowadzania par paliwa
- *Fuel Level Input* – Poziom paliwa
- *Warm-ups since ECU reset* – Czas rozgrzewania silnika od uruchomienia ECU
- *Distance since ECU reset* – Odległość przejechana od uruchomienia ECU
- *Evap System Vapor Pressure* – Ciśnienie układzie doprowadzania par paliwa

Page 6

- *O2 Sensor 1, Bank 1 (WR)* – czujnik tlenu 1, Blok 1 (Szerokopasmowa)
- *O2 Sensor 2, Bank 1 (WR)* – czujnik tlenu 2, Blok 1 (Szerokopasmowa)
- *O2 Sensor 3, Bank 1 (WR)* – czujnik tlenu 3, Blok 1 (Szerokopasmowa)
- *O2 Sensor 4, Bank 1 (WR)* – czujnik tlenu 4, Blok 1 (Szerokopasmowa)

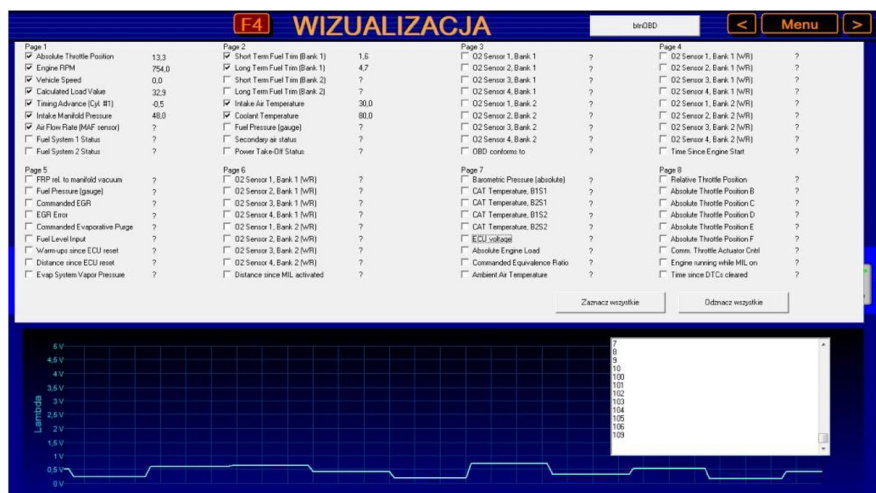
- *O2 Sensor 1, Bank 2 (WR)* – czujnik tlenu 1, Blok 2 (Szerokopasowa)
- *O2 Sensor 2, Bank 2(WR)* – czujnik tlenu 2, Blok 2 (Szerokopasowa)
- *O2 Sensor 3, Bank 2 (WR)* – czujnik tlenu 3, Blok 2 (Szerokopasowa)
- *O2 Sensor 4, Bank 2 (WR)* – czujnik tlenu 4, Blok 2 (Szerokopasowa)
- *Distance since MIL activated* – Odległość od zapalenia kontrolki MIL

Page 7

- *Barometric Pressure (absolute)* – Ciśnienie barometryczne (bezwzględne)
- *CAT Temperature, B1S1* – Temperatura reaktora katalitycznego B1S1
- *CAT Temperature, B2S1* – Temperatura reaktora katalitycznego B1S2
- *CAT Temperature, B1S2* – Temperatura reaktora katalitycznego B2S1
- *CAT Temperature, B2S2* – Temperatura reaktora katalitycznego B2S2
- *ECU voltage* – Napięcie ECU
- *Absolute Engine Load* – Bezwzględne obciążenie silnika
- *Commanded Equivalence Ratio* – Zadany współczynnik równości mieszanki
- *Ambient Air Temperature* – Temperatura otoczenia

Page 8

- *Relative Throttle Position* – Względne położenie przepustnicy
- *Absolute Throttle Position B* – Bezwzględne położenie przepustnicy B
- *Absolute Throttle Position C* – Bezwzględne położenie przepustnicy
- *Accelerator Pedal Position D* – Położenie pedału przyspiesznika D
- *Accelerator Pedal Position E* – Położenie pedału przyspiesznika E
- *Accelerator Pedal Position F* – Położenie pedału przyspiesznika F
- *Comm. Throttle Actuator Cntrl* – Wartość zadana siłownika przepustnicy
- *Engine running while MIL on* – Czas pracy silnika przy włączonej kontrolce MIL
- *Time since DTCs cleared* – Czas od kasacji kodów błęd DTC



Rys. 1.2. Okno programu DT Gas System, moduł wyboru parametrów odczytu

Badania wykazały, że odczyt i zapis wszystkich sygnałów analogowych i OBD stanowi zbyt duże obciążenie dla średniej klasy komputera przenośnego co powodowało zwolnienie transmisji odczytywanych (zwłaszcza z OBD) danych. Właśnie po tych testach postanowiono wprowadzić funkcję wyboru zapisywanych parametrów. Oprogramowanie jest nadal w fazie rozwoju oraz testów. Ramka umieszczona w prawym dolnym rogu okna (rysunek 1.1) służy programistom do debugowania kodu programu oraz weryfikacji poprawności odczytywanych parametrów.

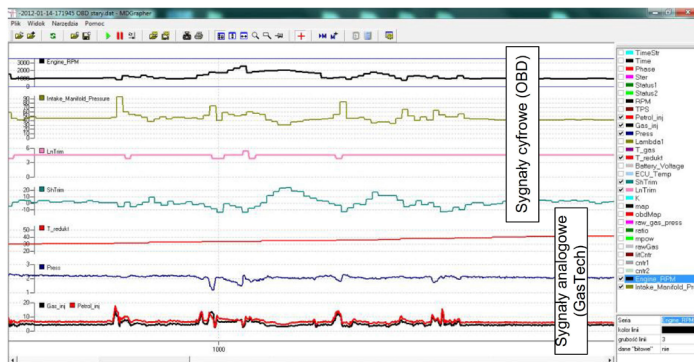
Moduł rejestracji danych umożliwia wybór czasu próbkowania oraz wprowadzenie opisu dla danego zapisu, np. informacji o badanym pojeździe (rysunek 1.3). Po wprowadzeniu stosownych danych, zapis uaktywniany jest przez naciśnięcie klawisza F7 lub przycisku *Zapisz*. W głównym oknie programu wyświetlany jest czas danego odczytu. Zatrzymanie rejestracji parametrów następuje po ponownym naciśnięciu klawisza F7 lub przycisku *Stop*. Uzyskane wyniki można przedstawić w sposób graficzny, w postaci wykresów, np. w programie MD Grapher, a następnie przeprowadzić szczegółową analizę danych, której wyniki posłużą podjęciu decyzji o montażu instalacji gazowej w pojeździe.

W dolnym czarnym oknie na rysunku 1.3 można też zauważyć status połączenia z systemem OBD (połączony) oraz nawet rodzaj obsługiwanego protokołu (KW2) i numer użytego portu USB (COM5).



Rys. 1.3. Okno programu DT Gas System, moduł wyboru częstotliwości zapisu

Przykład wizualizacji sygnałów zapisanych do pliku, za pomocą pierwszej wersji programu, został przedstawiony na rysunku 1.4. Można zaobserwować, że istnieje możliwość zapisu wszystkich dotychczasowych sygnałów analogowych z systemu gazowego oraz wybranych sygnałów cyfrowych ze złącza OBD.



Rys. 1.4. Wizualizacja zapisanych sygnałów w programie MD Grapher

Na rysunku 1.5 przedstawiono porównanie zapisu sygnału prędkości obrotowej silnika (RPM) z systemu gazowego oraz ze złącza OBD pojazdu. System GasTech zapewnia próbkowanie sygnału analogowego czytanego z układu zapłonowego silnika z bardzo dużą częstotliwością. Częstotliwość otrzymywania danych ze złącza OBD jest o wiele mniejsza i pomimo zastosowania tej samej częstotliwości zapisywania ich przebieg ma bardziej zdigitalizowany wygląd.

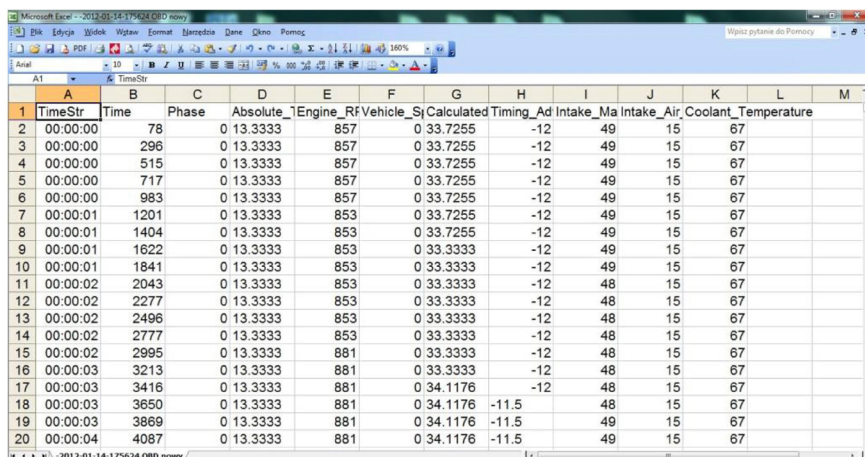
Diagnostyka pojazdów samochodowych

Część II – Studia przypadków

Page 1	Page 2	Page 3	Page 4
☒ Absolute Throttle Position 18.0	☒ Short Term Fuel Trim (Bank 1) 18.0	☒ O2 Sensor 1, Bank 1 ?	☒ O2 Sensor 1, Bank 1 (V/R) 1111.0
☒ Engine RPM 1117.8	☒ Long Term Fuel Trim (Bank 1) -14.8	☒ O2 Sensor 2, Bank 1 ?	☒ O2 Sensor 2, Bank 1 (V/R) ?
☒ Vehicle Speed 0.0	☒ Short Term Fuel Trim (Bank 2) ?	☒ O2 Sensor 3, Bank 1 ?	☒ O2 Sensor 3, Bank 1 (V/R) ?
☒ Calculated Load Value 30.6	☒ Long Term Fuel Trim (Bank 2) ?	☒ O2 Sensor 4, Bank 1 ?	☒ O2 Sensor 4, Bank 1 (V/R) ?
☒ Transmission Oil (AT) 13.0	☒ Intake Air Temperature 4.0	☒ O2 Sensor 1, Bank 2 ?	☒ O2 Sensor 1, Bank 2 (V/R) ?
☒ Intake Manifold Pressure 29.0	☒ Coolant Temperature 41.0	☒ O2 Sensor 2, Bank 2 ?	☒ O2 Sensor 2, Bank 2 (V/R) ?
☒ Air Flow Rate (MAF sensor) 3.8	☒ Fuel Pressure (gauge) ?	☒ O2 Sensor 3, Bank 2 ?	☒ O2 Sensor 3, Bank 2 (V/R) ?
☒ Fuel System 1 Status -1111.0	☒ Secondary air status ?	☒ O2 Sensor 4, Bank 2 ?	☒ O2 Sensor 4, Bank 2 (V/R) ?
☒ Fuel System 2 Status -1111.0	☒ Power Take-Off Status ?	☒ OBD conforms to -1111.0	☒ Time Since Engine Start 237.0
Page 5	Page 6	Page 7	Page 8
☒ FTP ref. to manifold vacuum ?	☒ O2 Sensor 1, Bank 1 (V/R) -1111.0	☒ Barometric Pressure (absolute) 99.0	☒ Relative Throttle Position 0.0
☒ Fuel Pressure (gauge) ?	☒ O2 Sensor 2, Bank 1 (V/R) ?	☒ CAT Temperature, B1S1 415.5	☒ Absolute Throttle Position B 90.6
☒ Commanded EGR ?	☒ O2 Sensor 3, Bank 1 (V/R) ?	☒ CAT Temperature, B2S1 ?	☒ Absolute Throttle Position C ?
☒ EGR Error ?	☒ O2 Sensor 4, Bank 1 (V/R) ?	☒ CAT Temperature, B1S2 105.8	☒ Absolute Throttle Position D 16.1
☒ Commanded Evaporative Purge 0.0	☒ O2 Sensor 1, Bank 2 (V/R) ?	☒ CAT Temperature, B2S2 ?	☒ Absolute Throttle Position E 31.8
☒ Fuel Level Input ?	☒ O2 Sensor 2, Bank 2 (V/R) ?	☒ ECU voltage 14.1	☒ Absolute Throttle Position F ?
☒ Warmup since ECU reset 5.0	☒ O2 Sensor 3, Bank 2 (V/R) ?	☒ Absolute Engine Load 19.2	☒ Comm. Throttle Actuator Ctrl 18.4
☒ Distance since ECU reset 24.0	☒ O2 Sensor 4, Bank 2 (V/R) ?	☒ Commanded Equivalence Ratio 1.0	☒ Engine running while MIL on 0.0
☒ Evap System Vapor Pressure ?	☒ Distance since MIL activated 0.0	☒ Ambient Air Temperature ?	☒ Time since DTCs cleared 115.0

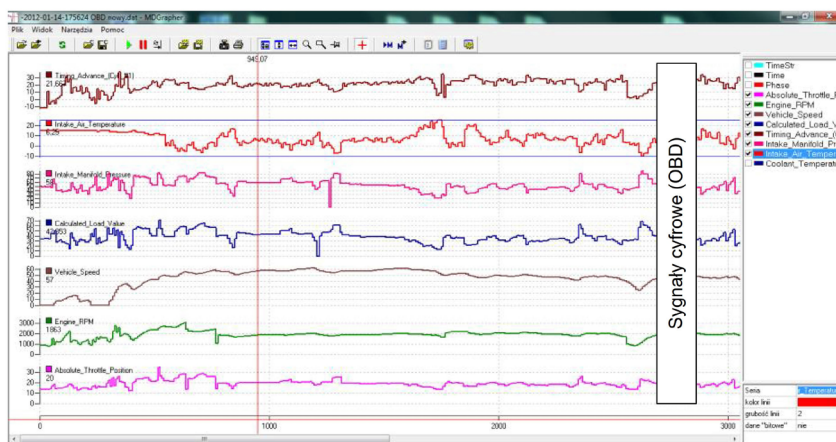
Rys. 1.7. Sygnały czytane z systemu OBD pojazdu Toyota 1.8 2010

Brak zapisu sygnałów analogowych z systemu gazowego zdecydowanie przyspieszył działanie programu. Przykładowy przebieg sygnałów zapisanych w tej wersji programu może zostać odczytany za pomocą ogólnie dostępnych do tego narzędzi np.: Microsoft Excell – rysunek 1.8. Wizualizacja tych samych danych w programie MD Grapher została przedstawiona na rysunku 1.9.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	TimeStr	Time	Phase	Absolute	Engine_Rf	Vehicle_S	Calculated	Timing_Ad	Intake_Ma	Intake_Air	Coolant_Temperature		
2	00:00:00	78	0	13.3333	857	0	33.7255	-12	49	15	67		
3	00:00:00	296	0	13.3333	857	0	33.7255	-12	49	15	67		
4	00:00:00	515	0	13.3333	857	0	33.7255	-12	49	15	67		
5	00:00:00	717	0	13.3333	857	0	33.7255	-12	49	15	67		
6	00:00:00	983	0	13.3333	857	0	33.7255	-12	49	15	67		
7	00:00:01	1201	0	13.3333	853	0	33.7255	-12	49	15	67		
8	00:00:01	1404	0	13.3333	853	0	33.7255	-12	49	15	67		
9	00:00:01	1622	0	13.3333	853	0	33.3333	-12	49	15	67		
10	00:00:01	1841	0	13.3333	853	0	33.3333	-12	49	15	67		
11	00:00:02	2043	0	13.3333	853	0	33.3333	-12	48	15	67		
12	00:00:02	2277	0	13.3333	853	0	33.3333	-12	48	15	67		
13	00:00:02	2496	0	13.3333	853	0	33.3333	-12	48	15	67		
14	00:00:02	2777	0	13.3333	853	0	33.3333	-12	48	15	67		
15	00:00:02	2995	0	13.3333	881	0	33.3333	-12	48	15	67		
16	00:00:03	3213	0	13.3333	881	0	33.3333	-12	48	15	67		
17	00:00:03	3416	0	13.3333	881	0	34.1176	-12	48	15	67		
18	00:00:03	3650	0	13.3333	881	0	34.1176	-11.5	48	15	67		
19	00:00:03	3869	0	13.3333	881	0	34.1176	-11.5	49	15	67		
20	00:00:04	4087	0	13.3333	881	0	34.1176	-11.5	49	15	67		

Rys. 1.8. Widok zapisanych danych w Excelu



Rys. 1.9. Wizualizacja zapisanych sygnałów w programie MD Grapher

Podsumowując, został przygotowany w pełni funkcjonalny program służący do zapisu parametrów obecnych w złączu OBD z optymalną częstotliwością zapisu. Badania przedmiotowego programu zostały wykonane na kilku pojazdach posiadających różne protokoły transmisji OBD i nie stwierdzono problemów z uzyskaniem połączenia. Także odczytywane parametry zostały porównane z ich wartościami dostępnymi w programie ScanTool. Stwierdzono pewne niedociągnięcia, które zostały przekazane programiście, jednak nie wpływają one na użyteczność oprogramowania.

1.3.2. Badania pojazdów z wykorzystaniem danych z systemu OBD

Pierwsza wersja opracowanego oprogramowania może zostać wykorzystana do śledzenia w czasie rzeczywistym oraz zapisu do pliku wszystkich parametrów systemu gazowego i systemu OBD. W prezentowanym przypadku wykorzystano pojazd marki Peugeot Partner 1,4 (75 KM) wyprodukowany w 2005 roku. Pojazd posiada zatem złącze diagnostyczne EOBD i może posłużyć do sprawdzenia poprawności działania funkcji zapisu do pliku. Po pozytywnym przejściu tego etapu badań postanowiono wykorzystać rozwiniętą funkcję do pewnych badań, typowych dla okresu zimowego. Pojazd posiadał ponadto zainstalowany system sekwencyjnego wtrysku gazu CNG produkcji lubelskiej firmy D.T. Gas System.

W ramach krótkiego wprowadzenia należy wspomnieć, że systemy sekwencyjnego wtrysku gazu (IV generacji) posiadają funkcję automatycznego przejścia z zasilania benzynowego na gazowe. Oznacza to, że zimny rozruch silnika odbywa się na paliwie oryginalnym i po osiągnięciu odpowiednich warunków pojazd zostaje automatycznie przełączony na zasilanie gazowe. Podstawowym warunkiem jest uzyskanie odpowiedniej temperatury reduktora gazu, który jest podgrzewany w wyniku podłączenia do układu cieczy chłodzącej silnika. Zazwyczaj jako minimalną temperaturę przejścia ustawia się 30 °C, przy której można już uzyskać odpowiednie podgrzanie gazu. Według przeciętnego użytkownika pojazdu zasilanego gazem przejście takie powinno odbywać się przy jak najniższej temperaturze tak, aby w ogóle nie zużywać drogiej benzyny. Jednak zbyt wczesne przejście na zasilanie gazowe może powodować zalewanie silnika zimnym gazem a nawet uszkodzenie samego reduktora i wtryskiwaczy w wyniku ich zamarznięcia. Zatem temperatura reduktora wynosząca 30 °C jest temperaturą minimalną ze względu na bezpieczną pracę systemu i wymóg ten powinien być bezwzględnie przestrzegany zwłaszcza w okresie zimowym.

Opracowane oprogramowanie zostało użyte do zapisania parametrów pracy silnika i systemu gazowego po zimnym rozruchu silnika, dla dwóch przypadków:

1. Pojazdu garażowanego
2. Pojazdu parkowanego na zewnątrz

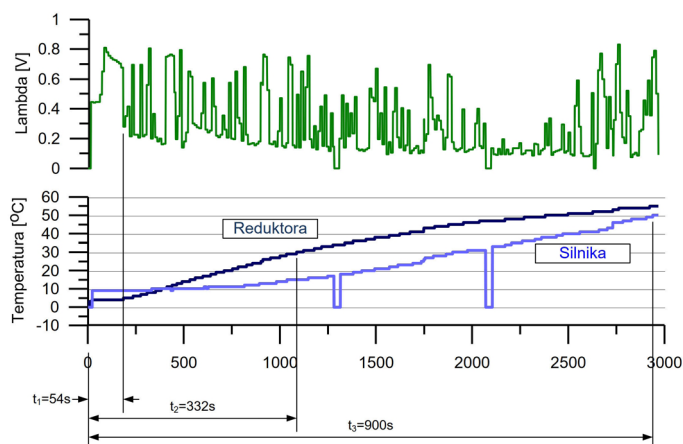
W obydwu przypadkach dokonano zimnego rozruchu silnika co z definicji oznacza, że okres postoju pojazdu był dłuższy niż 6 godzin. Dla porównania warunków w obydwu przypadkach rozgrzewanie silnika odbywało się cały czas na biegu jałowym z wyłączonymi wszystkimi odbiornikami elektrycznymi.

Po zakończeniu zapisu do pliku parametrów eksperymentu dokonano ich analizy. Skupiono się na określeniu 3 czasów:

- t_1 , czasu rozgrzewania katalizatora,
- t_2 , czasu rozgrzewania reduktora do 30 °C,
- t_3 , czasu rozgrzewania silnika do 50 °C.

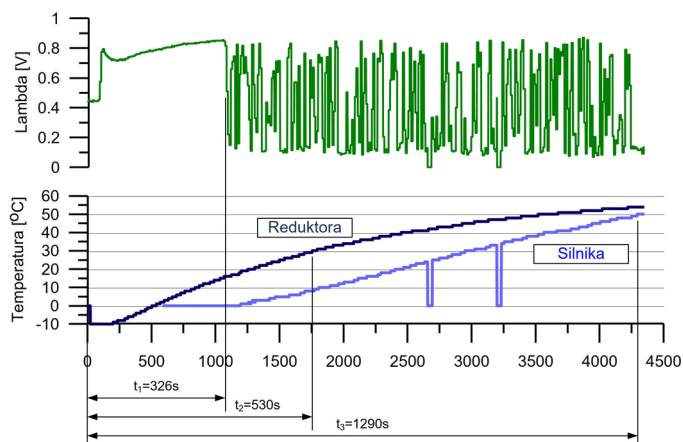
Przypadek rozgrzewania pojazdu garażowanego przedstawiono na rysunku 1.10. Czujnik temperatury silnika pokazał temperaturę 9 °C. Termistorowy czujnik temperatury reduktora pokazał tempe-

raturę 4 °C. Pomiar temperatury w garażu potwierdził wskazania czujnika silnika. W takich warunkach rozruchu potrzeba było 54 s na rozgrzanie katalizatora. Po początkowej pracy sondy lambda w pętli otwartej (mieszanka bogata) następuje zmiana trybu pracy na pętlę zamkniętą co objawia się pojawieniem oscylacji sygnału. Po 332 s temperatura reduktora osiąga wartość gotowości przejścia na zasilanie gazowe. Silnik osiąga temperaturę 50 °C po czasie 900 s.



Rys. 1.10. Parametry rozgrzewania silnika pojazdu garażowanego

Przypadek rozgrzewania pojazdu niegarażowanego przedstawiono na rysunku 1.11. Temperatura na parkingu wynosiła rano -6 °C. Na początku warto zwrócić uwagę na bardzo długi czas rozgrzewania katalizatora wynoszący 326 s. Oznacza to ponad 5-cio minutową pracę silnika z mieszanką bogatą w celu szybszego rozgrzewania katalizatora. Zazwyczaj w okresie tym następuje duża emisja niespalonych węglowodorów i zwiększone zużycie paliwa. Osiągnięcie temperatury przejścia na CNG następuje po 530 s. Warto zauważyć, że temperatura silnika wynosi wtedy mniej niż 10 °C. Oznacza to, że układ nagrzewnicy wraz z reduktorem gazu wpięty w mały obwód cieczy chłodzącej nagrzewa się dużo szybciej niż cały silnik. Silnik osiąga temperaturę 50 °C po czasie 1290 s.



Rys. 1.11. Parametry rozgrzewania silnika pojazdu niegarażowanego

Porównanie poszczególnych czasów rozgrzewania przedstawiono w tabeli 1.1. W pozycji 3 przedstawiono sumę czasów wtrysku benzyny potrzebną do osiągnięcia rozgrzania reduktora. Dokonano zsumowania wszystkich czasów wtrysku benzyny w czasie t_2 . Parametr taki może bardzo dobrze odzwierciedlać względne zużycie paliwa. Okazuje się, że przy różnicy temperatury zewnętrznej wynoszącej 15 °C potrzeba spalić aż 40 % więcej paliwa by uzyskać temperaturę przejścia na gaz.

Tabela 1.1. Porównanie parametrów rozgrzewania

L.p.	Parametr do osiągnięcia	Zimny rozruch [garaż, 9 °C]	Zimny rozruch [pole, -6 °C]
1	Czas rozgrzewania katalizatora t_1 [s]	54	326
2	Czas rozgrzewania reduktora do 30 °C t_2 [s]	332	530
3	Zużycie paliwa w czasie t_2 - suma czasów wtrysku benzyny [ms]	6 384	10 836
4	Czas rozgrzewania silnika do 50 °C t_3 [s]	900	1 290

Przeprowadzone badania dają ciekawe i ilościowe informacje związane ze wzrostem zużycia benzyny przez pojazdy zasilane paliwem gazowym podczas eksploatacji w okresie zimowym. Warto zaznaczyć, że w okresie letnim przejście na gaz następuje niemalże zaraz po rozruchu silnika. Aczkolwiek zawsze czas ten jest funkcją różnicy temperatur pomiędzy temperaturą otoczenia i minimalną temperaturą przejścia na zasilanie gazowe.

1.3.3. Kompatybilność systemu LPG z systemem OBD

Użytkownicy pojazdów z silnikami benzynowymi bardzo często korzystają z możliwości ich konwersji na zasilanie LPG. Oczekują wówczas takich samych osiągnięć silnika podczas zasilania paliwem, które jest dwa razy tańsze. Na forach dyskusyjnych w Internecie pojawiają się bardzo często pytanie: Czy LPG nie niszczy silnika? Pytanie jest zasadne. Źle zamontowana i źle skalibrowana instalacja sekwencyjnego wtrysku gazu LPG może być powodem wielu problemów zarówno z samą instalacją jak i całym silnikiem. Nieprawidłowa praca instalacji gazowej może zostać wykryta przez system OBD, który czuwa nad prawidłowością pracy silnika spalinowego.

Zapoznajmy się teraz z obiektem badań w postaci Renault Megane MK4 z 2017 roku. Renault Megane jest samochodem osobowym klasy kompakt (segmentu C) produkowany przez francuski koncern Renault od roku 1995. Czwarta generacja modelu Megane została zaprezentowana na targach motoryzacyjnych we Frankfurcie w 2015 roku. Oferowana jest w trzech wersjach nadwoziowych: 5-drzwiowy hatchback, 4-drzwiowy sedan oraz 5-drzwiowe kombi. Pojazd posiada silnik o pojemności 1,6 litra z pośrednim wtryskiem paliwa osiągający moc 115 KM. Pojazd, który został poddany konwersji na zasilanie LPG przedstawiono na rysunku 1.12.



Rys. 1.12. Renault Megane MK4

W najnowszym Renault Megane jedynym w ofercie silnikiem bez turbodoładowania i bezpośredniego wtrysku benzyny jest 115-konny szesnastozaworowy silnik o pojemności skokowej 1,6 litra. To już jeden z ostatnich silników wolnossących na rynku, z którym można kupić nowy samochód. Przedmiotowy silnik przedstawiono na rysunku 1.13.

Nazwa marketingowa silnika to SCe 115 (w opozycji do oznaczenia TCe dotyczącego jednostek turbodoładowanych), natomiast oznaczenie kodowe stosowane przez Renault i Dacia to H4M. Dacia pojawia się tutaj nieprzypadkowo, ponieważ silnik montowany jest również w Dacii Duster, Dokker oraz Lodgy. Znajdował swoje zastosowanie również w autach Nissana, gdzie oznaczenie kodowe brzmiało HR16DE.



Rys. 1.13. Silnik HR16DE [22]

Podobno to właśnie firma Nissan jest jego głównym twórcą, ale stworzyła go na podstawie popularnego silnika Renault o oznaczeniu K4M. Trudno zweryfikować prawdziwość tej informacji, a różnice między obydwoma silnikami są znaczące. Ten nowszy - H4M, ma rozrząd oparty na łańcuchu, po dwa wtryskiwacze na każdym cylindrze i podobno nie ma hydraulicznej regulacji luzów zaworowych, przez co może wymagać ich okresowej manualnej regulacji.

Według danych fabrycznych Renault nowy Megane z tym silnikiem spala trochę więcej paliwa niż silniki turbodoładowane o mniejszej pojemności (SCe 115 KM - 6,3 l/100 km, TCe 100 KM - 5,4 l/100 km, TCe 130 KM - 5,3 l/100 km). Jest za to od nich lżejszy (o 15 kg), tańszy (o 3 i o 6 tys. PLN) oraz oferuje lepsze osiągi niż stukonny TCe. SCe przyspiesza Megane IV od 0 do 100 km/h w 11,5 s, natomiast TCe 100 w 12,3 s.

Teoretycznie po tej jednostce napędowej można spodziewać się większej trwałości, ale to będzie można ocenić dopiero z perspektywy czasu. Z pewnością łatwiej będzie dobrać instalację gazową, choć nie należy spodziewać się tak dobrej współpracy z zasilaniem LPG jak w przypadku starszych silników Renault o pojemności skokowej 1.6 litra. Prawdopodobnie gniazda zaworowe nowszego silnika cechują się mniejszą trwałością i tak jak w przypadku innych japońskich konstrukcji konieczne może okazać się zastosowanie płynu lubrykującego. Internet jest wypełniony różnymi opiniami na temat, czy taki płyn gwarantuje dobrą skuteczność. Zdaniem autora lepiej go zastosować, gdyż daje to szansę na uniknięcie kosztów związanych z koniecznością częstej regulacji luzów zaworowych oraz trwałego uszkodzenia głowicy silnika.

Zdaniem autora, który jest użytkownikiem tego pojazdu od 3 lat, zakup wersji z takim silnikiem ma wiele zalet. Po pierwsze, rzeczywiste spalanie benzyny jest mniejsze lub porównywalne z silnikiem turbodoładowanym o podobnej mocy. Podawane dane fabryczne dotyczące zużycia paliwa nie odpowiadają rzeczywistości. Dotychczasowe doświadczenia autora z samochodami turbodoładowanymi pozwalają przypuszczać, że zużywają one mniej paliwa (niż te z silnikami wolnossącymi o podobnej mocy) tylko podczas pracy bez większego obciążenia. W przypadku potrzeby bardziej dynamicznej jazdy po mieście lub szybszej jazdy w trasie ich spalanie wzrasta znacznie bardziej, przez co w rzeczywistości spalają więcej. Po drugie, niższa cena. Po trzecie, mimo niższej ceny można mieć samochód o lepszych osiąгах. Po czwarte, trochę niższa masa, wpływająca w ja-

kimś małym stopniu na wymienione wcześniej lepsze osiągi i rzeczywiste niższe spalanie oraz odrobinę lepsze właściwości jezdne. Po piąte, istnieje nadzieja na dłuższy czas bezawaryjnej pracy silnika o większej pojemności skokowej.

A ewidentne wady? Przychodzi autorowi do głowy jedna - brak świetnej elastyczności, jakiej zazwyczaj dostarcza turbodoładowanie. Wydaje się więc, że wybór silnika SCe 115 to krok w stronę bardziej niezawodnej motoryzacji.

Dane techniczne i osiągi silnika SCe 115 w Renault Megane IV (hatchback, koła 16 cali) przedstawiono poniżej. Norma emisji spalin: Euro 6. Pięciobiegowa skrzynia biegów. Pojemność skokowa 1598 cm³. Średnica cylindra 78 mm. Skok tłoka 83,6 mm. Liczba cylindrów 4. Liczba zaworów 16. Maksymalna moc 84 kW CEE (114 KM) przy 5500 obr./min. Maksymalny moment obrotowy 156 Nm CEE przy 4000 obr./min. Prędkość maksymalna 187 km/h. Przyspieszenie od 0 do 100 km/h 11,5 s. Zużycie paliwa w cyklu mieszanym 6,3, miejskim 8,6, pozamiejskim 5 l/100 km. Emisja CO₂ 142 g/km. Masa własna 1190 kg.

Jednym z podstawowych wymogów konwersji pojazdu na zasilanie LPG jest jego kompatybilna współpraca z systemem diagnostyki pokładowej (OBD) pojazdu [8]. Jest to tylko możliwe jeśli system zasilnia LPG jest w stanie zawsze odtwarzać strategię sterowania realizowaną przez system benzynowy. Jest on wtedy nazywany tzw. systemem zależnym. ECU pojazdu realizuje wszelkie strategie działania i sterowania silnikiem zapisane w firmware ECU w postaci algorytmów. Są one wynikiem prac centrów badawczo-rozwojowych poszczególnych koncernów w zakresie strategii sterowania w celu uzyskiwania wysokich osiągnięć i niskiej emisji spalin. Ewentualnie producent pojazdu może zakupić jednostkę sterującą wraz z oprogramowaniem od firm rozwijających tego typu systemy dla wielu producentów. Należy do nich firma AVL, Bosch oraz kilku innych europejskich producentów. Aby rozwijać zaawansowane systemy zasilania pojazdów benzynowych zgodnie z oczekiwaniami klientów i wymogami emisji spalin muszą posiadać bardzo dobrze wyposażone laboratoria badawcze obejmujące silniki, hamulce silnikowe oraz analizatory spalin. Oprócz naukowców zdolnych tworzyć nowe strategie sterowania silnikiem oraz algorytmy je realizujące (stanowiące firmware) potrzebni są ponadto elektronicy zdolni zaprojektować odpowiedni hardware. Do komunikacji z firmware ECU potrzebny jest

także software. Można podsumować, że do rozwoju innowacyjnych systemów zasilania pojazdów paliwami alternatywnymi potrzebne jest bardzo dobrze wyposażone laboratorium oraz zespół najwyższej klasy naukowców i inżynierów z wielu dyscyplin naukowych.

Określenie kompatybilności systemu zasilania LPG z systemem OBD pojazdu można dokonać za pomocą ogólnie dostępnego hardware oraz bezpłatnego lub kosztującego niewielkie pieniądze software na urządzenie mobilne [18]. Istnieje duża oferta urządzeń działających na układzie scalonym nazywanym ELM 327 komunikujących się przewodowo z komputerami stacjonarnymi (rysunek 1.14) lub przenośnymi lub bezprzewodowo z urządzeniami mobilnymi typu tablet lub smartphone (rysunek 1.15). Przykłady takich urządzeń przedstawiono na rysunkach poniżej.



Rys. 1.14. Interface OBD z wtyczką USB [23]



Rys. 1.15. Interface OBD komunikujący się za pomocą Bluetooth [24]

Często wykorzystywanym i bardzo pomocnym zarówno w diagnostyce warsztatowej jak i w badaniach naukowych jest Torque, będący darmowym (w wersji Light) lub płatnym (w wersji Pro) programem diagnostycznym niezbędnym do przeprowadzenia diagnostyki pojazdów [20].

Program Torque Pro umożliwia:

- odczytywanie kodów błędów (DTC) standardowych oraz specyficznych,
- kasowanie kodów oraz kontrolki „check engine” (MIL).

Ponadto możliwe jest wyświetlanie w czasie rzeczywistym oraz zapis do pliku informacji z czujników takich jak:

- prędkość obrotowa silnika (RPM),
- obliczone obciążenie silnika (Calculated Load Value),

- temperatura cieczy chłodzącej (Coolant Temperature),
- status układu paliwowego (Fuel System Status),
- prędkość pojazdu (Vehicle Speed),
- krótkoterminowa korekta czasu wtrysku (Short Term Fuel Trim),
- długoterminowa korekta czasu wtrysku (Long Term Fuel Trim),
- podciśnienie w kolektorze dolotowym (Intake Manifold Pressure),
- kąt wyprzedzenia zapłonu (Timing Advance),
- temperatura zasysanego powietrza (Intake Air Temperature),
- masowy przepływ powietrza - wskazanie przepływomierza (Air Flow Rate),
- położenie przepustnicy TPS (Absolute Throttle Position),
- wskazania czujnika tlenu (Oxygen sensor voltages),
- ciśnienie paliwa (Fuel Pressure),
- i inne.

Badania kompatybilności systemu LPG z systemem OBD pojazdu wykazały brak kodów błędów w pamięci ECU oraz poprawne działanie wszystkich procedur i monitorów diagnostycznych w zakresie monitorowania układów i systemów emisji spalin w pojeździe (rysunek 1.16). W podobny sposób kompatybilność sprawdzają akredytowane jednostki badawcze [17]. Dodatkowym testem jest symulacja uszkodzenia ważnego ze względu na emisję komponentu i sprawdzenie czasu reakcji systemu OBD w postaci wyświetlenia kontrolki „Check engine” na tablicy wskaźników pojazdu [10].



Rys. 1.16. Okno Emissions Readiness

Bardzo ważną funkcją innowacyjnego software jest możliwość przedstawiania przebiegu wybranych parametrów pracy silnika lub pojazdu za pomocą różnych funkcji. Najprostszą z nich jest wyświetlanie parametrów za pomocą wskaźników analogowych lub cyfrowych. Bardziej zaawansowane kontrolki do budowy software mogą dostarczyć informacji o minimalnej i maksymalnej wartości danego parametru (rysunek 1.17). Jest to pomocne zwłaszcza przy obserwacji i pomiarze sygnałów szybkozmiennych, których ludzkie oko nie jest w stanie wychwycić.



Rys. 1.17. Okno do obserwacji parametrów w czasie rzeczywistym

1.3.4. Odczytanie i interpretacja kodów błędów z OBD

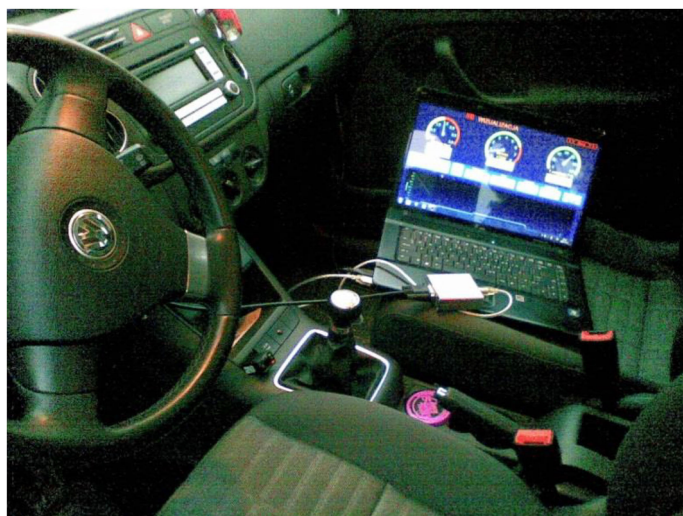
Oprócz śledzenia aktualnych parametrów pracy silnika spalinyowego oraz innych systemów OBD zapewnia zapamiętywanie i wyświetlanie kodów błędów usterek. Celem przedstawionych dalej badań było wstępne stwierdzenie poprawności pracy przy zasilaniu paliwem LPG badanego pojazdu.

Do badań został wykorzystany pojazd marki VW Golf 1,4 TSI wyposażony w instalację sekwencyjnego wtrysku gazu LPG do kolektora dolotowego. Podstawowe dane techniczne badanego pojazdu zostały zebrane w tabeli 1.2.

Tabela 1.2. Parametry badanego pojazdu

Pojazd	VW Golf Plus 1,4 TSI
Numer rejestracyjny	LU 3252F
Numer VIN	WVWZZZ1KZ7W617165
Rok produkcji	2007
Pojemność skokowa [cm ³]	1390
Moc [kW]	103

Badania zostały przeprowadzone w warunkach drogowych bez wykorzystania specjalistycznej, zaawansowanej aparatury badawczej. Zakres taki został uzgodniony pomiędzy zleceniodawcą i autorem. Do badań wykorzystano standardowe oprogramowanie konfiguracyjne w wersji 2.22.52 stosowane do kalibracji systemów zasilania gazem produkcji D.T. Gas System zainstalowane na przenośnym komputerze HP Compaq 615 z systemem operacyjnym Windows 7. Do badań wykorzystano także interfejs diagnostyczny OBD o nazwie handlowej ELM 327 służący do odczytu pewnych parametrów z gniazda diagnostycznego OBD pojazdu. Użyta aparatura badawcza zamontowana w badanym pojeździe została przedstawiona na rysunku 1.18.



Rys. 1.18. Aparatura badawcza zainstalowana w badanym pojeździe

Po uzyskaniu połączenia programu komputerowego ze sterownikiem systemu gazowego dokonano konfiguracji ustawień sterownika zgodnie z zainstalowanymi komponentami gazowymi a następnie dokonano kalibracji systemu gazowego. Wyniki kalibracji przedstawiono na zrzucie ekranowym z okna Kalibracja programu (patrz rysunek 1.19).



Rys. 1.19. Okno Kalibracja programu komputerowego

Po automatycznej kalibracji konieczne było dokonanie ręcznych korekt na mapie systemu gazowego w celu uzyskania poprawnej pracy systemu we wszystkich warunkach obciążenia silnika. Do ciągłego podglądu parametrów pracy systemu gazowego wykorzystywano okno Wizualizacja programu komputerowego – przedstawiona została na rysunku 1.20. W oknie tym możliwe jest śledzenie parametrów umożliwiających ocenę poprawności pracy zarówno systemu wtrysku benzynowego jak i gazowego.

Do parametrów tych zaliczamy:

- Czas wtrysku benzyny.
- Czas wtrysku gazu.
- Prędkość obrotowa silnika.
- Ciśnienie gazu.
- Temperatura reduktora.
- Temperatura ECU gazowego.
- Napięcie zasilania.
- Sygnał z czujnika tlenu (czytany z OBD).
- Korekta krótkoterminowa czasu wtrysku (czytany z OBD).
- Korekta długoterminowa czasu wtrysku (czytany z OBD).



Rys. 1.20. Okno Wizualizacja programu komputerowego

Następnie wykonano jazdę w warunkach drogowych. Podczas jazdy dokonywano ciągłej archiwizacji wspomnianych wyżej parametrów pracy systemu na dysku twardym przenośnego komputera. Została wykorzystana do tego funkcja „Zapis do pliku” oferowana przez oprogramowanie komputerowe.

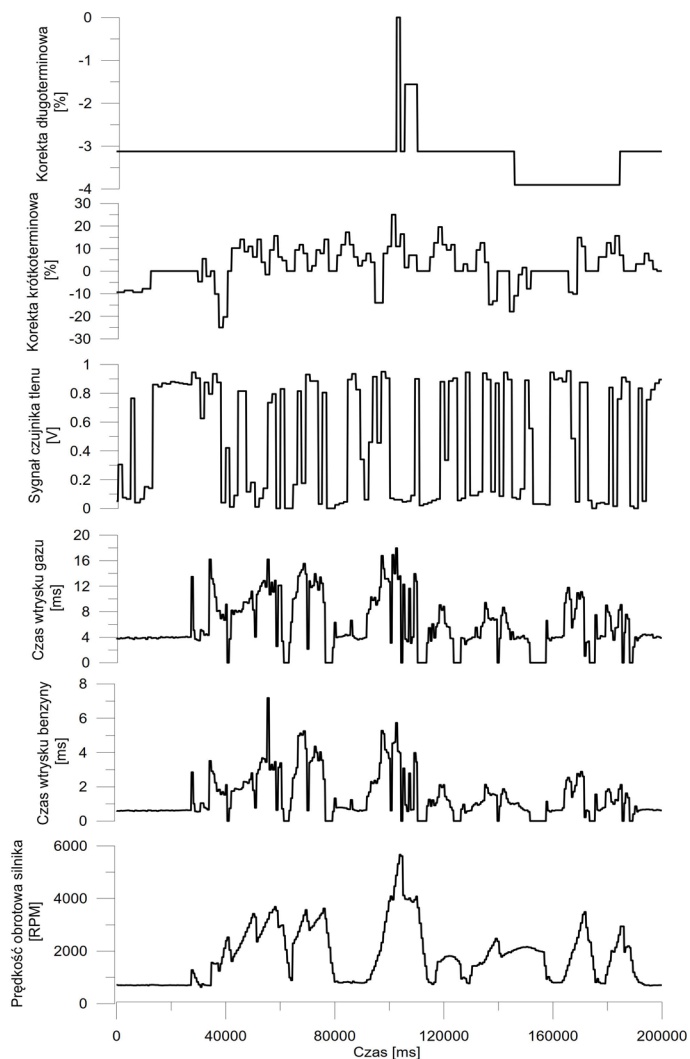
Na podstawie przeprowadzonych badań autor dokonuje oceny pracy systemu gazowego, co zostało zebrane w tabeli 1.3.

Tabela 1.3. Parametry oceny działania systemu

L.p.	Parametr podlegający ocenie	Ocena poprawności działania
1	Poprawność pracy systemu benzynowego	Ogólny stan pojazdu bardzo dobry. Stwierdzono poprawność pracy we wszystkich warunkach pracy silnika. Wysoka kultura pracy silnika. Zdolność do przyspieszeń wynikająca z mocy silnika. Brak zapamiętanych błędów w pamięci sterownika sterującego wtryskiem benzyny.
2	Zdolność systemu gazowego do konfiguracji	Stwierdzono możliwość poprawnego skonfigurowania badanego oprogramowania zgodnie z zainstalowanymi komponentami.

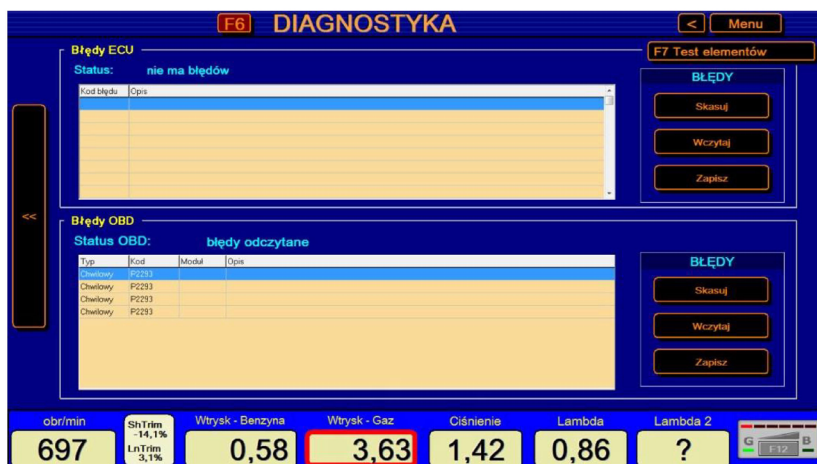
3	Zdolność systemu gazowego do kalibracji	Stwierdzono możliwość kalibracji systemu gazowego w badanym pojeździe. Kalibracja automatyczna nie zapewniła poprawności pracy systemu we wszystkich warunkach pracy silnika. Konieczne były ręczne korekty na mapie wtrysku gazu (patrz rysunek 2). Po tym etapie uzyskano zadawalające osiągi pojazdu.
4	Kultura pracy na biegu jałowym	Stwierdzono dużą kulturę pracy silnika na biegu jałowym przy zasilaniu gazowym porównywalną z systemem benzynowym. Zakres sterowania mieszanką powietrzno-gazową w granicach regulacji korekt krótko i długoterminowej systemu OBD oraz poprawny sygnał z czujnika tlenu (patrz rysunek 3)
5	Zdolność do przyspieszeń	Stwierdzono zdolność do przyspieszeń w ruchu miejskim. Przyspieszanie odbywało się płynnie bez wyczuwalnych szarpnięć.
6	Zdolność osiągania prędkości (mocy) maksymalnej	W warunkach ruchu miejskiego nie było możliwe szybkie sprawdzenie tego parametru.
7	Płynność przejścia z zasilania benzynowego na gazowe i odwrotnie	Stwierdzono płynne przejście z jednego paliwa na drugie co świadczy o poprawności działania algorytmu zamiany paliw.

Do raportu z badań dołączono plik z archiwizacji parametrów pracy podczas jazdy potwierdzający powyższą ocenę (patrz rysunek 1.19). Z wykresu wynika, że miało miejsce poprawne sterowanie mieszanką powietrzno-gazową w granicach regulacji korekt krótko i długoterminowej systemu OBD oraz widoczny jest poprawny sygnał z czujnika tlenu we wszystkich warunkach pracy silnika. Z wykresu wynika również, że system gazowy poprawnie odwzorowywał strategię sterowania systemu benzynowego (wzbogacanie, zubożanie, cut-off).



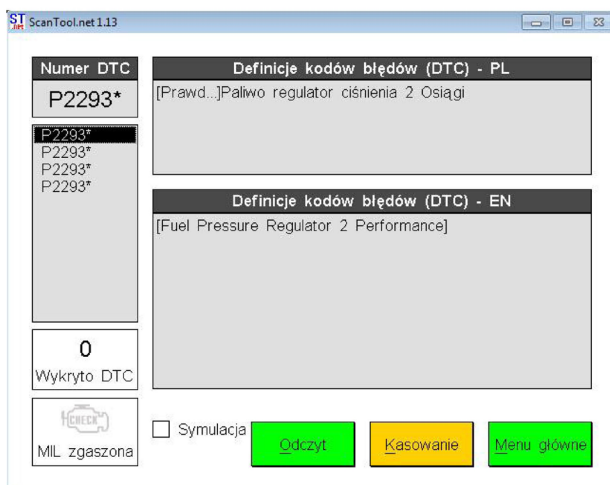
Rys. 1.21. Fragment z jazdy w cyklu miejskim badanego systemu

Podczas badań oprogramowanie badawcze współpracujące z systemem diagnostyki pokładowej odnotowało wystąpienie błędu o numerze P2293– patrz rysunek 1.22.



Rys. 1.22. Błąd OBD widoczny w oknie Diagnostyka

Użycie innego oprogramowania do odczytu błędów zapamiętanych w systemie sterowania wtryskiem benzyny (ScanTool vers. 1.13) umożliwiło jego identyfikację. Okazało się, że jest to błąd odnoszący się do osiągnięć regulatora ciśnienia paliwa (rysunek 1.23). Detekcja błędu miała miejsce podczas zasilania gazowego co wskazuje na niepełną kompatybilność badanego systemu z systemem benzynowym i wymaga to dalszego jego dopracowania.



Rys. 1.23. Błąd OBD widoczny w oprogramowaniu ScanTool

1.4. Rezultaty

1.4.1. Badania drogowe pojazdu niskoemisyjnego zasilanego LPG

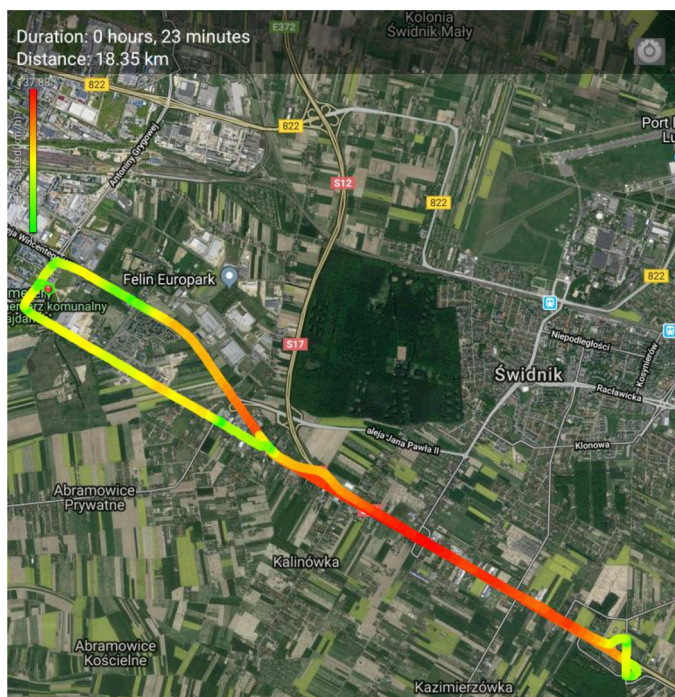
W tej części książki zostaną przedstawione badania drogowe pojazdu niskoemisyjnego zasilanego LPG. Zostanie do nich wykorzystane opisane wcześniej oprogramowanie Torque Pro. Badany pojazd Renault Megane IV zasilany LPG został już opisany w podrozdziale 1.3.3.

W XXI wieku pojazdy coraz częściej są urządzeniami Internetu Rzeczy IoT (ang. Internet of Things) [2]. Oznacza to możliwość komunikowania się pojazdu z różnymi grupami odbiorców. Mogą to być użytkownicy, właściciele floty pojazdów, Autoryzowane Stacje Obsługi i inni [28]. Źródłem informacji przekazywanych zainteresowanym stronom jest naturalnie system OBD. Dane przekazywane z systemu OBD za pomocą modułu ELM 327 mogą być połączone z danymi lokalizującymi bardzo dokładne położenie pojazdu. W związku z tym istnieją bardzo szerokie możliwości wykorzystania dużego pakietu danych do różnych celów.

Niemal każde urządzenie mobile posiada wbudowany system pozycjonowania satelitarnego GPS. Parametry z systemu OBD, GPS oraz innych aplikacji dostępnych na urządzeniu mogą być ze sobą łączone i efektywnie wykorzystywane.

Podczas badań samochód pokonał trasę ponad 18 km. Początek trasy był w Lubelskim Parku Naukowo-Technologicznym przy ul. Bohdana Dobrzańskiego 3 w Lublinie. Po wyjechaniu z parku samochód przejechał kilka kilometrów w cyklu typowo miejskim. Następnie wyjechał na drogę ekspresową S17 w kierunku Lublin-Zamość. Jak widać na rysunku 13 na tej części trasy prędkości były znacznie wyższe, ale i znacznie stabilniejsze. Na węźle drogowym Świdnik samochód zawrócił z powrotem w kierunku Lublina. Całość badań została zakończona w tym samym miejscu, w którym zostały rozpoczęte.

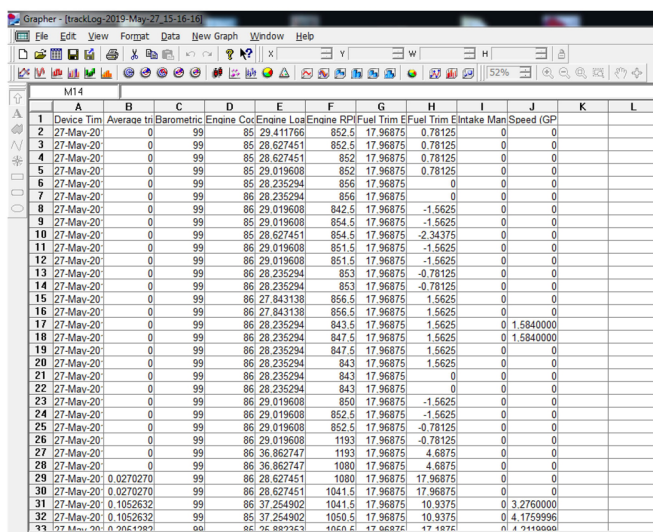
Ciekawym rozwiązaniem jest nałożenie trasy przejazdu na mapy Google oraz zastosowanie skali kolorów do oznaczania prędkości jazdy, co zostało przedstawione na rysunku 1.22. Kolory zielone i żółte oznaczają niskie i średnie prędkości jazdy, natomiast pomarańczowe i czerwone wysokie. Na przedstawionej mapie wyraźnie widać



Zebrane dane z badań drogowych w łatwy sposób można przenieść do arkusza kalkulacyjnego i przedstawić w formie tekstowej w postaci tabeli. Dzięki temu możliwe jest przeanalizowanie jedynie wybranego fragmentu jazdy oraz analizowanie tylko tych danych, które nas interesują. Przykład takiego zapisu danych został przedstawiony na rysunku 1.23.

Diagnostyka pojazdów samochodowych

Część II – Studia przypadków



The screenshot shows a software window titled 'Grapher - trackLog-2019-May-27-15-16-10'. It contains a menu bar (File, Edit, View, Format, Data, New Graph, Window, Help) and a toolbar with various icons. Below the toolbar is a table with 13 columns labeled A through L. The table contains 33 rows of data, each representing a time point on May 27, 2019. The data includes engine speed (RPM), engine load (Loz), engine temperature (Coc), engine pressure (RPI), fuel trim (FTrim), fuel trim (FTrim), intake manifold pressure (Iman), and speed (GP). The table is filtered to show only data for the date 27-May-2019.

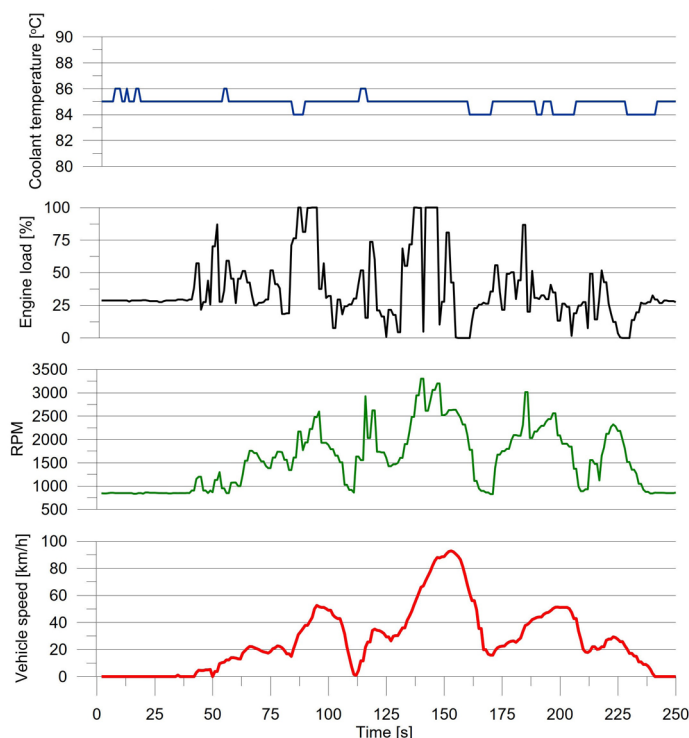
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Device Tim	Average In	Barometric	Engine Coc	Engine Loz	Engine RPI	Fuel Trim	Fuel Trim	Iman	Speed (GP)		
2	27-May-20	0	99	85	29.411766	852.5	17.96875	0.78125	0	0		
3	27-May-20	0	99	85	28.627451	852.5	17.96875	0.78125	0	0		
4	27-May-20	0	99	85	28.627451	852	17.96875	0.78125	0	0		
5	27-May-20	0	99	85	29.019608	852	17.96875	0.78125	0	0		
6	27-May-20	0	99	85	28.235294	856	17.96875	0	0	0		
7	27-May-20	0	99	86	28.235294	856	17.96875	0	0	0		
8	27-May-20	0	99	86	29.019608	842.5	17.96875	-1.5625	0	0		
9	27-May-20	0	99	85	29.019608	854.5	17.96875	-1.5625	0	0		
10	27-May-20	0	99	85	28.627451	854.5	17.96875	-2.34375	0	0		
11	27-May-20	0	99	86	29.019608	851.5	17.96875	-1.5625	0	0		
12	27-May-20	0	99	86	29.019608	851.5	17.96875	-1.5625	0	0		
13	27-May-20	0	99	86	28.235294	853	17.96875	-0.78125	0	0		
14	27-May-20	0	99	86	28.235294	853	17.96875	-0.78125	0	0		
15	27-May-20	0	99	86	27.843138	856.5	17.96875	1.5625	0	0		
16	27-May-20	0	99	86	27.843138	856.5	17.96875	1.5625	0	0		
17	27-May-20	0	99	86	28.235294	843.5	17.96875	1.5625	0	1.5840000		
18	27-May-20	0	99	86	28.235294	847.5	17.96875	1.5625	0	1.5840000		
19	27-May-20	0	99	86	28.235294	847.5	17.96875	1.5625	0	0		
20	27-May-20	0	99	86	28.235294	843	17.96875	1.5625	0	0		
21	27-May-20	0	99	86	28.235294	843	17.96875	0	0	0		
22	27-May-20	0	99	86	28.235294	843	17.96875	0	0	0		
23	27-May-20	0	99	86	29.019608	850	17.96875	-1.5625	0	0		
24	27-May-20	0	99	86	29.019608	852.5	17.96875	-1.5625	0	0		
25	27-May-20	0	99	86	29.019608	852.5	17.96875	-0.78125	0	0		
26	27-May-20	0	99	86	29.019608	1193	17.96875	-0.78125	0	0		
27	27-May-20	0	99	86	36.862747	1193	17.96875	4.6875	0	0		
28	27-May-20	0	99	86	36.862747	1080	17.96875	4.6875	0	0		
29	27-May-20 0.0270270	99	86	28.627451	1080	17.96875	17.96875	0	0	0		
30	27-May-20 0.0270270	99	86	28.627451	1041.5	17.96875	17.96875	0	0	0		
31	27-May-20 0.1052632	99	86	37.254902	1041.5	17.96875	10.9375	0	3.2760000	0		
32	27-May-20 0.1052632	99	86	37.254902	1050.5	17.96875	10.9375	0	4.1759996	0		
33	27-May-20 0.2064516	99	86	36.862747	1050.5	17.96875	17.1075	0	4.9110000	0		

Rys. 1.25. Dane z jazdy zapisane do pliku tekstowego

Na podstawie danych z pliku tekstowego sporządzono wykresy, których przykłady przedstawiono na rysunku 1.24. Każdy wykres przedstawia przebieg w czasie innego parametru. W tym przypadku pod uwagę zostały wzięte 4 główne informacje z czujników:

- Temperatura silnika w °C
- Obciążenie silnika w %
- Obroty silnika w obr./min
- Prędkość w km/h

Badania drogowe wraz z analizą danych on-line i off-line wykazały poprawny przebieg wszystkich sygnałów diagnostycznych. Można na tej podstawie wnioskować, że pojazd jest całkowicie sprawny i w bardzo dobrym stanie technicznym.



Rys. 1.26. Dane z jazdy wyświetlone na wykresie

Badania drogowe wykazały, że istnieją bardzo użyteczne urządzenia diagnostyczne, które są w stanie pozyskiwać i przetwarzać dane ze złącza OBD pojazdu. Każdy posiadacz smartfona lub tabletu może ściągnąć darmową lub niewiele kosztującą aplikację za pomocą której może mieć kontakt ze swoim pojazdem. Taki hardware i software umożliwia odczytanie i skasowanie kodów błędów. Jeszcze niedawno taką usługę można było wykonać jedynie w autoryzowanym serwisie [18].

Dokładniejsze badania pojazdu niskoemisyjnego można przeprowadzić na hamowni podwoziowej z wykorzystaniem wieloskładnikowych analizatorów spalin [7] [11]. Wówczas jest realizowany test jezdny NEDC lub WLTP podczas realizacji którego dokonuje się pomiaru emisji składników regulowanych w normach Euro. Badania takie mogą mieć charakter poznawczy i naukowy, kiedy są realizowane w dobrze wyposażonych jednostkach naukowych [11] lub homologacyjny, kiedy są oficjalnie wykonywane w akredytowanych laboratoriach badawczych [9]. Taką rolę w Polsce pełni Instytut Transportu Samochodowego w War-

szawie [9]. Oprócz badań z wysokiej klasy sprzętem pomiarowym naukowcy rozwijają nisko kosztowe metody pomiaru zużycia paliwa [15] i emisji spalin [7].

Od 1 września 2018 roku oficjalnym testem badawczym jest WLTP. Pomimo większego rygoru badawczego, cykl WLTP pozostaje testem czysto laboratoryjnym [3]. W celu zapewnienia jeszcze bardziej reprezentatywnych wyników, wprowadzana jest druga procedura testowa, która nosi nazwę RDE (ang. Real Driving Emissions Test), czyli Test Emisji Spalin w Rzeczywistym Ruchu Drogowym. Nakłada ona obowiązek przetestowania samochodów na drodze, w warunkach dokładniej odzwierciedlających autentyczne scenariusze na trasie w celu pomiaru rzeczywistego zużycia paliwa i rzeczywistej emisji spalin [4].

Test RDE obejmuje pokonywanie wzniesień i zjeżdżanie z nich, jazdę po mieście z małymi prędkościami, jazdę drogami pozamiejskimi ze średnimi prędkościami i szybką jazdę na autostradach. Uwzględnia dodatkowo wysokość nad poziomem morza, na której znajduje się samochód, jego obciążenie i jazdę w różnych temperaturach otoczenia. Wszystkie nowe samochody osobowe i lekkie pojazdy dostawcze muszą przechodzić testy RDE od września 2019 roku.

Wykonane i przedstawione w artykule badania drogowe spełniają wszystkie założenia w odniesieniu do testów RDE. Użyty innowacyjny hardware i software może zostać użyty również do realizacji testów RDE, jednak musi zostać uzupełniony o mobilny analizator spalin [13].

Wnioski

Z przedstawionych w tym rozdziale analiz i badań wynikają następujące wnioski:

1. Mieszanek ciekłego propanu z butanem, występująca pod nazwą handlową LPG, jest bardzo popularna w Polsce i innych krajach Europy i całego świata do napędu pojazdów. Wynika to z niższej ceny tego alternatywnego w stosunku do benzyny paliwa ale także z jego cech wpływających na niższą emisję spalin do atmosfery.
2. Pojazdy z pośrednim wtryskiem benzyny do kolektora dolotowego silnika spełniające na benzynie normę emisji Euro 6 mogą być konwertowane na zasilanie LPG. Montaż taki musi być zgodny z wymaganiami Regulaminu 115 EKG ONZ co gwarantuje bezpieczeństwo działania takiego pojazdu.

3. Firmware jednostki sterującej LPG stanowią skomplikowane algorytmy sterujące, które mają za zadanie zapewnić bezpieczną pracę systemu gazowego. Dodatkowo muszą zapewnić wysoką kulturę pracy silnika podczas zasilania paliwem alternatywnym oraz osiągi silnika (moc, przyspieszenie) porównywalne z benzyną.
4. Do konfiguracji oraz kalibracji systemu LPG został rozwinięty innowacyjny software posiadający zaawansowane funkcje do wyświetlania wybranych parametrów pracy silnika. Innowacją są również metody wyświetlania danych obliczeniowych z jazdy kalibracyjnych, które mają w chwili obecnej postać trójwymiarowych wykresów powierzchniowych 3D.
5. System diagnostyki pokładowej OBD został rozwinięty w celu monitorowania poprawności pracy systemów pokładowych w pojeździe odpowiedzialnych za emisję spalin. System OBD jest dostępny w pojazdach benzynowych od 2000 roku a w Dieslach od 2003 roku. W chwili obecnej na świecie obowiązuje system OBDII/EOBD.
6. Na rynku są dostępne bardzo użyteczne urządzenia diagnostyczne, które są w stanie pozyskiwać i przetwarzać dane ze złącza OBD pojazdu. Każdy posiadacz smartfonu lub tabletu może ściągnąć darmową lub mało kosztującą aplikację za pomocą której może mieć kontakt ze swoim pojazdem. Taki hardware i software umożliwia odczytanie i skasowanie kodów błędów. Jeszcze niedawno taką usługę można było wykonać jedynie w autoryzowanym serwisie.
7. Software zainstalowany na urządzeniu mobilnym komunikuje się z gniazdem OBD zazwyczaj za pomocą transmisji bezprzewodowej Bluetooth oraz wi-fi. Możliwa jest również transmisja kablowa za pomocą interfejsu RS-232. Ta ostatnia stosowana jest przy wykorzystaniu połączenia OBD z komputerem przenośnym.
8. Za pomocą hardware i software do komunikacji z systemem OBD pojazdu można sprawdzić poprawność kalibracji systemu LPG oraz jego kompatybilność z samym systemem OBD pojazdu.
9. Przeprowadzone badania wykazały, że w pamięci systemu OBD pojazdu Euro 6 poddanego konwersji na zasilanie LPG nie ma żadnych zapisanych błędów. Ponadto jazdy drogowe w rzeczywistym cyklu mieszanym wraz z analizą danych on-line i off-line wykazały poprawny przebieg wszystkich obserwowanych sygnałów diagnostycznych. Można na tej podstawie wnioskować, że pojazd jest całkowicie sprawny i w bardzo dobrym stanie technicznym.

10. Wykonane badania drogowe spełniają wszystkie złożenia w odniesieniu do testów RDE. Użyty innowacyjny hardware i software może zostać użyty również do realizacji testów RDE, jednak musi zostać uzupełniony o mobilny analizator spalin.

1.4.2. Podsumowanie

System OBD na przestrzeni lat skutecznie ewoluował przybierając postać, dziś najczęściej spotykanego w pojazdach samochodowych, systemu pokładowej diagnostyki poziomu drugiego. System ten wniósł wiele potrzebnych zmian oraz standardów wykonania czego brakowało jego poprzednikowi – OBD poziomu pierwszego. System OBD stworzony został przede wszystkim dla kontroli emisyjnej. Z czasem coraz więcej urządzeń, w jakie wyposażony jest pojazd samochodowy, podlegało nadzorowi diagnostycznemu. W rezultacie OBD nie służy tylko ochronie środowiska przez wczesną lokalizację wadliwych podzespołów pojazdu, ale również stanowi cenne źródło informacji. Sposób jej wykorzystania zależy od kreatywności osoby przeprowadzającej badania. Często pozyskane dane stanowią doskonały materiał naukowy oraz niezastąpione źródło informacji zarówno przy pracach rozwojowych nad pojazdem samochodowym, jak i w późniejszym okresie eksploatacji.

Wykorzystanie informacji pochodzącej z pokładowej diagnostyki pojazdu samochodowego może przynieść niezliczone korzyści zarówno dla użytkownika pojazdu, jak i podmiotów zajmujących się obsługą napraw serwisowych. Dzięki wysoce rozwiniętej technologii oraz stosowaniu licznych komponentów elektronicznych podzespołów pojazdu samochodowego, pozyskiwane dane z systemu pokładowej diagnostyki mogą stanowić istną kopalnię wiedzy na temat aktualnego stanu technicznego badanej jednostki. W dzisiejszych czasach coraz częściej stosunkowo droga stacjonarna diagnostyka przyrządowa zostaje stopniowo eliminowana przez stosowanie metod wykorzystujących rejestrowane informacje systemu OBD. Obsługa umożliwiająca przywrócenie właściwości użytkowych badanego obiektu staje się o wiele bardziej efektywna, niż jak miało to miejsce przed stosowaniem standardowych rozwiązań elektrotechnicznych w motoryzacji.

Oprócz przytoczonych powyżej wniosków natury ogólnej wyciągnięto następujące wnioski związane z utylitarnym celem pracy:

- W chwili obecnej dosłownie każdy człowiek może mieć wgląd w informacje dostępne w złączu diagnostycznym OBD II ze względu na dostępność i niski koszt interfejsów diagnostycznych do tego służących.
- Informacje dostępne w pakiecie danych systemu diagnostyki pokładowej mogą zostać wykorzystane w praktyce serwisowej i w znacznym stopniu przyspieszyć lokalizację elementów uszkodzonych pojazdu nawet bez sygnalizacji malfunkcji w postaci zaświecenia lampki kontrolnej MIL.
- Parametry systemu OBD związane z korekcją wtrysku paliwa są wykorzystywane w procesie kalibracji systemów zasilania gazem silników benzynowych.
- Liczne i bardzo przydatne zastosowania znajduje funkcja związana z możliwością zapisu parametrów systemu OBD. Do tej pory jest wykorzystywana w celu monitoringu bezpieczeństwa, zużycia paliwa i stanu technicznego zarówno pojazdów klientów indywidualnych jak flot pojazdów użytkowych.
- W wyniku realizacji badań przyczyniono się do rozwinięcia użytecznej wersji uniwersalnego oprogramowania komputerowego przeznaczonego do archiwizacji na twardym dysku komputera wszystkich dostępnych w złączu DLC informacji. Przytoczone w pracy przykłady świadczą o możliwości wykorzystania tak zdobytej wiedzy do skrupulatnej analizy w celach diagnostyki pojazdów, a także zaawansowanych badań naukowych mających na celu rozwój technik sterowania zasilaniem pojazdów paliwami alternatywnymi.
- Aktualnie trwają prace nad systemem OBD III, który wprowadzić ma nowe regulacje prawne związane z automatycznym wykrywaniem i identyfikacją pojazdów niesprawnych, celem wyeliminowania toksycznego wpływu pojazdów na środowisko naturalne.

2. Diagnostyka pojazdów z wykorzystaniem hamowni podwoziowej

2.1. Klient

Wiele przypadków diagnostyki pojazdów samochodowych wymaga przeprowadzenia badań w ściśle określonych warunkach pracy silnika. Czasami są to warunki biegu jałowego, które bardzo łatwo odwzorować. Niektóre jednak wymagają osiągnięcia maksymalnej mocy silnika. I to jest już dużym wyzwaniem. Warto przypomnieć, że maksymalna moc silnika rozwijana jest przez pojazd w przypadku maksymalnego przyspieszania oraz jazdy z prędkością maksymalną. Takie warunki pracy silnika trudno jest odwzorować na drogach publicznych. Z pomocą przychodzi wtedy urządzenie warsztatowe w postaci hamowni podwoziowej. Podstawowym przeznaczeniem hamowni podwoziowych jest pomiar krzywych charakterystycznych silnika w postaci momentu obrotowego i mocy w funkcji prędkości obrotowej silnika. Jednak urządzenia te mają bardzo wiele innych użytecznych trybów pracy, które mogą zostać wykorzystane w diagnostyce pojazdów.

Klientami, którzy mogą zakupić i wykorzystywać hamownię podwoziową, mogą być zazwyczaj duże firmy i instytucje badawcze. Wynika to z dużego kosztu zakupu hamowni podwoziowych. Badanie rynku pozwala stwierdzić, że w obecnie z hamowni korzystają firmy zajmujące się tuningiem silników. Służą one do stwierdzenia aktualnej mocy silnika oraz jej przyrostu po dokonaniu modyfikacji w silniku. W ten sam sposób można stwierdzić ubytek lub przyrost mocy silnika w porównaniu z jej wartością nominalną. Drugą grupą klientów

chętnie wykorzystujących hamownie podwoziowe są autoryzowane instytuty badawcze. Zadaniem ich jest przeprowadzanie oficjalnych testów badawczych mających na celu pomiar emisji spalin oraz zużycia paliwa. Testy takie muszą być wykonywane na hamowni podwoziowej z możliwością odwzorowywania rzeczywistych warunków jazdy. Dzięki temu wyniki emisji podczas realizacji testu jezdnego mogą być porównywane między sobą oraz z wartościami granicznymi określonymi w normach i regulaminach.

Hamownie podwoziowe są również coraz częściej wykorzystywane podczas realizacji prac badawczo-rozwojowych komponentów dla motoryzacji. Właśnie z takimi zastosowaniami autor miał najczęściej do czynienia. Doskonałym uzupełnieniem hamowni podwoziowej jest analizator spalin. Z takim wyposażeniem warsztatowym można wykonać szeroki zakres badań oraz diagnoz.

Ze względu na bardzo szerokie zastosowanie hamowni podwoziowych ich klientami mogą być klienci indywidualni pragnący zmierzyć lub poprawić osiągi swoje pojazdu. Dużą grupę stanowią klienci instytucjonalni wykonujący akredytowane badania emisji spalin i zużycia paliwa. Trzecią grupą są firmy badawczo-rozwojowe w branży motoryzacyjnej. Są to zarówno duże koncerny motoryzacyjne jak i mniejsze firmy zajmujące się rozwojem i produkcją komponentów dla motoryzacji.

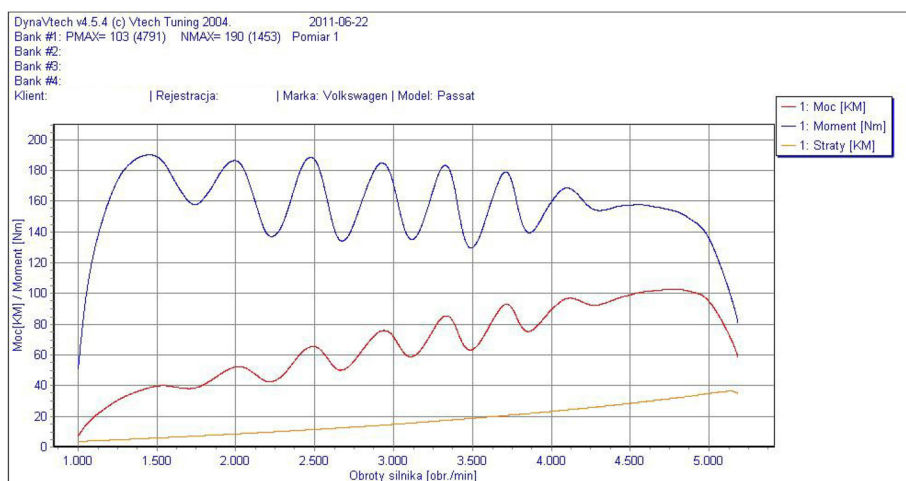
2.2. Potrzeba

2.2.1. Diagnostyka i regeneracja filtra DPF

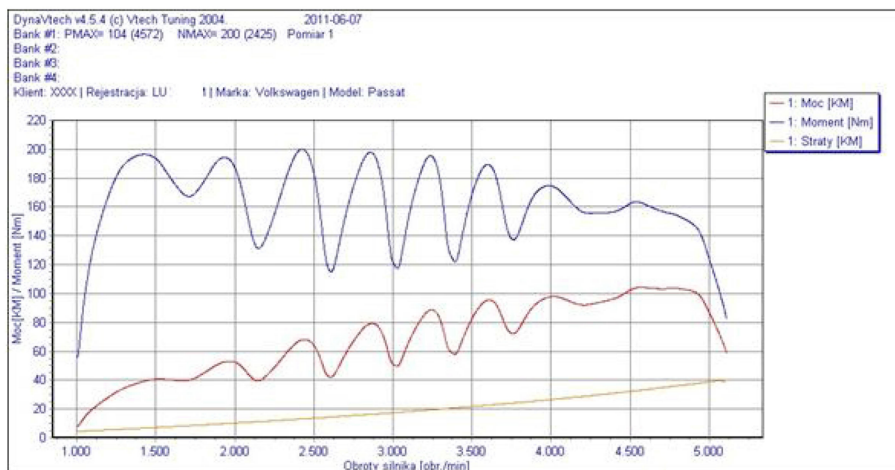
Skuteczne wyeliminowanie cząstek stałych ze spalin nie jest łatwe. Można je wychwycić, ale szybko dochodzi do zapchania filtra i pogorszenia przepływu spalin. Gdyby sadzy nie usuwać z filtra, po miesiącu używania auta trzeba by wymieniać go na nowy. Rozwiązaniem okazało się okresowe oczyszczanie filtra przez dopalenie nagromadzonej w nim sadzy. Wiąże się to z podwyższonym zużyciem paliwa podczas wypalania filtra DPF, gdyż wtryskiwana jest w tym czasie dodatkowa dawka paliwa do układu wydechowego, a co za tym idzie, koszty. Wypalanie filtra następuje po przejechaniu od 300 do 1500 km, w zależności od stylu jazdy i warunków, w jakich pojazd

się porusza. W warunkach miejskich inicjacja procesu wypalania będzie znacznie częstsza niż na trasie.

Poniżej, na rysunku 2.1 i 2.2 przedstawione zostały wykresy dwóch samochodów marki Volkswagen Passat 2.0 TDI z DPF o mocy 140 KM wyprodukowanych w 2010 roku. Obydwa auta wykorzystywane były tylko w trybie miejskim i nie miały możliwości pełnej regeneracji filtrów DPF. Zauważyć można, że spadek mocy kolejno do 103 i do 104 KM ze 140 KM może być uciążliwy dla użytkowników tych pojazdów. Jak się okazało spowodowany był on w obydwu pojazdach zatankiem filtra DPF. Zachowanie się pojazdów było identyczne. Wystąpiło bardzo duże ograniczenie mocy oraz widoczne jej falowanie podczas wykonywania badań. Wystąpiły jedynie niewielkie różnice w częstotliwości i amplitudzie falowania mocy. Można jednoznacznie stwierdzić, że zachowanie obydwu pojazdów było identyczne i spowodowane tą samą przyczyną. W pojeździe nr 2 amplituda wahań mocy i momentu jest większa niż w pojeździe nr 1 co może oznaczać większe napełnienie filtra DPF sadzą. Pomiar mocy obydwu pojazdów został wykonany w jednej z lubelskich firm w 2011 roku w odstępie czasu wynoszącym 2 tygodnie.



Rys. 2.1. Wykres hamowniany pojazdu VW Passat 2,0 TDI (pojazd 1)



Rys. 2.2. Wykres hamowniany pojazdu VW Passat 2,0 TDI (pojazd 2)

Jeżeli jazda regeneracyjna nie będzie skuteczna i wypełnienie filtra cząstek osiągnie wartość 40 g, obok lampki kontrolnej filtra cząstek zapala się dodatkowo lampka kontrolna świec żarowych. Na wyświetlaczu zestawu wskaźników ukazuje się komunikat „Motorstörung Werkstatt” („usterka silnika – warsztat”). Jest to wezwanie dla kierowcy, by udał się do najbliższego serwisu. W tym czasie sterownik silnika nie prowadzi już regeneracji aktywnej, by nie doprowadzić do uszkodzenia filtra cząstek stałych. Regeneracja filtra jest możliwa tylko w serwisie, przy użyciu testera VAS 5051.

Jeżeli wypełnienie filtra przekracza 45 g, nawet regeneracja serwisowa jest już niemożliwa. Ryzyko zniszczenia filtra cząstek jest zbyt duże. W takim przypadku trzeba wymienić filtr.

Do autora podręcznika zgłosił się właściciel pojazdu wyposażonego fabrycznie w filtr cząstek stałych DPF. Zdjęcie pojazdu zostało przedstawione na rysunku 2.3, zaś podstawowe parametry w tabeli 2.1.



Rys. 2.3. Badany pojazd z filtrem DPF

Tabela 2.1. Parametry badanego pojazdu

Dane techniczne: Opel Astra TwinTop 1.9 CDTI 110 KW
Pojemność silnika: 1910ccm turbo Diesel (Common Rail)
Moc: 150 KM przy 4000obr./min
Moment obr.: 320 Nm przy 2000-2750 obr./min
Skrzynia biegów: 6 biegowa manualna
Napęd: przedni
0-100km/h: 10.2 sek.
Vmaks: 213 km/h
Zużycie paliwa: 7.7/5.2/6.1 (l/100km) [miasto/poza miastem/cykl mieszany]
Pojemność baku: 52 litrów
Waga: 1613kg
Ładowność: 377kg
Rok produkcji: 2007

W badanym pojeździe filtr DPF jest połączony z katalizatorem, co jest widoczne na rysunku 2.4. Dzięki wysokim temperaturom za silnikiem, cząstki stałe ulegają niemal zupełnemu spalaniu.

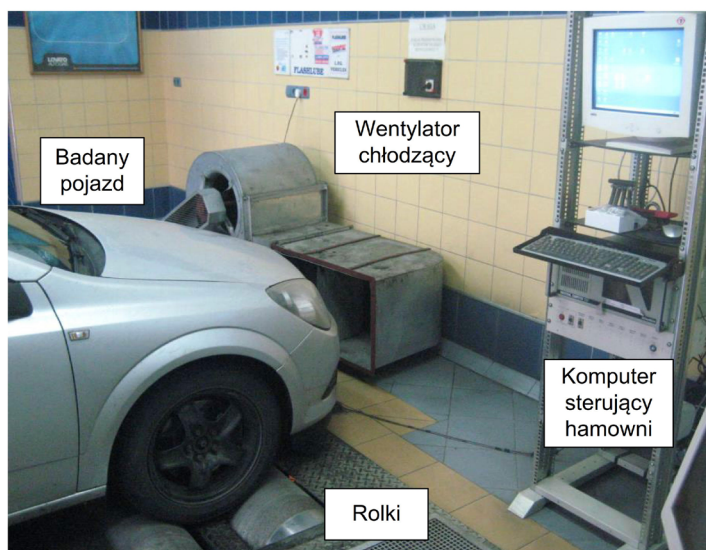


Rys. 2.4. Filtr DPF połączony bezpośrednio z katalizatorem [12]

Badanie mocy pojazdu przed wypaleniem filtra DPF

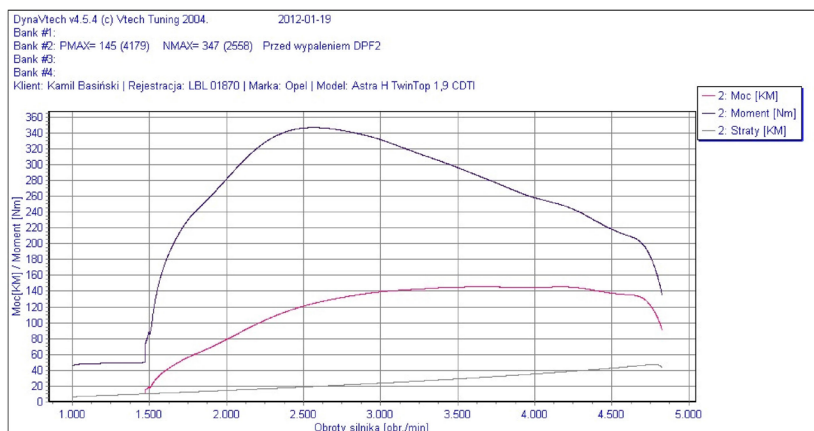
W celu precyzyjnego określenia wpływu stopnia zapełnienia filtra cząstek stałych na osiągi pojazdu postanowiono wykonać następujący eksperyment. Pojazd był normalnie eksploatowany, aż do momentu wystąpienia odczuwalnego przez właściciela spadku mocy silnika. Z częściowo zapełnionym filtrem poddano pojazd badaniu mocy na hamowni. Badanie miało na celu określenie aktualnej mocy silnika względem osiągniętych fabrycznych. Następnie udano się do autoryzowanej stacji obsługi pojazdów marki Opel w celu regeneracji serwisowej filtra za pomocą urządzenia diagnostycznego. Po udanym procesie wypalania pojazd ponownie został poddany badaniom na hamowni. W ten sposób określono spadek mocy wynikający z określonego stopnia zapełnienia filtra, który można było odczytać z urządzenia diagnostycznego.

Badania hamowniane zostały wykonane na jednoosiowej hamowni podwoziowej pracującej w trybie inercyjnym. Hamownia mieści się w firmie D.T. Gas System przy ul. Lubartowskiej 71 A w Lublinie. Firma świadczy usługi pomiaru mocy pojazdów napędzanych na jedną oś. Badany pojazd, znajdujący się na rolkowym stanowisku hamownianym, przedstawiono na rysunku 2.5.



Rys. 2.5. Badany pojazd na stanowisku rolkowym

Od poprzedniego procesu regeneracji automatycznej pojazd przejechał ponad 300 km. Subiektywne odczucia właściciela wskazywały na spadek mocy silnika, odczuwalny zwłaszcza podczas przyspieszania w ruchu miejskim. Badania hamowniane pokazały jednak bardzo dobre osiągi pojazdu. Nastąpił spadek mocy maksymalnej o 5 KM względem fabrycznie nowego pojazdu, co zostało przedstawione na rysunku 2.6.



Rys. 2.6. Charakterystyka mocy i momentu obrotowego silnika

2.2.2. Przygotowanie pojazdu do badań homologacyjnych zgodnych z Regulaminem R115 EKG ONZ

W chwili obecnej systemy sekwencyjnego wtrysku gazu LPG produkowane są jako uniwersalne i mogą być zamontowane w każdym pojeździe z silnikiem o zapłonie iskrowym z pośrednim wtryskiem benzyny. Prawie wszystkie kraje Unii Europejskiej (np. Niemcy, Słowacja, Hiszpania, Włochy, Węgry, Rumunia, Bułgaria) dopuszczają jedynie montaż systemów wtrysku gazu, które otrzymały homologację zgodną z Regulaminem EKG ONZ nr 115. Przepisy Regulaminu Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych nr 115 wejdą w życie zapewne w najbliższym czasie w również w Polsce.

Według powyższego regulaminu od pojazdu zasilanego gazem LPG wymaga się spełnienia identycznych norm toksyczności spalin jakie obowiązują go podczas pracy na benzynie. Przykładowo dla pojazdów kategorii M1 (grupa pojazdów przeznaczonych do przewozu osób o liczbie miejsc siedzących dla pasażerów nie przekraczającej 8 zwanych samochodami osobowymi) podczas badań homologacyjnych toksyczność spalin nie może przekraczać wartości granicznych określonych w normie Euro 5.

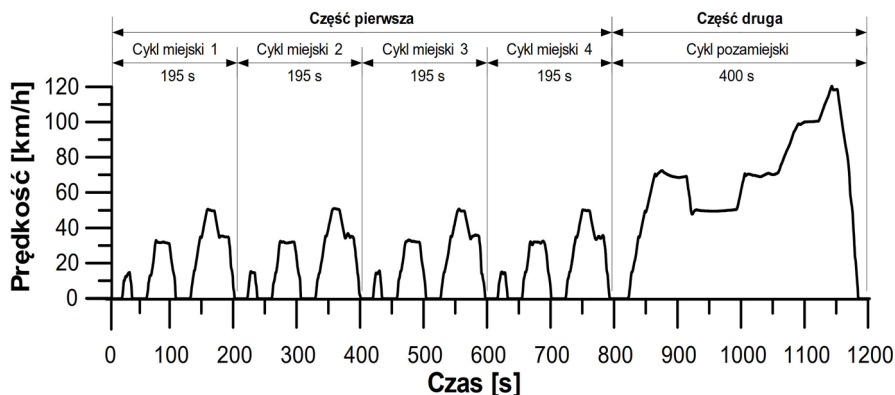
Obecnie trwają intensywne prace związane ze spełnieniem nowych norm emisji spalin Euro 5 przez [1]:

- producentów pojazdów,
- producentów systemów zasilania gazem,
- akredytowane laboratoria w celu zapewnienia możliwości pomiarów.

Aktualna metodologia pomiaru emisji spalin

Zgodnie z wymaganiami Regulaminu Nr 115 EKG ONZ dotyczącego specjalnych układów doposażenia LPG (skroplonego gazu ropopochodnego), które mają być zainstalowane w pojazdach samochodowych dla wykorzystywania LPG do ich napędu [7], układ musi przejść odpowiednie badania homologacyjne w akredytowanym laboratorium emisji spalin [10, 11].

Dla kategorii pojazdów M1 testem homologacyjnym jest badanie ECE opisane w Regulaminie 83 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) – Jednolite przepisy dotyczące homologacji pojazdów w zakresie emisji zanieczyszczeń w zależności od paliwa zasilającego silnik [6] (rysunek 2.7).



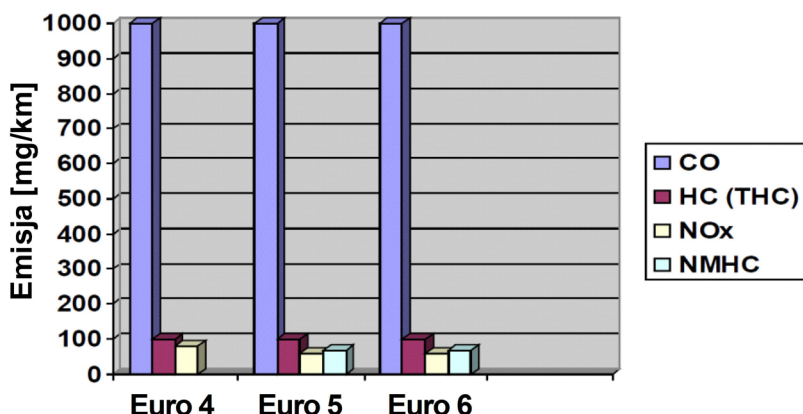
Rys. 2.7. Przebieg testu NEDC

Test jezdny (NEDC – New European Drive Cycle) składa się z pięciu cykli, czterech miejskich (UDC – Urban Drive Cycle) oraz jednego pozamiejskiego (EUDC – Extra Urban Drive Cycle). Rozpoczyna się od rozruchu zimnego silnika. W teście tym samochód przejeżdża drogę około 11 km w czasie 1180 sekund ze średnią prędkością 33,6 km/h osiągając maksymalną prędkość 120 km/h. Podczas testu za pomocą analizatora workowego gromadzone są składniki toksyczne spalin. Test ten został opracowany jako wynik syntezy elementarnych fragmentów jazdy samochodu, na które składają się etapy przyspieszania, hamowania, jazdy ze stałą prędkością i pracy na biegu jałowym [3, 6].

Przed oficjalnym testem emisyjnym pojazd o masie całkowitej <3,5t jest kondycjonowany w temperaturze 20-30°C co najmniej przez 6 godzin. W badaniu w teście jezdnym na hamowni podwozowej typu I dokonuje się rozruchu nie nagrzanego silnika. Początek poboru spalin następuje bezpośrednio po zimnym rozruchu. Badań dokonuje się metodą analizy z użyciem worków pomiarowych [5]. Wynikami badania są:

- emisja drogowa tlenu węgla CO,
 - średnia emisja drogowa węglowodorów HC,
 - średnia emisja drogowa tlenków azotu NOx,
 - suma średnich emisji drogowych węglowodorów i tlenków azotu,
- Limity średniej emisji drogowej składników spalin dla samochodów osobowych według obowiązującej od stycznia 2005 r. normy

Euro 4, od września 2009 r. normy Euro 5 i przewidywanej do wprowadzenia w 2014 r. Euro 6 przedstawiono na rysunku 2.8. W przewidzianych dla Euro 5 i 6 limitach zwraca uwagę brak zaostżenia norm dla silników z zapłonem iskrowym. W Euro 5 i Euro 6 uwzględniono dodatkowo limit dla węglowodorów niemetanowych NMHC.



Rys. 2.8. Limity średniej emisji drogowej składników spalin dla samochodów osobowych z silnikami o zapłonie iskrowym [8]

Pojazdy zasilane benzyną i gazem płynnym i ziemnym bada się z użyciem obu typów paliw, przy czym badanie z użyciem gazu płynnego i ziemnego przeprowadza się z uwzględnieniem różnego składu danego gazu (Załącznik 12 Regulaminu 83 Aktualizacja 3 z dnia 2 lutego 2007 Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej 6.5.2008).

Norma emisji spalin Euro 5 wynika z Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady 715/2007 (przepisy wykonawcze 692/2008) i weszła w życie od 1 września 2009 dla pojazdów M1 i N1 klasa 1. W praktyce oznacza ona możliwość rejestracji i sprzedaży pojazdów Euro 4 do 1 września 2010 r. Od 1 stycznia 2011 r. możliwa jest sprzedaż nowych pojazdów spełniających tylko Euro 5. Norma Euro 5 dla pojazdów z silnikiem benzynowym wprowadza dodatkowy regulowany składnik emisji w postaci węglowodorów niemetanowych NMHC (*Non Metan HC*). Jego wartość jest obliczana ze wzoru: $NMHC = HC - CH_4$. Współczynnik pogorszenia dla tego składnika wynosi 1,3.

Zmiany w metodologii badań pojazdów zasilanych gazem wynikające z nowych norm i uzupełnień w regulaminach – podsumowanie:

- Konieczne badania emisji na benzynie (wcześniej do obliczeń wskaźników brano oficjalne wartości emisji przedstawiane przez producenta pojazdu).
- Podczas testu na paliwie LPG pojazd może pracować maksymalnie 90 sekund na benzynie (wcześniej ograniczenie takie nie występowało).
- Zmienione współczynniki pogorszenia emisji dla normy Euro 5 (tabela 2.2).

Tabela 2.2. Dopuszczalna emisja dla norm Euro 4 i Euro 5 [9]

	Tlenek węgla [g/km]	Węglowodory [g/km]	Tlenki azotu [g/km]
Limit Euro 4/5	1,0	0,1	0,08
Wartość celowa Euro 4	1,0/1,2=0,83(3)	0,1/1,2=0,083(3)	0,08/1,2=0,066(6)
Wartość celowa Euro 5	1,0/1,5=0,666(6)	0,1/1,3=0,076	0,08/1,6=0,050

Cel badań prehomologacyjnych

Celem badań prehomologacyjnych jest zatem przygotowanie pojazdów macierzystych do właściwych badań homologacyjnych zgodnych z Regulaminem 115 EKG ONZ [3]. Według tego regulaminu każda rodzina pojazdów musi być reprezentowana przez dwa pojazdy macierzyste. Jeden o małej mocy przypadającej na cylinder a drugi zaś o dużej mocy cylindrowej. Rodziny pojazdów w myśl tego regulaminu obejmują pojazdy produkowane przez jednego wytwórcę a także mogą być do niej dołączone pojazdy wytwarzane przez innego wytwórcę jeżeli wykorzystują one ten sam typ silnika i taką samą strategię emisji. Przykładem takiej rodziny może być grupa Fiata, w której skład dodatkowo wchodzi Alfa Romeo i Lancia. Spełnienie wymogów homologacyjnych przez dwa pojazdy macierzyste umożliwia otrzymanie odpowiednich świadectw homologacji, które pozwalają na montaż systemów w całej gamie pojazdów danej rodziny. Ze względu na powyższe wymogi istnieje konieczność dostosowania parametrów algorytmu sterującego wtryskiem gazu do pojazdów danej rodziny w celu uzyskania jak najmniejszej emisji zanieczyszczeń do atmosfery i odpowiedniej mocy silnika.

W odniesieniu do przedmiotowego projektu celem badań było przygotowanie pojazdu Euro 5 z pośrednim wtryskiem benzyny zasilanego LPG do badań homologacyjnych zgodnych z regulaminem R115. Badania dotyczą pojazdu macierzystego Ford Focus 1,6 z silnikiem Duratec 1,6 Euro 5 (77 kW) będącego reprezentantem rodziny pojazdów Ford w rozumieniu wspomnianego regulaminu.

2.3. Rozwiązanie

2.3.1. Regeneracja serwisowa filtra DPF

W celu rozwiązania problemu z zablokowanym filtrem DPF udano się do autoryzowanej stacji obsługi pojazdów marki Opel Energozam w Świdniku ul. Kalinówka w celu dokonania regeneracji serwisowej filtra za pomocą urządzenia diagnostycznego. Do regeneracji filtra wykorzystano najnowsze urządzenie diagnostyczne Tech2 przeznaczone do zaawansowanej diagnostyki pojazdów marki Opel. Urządzenie współpracowało z komputerem przenośnym. Widok badanego pojazdu podłączonego do testera diagnostycznego przedstawiono na rysunku 2.9.



Rys. 2.9. Pojazd podpięty pod urządzenie diagnostyczne Tech 2

Okno startowe testera Tech2, przedstawiające wersję oraz jego przeznaczenie, zostało przedstawione na rysunku 2.10. Na rysunku 2.11 przedstawiona została diagnostyczna lista danych obejmująca między innymi parametry określające nasycenie filtra cząstek stałych. Wartość nasycenia filtra DPF wynosiła 36%, zaś wartość przy której odbywa się automatyczna regeneracja zazwyczaj wynosi 60%. Zatem można stwierdzić, że filtr nie był całkowicie nasycony. Z rozmowy z pracownikiem serwisu można się było dowiedzieć, że czasami zdarzają się przypadki nasycenia wynoszące 140%. Są to już wartości bardzo niebezpieczne i mogą doprowadzić do zniszczenia filtra podczas wypalania. Z danych też wynika, że różnica ciśnień przed i za filtrem wynosi 1 kPa czemu towarzyszy generowanie napięcia 0,57 V przez różnicowy czujnik ciśnienia.



Rys. 2.10. Okno startowe programu Tech2

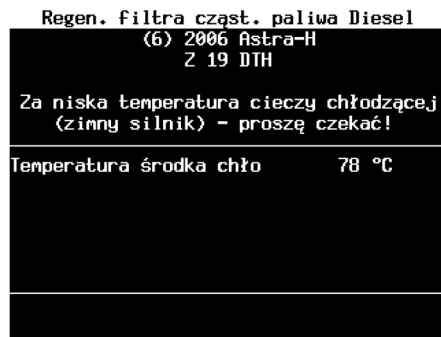
Diagnostyczna lista danych 1	
Prąd elektrozaworu odmi	1.36 A
B1S1 Temperatura spalin	144 °C
B1S1 Temperatura spalin	1.1 V
B1S2 Temperatura spalin	120 °C
B1S2 Temperatura spalin	1.1 V
Różnica ciśnień - Filtr	1 kPa
Różnica ciśnień - Filtr	0.57 V
Nasycenie filtra cząste	36 %
Przełącznik Info A/C (S Nieaktywny	44 / 61 -
Różnica ciśnień - Filtr cząsteczek	
paliwa Diesel	
Wybierz pozycje	Szybka migauka
	Jeszcze

Rys. 2.11. Diagnostyczna lista danych widocznych w Tech2

Następnie mechanik przystąpił do procedury regeneracji serwisowej. Urządzenie Tech2 prowadzi go krok po kroku w celu wykonania wszystkich niezbędnych czynności. W związku z tym na oknie pojawiają się pewne przypomnienia (patrz np.: rysunek 2.12) lub niespełnione warunki (rysunek 2.13). Okazało się, że silnik miał za niską temperaturę cieczy chłodzącej silnika i trzeba było poczekać aż osiągnie wymaganą temperaturę wynoszącą 90 °C. Uzyskano to poprzez pracę silnika na podwyższonym biegu jałowym (ok. 2500 obr/min).

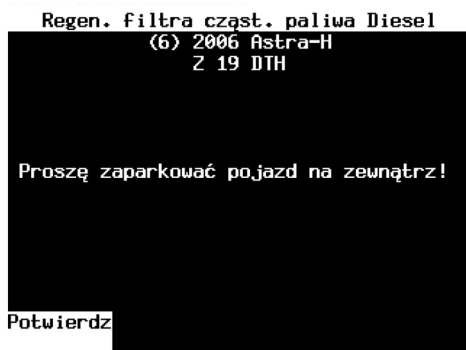


Rys. 2.12. Okno programu Tech2

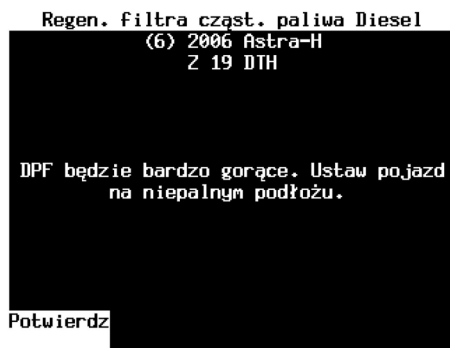


Rys. 2.13. Okno programu Tech2

W kolejnych oknach pojawiają się komunikaty związane z koniecznością przeprowadzenia wypalania filtra na zewnątrz serwisu (rysunek 2.14) czy konieczności ustawienia pojazdu na niepalnym podłożu w wyniku osiągnięcia dużych temperatur przez filtr (rysunek 2.15). Podczas badań spełniono oczywiście wszystkie warunki bezpieczeństwa. Warto zauważyć, że program diagnostyczny wymaga potwierdzenia wykonania wszystkich czynności. Zatem łamiąc zalecenia programu mechanik robi to świadomie i na własną odpowiedzialność.



Rys. 2.14. Okno programu Tech2



Rys. 2.15. Okno programu Tech2

Po spełnieniu wszystkich zaleceń i warunku nagrzania silnika przystąpiono do właściwego procesu regeneracji serwisowej. Silnik został samoczynnie wprowadzony na 3500 obr/min. Następnie można było obserwować bardzo szybki wzrost temperatur przed i za filtrem. Można było również zobaczyć na własne oczy rozgrzany do czerwoności filtr, co zostało uwiecznione na rysunku 2.16. Cały proces trwał około 10 minut.



Rys. 2.16. Filtr podczas regeneracji serwisowej

Podczas procesu regeneracji zostały zapisane zrzuty ekranowe z postępu procesu, które przedstawiono na rysunku 2.17.

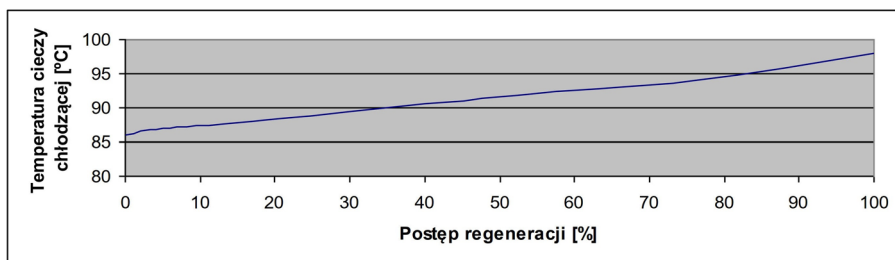
Regen. filtra cząst. paliwa I (6) 2006 Astra-H Z 19 DTH		Regen. filtra cząst. paliwa I (6) 2006 Astra-H Z 19 DTH	
Prędkość silnika	3493	Prędkość silnika	3495
Temperatura środka chłō	88	Temperatura środka chłō	87
B1S1 Temperatura spalin	460	B1S1 Temperatura spalin	536
B1S2 Temperatura spalin	448	B1S2 Temperatura spalin	652
Różnica ciśnień - filtr	0	Różnica ciśnień - filtr	8
Regeneracja DPF	0	Regeneracja DPF	5
	1		1
Prędkość silnika		Prędkość silnika	
Wyjść		Wyjść	

Regen. filtra cząst. paliwa I (6) 2006 Astra-H Z 19 DTH		Regen. filtra cząst. paliwa I (6) 2006 Astra-H Z 19 DTH	
Prędkość silnika	3500	Prędkość silnika	3492
Temperatura środka chł.	88	Temperatura środka chł.	92
B1S1 Temperatura spalin	518	B1S1 Temperatura spalin	512
B1S2 Temperatura spalin	638	B1S2 Temperatura spalin	628
Różnica ciśnień - filtr	8	Różnica ciśnień - filtr	5
Regeneracja DPF	17	Regeneracja DPF	54
	1		1
Prędkość silnika		Prędkość silnika	
Wyjść		Wyjść	

Regen. filtra cząst. paliwa I (6) 2006 Astra-H Z 19 DTH		Regen. filtra cząst. paliwa I (6) 2006 Astra-H Z 19 DTH	
Prędkość silnika	3501	Prędkość silnika	2713
Temperatura środka chł.	94	Temperatura środka chł.	98
B1S1 Temperatura spalin	512	B1S1 Temperatura spalin	438
B1S2 Temperatura spalin	628	B1S2 Temperatura spalin	592
Różnica ciśnień - filtr	4	Różnica ciśnień - filtr	2
Regeneracja DPF	76	Regeneracja DPF	6
	1		1
Prędkość silnika		Prędkość silnika	
Wyjść		Wyjść	

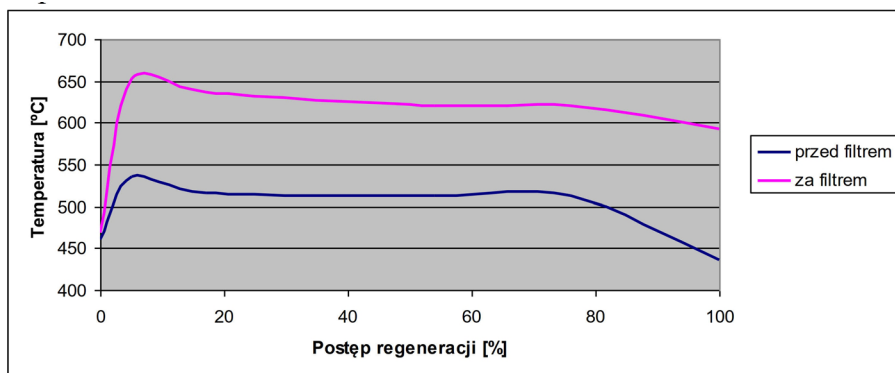
Rys. 2.17. Wartości parametrów podczas wypalania filtra

Autor pokusił się także o zebranie najważniejszych parametrów z postępów procesu wypalania filtra i przedstawienie ich w postaci wykresów (rysunki 2.18 i 2.19). Na rysunku 2.18 możemy zaobserwować, że temperatura cieczy chłodzącej cały czas rosła podczas procesu regeneracji.



Rys. 2.18. Wykres temperatury cieczy chłodzącej podczas procesu regeneracji

Bardzo dużo informacji o przebiegu procesu można uzyskać analizując rysunek 2.19. W początkowej fazie sterownik wzbogacił mieszankę, która dopalając się w katalizatorze utleniającym spowodowała bardzo szybki wzrost temperatur zarówno przed jak i za filtrem. Następnie dochodzi do stabilizacji temperatur w dłuższym okresie czasu kiedy to spalanie przebiega w równomierny sposób. Warto zauważyć, że cały czas temperatura za filtrem jest o ok. 100 °C wyższa niż przed filtrem. Oznacza to, że zgromadzone cząstki stałe mają dużą wartość energetyczną i podczas spalania wydzielają dużo ciepła.



Rys. 2.19. Wykres temperatur przed i za filtrem podczas procesu regeneracji

Cały proces regeneracji serwisowej filtra zakończył się sukcesem, co zostało przedstawione na rysunku 2.20. Po tym urządzenie dokonało przesłania informacji do sterownika silnika (rysunek 2.21) i można było je bezpiecznie odłączyć.



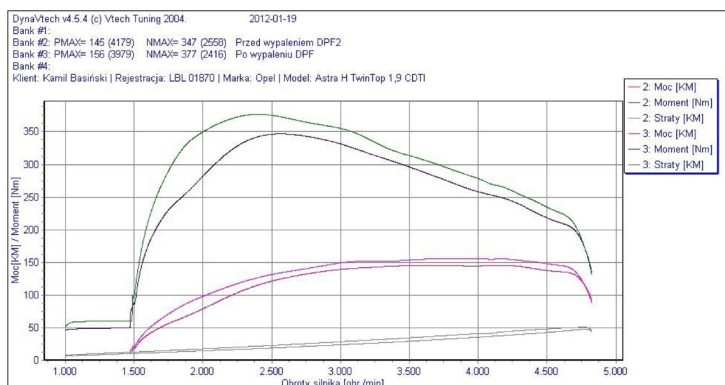
Rys. 2.20. Okno programu Tech2



Rys. 2.21. Okno programu Tech2

Badanie mocy pojazdu po wypaleniu filtra DPF

Już podczas powrotu z ASO Opla na hamownię można było odczuć większą moc silnika. Pytanie brzmiało tylko: O ILE? Wykorzystywana hamownia nie może kłamać, gdyż posiada dokładność pomiaru $\pm 0,5$ KM. Ponowne pomiary potwierdziły odczucia kierowcy. Po wypaleniu filtra przybyło 11 KM mocy i 30 Nm momentu obrotowego, co zostało przedstawione na rysunku 2.22. Z porównania charakterystyk wynika, że wzrost mocy po wypaleniu filtra nastąpił w całym zakresie prędkości obrotowej silnika. Wynika z tego prosty wniosek, że nasycenie filtra cząstek stałych wpływa na powstawanie oporów na wydechu spalin i przez to ograniczenie generowanej przez silnik mocy. Autor planuje odwiedzić jeszcze raz hamownię, gdy filtr DPF osiągnie maksymalne nasycenie.



Rys. 2.22. Charakterystyka mocy i momentu obrotowego silnika

Do całkowitego zapchania filtra nie dochodzi bez wyraźniej przyczyny. W użytkowanym pojeździe przyczyną tego było wadliwe działanie zaworu EGR. Sytuacja miała miejsce w ubiegłym roku. Filtr został nasycony cząstkami sadzy w 100%, co spowodowało całkowitą niedrożność układu wydechowego. Doszło do tego, że pojazd niezdolny był do samodzielnej jazdy. Konieczne było usunięcie filtra, wyczyszczenie go za pomocą środków chemicznych, ponowne zamontowanie i inicjacja regeneracji serwisowej za pomocą programu do tego przeznaczonego.

Inżynierowie po ukończonym kierunku Transport powinni być zwoleńnikami montażu takich urządzeń w pojazdach, gdyż zmniejszają emisję szkodliwych związków do atmosfery. Jednak użytkownik takiego pojazdu nie jest zadowolony z powodu wydatków i problemów pojawiających się wraz z istnieniem filtra cząstek stałych. Może w najbliższej przyszłości systemy regeneracji filtrów zostaną udoskonalone i procesy te będą mogły odbywać się bez konieczności ingerencji ze strony kierowcy a nawet bez jego wiedzy. Za niewystarczające właściciel pojazdu uważa starania ze strony producentów jak i sprzedawców nowych samochodów związane z uświadamianiem klientów kupujących pojazd z filtrem DPF. Zdaniem właściciela badanego pojazdu powinni oni poświęcić przynajmniej 10 minut na wyjaśnienie obowiązków kierującego takim pojazdem. Mogło by to wpłynąć pozytywnie na zachowanie kierowców w przypadkach chociażby chwilowego spadku mocy i konieczności wykonania jazdy regenerującej filtr. Zapewne nie dochodziło by tak często do całkowitego zapchania filtra, co czasem prowadzi nawet do jego wymiany. Większość drastycznych przypadków jest wynikiem całkowitego braku wiedzy użytkowników takich pojazdów na temat eksploatacji filtra DPF. Dowiadują się oni o istnieniu w ich własnym pojeździe filtra cząstek stałych, gdy jazda nie jest już możliwa.

2.3.2. Badania emisji spalin w cyklu NEDC

W tej części podręcznika zostanie wykazana użyteczność hamowni podwoziowej do realizacji laboratoryjnych testów jezdnych.

Do badań dostarczono pojazd marki Ford Focus 1,6. Następnie został on wyposażony w instalację sekwencyjnego wtrysku gazu LPG do kolektora dolotowego. Wygląd zewnętrzny pojazdu został przedstawiony na stronie tytułowej. Podstawowe dane badanego identyfikacyjne pojazdu zostały zebrane w tabeli 2.3. Szerszy opis

silnika zabudowanego w pojeździe przedstawia się w Załączniku 3A do Regulaminu 115.

Tabela 2.3. Parametry badanego pojazdu

Pojazd	Ford Focus 1,6 Duratec 77 kW
Pojemność skokowa [cm ³]	1596
Moc [kW]	77
Rok produkcji	2012
Przebieg [km]	2504

Ford Focus oferuje szereg inteligentnych rozwiązań i zaawansowanych technologicznie silników, które gwarantują zmniejszenie kosztów eksploatacji pojazdu poprzez obniżenie zużycia paliwa oraz emisji CO₂ bez uszczerbku dla stylu oraz jakości jazdy.

System Aktywnej Żaluzji Chłodnicy

Ford Focus jest wyposażony w unikalny system Aktywnej Żaluzji Chłodnicy, który reguluje przepływ powietrza przez chłodnicę i komorę silnika. Dzięki takiemu rozwiązaniu poprawiono aerodynamikę i zwiększono oszczędność zużycia paliwa aż o 0,8% w Nowym Europejskim Cyklu Jazdy (NEDC).

Elektryczny układ wspomagania kierownicy (EPAS)

Elektryczny układ wspomagania kierownicy (EPAS) umożliwia łatwiejsze kierowanie samochodem przy niższych prędkościach oraz zapewnia większą kontrolę przy wyższych prędkościach. W odróżnieniu od konwencjonalnego wspomagania kierownicy, które pracuje bez przerwy, EPAS firmy Ford działa tylko wtedy, kiedy jest potrzebny, zwiększając przy tym oszczędność paliwa.

System Auto-Start-Stop

System Auto-Start-Stop automatycznie wyłącza silnik, kiedy samochód pracuje na biegu jałowym (np. stojąc w korku czy na światłach). Dzięki temu rozwiązaniu zużycie paliwa zmniejsza się do 5% w warunkach jazdy mieszanej i do 10% przy dużym ruchu drogowym. Gdy wciśnięty zostanie pedał sprzęgła lub przyspieszenia, wtedy silnik natychmiast uruchamia się.

Wskaźnik zmiany biegów

Rozwiązanie, które ma na celu zmniejszenie zużycia paliwa podczas jazdy. System informuje, kiedy należy zmienić bieg, by zapewnić najwyższą ekonomikę spalania.

System informowania kierowcy Ford Eco Mode

Jak prowadzić bardziej ekonomicznie? Wystarczy skorzystać z Eco Mode, który analizuje wpływ sposobu prowadzenia pojazdu na zużycie paliwa. Innowacyjny system bierze pod uwagę szybkość, zmianę biegów, hamowanie, wyprzedzanie, a także udział procentowy krótkich tras. Następnie program wyświetla wskazówki, jak przy danym profilu kierowcy zyskać największą oszczędność na paliwie.

Poziom emisji CO₂

Nowoczesne silniki firmy Ford są zoptymalizowane pod względem zużycia paliwa i emisji CO₂. Np. poziom emisji CO₂ dla Nowego Forda Focus wynosi 109-139 g/km. Firma Ford produkuje silniki, które teraz w większym niż dotychczas stopniu mogą być poddawane recyklingowi po zakończeniu ich eksploatacji. Podczas procesów produkcyjnych wykorzystywane są trwalsze materiały, a większość potrzeb energetycznych i oświetleniowych jest zaspokajana dzięki odnawialnym źródłom energii.

Uwaga: Wszystkie dane dotyczące emisji CO₂ podawane w g/km, w tym także zużycia paliwa pochodzą z oficjalnie zatwierdzonych testów zgodnych z dyrektywą unijną 93/116/WE. Podane wartości zużycia paliwa uzyskano podczas pomiarów zgodnych z dyrektywą Unii Europejskiej 80/1268/EWG, regulującą metody pomiaru zużycia paliwa. Wartości te będą się różnić od wskaźników podawanych w innych częściach świata, gdzie pomiaru zużycia paliwa dokonuje się w inaczej zaprojektowanych cyklach.

Ford ECONetic

Firma Ford jest zaangażowana w podnoszenie swoich kwalifikacji z zakresu ochrony środowiska, stosując odpowiednie metody konstrukcji swoich samochodów. Inwestuje w technologie redukujące poziom emisji CO₂ i obniżające koszty utrzymania, pamiętając o zachowaniu wysokich osiągnięć.

Rodzina pojazdów Ford posiada kilka jednostek napędowych spełniających normę emisji spalin Euro 5. Są wśród nich jednostki wolnossące z pośrednim wtryskiem paliwa oraz najnowsze jednostki turbodoładowane EcoBoost wykorzystujące bezpośredni wtrysk benzyny do cylindrów (tabela 2.4). Dostarczony do badań prehomologacyjnych pojazd posiadał silnik 1,6 Duratec Ti-VCT 77 kW, który jest najczęściej wybieraną jednostką napędową. Ze względu na niską cenę, dobre osiągi i niskie zużycie paliwa (patrz tabela 2.5) jest często wybierany jako pojazd flotowy przedstawicieli handlowych różnych firm oraz instytucji. Warto zaznaczyć, że firma D.T Gas System posiadała podpisaną umowę z jednym z warszawskich dilerów marki Ford na przekonwertowanie ponad 100 pojazdów z przedmiotowym silnikiem na zasilanie LPG.

Tabela 2.4. Parametry silników montowanych w Fordzie Focusie

	Norma emisji spalin	Skrzynia biegów	Moc maksymalna (KM (kW))	Moment obrotowy (Nm)	Emisja CO ₂ (g/km)
4-drzwiowy					
1.0 EcoBoost 100 KM + ASS	Euro V	M5	100 (74)	170	112
1.0 EcoBoost 125 KM + ASS	Euro V	M6	125 (92)	170	117
1.6 Duratec Ti-VCT 105 KM	Euro V	M5	105 (77)	150	139
1.6 Duratec Ti-VCT 125 KM	Euro V	M5	125 (92)	159	139
1.6 Duratec Ti-VCT Flexifuel 120 KM	Euro V	M5	120(88kW)	159	139
1.6 EcoBoost 150 KM	Euro V +ASS	M6	150 (110)	240	139
1.6 EcoBoost 182 KM	Euro V +ASS	M6	182 (134)	240	139

Tabela 2.5. Zużycie paliwa i osiągi silników montowanych w Fordzie Focusie

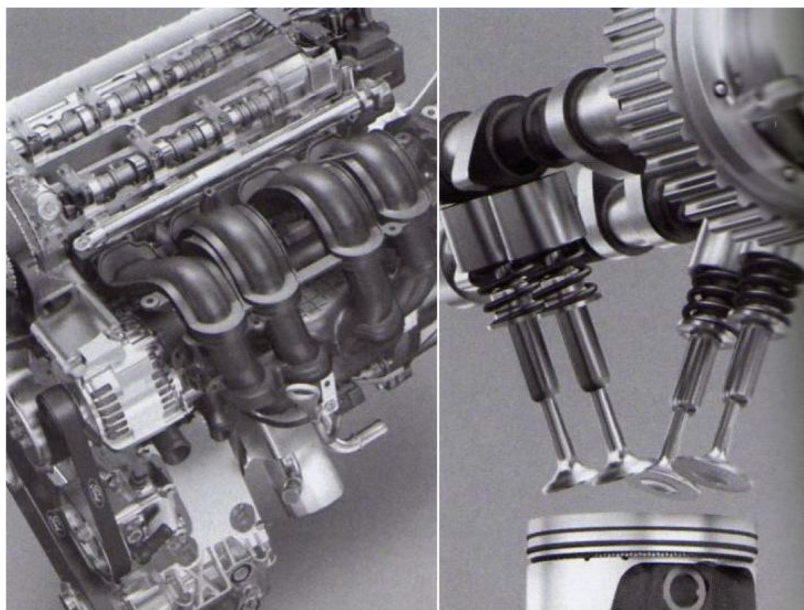
	Zużycie paliwa (l/100km)**			Osiągi*		
	Cykl miejski	Poza miastem	Zużycie średnie	Prędkość maks. (km/h)	0-100 km/h (sek.)	50-100 km/h*** (sek.)
4-drzwiowy						
1.0 EcoBoost 100 KM + ASS	6,0	4,2	4,9	187	12,6	13,3
1.0 EcoBoost 125 KM + ASS	6,4	4,4	5,1	195	11,4	10,9
1.6 Duratec Ti-VCT 105 KM	8,1	4,8	6,0	189	12,4	15,6
1.6 Duratec Ti-VCT 125 KM	8,1	4,8	6,0	198	11,0	13,8
1.6 Duratec Ti-VCT Flexifuel 120 KM	8,1	4,8	6,0	195	11,2	14,3
1.6 EcoBoost 150 KM	7,7	5,0	6,0	212	8,7	8,7
1.6 EcoBoost 182 KM	7,7	5,0	6,0	224	8,0	7,8

Widok oraz główne parametry silnika 1,6 Duratec Ti-VCT 77 kW zostały przedstawione na rysunku 2.23.

	Parametr		IQDP
	Pojemność skokowa	cm ³	1596
	Moc	kW	77
	Moment napędowy	Nm	150
	Średnica	Φ mm	79
	Skok	mm	81,4
	Stopień sprężania		11
	Liczba oktanowa paliwa LO		95
	Układ rozrządu		DOHC
	Kolejność zapłonów		1-3-4-2
	Doładowanie		Brak
	Liczba zaworów na cylinder		4
	Układ sterowania silnika		Siemens ECM EMS2101 16-bitowy
	Norma emisji spalin		Euro 5

Rys. 2.23. Widok i ogólna charakterystyka silnika 1,6 Duratec

Badany silnik posiada innowacyjny system zwany Ti-VCT (Twin Independent Variable Camshaft Timing), który został przedstawiony na rysunku 2.24.



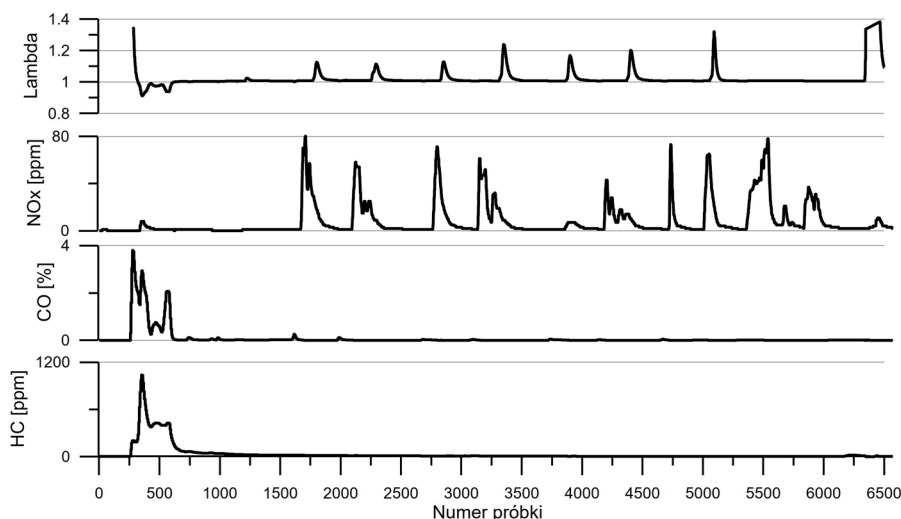
Rys. 2.24. System Ti-VCT silnika 1,6 Duratec [25]

Opis sytemu zasilania silnika gazem LPG

Badany pojazd został wyposażony w system sekwencyjnego wtrysku gazu LPG do kolektora dolotowego. Przedmiotowy system jest systemem dwupaliwowym, w którym rozruch następuje na paliwie oryginalnym (benzynie) i po uzyskaniu odpowiednich warunków przygotowania gazu następuje przejście na zasilanie gazem. Wtrysk gazu odbywa się do kolektora dolotowego w miejscu jak najbardziej zbliżonym do zaworu dolotowego. Podczas pracy na gazie wtryskiwacze benzyny są emulowane (sygnał sterujący ich otwarciem jest rozładowywany na specjalnym rezystorze).

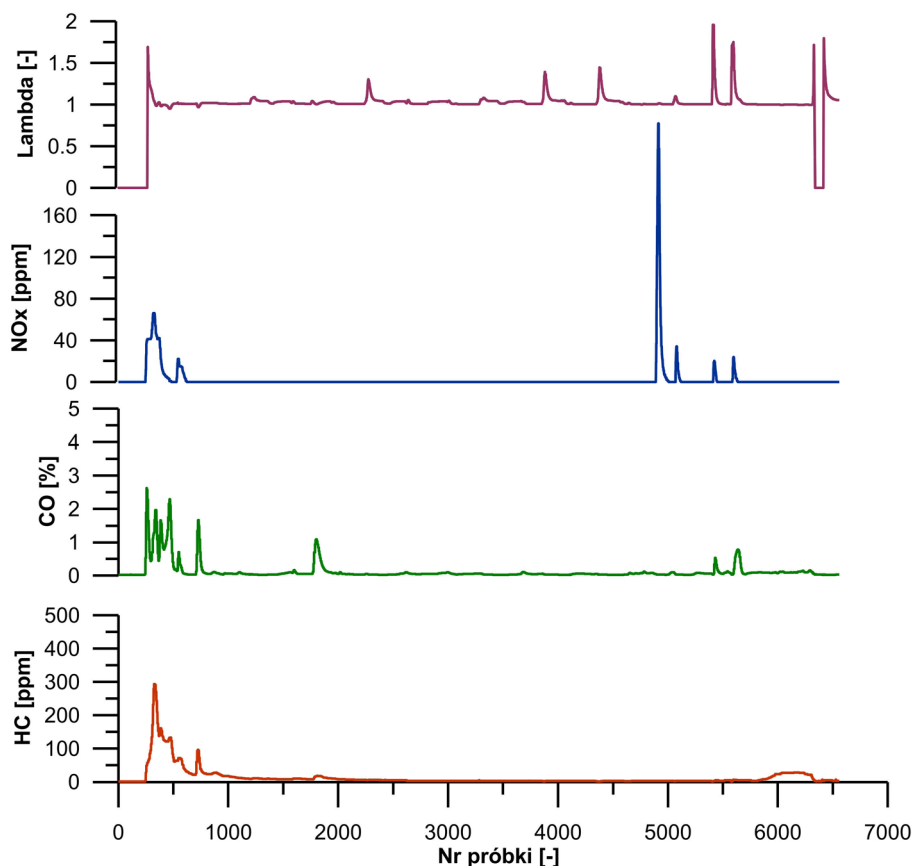
Analiza emisji spalin z badanego pojazdu

Bardzo pomocnym narzędziem pomiarowym pozwalającym określić stabilność regulacji składu mieszanki jest analizator spalin wyposażony w funkcję zapisu do pliku chwilowych stężeń regulowanych prawnie składników spalin podczas realizacji cyklu jezdnego NEDC (rysunek 2.25). Dane zapisane na twardym dysku mogą w łatwy sposób zostać poddane analizie statystycznej. Przykładem może być statystyka emisji stężeń składników w dwóch kolejnych testach emisyjnych.



Rys. 2.25. Przykładowy zapis stężeń składników emisji spalin podczas realizacji cyklu NEDC

Warto jeszcze raz podkreślić, że aparatura wykorzystywana w przedmiotowych badaniach nie pozwala na bezpośrednie określenie wartości emisji poszczególnych składników toksycznych spalin jak tego wymaga norma Euro 5. Na rysunku 2.26 przedstawiono zapis stężeń składników emisji spalin podczas realizacji cyklu NEDC 1 podczas jazdy na benzynie. Emisja przy zasilaniu oryginalnym paliwem stanowi główny punkt odniesienia dla pożądanych progów emisji dla paliw alternatywnych. Bardzo ważnym procesem ze względu na emisję dużych ilości toksycznych składników spalin jest zimny rozruch silnika. Towarzyszy mu bardzo duża emisja wszystkich regulowanych składników ze szczególnym uwzględnieniem węglowodorów co wyraźnie widać na rysunku 2.26. Po wykonaniu pojedynczego cyklu miejskiego ECE-R15 następuje rozgrzanie silnika oraz katalizatora do nominalnej temperatury pracy a emisja wszystkich składników maleje prawie do wartości tła.



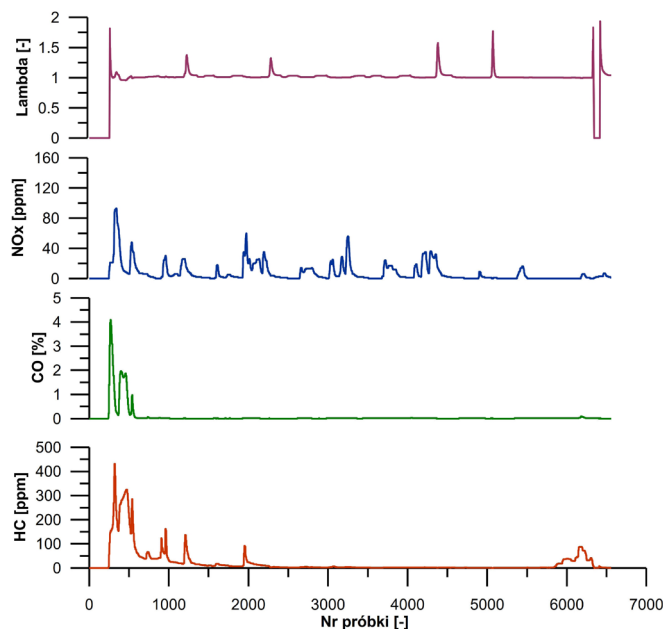
Rys. 2.26. Zapis stężeń składników emisji spalin podczas realizacji cyklu NEDC 1 na benzynie

W tabeli 2.6 przedstawiono statystykę emisji spalin badanego pojazdu podczas realizacji testu NEDC 1 na benzynie. Bardzo pomocna w ocenie emisji jest suma całkowita poszczególnych składników emisji w całym teście oraz ich wartość średnia w fazie zaraz po rozruchu (1 cykl ECE-R15), w całym teście miejskim (UDC) i pozamiejskim (EUDC). Na podstawie doświadczenia autor jest w stanie określić z dużym prawdopodobieństwem potencjał pojazdu do spełnienia określonych norm emisji nie posiadając bardzo drogich urządzeń.

Tabela 2.6. Statystyka emisji spalin podczas testu NEDC 1 na Benzynie

	CO	HC	NOx
Numer próbek	6558	6558	6558
Suma	810,38	90266	16692
Minimum	0,02	1	0
Maximum	2,63	294	248
Wartość średnia	0,1236	13,76	2,545
Mediana	0,05	4	0
Średnie odchylenie	0,1305	14,47	4,67
Odchylenie standardowe	0,2863	30,29	15,18
Stat. Kolmogorova-Smirnova	0,398	0,337	0,478

Pierwszy test na paliwie alternatywnym (NEDC 2) wykazał zwiększoną emisję węglowodorów rozruchowych w porównaniu z paliwem oryginalnym, co wyraźnie widać na rysunku 2.27. Potwierdza to także prosta statystyka przedstawiona w tabeli 2.7. Zaobserwowano także zmniejszenie emisji tlenku węgla oraz prawie trzykrotne zwiększenie emisji tlenków azotu. Emisja tlenków azotu często towarzyszy pracy silnika z mieszankami zbyt ubogimi. W tym przypadku stwierdzono konieczność nieznacznej korekty składu mieszanki na mapie (wzbogacenie) bez konieczności zmiany korekty dynamicznej. Duża wartość emisji tlenków azotu w stanach dynamicznych często występuje w przypadku pojazdów o małej mocy silnika, które w celu pokonania testu NEDC pracują w całym zakresie obciążeń silnika. Występuje w nich duże nasycenie tlenem reaktora katalitycznego w fazie cut-off skutkujące właśnie emisją tlenków azotu po wznowieniu pracy silnika. Emisja tlenków azotu w pojazdach o większej pojemności skokowej (jak badany pojazd 1,6 litra) wynika raczej z niedostatecznej adaptacji do nowego paliwa podczas procesu kondycjonowania lub po prostu ze zbyt dużych różnic kalibracyjnych. Zbyt duże różnice oznaczają tutaj rozbieżności rzędu 3-5% pomiędzy kalibracją na benzynie i na LPG.



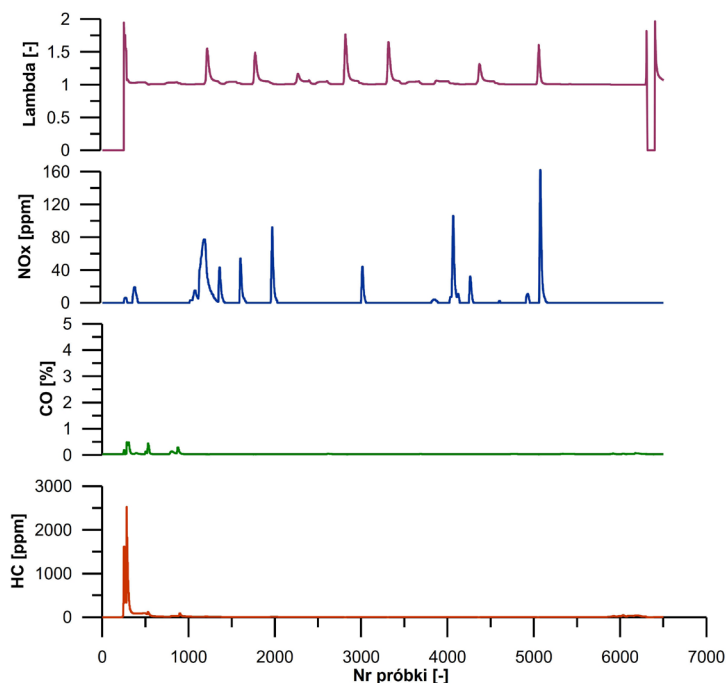
Rys. 2.27. Zapis stężeń składników emisji spalin podczas realizacji cyklu NEDC 2 na LPG

Tabela 2.7. Statystyka emisji spalin podczas testu NEDC 2 na LPG

	CO	HC	NOx
Numer próbek	6557	6557	6557
Suma	473,16	149305	47825
Minimum	0	0	0
Maximum	4,09	431	93
Wartość średnia	0,07216	22,77	7,29
Mediana	0,01	3	2
Średnie odchylenie	0,1236	29,31	8,16
Odchylenie standardowe	0,3717	54,44	12,2
Stat. Kolmogorova-Smirnova	0,481	0,338	0,276

Kolejny test na paliwie alternatywnym (NEDC 3) przyniósł pożądane rezultaty. Zaobserwowano zmniejszenie emisji tlenków azotu oraz węglowodorów rozruchowych. Emisja węglowodorów na rysunku 2.28 ma postać piku osiągającego wartość maksymalną ponad 2500 ppm. Jednak analiza statystyczna przedstawiona w tabeli 2.8

wykazuje, że zarówno suma jak i wartość średnia z całego testu są znacznie mniejsze niż w przypadku testu NEDC 2. Badania hamowane trwają aż do momentu uzyskania podobnych wartości emisji wszystkich składników spalin przy zasilaniu paliwem LPG jak przy zasilaniu benzyną. Następnie zostały wykonane badania stabilności emisji pojazdu. Polegały one na przeprowadzaniu maksymalnie raz dziennie testu NEDC zawierającego zimny rozruch silnika. Panujące w Lublinie w okresie letnim temperatury pozwalają uzyskać bardzo dobre kondycjonowanie pojazdu w zakresie wymaganym przez regulamin tj. 20 – 30 °C. W okresie zimowym trzeba kondycjonować pojazd przez kilka godzin w wyniku podgrzewania hali. W okresie upałów hala musi być zaś klimatyzowana. Zabiegi takie wiążą się oczywiście z kosztami, ale bez zapewnienia odpowiedniej temperatury w hali laboratoryjnej nie ma mowy o jakimkolwiek wiarygodnym pomiarze emisji spalin. Warunki panujące tego lata w Lublinie zapewniały bardzo dobre temperatury w hali bez konieczności podgrzewania i chłodzenia pojazdu.



Rys. 2.28. Zapis stężeń składników emisji spalin
podczas realizacji cyklu NEDC 3 na LPG

Tabela 2.8. Statystyka emisji spalin podczas testu NEDC 3 na LPG

	CO	HC	NOx
Numer próbek	6503	6503	6503
Suma	245,29	129572	23351
Minimum	0,02	0	0
Maximum	0,49	2520	162
Wartość średnia	0,0377	19,925	3,591
Mediana	0,03	3	0
Średnie odchylenie	0,0129	27,248	6,054
Odchylenie standardowe	0,0383	119,61	13,64
Stat. Kolmogorova-Smirnova	0,414	0,436	0,43

Hamowania podwoziowa wraz z analizatorem spalin pozwalają na dokonanie wielu pomiarów parametrów pracy silnika oraz emisji z układu wydechowego. Uzyskane podczas badań wyniki pozwalają wnioskować, że badany pojazd zasilany paliwem LPG jest całkowicie sprawny i posiada potencjał do spełnienia norm emisji spalin Euro 5 podczas oficjalnych badań homologacyjnych.

2.4. Rezultaty

2.4.1. Rezultaty w obszarze regeneracji filtrów DPF

Pomiar mocy i momentu napędowego silnika na hamowni podwoziowej pozwala na bardzo szybką diagnostykę silnika Diesla z problematycznie działającym filtrem DPF. W podrozdziale 2.3.1. zaprezentowano przykładowe wykresy hamowniane nieprawidłowo pracujących pojazdów. Zwiększone opory na wylocie spalin z silnika są spowodowane nadmiernym zapełnieniem filtra DPF i powodują oscylacje mocy generowanej przez silnik. W przypadku podejrzenia zatkania filtra DPF użytkownik powinien dokonać badania na hamowni podwoziowej. Jeśli diagnostyka ta potwierdzi przypuszczenia pojazd powinien udać się do Autoryzowanej Stacji Obsługi lub nieautoryzowanej ale posiadającej odpowiednie urządzenia diagnostyczne pozwalające na wykonanie kontrolowanego wypalenia filtra DPF. Po zakończeniu tej procedury pojazd ponownie powinien zostać poddany badaniom hamownianym. Na ich podstawie użytkownik będzie

mógł się dowiedzieć czy moc i moment silnika wróciły do wartości nominalnych. Hamownia podwoziowa jest bardzo użytecznym narzędziem do diagnostyki pojazdów z silnikami Diesla.

2.4.2. Rezultaty w obszarze homologacji pojazdów zgodnie z Regulaminem R115

Problem zanieczyszczenia powietrza przez środki transportu oraz wzrost cen paliw jest od lat czołowym tematem dyskusji publicznej. Wraz ze wzrostem wymagań co do emisji spalin i cząstek stałych w nowych samochodach osobowych założenie instalacji LPG jest coraz częściej brane pod uwagę przez potencjalnych kupujących, którzy zaczynają dostrzegać więcej korzyści z takiego rozwiązania w porównaniu do silników wysokoprężnych. LPG wypada korzystniej od benzyny i oleju napędowego w statystykach emisji do atmosfery trujących substancji, pod niektórymi względami osiągając nawet 85% niższy wynik.

Po przeanalizowaniu aspektów ekonomicznych i ekologicznych zasilania silników benzynowych gazem LPG dalszą kwestią jest odpowiednie zaplanowanie całego procesu konwersji. Należy ocenić czy konstrukcyjne warunki budowy pojazdu pozwalają na montaż instalacji. Zdarza się, że nie można dokonać konwersji zasilania z powodów technologicznych, ekonomicznych a także konstrukcyjnych samochodu. Kompletowanie komponentów instalacji zasilania gazem to indywidualny proces do każdego modelu samochodu.

Prawie wszystkie kraje Unii Europejskiej (np. Niemcy, Słowacja, Hiszpania, Włochy, Węgry, Rumunia, Bułgaria) dopuszczają jedynie montaż systemów wtrysku gazu, które otrzymały homologację zgodną z Regulaminem EKG ONZ nr 115. Przepisy Regulaminu Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych nr 115 wejdą w życie zapewne w najbliższym czasie w również w Polsce. Pozytywne badania w certyfikowanym ośrodku badawczym (np.: w Instytucie Transportu Samochodowego w Warszawie) pozwolą na uzyskanie świadectwa homologacji poświadczającego spełnianie przez dany system wtrysku gazu aktualnych rygorystycznych norm emisji spalin Euro 6. Przedstawione w podrozdziale 2.3.2. miały na celu wstępną diagnozę czy badany pojazd ma potencjał do spełnienia oficjalnych wymogów homologacyjnych w akredytowanym

laboratorium badawczym. Świadectwo homologacji daje możliwość sprzedaży produktu na prawie wszystkich rynkach Unii Europejskiej. Ma także znaczenie marketingowe potwierdzające ciągły rozwój systemów wtrysku gazu oraz ich przystosowywanie do zasilania najnowszych ekonomicznych i niskoemisyjnych jednostek napędowych.

Kompatybilność konwertowanego na zasilanie LPG pojazdu benzynowego z systemem OBD pojazdu może zostać oceniona na podstawie diagnostyki z wykorzystaniem interfejsu diagnostycznego ELM 327 i software Torque Pro. Brak błędów w pamięci ECU oraz prawidłowy zakres monitorowanych przez system OBD parametrów pracy silnika świadczy o prawidłowej pracy silnika zarówno na benzynie jak i na LPG. Dodatkowo należy sprawdzić czy pojazd na zasilaniu LPG przechodzi wszystkie procedury emisyjne. Jeśli tak, to możemy mieć pewność, że praca na LPG nie zniszczy naszego silnika. Właściciel takiego pojazdu będzie mógł się cieszyć dobrymi osiąganiami silnika płacąc za paliwo dużo niższe rachunki niż podczas jazdy na benzynie.

Hamownia podwoziowa i analizator spalin są bardzo użytecznymi narzędziami do diagnostyki pojazdów z silnikami benzynowymi zasilanymi LPG.

3. Diagnostyka silników spalinowych w pojazdach

3.1. Klient

Klientem diagnostyki silników spalinowych w pojazdach jest każdy właściciel pojazdu z silnikiem spalinowym benzynowym lub Diesla. To właśnie na właścicielu pojazdu spoczywa obowiązek utrzymania pojazdu w należytych stanie technicznym. Stan ten jest kontrolowany na Stacjach Kontroli Pojazdów w wyniku obowiązkowych przeglądów technicznych. Podczas takiego przeglądu sprawdzany jest stan techniczny silnika za pomocą szeregu procedur diagnostycznych obejmujących między innymi analizę spalin z silników benzynowych i benzynowych zasilanych LPG oraz pomiar zadymienia spalin w przypadku Diesla. Diagnosta sprawdza również czy nie świeci się w pojeździe kontrolka MIL. Jeśli tak to ma prawo wysłać pojazd do serwisu celem usunięcia wszystkich nieprawidłowości w działaniu silnika. Dopiero po ich usunięciu następuje pozytywne przejście badania technicznego, które potwierdza, że pojazd jest bezpieczny w użytkowaniu i ekologiczny.

W przedmiotowym rozdziale zostanie przedstawiona budowa oraz diagnostyka najnowszych silników spalinowych występujących w pojazdach samochodowych. Czytelnik zapozna się z niezbędnymi urządzeniami i algorytmami diagnostycznymi.

3.2. Potrzeba

Na początku XXI wieku Komisja Europejska rozpoczęła intensywną walkę z emisją CO₂. Według danych statystycznych przeciętny samochód w Europie emituje ok. 146g CO₂ na kilometr jazdy. Komisja narzuciła krajom członkowskim cel, jakim jest obniżenie emisji

do 130 g/km do roku 2015, 95 g/km do roku 2020. Końcowym celem jest uzyskanie emisji nie przekraczającej 70g/km w roku 2025 [31].

Istotnym sprzymierzeńcem w procesie podnoszenia sprawności silnika jest technologia bezpośredniego wtrysku benzyny (rysunek 3.1). Jego zastosowanie pozwala chłodzić komorę spalania, uzyskując jednocześnie dobre przepłukanie cylindrów bez strat paliwa. Pozwala to na osiągnięcie dużo większego momentu obrotowego już w niskim zakresie obrotów, co dotychczas było domeną silników Diesla.

Ponadto zastosowanie bezpośredniego wtrysku paliwa podnosi odporność silnika na wystąpienie spalania stukowego, co z kolei pozwala w bezpieczny sposób podnieść stopień sprężania w silniku.



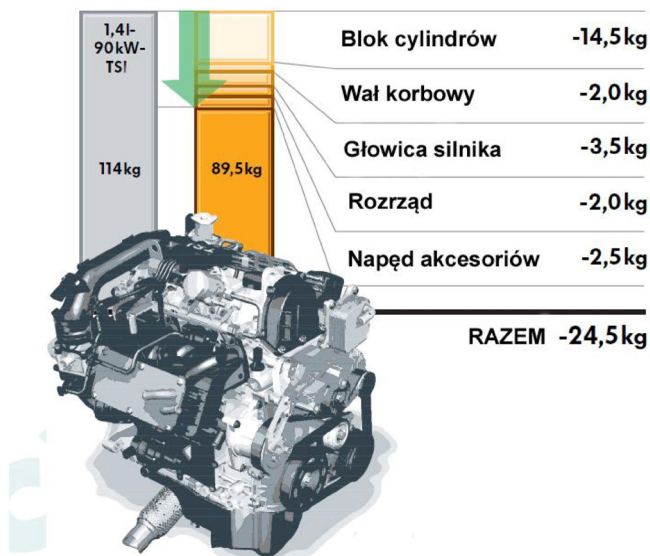
Rys. 3.1. Budowa silnika z bezpośrednim wtryskiem benzyny [32]

Wyżej wymienione zalety dotyczą podniesienia sprawności silnika poprzez zastosowanie bezpośredniego wtrysku benzyny. Należy jednak wspomnieć również o braku występowania osadzania się paliwa na ściankach kolektora dolotowego, rezultatem czego są mniejsze ilości emitowanych węglowodorów i szybsze osiągnięcie momentu obrotowego podczas rozruchu. Ostatnią zaletą bezpośredniego wtrysku jest bardzo stabilne spalanie mieszanki przy niskich prędkościach obrotowych biegu jałowego. W praktyce może to oznaczać obniżenie spalania na biegu jałowym nawet o 40% w porównaniu

z silnikiem wyposażonym w zwykły wielopunktowy wtrysk paliwa do kolektora dolotowego silnika.

Tak niskie wartości emisji odpowiadają spalaniu ok. 3 litrów benzyny na 100 km lub 2,6 litra oleju napędowego na 100 km. Jak widać cele te wydają się dość odległe, lecz naukowcy i inżynierowie z przemysłu motoryzacyjnego zgodnie twierdzą, że dzięki dostępnym i przyszłym technologiom mogą być osiągalne.

Kluczem do osiągnięcia tak ambitnych celów jest zastosowanie nowatorskich technologii umożliwiających zminimalizowanie strat energetycznych spotykanych w obecnie produkowanych układach napędowych. Jeśli chodzi o silnik, najsukuteczniejszą drogą do osiągnięcia celu jest tak zwany downsizing. Polega on na zmniejszeniu pojemności skokowej silnika oraz ograniczeniu ilości cylindrów. Na rysunku 3.2 przedstawiono ideę downsizingu dla silnika 1,2 TSI (77 kW) w stosunku do silnika 1,4 TSI (90 kW). Pozwala to na zmniejszenie masy ruchomej, a więc potrzeba jest mniej energii, by go napędzać. Dzięki nowym materiałom (w tym ceramicznym tulejom cylindrowym) zmniejszone zostają także siły tarcia wewnętrznego, czyli ogółem energia generowana przez silnik nie jest już tracona w tak dużym stopniu jak dotychczas. Nowoczesny silnik charakteryzuje się także mniejszymi stratami ciepła, co wpływa na poprawę jego sprawności.



Rys. 3.2. Idea downsizingu na przykładzie silnika 1,2 TSI [32]

Podniesienie mocy w danym silniku nie może obyć się bez wzrostu napełnienia silnika świeżą mieszanką paliwowo-powietrzną. Jest to możliwe dzięki doładowaniu silnika. Służą do tego kompresory i turbosprężarki. Na proces napełniania pozytywnie też wpływa zastosowanie zmiennych faz rozrządu.

Doładowanie samą turbosprężarką może okazać się jednak niewystarczające za sprawą tzw. turbo-dziury. W niskim zakresie obrotów ciśnienie spalin jest zbyt małe, by napędzić wirnik turbiny i tym samym odczuwalna jest wówczas opóźniona reakcja przy wciśnięciu pedału przyspiesznika. Dopiero w chwili osiągnięcia odpowiednich obrotów silnika ciśnienie spalin wzrasta i dochodzi do „tłoczenia” większych ilości tlenu do silnika. Sam efekt turbo-dziury w dużej mierze zależy od wielkości samej turbosprężarki, jednak by móc dostarczyć odpowiednią ilość tlenu, niezbędną do całkowitego spalenia mieszanki w układzie dolotowym silnika o zmniejszonej pojemności, należy wytworzyć doładowanie rzędu 1,2 – 1,8 bar, a to już determinuje konieczność zastosowania większej turbosprężarki.

Dlatego od pewnego czasu zaczęto rozwijać ideę podwójnego doładowania – czyli dwóch turbin. Jedna jest odpowiednio mniejsza, by zapewniać pracę w niższych zakresach obrotów i charakteryzuje się mniejszą bezwładnością. Druga, większa, odpowiedzialna jest za zakres obciążeń średnich i dużych. Jednak bardzo ciekawą alternatywą dla układu „biturbo” okazało się zastosowanie kompresora mechanicznego w miejsce małej turbosprężarki. Rozwiązanie to jest o tyle skuteczniejsze, iż kompresor napędzany jest paskiem rowkowym, czyli niezależnie od wartości ciśnienia w układzie wylotowym silnika. Dzięki napędowi mechanicznemu posiada wysoką sprawność już od niskich prędkości obrotowych silnika. Dzięki połączeniu kompresora i turbosprężarki można otrzymać bardzo duże doładowanie w pełnym zakresie prędkości obrotowych silnika.

Powszechność występowania bezpośredniego wtrysku paliwa oraz turbodoładowania w silnikach benzynowych generuje potrzebę ich diagnostyki i naprawy.

3.3. Rozwiązanie

3.3.1. Systemy elektroniczne w nowoczesnych pojazdach

Obecne pojazdy są pełne elektroniki. Są w rzeczywistości urządzeniami mechatronicznymi, czyli mechanicznymi podlegającymi sterowaniu elektronicznemu z wykorzystaniem zapisanych informacyjnie procedur sterujących w firmware Elektronicznej Jednostki Sterującej. Jakie kroki należy zrobić w celu dokonania efektywnej diagnostyki pojazdu z nowoczesnym silnikiem spalinowym? Na początek na pewno warto dowiedzieć się coś na temat samego pojazdu oraz jego silnika. Podejście takie stanowi solidny grunt pod konkretne badania i diagnozy. Po prostu mechanik będzie wiedział z jakim pojazdem ma do czynienia i czego należy się spodziewać. Doświadczeni mechanicy oraz diagności doskonale wiedzą, że konkretne modele pojazdów i jednostek napędowych mają swoje bolączki tzn. typowe uszkodzenia wynikające ze specyfiki konstrukcji bądź użytkowania. Wiedza taka stanowi know-how na którym oparty jest zarobek ASO oraz warsztatów nieautoryzowanych warsztatów samochodowych. Bardzo często jednak wszyscy zainteresowani szukają rozwiązań na branżowych forach internetowych. Przed przystąpieniem do diagnostyki pojazdu w warsztacie warto zajrzeć do Internetu i wyszukać kilka potencjalnych uszkodzeń dla danego modelu pojazdu na podstawie obserwacji użytkownika.

Obiektem badań był Mercedes C-klasa W204 z silnikiem benzynowym turbodoładowanym 1.8 CGI o mocy 115 kW, co w przeliczeniu wynosi 156 KM. Badany egzemplarz wyposażony był w pakiet BlueEFFICIENCY. Obiekt badań został przedstawiony na rysunku 3.3. Pojazd stanowi własność warsztatu specjalizującego się w diagnostyce i naprawie nowoczesnych pojazdów marki Mercedes, z którą współpracuje autor książki.



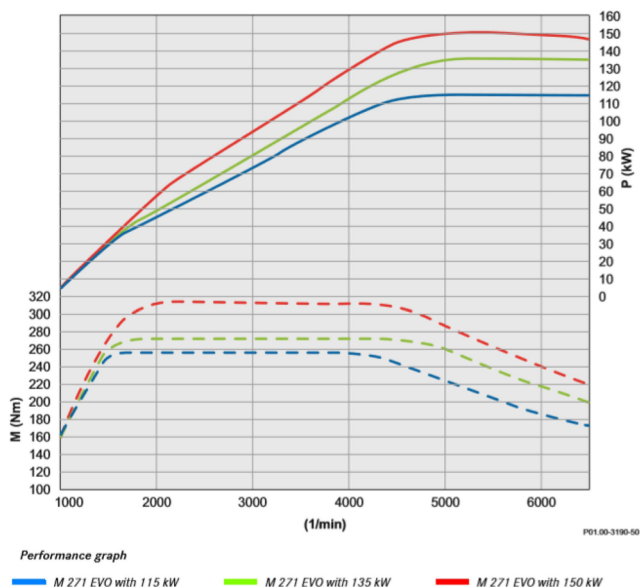
Rys. 3.3. Obiekt badań Mercedes W204

Informacje o jednostce napędowej zostały przedstawione w tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Podstawowe dane techniczne silnika

Pojemność silnika [cm³]	1,796
Moc [kW]	115 przy 5000 obr./min
Maksymalny moment obrotowy[Nm]	250
Układ cylindrów	R4
Stopień sprężania	9,8:1
Rodzaj wtrysku paliwa	bezpośredni
Kod fabryczny silnika	271.820
Norma emisji spalin	EURO V

Silnik 271 EVO wszedł do użytku od września 2009 r. Dostępny jest w trzech wariantach mocy 115, 135 oraz 150 kW, co przedstawiono na rysunku 3.4. Badany model był najlżejszą jednostką o mocy 115 kW.



Rys. 3.4. Porównanie osiągnięć silnika 271 EVO w trzech wersjach mocy

Rozwój 271 EVO polegał na osiągnięciu następujących parametrów i cech:

- Zwiększona moc oraz moment obrotowy dzięki zamianie kompresora na turbosprężarkę;
- Znaczne zmniejszenie zużycie paliwa;
- Zmniejszona emisja CO₂ zgodna z EURO V;
- Dzięki pakietowi BlueEFFICIENCY ekologia połączona z komfortem;
- Silnik na łańcuchu rozrządu niewymagającym ingerencji;
- Zmienne fazy rozrządu odpowiadające za bardzo dobre osiągi;
- Pompa olejowa o wysokiej wydajności;
- System ECO Start-Stop.

Dane techniczne badanego pojazdu zostały przedstawione w tabeli 3.2.

Tabela 3.2. Dane techniczne badanego pojazdu

Typ nadwozia	4-drzwiowy sedan
Długość	4591cm
Szerokość pojazdu z lusterkami zewnętrznymi / bez lusterek	2008cm/1770cm
Wysokość pojazdu	1477cm
Masa własna	1485 kg
Pojemność zbiornika paliwa	66l
Rodzaj napędu	na tylne koła
Skrzynia biegów	Automatyczna 7-biegowa

Funkcje pakietu BlueEFFICIENCY badanego pojazdu zostały przedstawione w tabeli 3.3.

Tabela 3.3. Funkcje pakietu BlueEFFICIENCY badanego pojazdu

Funkcja ECO START-STOP	TAK
Odzysk energii hamowania	TAK
Elektryczna pompa cieczy chłodzącej	TAK
Opony o mniejszych oporach toczenia	TAK
Inteligentny układ ogrzewania i klimatyzacji	TAK
Elektryczne wspomaganie układu kierowniczego	NIE

Aby włączyć funkcje pakietu BlueEFFICIENCY trzeba nacisnąć przycisk ECO, który znajduje się na konsoli samochodu (rysunek 3.5).



Rys. 3.5. Aktywacja pakietu ECO

Na komputerze pokładowym pojazdu wyświetla się wskaźnik ECO, dzięki któremu można kontrolować i nadzorować zużycie paliwa przez pojazd.

Wskaźnik ECO informuje kierowcę o tym, czy jego technika jazdy jest ekonomiczna. Ponadto pomaga utrzymać zoptymalizowaną technikę jazdy w danych warunkach i przy wybranych ustawieniach. Właściwy styl jazdy pozwala na znaczące obniżenie zużycia paliwa.

Wskaźnik ECO składa się z trzech pasków (rysunek 3.6):

- ✓ przyspieszanie
- ✓ jazda równomierna
- ✓ jazda bezwładnościowa



Rys. 3.6. Wskaźnik ECO

Wartość procentowa jest wartością średnią z trzech pasków. Wartości pasków i wartość średnia zaczynają się od 50 %. Im wyższa wartość procentowa, tym bardziej ekonomiczna technika jazdy.

Wskaźnik ECO nie dostarcza informacji o rzeczywistym zużyciu paliwa, stała wartość procentowa wskaźnika ECO nie odpowiada stałej wartości zużycia.

Oprócz stylu jazdy zużycie paliwa zależy od wielu czynników, takich jak np.

- ładunku
- ciśnienia w oponach
- rozruchu na zimno
- wyboru trasy
- włączonych odbiorników

Czynniki te nie wpływają na wskaźnik ECO. Ocena techniki jazdy odbywa się na podstawie poniższych trzech kategorii:

- PRZYSPIESZENIE (ocena wszystkich procesów przyspieszania)

Wskaźnik segmentowy wypełnia się: spokojne przyspieszanie, przede wszystkim przy większych prędkościach.

Wskaźnik segmentowy opróżnia się: sportowe przyspieszanie.

- JAZDA RÓWNOMIERNĄ (ocena wszystkich reakcji podczas jazdy)

Wskaźnik segmentowy wypełnia się: jazda ze stałą prędkością oraz unikanie niepotrzebnego przyspieszania i hamowania.

Wskaźnik segmentowy opróżnia się: wahania prędkości.

- JAZDA BEZWŁADNOŚCIOWA (ocena wszystkich procesów hamowania)

Wskaźnik segmentowy wypełnia się: przewidująca jazda, utrzymywanie odstępu i wczesne zmniejszanie prędkości. Pojazd może toczyć się bezwładnościowo bez hamowania.

Wskaźnik segmentowy opróżnia się: częste hamowanie.

3.3.2. Diagnostyka silników w nowoczesnych pojazdach

Do wykonania badań został wykorzystany komputer diagnostyczny z oryginalnym oprogramowaniem Mercedesa - MERCEDES BENZ XENTRY CONNECT STAR DIAGNOSTICS (rysunek 3.7).



Rys. 3.7. Tester diagnostyczny
MERCEDES BENZ XENTRY CONNECT STAR DIAGNOSTICS [33]

Skaner diagnostyczny Mercedes-Benz Star Diagnostics umożliwia odczyt i kasowanie kodów usterek z dowolnej jednostki sterującej w każdym pojeździe marki Mercedes. Dzięki skanerowi można odczytać rzeczywiste konfiguracje w każdym systemie pojazdu, odczytać dane z każdego czujnika w czasie rzeczywistym, aktywować czujniki, wykonywać ich adaptacje, robić kodowania podzespołów oraz wprowadzać zmiany w systemie.

Skaner jest w stanie połączyć się z każdym Mercedesem, który wyposażony jest gniazdo diagnostyczne OBD II jak i starsze, wystarczy posiadać tylko adaptory przejściowe.

W Mercedesie W204, który został wykorzystany do badań, znajduje się gniazdo OBD II, które znajduje się pod nogami kierowcy a dokładnie po ich lewej stronie. Dzięki niemu połączenie jest szybkie i proste. Wystarczy wpiąć interfejs diagnostyczny w gniazdo OBD II a następnie wybrać na monitorze konkretny model Mercedesa, z którym chcemy się połączyć.

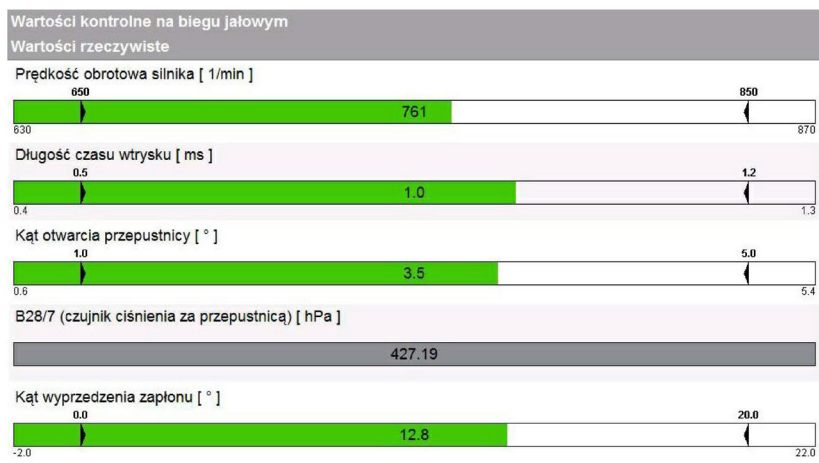
Po wybraniu modelu wybiera się rok produkcji samochodu, silnik i jego oznaczenie oraz kraj na jakie został wyprodukowany. Następnie wyświetla się przebieg oraz numer VIN. Jeżeli jest zgodny to trzeba to potwierdzić i skaner wykonuje test oraz łączy się z pojazdem. Po połączeniu można wejść w każdy moduł pojazdu.

Okno testera diagnostycznego przedstawiono na rysunku 3.8. Widać na nim okno testy, przeznaczone do wykonywania testów funkcjonalnych wielu komponentów elektronicznych. Przykładem jest sonda lambda, która posiada rezystancyjne podgrzewanie. Jej sprawność można określić poprzez pomiar rezystancji. Jeśli odczytana wartość rzeczywista mieści się pomiędzy granicami zadanymi świadczy to o poprawności tego komponentu.



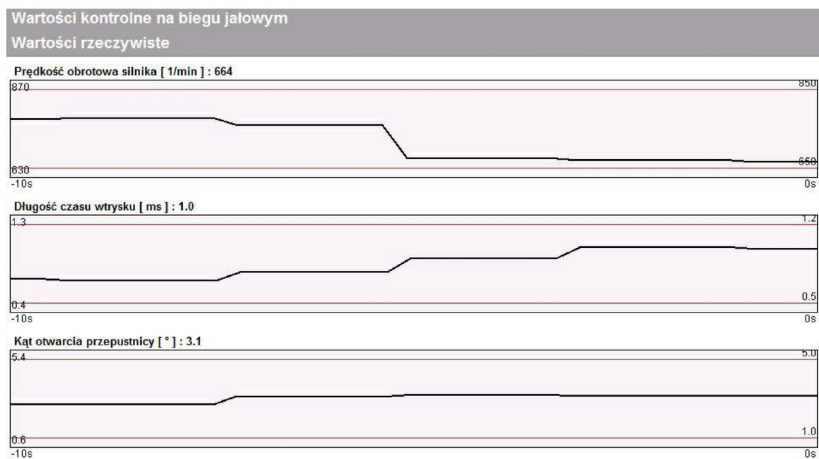
Rys. 3.8. Tester diagnostyczny – okno testy

Za pomocą testera można również obserwować wartości chwilowe wybranych parametrów na biegu jałowym, jak to pokazano na rysunku 3.9.



Rys. 3.9. Tester diagnostyczny – wartości kontrolne na biegu jałowym

Wartości kontrolne na biegu jałowym mogą być wyświetlane za pomocą słupków (jak na rysunku 3.9) lub za pomocą oscylogramów (jak na rysunku 3.10).



Rys. 3.10. Tester diagnostyczny – wartości kontrolne na biegu jałowym

Kolejne okno testera (rysunek 3.11) pozwala śledzić i ocenić, czy wartości rzeczywiste na biegu jałowym mieszczą się w granicach zadanych. Jeśli jest odstępstwo od normy tester wówczas powiadamia diagnostę za pomocą znaku ostrzegawczego. Oznacza to konieczność bliższego przyjrzenia się temu parametrowi.

Wartości kontrolne na biegu jałowym			
Warunki			
Nr	Nazwisko	Wartość rzeczywista	Wartość zadana
271	Prędkość obrotowa silnika	761 1/min	[650 .. 850]
642	Temperatura płynu chłodzącego	102.0°C	[80.0 .. 110.0]
! 452	Temperatura powietrza zasysanego	45.8°C	[10.0 .. 35.0]
624	Temperatura oleju	106.00°C	≥ 60.00
147	Rozpoznawanie biegu jałowego	TAK	TAK
420	Układ klimatyzacji	WYŁ.	WYŁ.
396	Położenie wałka rozrządu zaworów ssących	109.9°	[106.9 .. 112.9]
751	Położenie wałka rozrządu zaworów wydechowych	-109.9°	[-112.9 .. -106.9]
669	Przełącznik kontroli poziomu oleju	OK	OK

Rys. 3.11. Tester diagnostyczny - warunki

Za pomocą testera przetestowano wszystkie komponenty systemu automatycznego startu silnika (rysunek 3.12). Wszystkie postulaty zostały spełnione co wyświetlono jako STAN PRAWDŁOWY. STAN NIEPRAWDŁOWY pojawił się jedynie podczas niezapiętych przez kierującego pasów bezpieczeństwa. Po ich zapięciu spełniono wszystkie postulaty automatycznego startu silnika i można było wyjechać na miasto w celu przeprowadzenia badań.

Po dokonaniu pełnej diagnostyki za pomocą testera można było stwierdzić, że pojazd jest w idealnym stanie i może stanowić obiekt badań.

Postulaty automatycznego startu silnika				
Wartości rzeczywiste				
	Nr	Nazwisko	Wartość rzeczywista	Wartość zadana
☒	181	Temperatura zewnętrzna	STAN PRAWDŁOWY	STAN PRAWDŁOWY
☐	025	Sieć pojazdu	STAN PRAWDŁOWY	STAN PRAWDŁOWY
☐	727	Podciśnienie w układzie hamulcowym	STAN PRAWDŁOWY	STAN PRAWDŁOWY
☐	052	Przycisk 'Funkcja ECO Start-Stop'	STAN PRAWDŁOWY	STAN PRAWDŁOWY
☐	082	Obecność kierowcy	STAN NIEPRAWDŁOWY	STAN PRAWDŁOWY
☐	985	Układ klimatyzacji	STAN PRAWDŁOWY	STAN PRAWDŁOWY
☐	050	Temperatura powietrza	STAN PRAWDŁOWY	STAN PRAWDŁOWY
Informacje				
Wartość rzeczywista musi być wyższa niż -20°C.				
Ważna wskazówka				
Zwróć uwagę na odpowiedni opis funkcji w WIS.				

Rys. 3.12. Tester diagnostyczny – postulaty

3.3.3. Diagnostyka silnika z bezpośrednim wtryskiem benzyny

Diagnostyka nowoczesnych silników to nie tylko wykorzystanie testerów OBD. W praktyce warsztatowej stosuje się bardzo często bardzo wiele innych diagnostycznych systemów pomiarowych. Jeden z nich zostanie opisany w przedmiotowym przypadku.

Obiektem badań był pojazd Audi A4 B8 (rysunek 3.13) z silnikiem 2.0 TFSI (rysunek 3.14). Do zakładu naprawy aut osobowych przyjechał klient samochodem Audi A4 B8 z silnikiem z bezpośrednim wtryskiem 2.0 TFSI, o mocy 180 KM i momencie obrotowym 320 Nm. Auto było z 2010 roku z przebiegiem potwierdzonym przez serwis i wynoszącym 110 000 kilometrów. Właściciel skarżył się, że od kilku dni samochód zaczął nadmiernie dymić i nierówno pracować na

wolnych obrotach. Problem powiększał się z każdym przejechanym kilometrem. Problem pojawiał się również z porannym odpalaniem silnika. Zauważono także zwiększone zużycie paliwa. Samochód tracił moc i coraz bardziej dymił. Na desce rozdzielczej pojawiła się kontrolka „Check Engine”, która informuje kierowcę o możliwym uszkodzeniu silnika. Uszkodzenie takie może mieć negatywny wpływ na osiągi silnika a także na jego ekologię.



Rys. 3.13. Audi A4 B8



Rys. 3.14. Silnik 2.0 TFSI

Diagnostyka uszkodzenia

Auto przyjęto do zakładu w celu diagnostyki i naprawy. Po wjeździe na stanowisko diagnostyczne samochód podano badaniu analizy spalin. Wynik z analizatora porównano z danymi podawanymi przez producenta. Stwierdzono zbyt wysoką emisję CO. Świadczyło to o zbyt bogatej mieszance paliwo powietrznej i niecałkowitemu spalaniu. Dodatkowo sytuacja taka stanowi zagrożenie dla życia człowieka w wyniku zatrucia CO, gdyż gaz ten popularnie nazywany czadem jest trujący. W celu dokładnego zlokalizowania usterki auto podłączono pod komputer diagnostyczny Vscan DS936 (rysunek 3.15). Diagnostyk pokazał błąd pierwszego wtryskiwacza: zbyt bogata mieszanka. Uszkodzony wtryskiwacz dawał zbyt dużą dawkę paliwa. Zdemontowano wtryskiwacz i wysłano do sprawdzenia w zakładzie zajmującym się diagnostyką i regeneracją wtryskiwaczy.



Rys. 3.15. Komputer diagnostyczny Vscan DS936 [34]

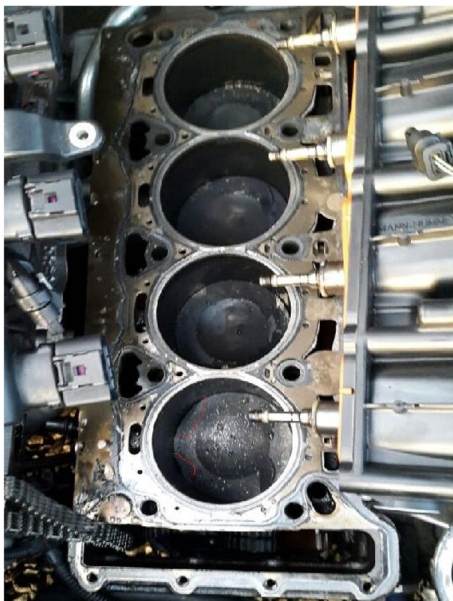
Otrzymano raport z diagnostyki wysłanego wtryskiwacza, z którego jasno wynikało, że wtryskiwacz uległ uszkodzeniu mechanicznemu w skutek długotrwałej eksploatacji na uszkodzonym wtryskiwaczu i nie można już dokonać jego regeneracji. Wtryskiwacz trzeba po prostu wymienić na nowy.

W trakcie oczekiwań na raport z diagnostyki wtrysku postanowiono sprawdzić czy inne podzespoły nie uległy uszkodzeniu. W tym celu przeprowadzono badanie ciśnienia sprężania w każdym z cylindrów. Uzyskane wyniki z przeprowadzonego badania przedstawiono w tabeli 3.4.

Tabela 3.4. Wartości pomiaru ciśnienia sprężania niesprawnego silnika

Nr cylindra	1	2	3	4
Ciśnienie sprężania	7.3 bar	10.2 bar	10.0 bar	10.2 bar

Z pomiaru ciśnienia sprężania wynikało, że pierwszy cylinder nie posiadał porwanej wartości ciśnienia sprężania podawanej przez producenta, czyli 10.3 bar. Różnica ta była na tyle duża, że nie kwalifikowała się do normy zużycia silnika w wyniku normalnej eksploatacji. Aby poznać przyczynę tak „niskiej kompresji” zdecydowano zdemonstrować głowicę silnika. Poniżej przedstawiono zdjęcia z przeprowadzonej operacji (rysunki 3.16 do 3.18).



Rys. 3.16. Widok cylindrów i tłoków po zdjęciu głowicy

Z przeprowadzonej diagnostyki organoleptycznej wynikało, że na 1 cylindrze zapieczony jest pierwszy pierścień a tłok razem z nim ociera o gładź cylindra. Tłok został zdemontowany, a jego widok przedstawiają rysunki 3.17 i 3.18.



Rys. 3.17. Widok uszkodzonego tłoka



Rys. 3.18. Widok bocznej powierzchni tłoka i korbowodu

W tłoku sprawdzono również panewki główne i korbowodowe i nie stwierdzono w nich żadnego zużycia. Stwierdzono, że przyczyną zaistniałej sytuacji była z duża dawka paliwa podawana przez uszkodzony pierwszy wtryskiwacz. Duża dawka paliwa i powstała przy tym zbyt wysoka temperatura spowodowały zapiecenie pieszego pierścienia. Tłok w dalszym ciągu pracując tarł o gładź cylindra niszcząc jego strukturę.

Naprawa uszkodzonego komponentu

Aby przywrócić normalną pracę silnika sprzed awarii wtryskiwacza zaistniała potrzeba wymiany uszkodzonego wtryskiwacza i dokonania częściowego remontu bloku silnika. Prace zaczęto od spuszczenia płynów eksploatacyjnych z silnika: chłodniczego i oleju. Następnie dokonano całkowitego demontażu silnika z komory silnikowej. Zdemontowany silnik został rozebrany i jeszcze raz szczegółowo zbadany.

Wał korbowy został wyczyszczony, otwory olejowe udrożnione. Sprawdzone wał pod względem osiowości. Średnice czopów głównych oraz korbowych zostały zmierzone i porównane z danymi producenta. Sprawdzone również panewki łożysk głównych i korbowych. Wszystkie elementy były w bardzo dobrym stanie i nie wymagały naprawy ani wymiany.

Z bloku silnika zdemontowano tłoki z korbowodami a sam blok podano dokładnym badaniom. Przeprowadzono próbę na mikro pęknięcia bloku. Próba była negatywna - blok cały. Dokonano pomiaru

średnic otworów cylindra, wszystkie cylindry poza pierwszym były w bardzo dobrym stanie. Zdecydowano na przeprowadzenie regeneracji cylindrów. Stwierdzono, że cylindry nadają się do szlifowania na 1 wymiar naprawczy. Operacje przeprowadzono na wszystkich 4 cylindrach i następnie podane zostały obróbce honowania.

Korbowody razem ze sworzniami zostały zdemontowane i sprawdzone pod względem zużycia. Zmierzono średnice obu otworów korbowych oraz zmierzono osiowość korbowodów. Z pomiarów wynikało że korbowody nie są uszkodzone. Zmierzono również średnice panewek oraz sworzni korbowych, te również nie wymagały naprawy.

Tłok pieszy ze względu na uszkodzenie został zdyskwalifikowany do dalszego montażu już na etapie diagnostyki organoleptycznej. Zapieczony pierścień uszkodził rowek pierścieniowy. Trzy pozostałe tłoki dokładnie pomierzono i zbadano. Nadały się do ponownego montażu.

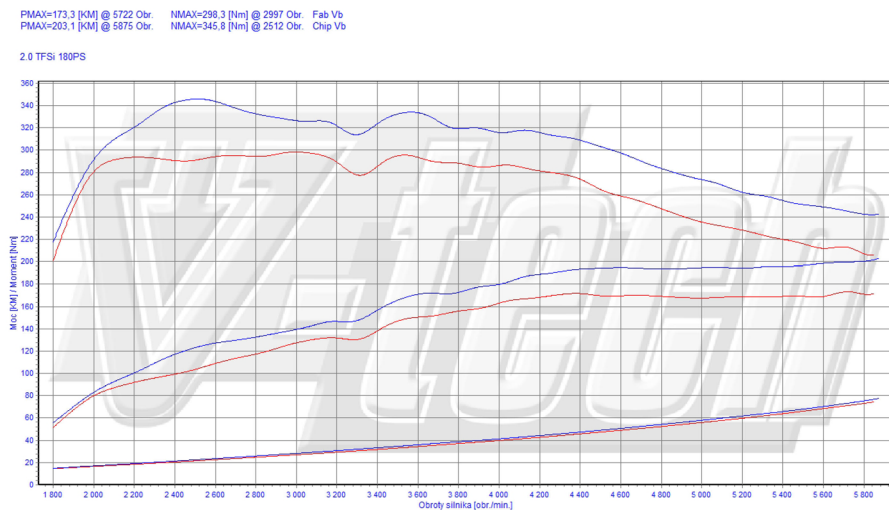
Głowice bloku oddano do sprawdzenia na miko pęknięcia. Sprawdzenie szczelności zawór oraz stopnia ich otwarcia. Głowica nie uległa zniszczeniu.

Po dokładnym sprawdzeniu wszystkich części silnika przystąpiono do jego ponownego montażu. Wymieniono pierwszy tłok na nowy i dobrano nowe pierścienie na 1 wymiar naprawczy na wszystkie 4 cylindry. Wymieniono również wtryskiwacz pierwszego cylindra na nowy. Po skończonym procesie montażu silnika ponownie sprawdzono stopień sprężania na cylindrach, a dane pomiarowe przedstawiono w tabeli 4.2.

Tabela 3.5. Dane pomiaru ciśnienia sprężania po naprawie silnika

Cylinder	1	2	3	4
Ciśnienie sprężania	10.1 bar	10.2 bar	10.1 bar	10.2 bar

Po skończonym procesie naprawy, zaproponowano klientowi tuning silnika. Obejmował on zamontowanie power box podnoszącego moc i moment obrotowy silnika. W tym celu udano się do firmy V-tech. Montaż takiego urządzenia polega na przeprogramowaniu sterownika na nowe indywidualne ustawienia dopasowane do konkretnego auta. Korzyści z takiej modyfikacji to zwiększona moc i moment obrotowy silnika, większa elastyczność silnika i oszczędność paliwa przy umiarkowanym stylu jazdy. Poniżej przedstawiono wykres mocy i momentu z przed i po wykonanej modyfikacji (patrz rysunek 3.19).



Rys. 3.19. Wykresy momentu i mocy przed i po tuningu

3.3.4. Diagnostyka i naprawa turbosprężarki

Jak dowiedzieliśmy się na wstępie do przedmiotowego rozdziału turbosprężarki i kompresory są bardzo często występującymi komponentami w nowoczesnych jednostkach napędowych. W wyniku studium ciekawego przypadku czytelnik będzie mógł się dowiedzieć jak dokonać efektywnej diagnostyki uszkodzonej turbosprężarki. Proszę zwrócić uwagę zarówno na użyte urządzenia diagnostyczne jak i na procedury postępowania w poszczególnych krokach.

Obiektem badań będzie pojazd Audi A4 B6 z silnikiem 1.9 TDI. Został o przedstawiony na rysunku 3.20. Proces badań obejmuje diagnostykę, dokonanie pomiarów oraz ocenę stanu technicznego turbosprężarki w wyżej wymienionym pojeździe wyposażonym w silnik z zapłonem samoczynnym bez jej demontażu z pojazdu. Stan turbosprężarki ocenia się na podstawie osiągniętych osiągów samochodu, zużycia paliwa, oleju i sprawdzenia ciśnienia doładowania turbosprężarki, a także sprawdzeniu prawidłowej pracy zmiennej geometrii. Pomiar poszczególnych parametrów pozwala sprawdzić stopień zużycia elementów turbosprężarki, co ma kluczowy wpływ na jej pracę. Po odczycie poszczególnych parametrów, przystąpiono do analizy wyników pomiarów.



Rys. 3.20. Audi A4 B6 z silnikiem 1.9 TDI o mocy 85 kW

Silnik 1.9 TDI jest jednym z najpopularniejszych silników Diesla w Europie. Charakteryzuje się bezawaryjną pracą i niskimi kosztami eksploatacji. Uważany jest za jeden z najbardziej wytrzymałych obecnie produkowanych silników Diesla.

Jest to wysokoprężna, turbodoładowana jednostka z wtryskiem bezpośrednim, która montowana była w samochodach grupy Volkswagen (Volkswagen, Seat, Skoda i Audi). Jednostka ta produkowana była od roku 1991 i stale modernizowana, aż do roku 2011. Występowała w ponad 40 różnych wersjach różniących się między innymi mocą, sposobem mocowania, momentem obrotowym czy systemem wtrysku paliwa, itp.

W zależności od wersji silniki różniły się także wielkościami turbosprężarek, w które były zaopatrywane przez firmy Garret i KKK. Różniły się one też systemem sterowania (zwór upustowy wastegate lub zmienna geometria - VTG).

Podstawowe parametry silnika:

- pojemność skokowa: 1896 cm³
- średnica cylindra: 79,5 mm
- skok tłoka: 95,5 mm
- stopień sprężania: 19,5
- liczba cylindrów: 4
- układ silnika: rzędowy
- liczba zaworów: 8
- układ wtryskowy: pompowtryskiwacze

W badaniach użyto jednostki 1.9 TDI o mocy 115 KM (85kW). Numer turbiny: 454231-0006 FIU076711.

Stanowisko badawcze

Podczas badań wykorzystano dwa stanowiska. Jednym z nich jest stanowisko diagnostyczne (pomiarowe) drugim zaś stanowisko naprawcze. Aby móc przeprowadzić jakiekolwiek badania z zakresu mechaniki technicznej i samochodowej potrzebne są specjalistyczne maszyny, programy i urządzenia. Każdy serwis, czy też warsztat samochodowy, posiada takie urządzenia w zależności od zakresu wykonywanych usług.

W tym przypadku jako urządzenie diagnostyczne został użyty program VCDS (dawniej występujący pod nazwą VAG-COM), którego okno zostało przedstawione na rysunku 3.21.



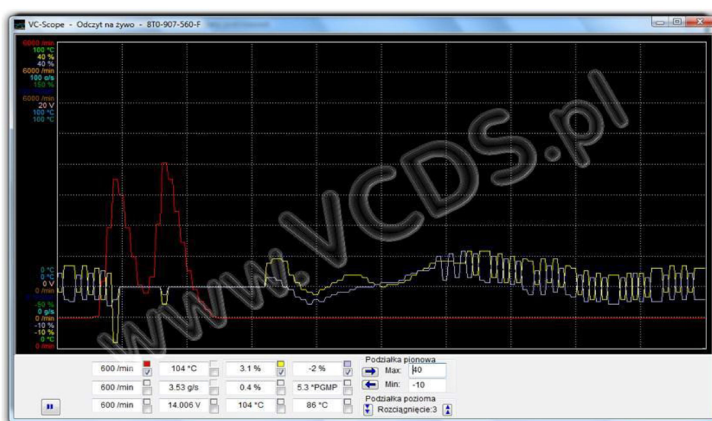
Rys. 3.21. Okno główne programu VCDS

VCDS jest to program komputerowy służący do pomocy diagnostycznej, który jest przeznaczony dla pojazdów z grupy VAG. Program ten tylko w niewielkim stopniu różni się od programów diagnostycznych stosowanych w autoryzowanych serwisach takich marek jak Audi, VW, Skoda czy Seat. Jak większość programów diagnostycznych posiada możliwość łączenia się z docelowym sterownikiem (elektroniczną jednostką sterującą). Niewątpliwą zaletą, która wyróżnia ten program, jest fakt iż można podczas badania diagnostycznego odczytywać wartości z różnych bloków pomiarowych w tym samym czasie co znacznie ułatwia pracę (rysunek 3.22). Nie wspo-

mnianą zaletą jest również to, że program VCDS pozwala na graficzne przedstawienie różnych wartości mierzonych (rysunek 3.23).



Rys. 3.22. Możliwość porównania różnych parametrów w tym samym czasie



Rys. 3.23. Graficzne przedstawienie pomiaru

Kolejnym urządzeniem użytym w diagnostyce jest tester szczelności układu podciśnień w pojeździe (rysunek 3.24). Jest to nie wielka pompka zintegrowana z manometrem dzięki któremu można obserwować ubytek ciśnienia. Tester dzięki swej budowie może wytworzyć podciśnienie jak i ciśnienie. Zakres pracy sięga -1 do 4 bar.



Rys. 3.24. Tester szczelności turbosprężarki

Następnym urządzeniem wykorzystywanym w badaniach jest wyważarka rdzeni turbosprężarek firmy CIMAT model CMT- 48 VSR TWIN, która została przedstawiona na rysunku 3.25. Maszyna dzięki swej budowie pozwala na dwa sposoby wyważenia rdzenia turbiny, ponieważ posiada dwie wyważarki (wysokoobrotową i dwupłaszczyznową). Wyważarka wysokoobrotowa pozwala na wyważenie rdzenia turbosprężarki i średnicy wirnika nieprzekraczającej 85 mm. Wyważarka dwupłaszczyznowa pozwala natomiast na wyważenie rdzeni turbosprężarek o masie nawet do 16 kg, używanych w samochodach dostawczych, ciężarowych, a także w maszynach budowlanych. Maszyna charakteryzuje się bardzo dużą dokładnością pomiaru, ale również dodatkowymi cechami między innymi możliwością sprawdzenia szczelności czy jakości pracy turbosprężarek. Przy obydwu sposobach wyważania do rdzenia doprowadzone jest zasilanie olejem łożysk ślizgowych. Dodatkowo dla zapewnienia warunków pracy zbliżonych do panujących w silniku spalinowym, utrzymywana jest zbliżona temperatura i ciśnienie oleju.



Rys. 3.25. Wyważarka CMT- 48 VSR TWIN

Ostatnim stanowiskiem jest urządzenie TurboTest firmy CIMAT, przedstawione na rysunku 3.26. Maszyna TurboTest wykorzystywana jest do regulacji mechanizmu zmiennej geometrii w turbosprężarkach wyposażonych w siłownik pneumatyczny jak i elektryczny. Na podstawie wartości przepływu strumienia powietrza przez łopatki mechanizmu zmiennej geometrii i wartości współczynnika ciśnienia doładowania, gdy turbosprężarka działa na wysokich obrotach i pod obciążeniem jak w pojeździe. Urządzenie TurboTest cechuje się wysoką jakością użytych czujników co zapewnia bardzo wysoką dokładność pomiarów i wieloletnią pracę urządzenia.



Rys. 3.26. Urządzenie TurboTest firmy CIMAT

Podczas diagnostyki i naprawy uszkodzeń w systemach doładowania nowoczesnych jak i starszych silników Diesla warto zastosować podejście systemowe. Takie sposoby diagnostyki stosowane są w Autoryzowanych Stacjach Obsługi. Mechanik dostaje dostęp za pomocą Internetu do specjalnego programu, który krok po kroku prowadzi go poprzez wszystkie czynności, które musi wykonać, aby prawidłowo zdiagnozować przyczynę usterki. Jednak nie każdy warsztat ma możliwość dostępu do takiej bazy danych.

Podczas diagnostyki wykonano następujące czynności:

- Ocenę pracy silnika na biegu jałowym
- Ocenę jakości i koloru spalin podczas pracy silnika na biegu jałowym
- Sprawdzenie płynności pracy zmiennej geometrii turbosprężarki oraz sprawdzenia szczelności układu podciśnień za pomocą Testera szczelności
- Sprawdzenie wizualne szczelności turbosprężarki (czy nie ma widocznych wycieków)
- Ocenę pracy silnika podczas jazdy próbnej w warunkach równego obciążenia. Szczególną uwagę zwrócono na kulturę pracy, przyspieszenie.
- Odczytanie i analizę wartości wskazanych przez program diagnostyczny VCDS oraz przyrównanie do wartości nominalnych parametrów silnika, podczas jazdy próbnej w zmiennych warunkach obciążenia

- Sprawdzenie i ocenę szczelności i drożności układu dolotowego
- Sprawdzenie i ocenę szczelności i drożności układu wydechowego
- Sprawdzenie i ocenę prawidłowego działania czujnika doładowania N75
- Sprawdzenie i ocenę luzu wzdłużnego i poprzecznego wirnika turbosprężarki.

Po przeprowadzonych prawidłowo czynnościach diagnostycznych oraz ocenie i analizie parametrów stwierdzono nieprawidłową pracę turbosprężarki spowodowaną uszkodzeniem mechanicznym wewnętrznych jej elementów. Turbosprężarka z takimi uszkodzeniami kwalifikują się do pełnej regeneracji.

Naprawę turbosprężarki rozpoczęto od wymontowania jej z pojazdu w celu przeprowadzenia pełnej regeneracji. Po demontażu turbosprężarki z pojazdu przystąpiono do rozebrania turbosprężarki na części pierwsze. Następnie została wykonana analiza przyczyny uszkodzenia. W tym przypadku uszkodzeniu uległy łopatki turbiny, a także doszło do rozerwania wałka rdzenia turbosprężarki. Uszkodzenia przedstawiono na rysunkach 3.27 i 3.28.



Rys. 3.27. Uszkodzenia turbosprężarki



Rys. 3.28. Uszkodzenia turbosprężarki

W kolejnym etapie pozostałe elementy, nie wymagające wymiany na nowe, zostały poddane myciu w specjalnej myjce wysokociśnieniowej w celu usunięcia nagarów eksploatacyjnych. W trakcie tego zabiegu elementy zostały oczyszczone z osadu pozostałości eksploatacyjnych, a następnie dokładnie wysuszone. Kolejną czynnością jakiej zostały poddane umyte i wysuszone elementy turbosprężarki było piaskowanie. Substancjami roboczymi w tej operacji były drobne ziarenka piasku i mikro kulki szklane w zależności od czyszczonego elementu i twardości materiału z jakiego jest wykonane dany element (stal, żeliwo- piasek, aluminium- mikro kulki szklane). Piaskowanie miało na celu przywrócenia odpowiedniej kondycji elementom turbosprężarki. Piaskarki widoczne są na rysunku 3.29.



Rys. 3.29. Maszyny służące do piaskowania

Elementy, które nie mogły zostać poddane piaskowaniu (np. zmienna geometria) zostały poddane myciu za pomocą specjalnej chemii w odpowiednio wysokiej temperaturze. Mycie przeprowadzono w specjalistycznej myjce ultradźwiękowej.

Po zakończonym etapie mycia i czyszczenia elementów turbosprężarki przystąpiono do kolejnej fazy regeneracji. Kolejnym krokiem był ponowny montaż elementów turbosprężarki wykonywany w odpowiedniej kolejności. Montaż rozpoczęto od złożenia rdzenia turbosprężarki z fabrycznie nowych, wysokiej jakości części. Rdzeń turbosprężarki składa się z wielu elementów, przy montażu których należy zachować szczególną ostrożność, aby ich nie uszkodzić. Przy składaniu warto także naoliwić wewnętrzne elementy rdzenia.

Elementy wchodzące w skład rdzenia turbosprężarki to (rysunek 3.30):

- korpus
- koło kompresji
- wirnik
- pierścień uszczelniający
- talerzyk
- łożysko oporowe
- tulejka smarująca
- odrzutniki
- nakrętka
- inne uszczelnienia



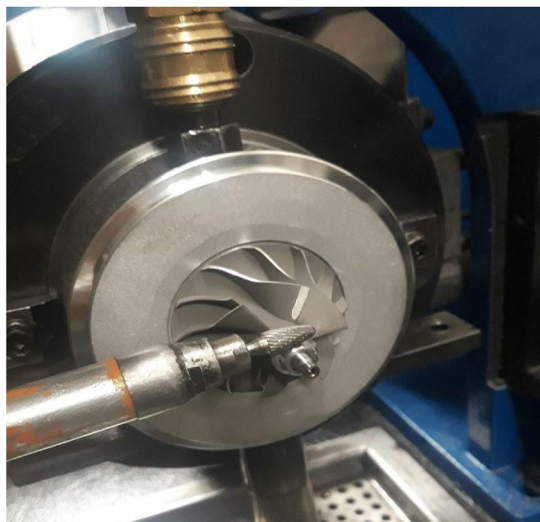
Rys. 3.30. Elementy rdzenia turbosprężarki

no na rysunku 3.31.

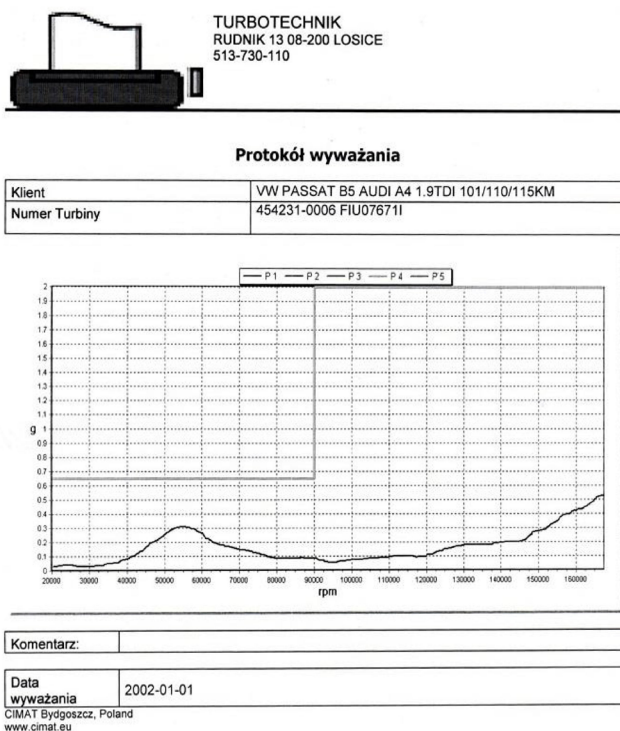


Rys. 3.31. Nowy rdzeń turbosprężarki

Następnym krokiem w regeneracji było wyważenie i doważenie rdzenia turbosprężarki na wyważarce szybkoobrotowej marki CIMAT przy prędkości obrotowej dochodzącej do 280 000 obr/min. Po pierwszym ważeniu nadmiar z nakrętki wirnika został zebrany (rysunek 3.32) i ponownie został wykonany pomiar wyważania. Drugi pomiar wykazał wartości mieszczące się w normie, co potwierdza raport przedstawiony na rysunku 3.33.



Rys. 3.32. Zbieranie nadmiaru z nakrętki wirnika

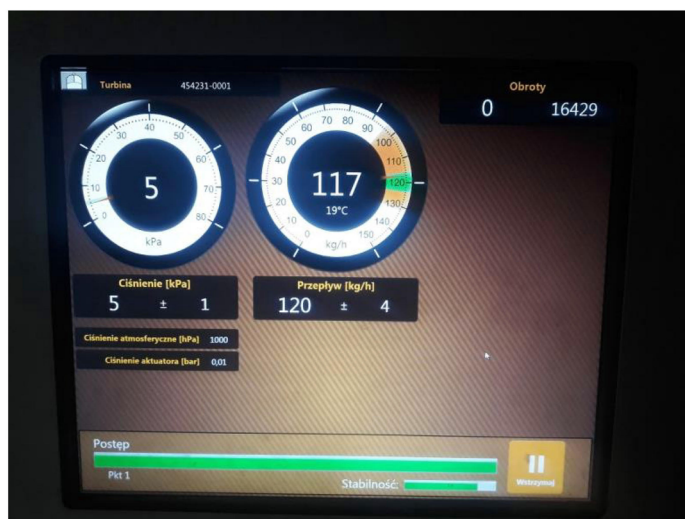


Rys. 3.33. Raport wyważania rdzenia turbosprężarki

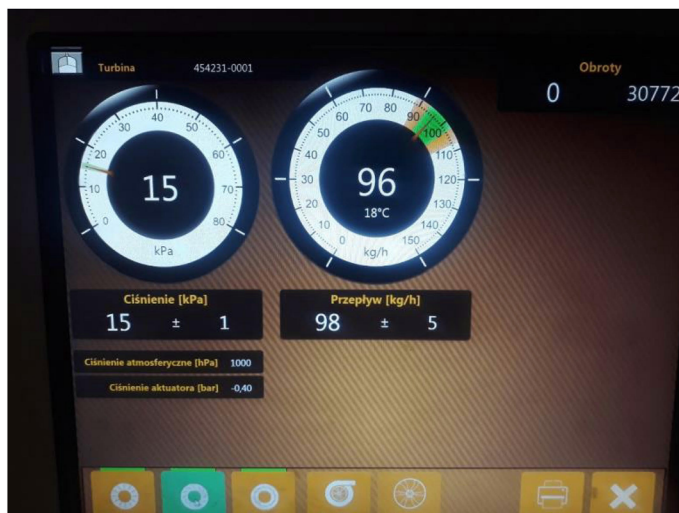
Kolejną czynnością było zamocowanie pozostałych elementów w obudowie sprężarki, w tym kierownicy zmiennej geometrii. Podczas przykręcania zwrócono uwagę czy łopatki kierownicy zwrócone są w odpowiednim kierunku. Błąd na tym etapie montażu mógłby mieć poważne konsekwencje w dalszym procesie regeneracji. W następnej czynności wyważony został rdzeń, ostrożnie umieszczono go w kolektorze turbiny i zakończono połączenie w całość pozostałych elementów turbosprężarki.

Po całkowitym montażu turbosprężarki przystąpiono do kalibracji zaworów podciśnieniowych. Nieprawidłowa regulacja uniemożliwiłaby prawidłowy przebieg ostatniej operacji procesu regeneracji z powodu wskazywania błędnych wartości mierzonych i w konsekwencji nieprawidłowej pracy.

Ostatnim etapem regeneracji było zamocowanie turbosprężarki w maszynie TurboTest firmy CIMAT w celu regulacji i sprawdzenia prawidłowego działania zmiennej geometrii oraz pomiaru wydajności zregenerowanej turbosprężarki. Dokonane pomiary wydajności zregenerowanej turbosprężarki w punkcie 1 (rysunek 3.34) i w punkcie 2 (rysunek 3.35) mieściły się w normach przewidzianych przez producenta. Pomiary końcowe zostały potwierdzone raportem (rysunek 3.36). Oznacza to, że proces regeneracji turbosprężarki został wykonany prawidłowo.



Rys. 3.34. Pomiar wydajności turbosprężarki w punkcie 1



Rys. 3.35. Pomiar wydajności turbosprężarki w punkcie 2

 www.cimat.pl	Firma		TURBOTECHNIK Małgorzata Łukaszuk			
	Adres		Rudnik 13 08-200 Łosice			
	Telefon		662053111; 513730110			
	Strona		turbo-technik.org.pl			
	Mail					
Turbo Test Raport	Numer turbiny		454231-0006			
	Numer seryjny		FIU076711			
	Komentarz					
	Punkt zamknięcia		Punkt 1		Punkt 2	
	Pomiar	Wartość akceptowalna	Pomiar	Wartość akceptowalna	Pomiar	Wartość akceptowalna
Ciśnienie [kPa]	30,0	29,2-30,8	4,7	4,4-5,6	15,0	14,3-15,7
Przepływ [kg/h]	81,5	76,0-86,0	117,2	116,0-124,0 96,0-132,0	96,2	93,0-103,0 88,2-107,8
Obroty [obr/min]	0,0		0,0		0,0	

Wynik testu Pozytywny

Rys. 3.36. Raport pomiaru wydajności turbosprężarki

3.3.5. Diagnostyka układu wtryskowego silnika Diesla

Bardzo często podstawę napędu dużych pojazdów typu SUV stanowią jednostki napędowe Diesla. Badaniom takim poddano samochód typu SUV marki BMW X5 z 2003 roku wyposażony w silnik wysokoprężny o pojemności 2926 cm³ generujący moc 183 KM. Wygląd badanego pojazdu przedstawiono na rysunku 3.37. Przedział silnika 3,0 TDI badanego pojazdu przedstawiono na rysunku 3.38.



Rys. 3.37. Badany pojazd BMW X5



Rys. 3.38. Silnik 3.0 TDI w badanym pojeździe

Do badań pojazdu wykorzystano zaawansowane urządzenie diagnostyczne Autocom CARS CDP Pro – 2010 Release 3 (przedstawione na rysunku 3.39) wykorzystujące transmisję w trybie OBD Generic ze złączem diagnostycznym pojazdu BMW. Tester AutoCom opracowany został zgodnie z procedurami serwisowymi producentów pojazdów. Oznacza to praktyczny dostęp do szeroko pojętych informacji diagnostycznych. Obejmują one odczyt kodów błędów, funkcje nastaw podstawowych, regulacji, adaptacji i kodowania na tym samym poziomie, co w testerach autoryzowanych serwisów poszczególnych marek.



Rys. 3.39. Urządzenie diagnostyczne Autocom [30]

Urządzenie diagnostyczne nie jest niezależne i potrzebuje komputera przenośnego wraz z odpowiednim oprogramowaniem. Urządzenie diagnostyczne komunikuje się z odpowiednimi jednostkami sterującymi pojazdu za pomocą złącza OBD. Laptop komunikuje się z urządzeniem za pomocą transmisji bluetooth. Sposób podłączenia urządzenia do pojazdu przedstawiono na rysunku 3.40.



Rys. 3.40. Podłączenie urządzenia diagnostycznego

Po połączeniu komputera przenośnego z urządzeniem Autocom za pomocą transmisji Bluetooth następuje wybranie diagnozowanego pojazdu. Na rysunku 3.41 przedstawiono wybór kolejnych parametrów pojazdu i silnika w celu zainicjowania pracy urządzenia diagnostycznego.

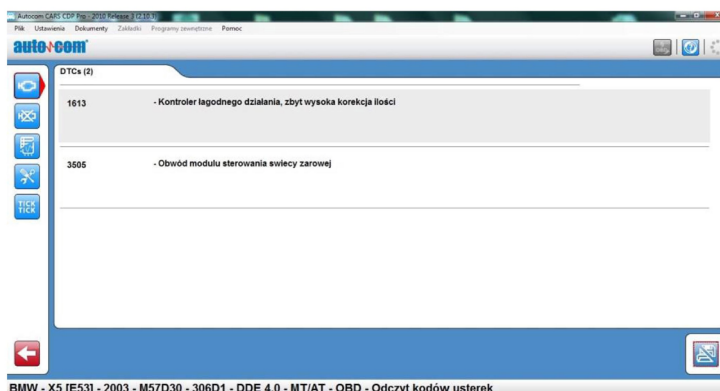
The screenshot shows the 'Autocom CDS Pro - 2010' software window. It has a menu bar with 'Plik', 'Ustawienia', 'Dokumenty', 'Zakładki', 'Programy zewnętrzne', and 'Pomoc'. The interface is divided into three main sections for vehicle selection:

- 1. Wybierz pojazd (Choose vehicle):** Contains three dropdown menus: 'Marka' (Alfa Romeo, Audi, BMW, Cadillac), 'Model' (X5 [E53], X5 [E70], X6 [E71], Z3 [E36]), and 'Rocznik' (2004, 2003, 2002, 2001).
- 2. Wybierz system (Choose system):** Contains three dropdown menus: 'Rodzaj systemu' (ISS Wszystkie systemy, Paliwo/zapłon, Wysokopreśny), 'Kod silnika' (M57D30 - 306D1, M57D30 - 306D2), and 'System' (DDE 4.0).
- 3. Wybierz opcje (Choose options):** Contains two dropdown menus: 'Skrzynia biegów' (MT/AT) and 'Wypożyczenie' (empty).

At the bottom of the window, a status bar displays the selected configuration: 'BMW - X5 [E53] - 2003 - M57D30 - 306D1 - DDE 4.0 - MT/AT'. There are also icons for 'OBD' and a red 'X' button on the left side.

Rys. 3.41. Okno wyboru diagnozowanego pojazdu

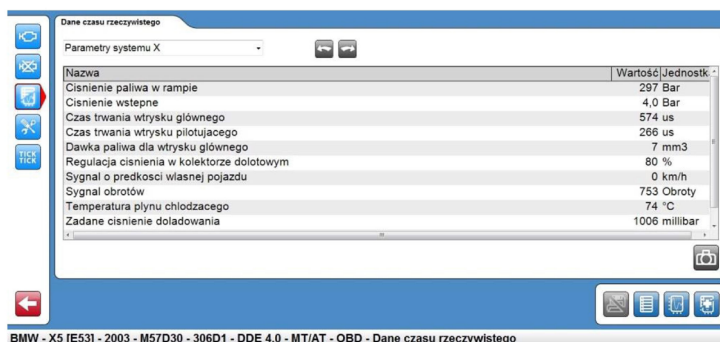
Prawidłowe podłączenie i wybranie danego modelu pozwoliło na wyszukanie usterek zapisanych w sterowniku. Program wykrył dwa błędy przedstawione na rysunku 3.42. Pierwszy o numerze 1613 dotyczył kontrolera łagodnego działania, a drugi o numerze 3505 wskazywał na obwód modułu sterowania świecy żarowej. Próba wykasowania błędów zakończyła się powodzeniem. I tak nie trzeba było szukać długo, aby poznać dwa najczęstsze uszkodzenia nowoczesnych silników Diesla. Opisany kodem usterki 1613 kontroler to nic innego jak moduł korekcji wtrysku paliwa do poszczególnych cylindrów silnika w celu uzyskania dużej kultury pracy. Gdy jeden lub więcej wtryskiwaczy zaczyna łąć, lub straci część wydatku, do pracy wchodzi wspomniany kontroler i delikatnie koryguje dawkę paliwa. Gdy uszkodzenie wtryskiwacza jest zbyt duże korekta przyjmuje także duże wartości i generowany jest wówczas kod błędu.



Rys. 3.42. Odczyt kodów błędów

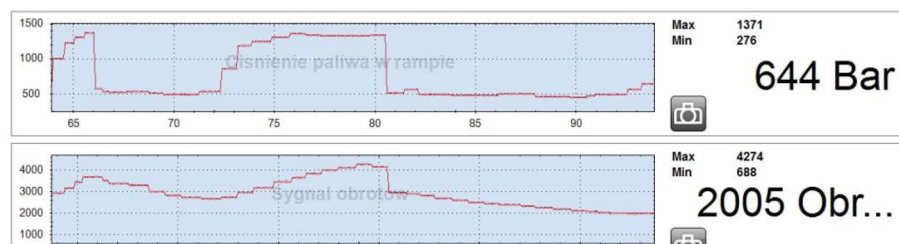
Drugi z odczytanych błędów dotyczący obwodu modułu świec żarowych był błędem przypadkowym towarzyszącym odpięciu akumulatora.

Następnym krokiem było wybranie danym czasu rzeczywistego oraz wgląd na ich parametry podczas postoju, gdy silnik pracuje obrotach biegu jałowego. Dane te oraz ich wartości przedstawione są na rysunku 3.43.



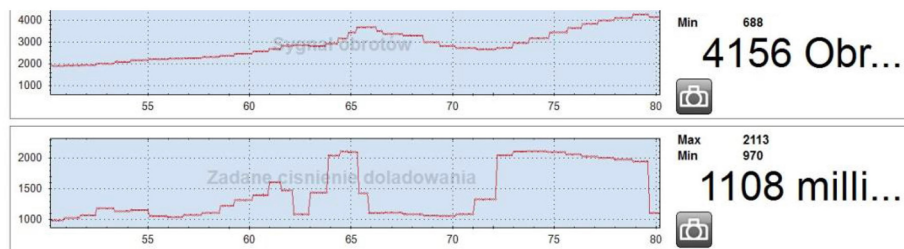
Rys. 3.43. Dane czasu rzeczywistego

Dalsze czynności zostały wykonane podczas jazdy samochodem. Szczególną uwagę zwrócono na ciśnienie wtrysku paliwa, które świadczy o poprawności działania pompy paliwa. Wynosiło ono od 276 bar na biegu jałowym do 1371 bar podczas jazdy z maksymalną mocą silnika. Dokładnie widać to na rysunku 3.44. Wartości te zgadzają się z danymi odnalezionymi w instrukcji pojazdu.



Rys. 3.44. Sygnał ciśnienia paliwa i prędkości obrotowej

Przedstawienie graficzne przebiegu sygnałów w urządzeniu diagnostycznym jest bardzo pomocne w obserwacji. Także rejestracja minimalnej i maksymalnej wartości sygnału od razu pozwala nam określić poprawność zakresu diagnozowanego sygnału. Na rysunku 3.45 przedstawiono przebieg ciśnienia turbodoładowania. Uzyskane ciśnienie na biegu jałowym wynosi około 1 bar i stanowi pomiar ciśnienia atmosferycznego. Podczas nagłego przyspieszania pojazdu na trzecim biegu odnotowano ciśnienie doładowania wynoszące ponad 2 bary. Turbosprężarka była w stanie generować ciśnienie maksymalne przez dłuższy okres czasu co świadczy o jej poprawnym działaniu.

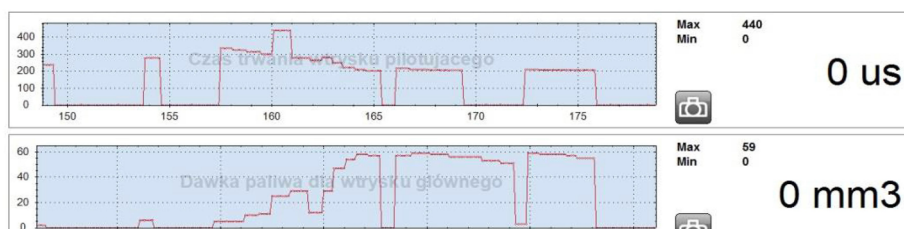


Rys. 3.45. Sygnał prędkości obrotowej i ciśnienia doładowania

Na rysunku 3.46 przedstawiono czas trwania wtrysku głównego i pilotującego, zaś na rysunku 3.47 przedstawiono dawkę paliwa podczas wtrysku głównego. Badania te potwierdzają istnienie w badanym pojeździe wtrysku wielofazowego uwzględniającego wtrysk pilotujący. Należy zwrócić uwagę, że czas i dawka wtrysku pilotującego nie jest stała i jest uzależniona od warunków pracy silnika.



Rys. 3.46. Czas wtrysku głównego i pilotującego



Rys. 3.47. Dawka paliwa wtrysku pilotującego i głównego

Diagnozowany trzylitrowy silnik 3.0d BMW jest jedną z najlepszych wysokoprężnych jednostek napędowych tego koncernu. Silnik powstał w 1998 roku i przez cztery kolejne lata zdobywał miano najlepszego silnika roku w klasie 2.5 – 3.0 l. BMW wyposażyło swoje auta w sześciocylindrowy silnik z 24-zaworową głowicą, wtrysk Common rail, układ recyrkulacji spalin i turbosprężarkę o zmiennej geometrii. Blok silnika został zbudowany z żeliwa szarego, a głowica z aluminium co zminimalizowało wagę jednostki napędowej zachowując jednocześnie trwałość elementów konstrukcyjnych. Niestety jak każdy nowoczesny silnik wyposażony w zaawansowany układ wtrysku paliwa wrażliwy jest na złej jakości paliwo. Wtryskiwacze zużywają się po około 150 tys. km przy dbaniu o to jakiej jakości paliwo wlewane jest do zbiornika. Jeśli tankowany olej napędowy będzie złej jakości to wtryskiwacze mogą odmówić posłuszeństwa już nawet przed 100 tys. km. Wyeksploatowany wtryskiwacz dostarcza więcej paliwa niż go potrzeba powodując wydostawanie się czarnego dymu z tłumika. Dzieje się tak najczęściej podczas rozruchu, który może być także utrudniony przez wadliwe działające wtryskiwacze oraz podczas dodawania gwałtownie gazu. Innymi objawami również może być od-

czuwalny spadek mocy oraz zwiększone zużycie paliwa. Wszystko to przyczynia się do zwiększenia emisji spalin do środowiska. Według mechaników najtrwalsze wtryskiwacze były używane w pierwszej generacji układu Common rail.

Innym problemem silnika BMW może okazać się usterka koła pasowego z tłumikiem drgań. Nie jest to poważny problem gdy wymiana jego nastąpi na czas. Usterka ta objawia się stukami podczas pracy silnika oraz wibracjami podczas uruchamiania i gaszenia silnika. Objawy te nasilają się wraz z pęknięciami koła. W nowszych modelach BMW ten problem jest częstszy ponieważ nie użyto w konstrukcji napinacza przez co pasek sprężarki klimatyzacji został mocno napięty nadwyrażając trwałość koła pasowego.

Kolejnym problem mogą okazać się klapki w kolektorze dolotowym, które mogą popękać i dostać się do silnika powodując bardzo poważne uszkodzenia. Celem zastosowania tych kłapek jest odcięcie dopływu powietrza do cylindrów, co w efekcie powoduje łagodniejsze wygaszenie silnika. Klapki urywają się gdy mają problemy z poruszaniem w wyniku zabrudzeń znajdujących się w kolektorze a także wydostających się z odmy. Najlepszym rozwiązaniem jest wymiana kolektora po stu kilkudziesięciu tysiącach kilometrów. Drugim rozwiązaniem jest usunięcie kłapek czego nie polecają serwisy samochodowe. Problem może sprawić nisko umieszczony wlot powietrza, który podczas szybkiego wjechania w kałużę może spowodować zassanie brudnej wody a to do poważnych uszkodzeń silnika.

Następną i drogą usterką jest awaria turbosprężarki chociaż może okazać się że jest to tylko pęknięty przewód podciśnienia lub siłownik podciśnienia nie pracuje prawidłowo. Turbiny nowszej generacji z elektrycznym nastawnikiem nie nadają się do naprawy.

Badania za pomocą urządzenia diagnostycznego wykazały pewne usterki w układzie paliwowym badanego pojazdu. Były one związane z kontrolerem łagodnego działania silnika. Kierującemu zalecono obserwację zachowania silnika po zatankowaniu oleju napędowego pochodzącego z różnych źródeł. Pouczono, że paliwo brudne lub o gorszych parametrach w postaci liczby cetanowej może powodować nierównomierną pracę silnika wyposażonego w układ wtryskowy typu Common rail. Badania wykazały poprawną pracę pompy wysokiego ciśnienia paliwa a także turbosprężarki.

Z badań wynika, że układy Common rail posiadają bardzo zaawansowany sposób działania oraz monitoring parametrów poprawności pracy. Niemożliwa jest już diagnostyka tych systemów bez użycia zaawansowanych urządzeń diagnostycznych typu AutoCom.

3.4. Rezultaty

Diagnostyka uszkodzeń w najnowszych jednostkach napędowych rozpoczyna się od zgromadzenia podstawowej wiedzy na temat samego pojazdu jak i zamontowanej w niej jednostki napędowej. Następnie wymagane jest posiadanie specjalistycznego urządzenia diagnostycznego do połączenia się z ECU pojazdu celem sprawdzenia obecności zapamiętanych błędów oraz wykonania testów funkcjonalnych. Jak to wynikało z analizy przestudiowanych w rozdziale przypadków jest to zazwyczaj początek pracy. Do efektywnej diagnostyki uszkodzeń układu korbowo-tłokowego, układu wtryskowego czy turbodoładowania potrzebne są profesjonalne urządzenia diagnostyczne. Zaliczyć do nich możemy próbnik ciśnienia sprężania oraz specjalistyczne stoły pomiarowe dla turbosprężarek. Po dokonaniu naprawy warto ponownie skorzystać z urządzeń diagnostycznych w celu sprawdzenia poprawności działania naprawionego podzespołu. Tak jak to przedstawiono w rozdziale 2 zawsze warto dokonać pomiaru mocy silnika na hamowni podwoziowej w celu ostatecznej weryfikacji osiągniętych wyników w celu walidacji przeprowadzonych diagnoz i napraw.

Przykład z podrozdziału 3.3.4. szeroko omawia zastosowanie bezpośredniego wtrysku w silnikach benzynowych. Opisuje rozwój tej dziedziny techniki i płynące z niego korzyści, ale również problemy wynikające z dodatkowych trudności w eksploatacji i związanych z nim usterkami. W pracy przedstawiono analizę rozwiązań bezpośredniego wtrysku benzyny kilku producentów samochodów osobowych. Dokonano studium przypadku rozwoju bezpośredniego wtrysku benzyny w silnikach marki VW.

Podsumowując bezpośredni wtrysk paliwa jest to duży krok w przód w dziedzinie rozwoju pojazdów samochodowych. Pozwala na poprawę paramentów silnika, przy zmniejszeniu zużycia paliwa

i redukcji szkodliwych substancji spalin. Niestety eksploatacja takich silników zazwyczaj jest dużo krótsza niż zasilanych klasycznie. Diagnostyka i naprawa jest bardziej problematyczna a przez to bardziej kosztowana. Diagnostyka takich silników wymaga również zaawansowanej aparatury badawczej: testerów diagnostycznych, analizatorów spalin oraz bardzo przydatnej hamowni podwoziowej.

Na podstawie dokonanych badań i analiz można dojść do wniosku, że pojazdy z silnikami z bezpośrednim wtryskiem benzyny są droższe o kilka tysięcy złotych względem silników o porównywalnej mocy z wtryskiem pośrednim. W dobie kryzysu gospodarczego może to mieć ogromny wpływ na decyzję klientów, które auta wybrać. Ponadto silniki z bezpośrednim wtryskiem benzyny są droższe w serwisowaniu ze względu na koszt samych części, bardziej skomplikowane sterowanie i konstrukcję. Wtryskiwacz benzynowy do wtrysku bezpośredniego kosztuje od czterech do kilkunastu razy więcej (w przypadku wtryskiwaczy piezoelektrycznych) niż jego odpowiednik do wtrysku pośredniego.

Podczas przeprowadzonego studium przypadku diagnostyki i naprawy turbosprężarki można było zaobserwować iż systemy turbodoładowania są podstawą nowoczesnych silników zarówno z zapłonem samoczynnym jak i iskrowym. Umożliwiają uzyskiwanie dużych osiągnięć (moc i moment) z małych objętości skokowych silnika. Na rynku w chwili obecnej pozostała tylko niewielka liczba silników bez systemu doładowania powietrza.

Z przeprowadzonej analizy literatury i przeprowadzonych w pracy badań wynikają następujące wnioski:

- Systemy turbodoładowania są podstawą nowoczesnych silników benzynowych i Diesla.
- Turbodoładowanie pozwala osiągać duże mocy z silników o małej objętości skokowej.
- Znane są i stosowane w praktyce zarówno proste systemy doładowania, jak i bardziej skomplikowane obejmujące turbosprężarki ze zmienną geometrią łopatek lub nawet kilka turbosprężarek przypadających na jeden silnik.
- Turbosprężarka jest skomplikowanym i precyzyjnym zespołem wymagającym podczas użytkowania odpowiedniej wiedzy do prawidłowej jej eksploatacji.

- W wyniku nieprawidłowej eksploatacji turbosprężarek często dochodzi do ich przedwczesnego uszkodzenia.
- W celu diagnostyki uszkodzonej turbosprężarki najpierw stosuje się pomiar parametrów pracy bez jej demontażu z pojazdu. Na etapie tym wykorzystywane są specjalistyczne testery diagnostyczne zdolne wyświetlać i zapisywać parametry pracy pozyskane z jednostki sterującej silnikiem.
- Następnie dochodzi zazwyczaj do demontażu zespołu na części i dokładnych oględzin części. Zużyte części się wymienia na nowe a brudne czyści i myje.
- Po ponownym złożeniu zespołu turbosprężarki jest on wyważany i poddawany pomiarowi parametrów pracy na stanowisku badawczym. Po uzyskaniu żądanych parametrów pracy turbosprężarka jest montowana w pojeździe.
- Regeneracja turbosprężarek jest bardzo powszechna ze względu na bardzo wysoki koszt zakupu nowego komponentu.

4. Diagnostyka pojazdów zasilanych paliwami alternatywnymi

4.1. Klient

W 2019 roku zarejestrowano ponad 44 tys. nowych ekologicznych aut hybrydowych. Należą do nich pojazdy hybrydowe - HEV, hybrydy z możliwością ładowania baterii plug-in – PHEV oraz pojazdy elektryczne - EV. W tym czasie liczba pojazdów napędzanych LPG wzrosła o ponad 78 tys. sztuk [21].

Zastosowanie LPG jako paliwa dla pojazdów z silnikiem benzynowym stanowi obecnie najtańszy sposób na podróżowanie własnym samochodem. Różnica cen pomiędzy LPG a benzyną od wielu lat utrzymuje się na podobnym poziomie. Gaz jest więcej niż o połowę tańszy. Instalacja gazowa najlepiej sprawdza się w starszych samochodach, wyposażonych w wolnossące silniki z wielopunktowym wtryskiem pośrednim do kolektora dolotowego. Dziś na rynku pozostało już niewiele modeli z takim rozwiązaniem. Jednak znajdują się na rynku producenci oferujący najnowsze modele niskoemisyjnych pojazdów Euro 6 z wtryskiem pośrednim. Innym często stosowanym przez Polaków rozwiązaniem jest zakup używanego auta. Potwierdzają to najnowsze dane z importu. Polacy masowo sprowadzają stare samochody osobowe z silnikami benzynowymi, w których można – relatywnie niewielkim kosztem – zamontować prostą instalację gazową, jak informuje IBRM Samar [21]. Montaż instalacji sekwencyjnego wtrysku gazu do pojazdu z silnikiem czterocylindrowym można wykonać za 2000 zł brutto.

W 2019 roku import samochodów osobowych z silnikami benzynowymi przekroczył 515 tys. sztuk, przy czym ich średni wiek wyniósł ponad 13 lat. Sprowadzone w analogicznym czasie samochody z silnikami Diesla były miały średnio niespełna 11 lat.

Według danych pochodzących z baz Centralnej Ewidencji Pojazdów i Kierowców na koniec 2019 roku w Polsce zarejestrowanych było 2 678 691 samochodów osobowych wyposażonych w instalację LPG. Jest to 3 % więcej niż rok wcześniej. To 14,5 % ubiegłorocznego parku samochodów osobowych. 40 % z nich wyprodukowano przed 2000 rokiem. Najpopularniejszym rocznikiem jest 1999. Oczywiście, im starszy samochód, tym większe jest prawdopodobieństwo, że posiada instalację LPG: wśród pojazdów sprzed 2000 roku 25 proc. aut posiada instalacje gazową, a dla niektórych roczników (np. 1992) taki udział przekracza 30 procent [21].

Jakie marki i modele najczęściej konwertują na zasilanie gazowe? Prym wiodą tu pojazdy najliczniej reprezentowane w bazie Park 2019. Niemal 40 % samochodów z LPG stanowią marki niemieckie, tj: Opel, Volkswagen i Audi.

Warto podkreślić, że instalacje LPG coraz częściej pojawiają się w samochodach marek Premium, które lata świetności mają już dawno za sobą. Poza masowo importowanymi autami Audi, BMW i Mercedesa, w Parku 2019 jest ponad 1 tys. sztuk Porsche zasilanych LPG. Są także 2 sztuki Maserati oraz 2 egzemplarze Rolls-Royce'a z lat 70. XX wieku.

Osobną grupę aut z instalacją LPG stanowią modele wyprodukowane w 2019 roku. Liderem zestawienia takich nowych aut z LPG jest Dacia (4 503 szt.), przed Skodą (1 974 szt.) i Oplem (1 471 szt.) [21].

4.2. Potrzeba

W związku z aferą VW gate Komisja Europejska oraz niezależne rządy krajów członkowskich zwróciły szczególną uwagę na uciążliwość pojazdów z silnikiem Diesla. Emisja regulowanych i nieregulowanych toksycznych składników spalin z tychże silników jest duża zwłaszcza podczas jazdy miejskiej [3]. W różnych krajach rozpoczęły się procesy ograniczania wjazdu pojazdów z silnikami Diesla do centrów miast a także śmiałe plany całkowitego wycofania z produkcji pojazdów osobowych zasilanych olejem napędowym. W związku z powyższymi krokami zarówno koncerny samochodowe jak i jednostki naukowe powróciły do bardziej intensywnego rozwoju jednostek napędowych z zapłonem iskrowym [14]. Chodzi tutaj o silniki

benzynowe, jak i silniki zasilane innymi paliwami alternatywnymi spalnymi w silniku o spalaniu wewnętrznym, działającymi w oparciu o cykl Otto. Okazuje się, że silniki z zapłonem iskrowym mają jeszcze duży potencjał rozwojowy. Kolejnym ważnym atrybutem jest łatwość ich zasilania na poziomie fabrycznym lub późniejszej konwersji na zasilanie paliwem alternatywnym [5]. Europejskie i polskie prawo dopuszcza obydwie te możliwości [8].

Ekologia i ekonomia pojazdu zasilanego silnikiem spalinowym z zapłonem iskrowym zależy od wielu czynników, do których możemy m. in. zaliczyć:

- konstrukcję podwozia i nadwozia pojazdu wpływające na masę własną pojazdu oraz na opory aerodynamiczne, które wpływają na zużycie paliwa,
- efektywność silnika spalinowego o spalaniu wewnętrznym, zależna od rozwiązań konstrukcyjnych i sterowania głównymi procesami i systemami silnikowymi,
- rodzaj używanego paliwa z uwzględnieniem jego ceny oraz własności ekologicznych tj. emisji poszczególnych składników spalin regulowanych w normach Euro oraz emisji CO₂,
- konstrukcję układu napędowego uwzględniającego rozwiązania hybrydowe, mogące wykazywać lepsze osiągi i niższą emisję spalin niż pojedyncze źródła napędu.

LPG jako paliwo ekologiczne i ekonomiczne

Od wielu lat w Polsce, w Europie i w wybranych krajach na całym świecie ogromną popularności cieszy się LPG. Początkowo skroplona mieszanka propanu i butanu traktowana była jako efekt uboczny procesu rafinacji ropy naftowej i nie znajdowano dla niej wielu zastosowań poza zasilaniem domowych kuchni gazowych. Jednak w późniejszym czasie zwrócono uwagę na ewidentne walory LPG jako paliwa. I nie chodziło już tylko o jego cenę w porównaniu do benzyny, ale przede wszystkim o dużą wartość opałową oraz mniejszą emisję CO₂ w porównaniu z benzyną [5]. Wynika to z chemicznej budowy propanu i butanu w porównaniu z cięższymi frakcjami węglowodorów tworzących benzynę.

Rozwój systemów zasilania pojazdów LPG w Polsce i na świecie

Systemy zasilania pojazdów LPG zaczęły być popularne w Europie Zachodniej na początku lat 90. XX wieku. Były to produkowane zwłaszcza we Włoszech i w Holandii systemy I i II generacji [5]. Pod koniec lat 90 pojawiły się w Polsce wraz z bardzo szybko powstającą infrastrukturą do ich tankowania. Wówczas zachodnie firmy opracowały już i wdrożyły na rynki systemy sekwencyjnego wtrysku gazu – tzw. systemy sekwencyjne. Zapewniały one bardzo dobre osiągi pojazdu, jednak w Polsce były one bardzo drogie. Wysoka cena włoskich i holenderskich instalacji sekwencyjnego wtrysku gazu stała się impulsem do ich badań i rozwoju w Polsce. W 2005 roku pojawiły się pierwsze polskie systemy IV generacji [7] i do 2010 roku ugruntowały swoją pozycję na rynkach europejskich, jak i światowych. Ich bezpieczną pracę oraz niskie wartości emisji spalin do atmosfery były potwierdzane przez uzyskane homologacje zgodne z Regulaminem R115 EKG ONZ [8] [12]. Rozwój systemów zasilania gazem musiał cały czas nadążać za rozwojem silników spalinowych i spełniać aktualnie obowiązujące normy emisji spalin Euro. Badania potwierdziły, że nowoczesne niskoemisyjne silniki benzynowe są w stanie spełniać normy emisji spalin Euro 5 [8] i Euro 6 również zasilane LPG.

4.3. Rozwiązanie

System zasilania pojazdu niskoemisyjnego Euro 6 paliwem LPG

W badaniach wykorzystano pojazd niskoemisyjny Renault Megane z silnikiem 1,6 SCe o mocy 115 KM, posiadający system pośredniego wtrysku paliwa do kolektora dolotowego silnika [27]. Pojazd został wyprodukowany w 2016 roku i spełnia na zasilaniu benzynowym normy emisji spalin Euro 6. Pojazd został następnie poddany konwersji na zasilanie LPG zgodnie z wymogami Regulaminu 115 EKG ONZ. Zgodnie z przedmiotowym regulaminem został wyposażony w dodatkowy system sekwencyjnego wtrysku LPG do kolektora dolotowego silnika. Wykorzystano komponenty produkowane przez polskich producentów systemów LPG.

Wygląd samego pojazdu oraz komponentów instalacji LPG zabudowanych w pojeździe przedstawiono na rysunkach od 4.1 do 4.4.



Rys. 4.1. Wygląd badanego pojazdu



Rys. 4.2. Montaż wtryskiwaczy LPG



Rys. 4.3. Montaż zbiornika LPG



Rys. 4.4. Montaż zaworu tankowania LPG

Konwersji dokonano pod okiem autorów, mających duże doświadczenie w tym zakresie. Zainstalowany system sekwencyjnego wtrysku LPG jest jednym z liderów rynku w Polsce. Jest wybierany i szanowany zarówno przez warsztaty montujące jak i użytkowników za niezawodność działania wynikającą z wysokiej jakości komponentów jak i wyrafinowanego firmware współpracującego z ECU pojazdu i sterującego wtryskiem LPG.

Hardware i software systemu zasilania gazem

Hardware jednostki sterującej wtryskiem gazu LPG stanowi elektroniczna jednostka sterująca. Jest to wielowarstwowa płytki elektroniczna wykonana w technologii SMD z szeregiem wejść i wyjść steru-

jących wraz z mikrokontrolerem. Sygnały mierzone przez wejścia są wykorzystywane do sterowania czasem wtrysku gazu we wszystkich warunkach prędkości obrotowej i obciążenia silnika spalinowego. Dla konkretnej wartości czasu wtrysku benzyny musi zostać obliczony czas wtrysku gazu z uwzględnieniem jego temperatury i ciśnienia. Służą do tego skomplikowane algorytmy sterujące, które mają za zadanie zapewnić bezpieczną pracę systemu gazowego. Dodatkowo muszą zapewnić wysoką kulturę pracy silnika podczas zasilania paliwem alternatywnym oraz osiągi silnika (moc, przyspieszenie) porównywalne z benzyną [19]. Kolejnym wymogiem klientów jest ekonomia działania wynikająca z niskiego zużycia paliwa [1].

Ważnym elementem każdej instalacji jest software umożliwiający komunikację osób uprawnionych z ECU systemu gazowego – ECU LPG. Po zakończeniu fizycznej konwersji pojazdu benzynowego na zasilanie LPG wymaga on właściwej konfiguracji oraz kalibracji. Konieczne jest ściągnięcie ze strony internetowej producenta odpowiedniego software i jego zainstalowanie na komputerze przenośnym lub urządzeniu mobilnym. Ze względu na łatwiejszą konfigurację i kalibrację na dużym ekranie wybrano komputer przenośny typu laptop oraz połączenie przewodowe laptopa z gniazdem diagnostycznym systemu LPG.

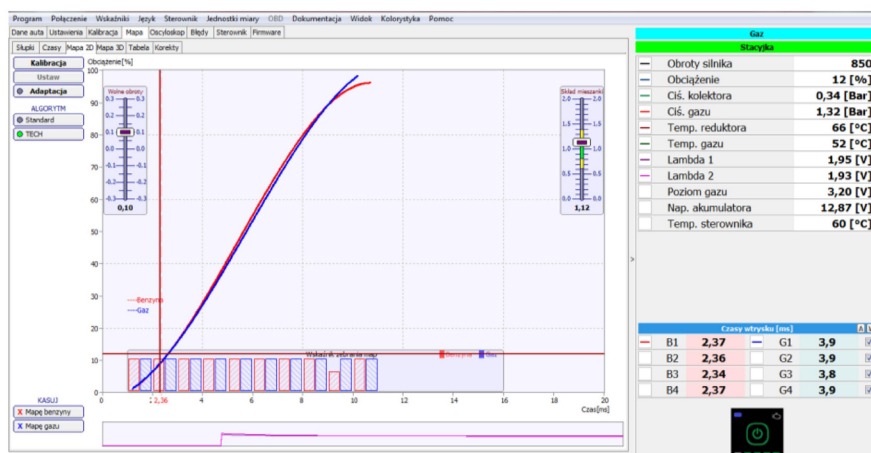
Do przeprowadzenia wnikliwej analizy poprawności pracy silnika przy zasilaniu paliwem oryginalnym jak i paliwem alternatywnym konieczna jest obserwacja wielu parametrów pracy poszczególnych układów silnika. Zadanie takie wiązało się z koniecznością podglądu parametrów pracy silnika dostępnych za pomocą złącza diagnostyki pokładowej OBD a także doposażenia silnika w dodatkowe czujniki badawcze.

Komunikacja ze sterownikiem systemu wtrysku gazu odbywała się za pomocą software producenta, który umożliwia odpowiednie przeprowadzenie procesu kalibracji pojazdu oraz podgląd parametrów systemu takich jak:

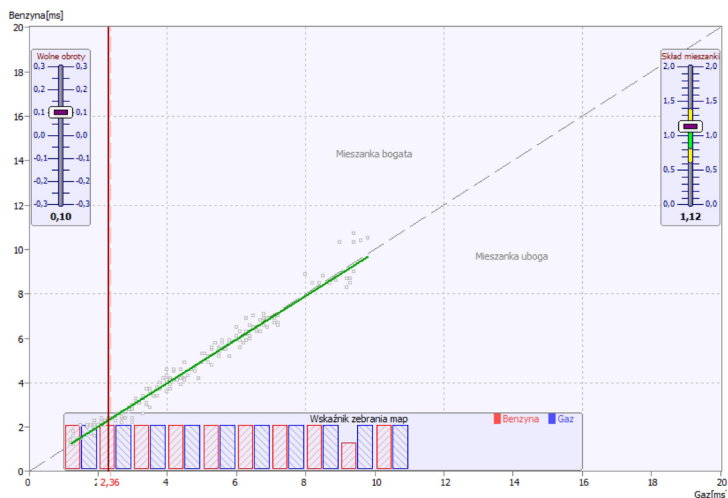
- czas wtrysku benzyny na poszczególnych cylindrach,
- prędkość obrotowa silnika,
- czas wtrysku gazu na poszczególnych cylindrach,
- podciśnienie w kolektorze dolotowym silnika,
- ciśnienie wtryskiwanego gazu,
- temperatura wtryskiwanego gazu,

- temperatura ECU LPG,
- napięcie akumulatora itd.

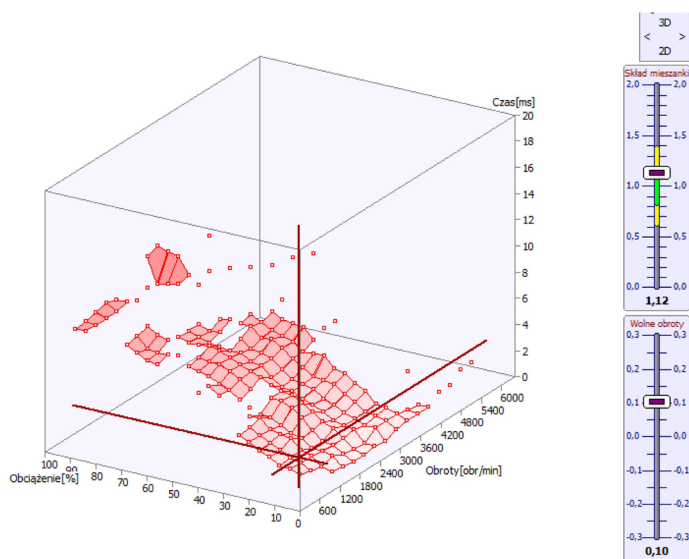
Po procesie konwersji pojazdu na zasilanie LPG należy dokonać konfiguracji systemu gazowego. Następnie następuje wstępna kalibracja pracy systemu na biegu jałowym. Po niej możliwa jest jazda kalibracyjna i właściwa kalibracja systemu gazowego we wszystkich warunkach pracy silnika. Jazda kalibracyjna może odbywać się w warunkach drogowych i do tego celu należy wybrać spokojny odcinek drogi, na którym można osiągnąć duże prędkości jazdy. Jednak jeśli jest tylko taka możliwość jazdę kalibracyjną najlepiej przeprowadzić na hamowni podwoziowej. Będzie ona trwała o wiele krócej i będzie bardziej precyzyjna i bezpieczna. Osoba dokonująca kalibracji może korzystać z zaawansowanych funkcji oferowanych przez software. Do określenia poprawności pracy systemu gazowego wykorzystywane są mapy 2D (rysunek 4.5 i 4.6) oraz 3D (rysunek 4.7).



Rys. 4.5. Okno Mapa-> Mapa 2D software



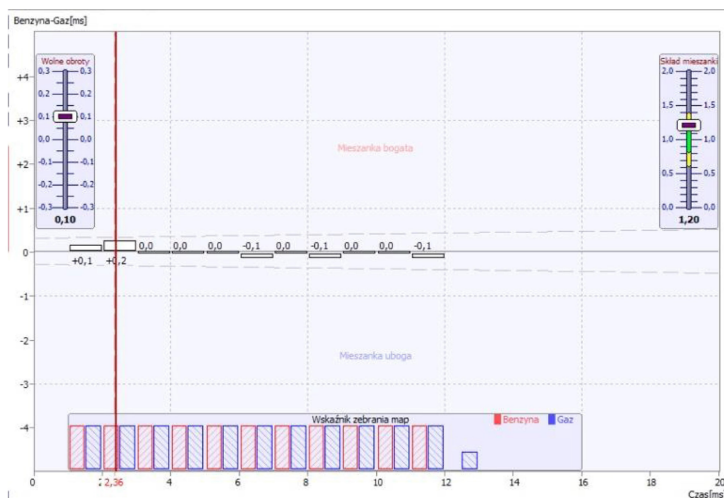
Rys. 4.6. Okno Mapa-> Mapa 2D software



Rys. 4.7. Okno Mapa-> Mapa 3D software

System dokonuje także wielu obliczeń statystycznych w celu określenia odchyłek składu mieszanki od wartości stechiometrycznych, co przedstawiono na rysunku 4.8. Aby uzyskać niską emisję spalin podczas zasilania LPG kalibracja musi być bardzo precyzyjna

a komponenty systemu gazowego powinny zachowywać niezmiennie osiągi podczas długiego okresu eksploatacji.



Rys. 4.8. Odchyłki w składzie mieszanki powietrzno-gazowej w stosunku do powietrzno-benzynowej

4.4. Rezultaty

System sekwencyjnego wtrysku gazu również musi posiadać wewnętrzne funkcje diagnostyczne oraz możliwość odczytywania wykrytych błędów. W tej części książki przedstawiono drogę od konwersji pojazdu aż po konfigurację i kalibrację systemu LPG oraz sprawdzenie poprawności działania samego pojazdu jak i systemu gazowego.

Konwersji poddano pojazd Ford Mustang piątej generacji produkowany w latach 2005 – 2014. Jest to auto z silnikiem V6 o dużej pojemności skokowej i dużej mocy. Pojazd przedstawiono na rysunkach 4.9 – 4.10. Jest to kultowy krążownik szos bardzo uwielbiany w USA, gdzie jest produkowany.



Rys. 4.9. Ford Mustang piątej generacji – widok z przodu



Rys. 4.10. Ford Mustang piątej generacji – widok z tyłu

Pierwszym, mniejszym wariantem Mustanga był model wyposażony w sześciocyldrową jednostkę napędową. Silnik to Ford Cologne V6 SOHC o pojemności czterech litrów. Blok silnika wykonany jest z żeliwa. Z tej dość starej konstrukcji i „małej pojemności” wyciągnięto jedynie 210 KM (przy 5300 obrotach/min) i 325 Nm (przy 3500 obrotach/min) momentu obrotowego. Dla niektórych to mało, dla innych zbyt dużo. Bez względu na opinie, nawet przy masie ok. 1,5 tony takie wartości mocy i momentu potrafią zapewnić niezapomniane wrażenia i przyprawić prowadzącego o palpitacje serca, zwłaszcza, że prędkość 100 km/h jest osiągnięta już w siódmej sekundzie po starcie. Wygląd pojazdu z podniesioną maską przedstawiono na rysunku 4.11.



Rys. 4.11. Silnik V6 4.0 litry pojazdu Ford Mustang piątej generacji

Wybrane parametry silnika Forda Mustanga przedstawiono w tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Wybrane parametry silnika Forda Mustanga

Parametr	Wartość i jednostka
Ilość cylindrów	6
Układ cylindrów	V
Pojemność skokowa	4.0 litry
Moc maksymalna/obr.	210 KM/5300 obr/min
Moment maksymalny/obr.	325 Nm/3500 obr/min

Powodem konwersji na zasilanie LPG było duże zużycie paliwa w postaci benzyny, zwłaszcza podczas sportowej jazdy. Typowy czas konwersji na zasilanie LPG wynosi jeden dzień roboczy. Zostawiając samochód w warsztacie rano, klient może liczyć, że będzie go mógł odebrać po pracy. Jednak ta zasada dotyczy małych samochodów z silnikiem 3 lub 4-cylindrowym. Pojazdy z silnikami 6 i 8-cylindrowymi wymagają więcej pracy. Zazwyczaj montaż LPG w pojeździe o dużej mocy trwa 2 dni robocze. Tak było i w tym przypadku.

W pojeździe zamontowano elektroniczną jednostkę sterującą Nevo pro 6 marki KME (rysunek 4.12). Wybór był podyktowany dobrą opinią rynkową tychże ECU. Oferuje ona bezawaryjną pracę pojazdu na LPG poprzez oferowanie dużych możliwości dokładnej konfiguracji komponentów i kalibracji całego systemu. ECU zostało zainstalowane na kielichu prawego przedniego amortyzatora, jak to widać na rysunku 4.13.



Rys. 4.12. ECU KME Nevo pro 6



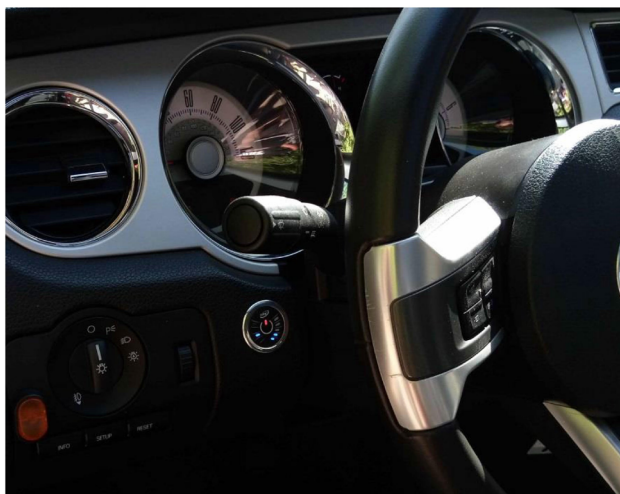
Rys. 4.13. Miejsce montażu ECU
w pojeździe

Do instalacji dobrano również reduktor/parownik o dużej mocy KME Gold. Został on zainstalowany pod filtrem powietrza i nie jest widoczny bez jego demontażu. Kolejnym ważnym komponentem są wtryskiwacze dużej mocy. W przedmiotowym pojeździe zamontowano dwie szyny wtryskowe posiadające po 3 wtryskiwacze. Miejsce montażu wtryskiwaczy pokazano na rysunku 4.14. Pomiędzy reduktorem a szyną wtryskiwaczy umieszczony został filtr fazy lotnej LPG. Jego regularna wymiana, co 10 – 15 000 km, zabezpiecza przez zanieczyszczaniem wtryskiwaczy zanieczyszczeniami znajdującymi się w tankowanym LPG.



Rys. 4.14. Miejsce montażu wtryskiwaczy w pojeździe

Centralkę zmiany paliwa gaz/benzyna zamontowano na desce rozdzielczej obok kierownicy i innych włączników. Komponent ten musi być zamontowany w dobrze widocznym i dostępnym miejscu. Pozwala on przerzucić zasilanie z LPG na benzynę w sytuacji kryzysowej. Na przełączniku znajduje się również wskaźnik poziomu LPG (rysunek 4.15).



Rys. 4.15. Miejsce montażu centralki gaz/benzyna w pojeździe

Coraz więcej klientów życzy sobie, aby zamontować końcówkę tankowania LPG pod klapką wlewu paliwa. Tak zostało to również zrobione w tym przypadku, co przedstawia rysunek 4.16. W ten sposób nie konieczne było dziurawienie zderzaka w celu montażu punktu tankowania. Jednak takie rozwiązanie wiąże się z niedogodnością. Trzeba za każdym razem montować adapter do tankowania LPG (patrz rysunek 4.17).



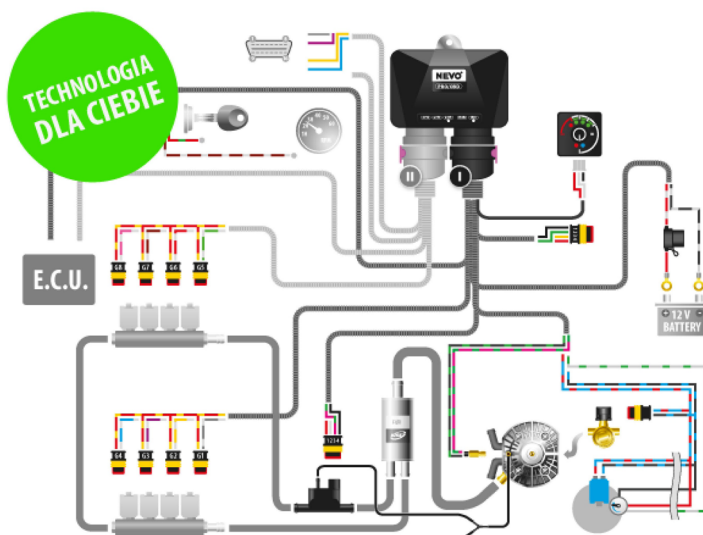
Rys. 4.16. Miejsce montażu końcówki tankowania w pojeździe



Rys. 4.17. Adapter do tankowania LPG

Po zakończonym montażu należy pojechać na stację tankowania w celu zatankowania LPG do zbiornika. Monter systemów gazowych może wtedy dokładnie sprawdzić szczelność całego systemu oraz prawidłowe działanie elektrozaworów i innych komponentów.

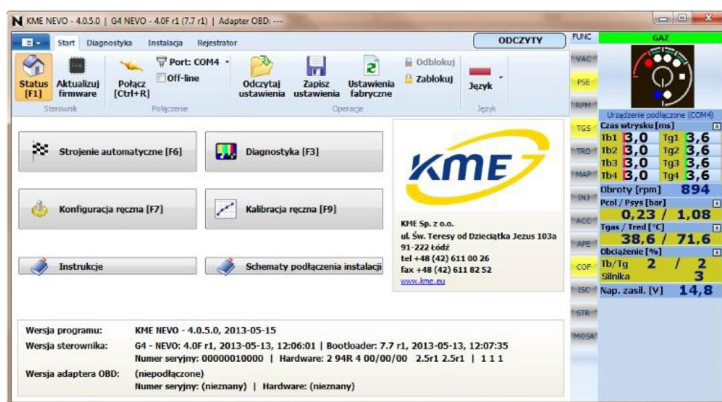
Wszystkie komponenty systemu gazowego zainstalowano zgodnie ze schematem instalacji, przedstawionym na rysunku 4.18.



Rys. 4.18. Schemat podłączenia instalacji gazowej KME Nevo [35]

Konfiguracja systemu gazowego

Po zamontowaniu systemu gazowego w pojeździe, zatankowaniu i sprawdzeniu szczelności instalacji należy dokonać konfiguracji systemu za pomocą software zainstalowanego na laptopie (rysunek 4.19).



Rys. 4.19. Okno startowe software

Po podłączeniu laptopa mechanik musi najpierw wybrać odpowiednie parametry konfiguracyjne silnika benzynowego (liczba

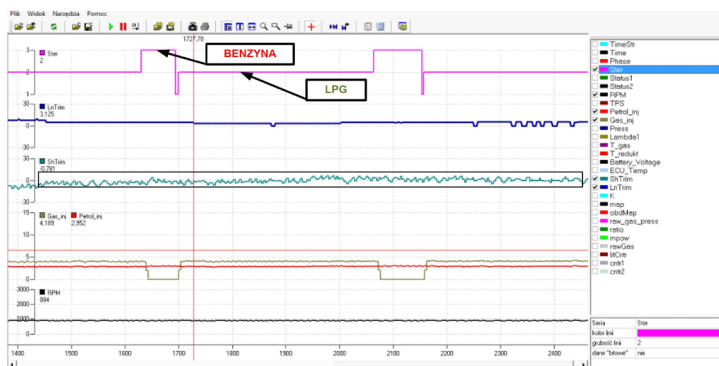
cylindrów, cewek zapłonowych itp.). Następnie musi skonfigurować komponenty gazowe (jakie użyto wtryskiwacze, czujniki temperatury, poziomu gazu itp.). Konfiguracji dokonuje się za pomocą wybierania z listy rozwijanej odpowiedniego komponentu (patrz rysunek 4.20).

Rys. 4.20. Okno Konfiguracja ustawień systemu gazowego

Kalibracja systemu gazowego

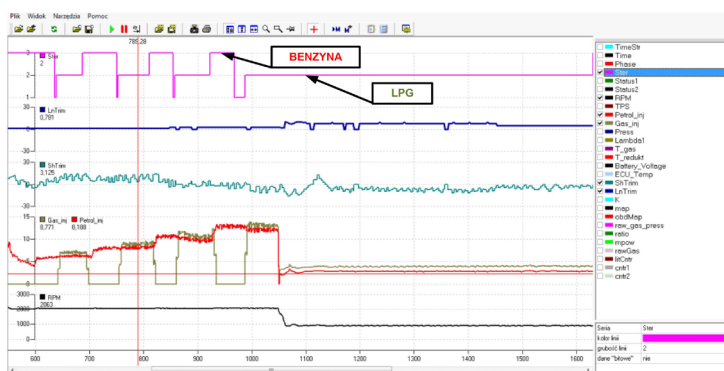
Kalibracja wstępna (konstrukcyjna) polega na dobraniu i dostosowaniu komponentów systemu gazowego do konkretnego pojazdu. Dobrze podlega wielkość wtryskiwacza (wydajność), rodzaj i ciśnienie pracy reduktora i średnica dyszy wkręcanej w kolektor dolotowy silnika. Badania wstępne przeprowadza się z wykorzystaniem trybu dostrajania hamowni podwoziowej. Opierają się one na wykonaniu pomiarów podczas pracy silnika pod różnym obciążeniem dla wybranych wartości prędkości obrotowej. Dla odpowiedniej dokładności kalibracji wstępnej zalecane jest wykonanie badań dla kilku prędkości obrotowych silnika np: 1000 obr/min, 2000 obr/min, 3000 obr/min, 4000 obr/min.

Na rysunku 3.13 przedstawiono badania wstępne na biegu jałowym. Badania te prowadzą do wyznaczenia współczynnika przeliczeniowego gaz/benzyna będącego wartością wyjściową dla kalibracji wstępnej pod obciążeniem. Wyznaczenie takie odbywa się z wykorzystaniem automatycznej kalibracji na biegu jałowym. Badania poprawności kalibracji na biegu jałowym polegają na kilkakrotnym przełączeniu z zasilania benzynowego na gazowe z jednoczesną obserwacją czasów wtrysku benzyny podczas pracy na benzynie i na gazie, co zostało zobrazowane na rysunku 4.21.



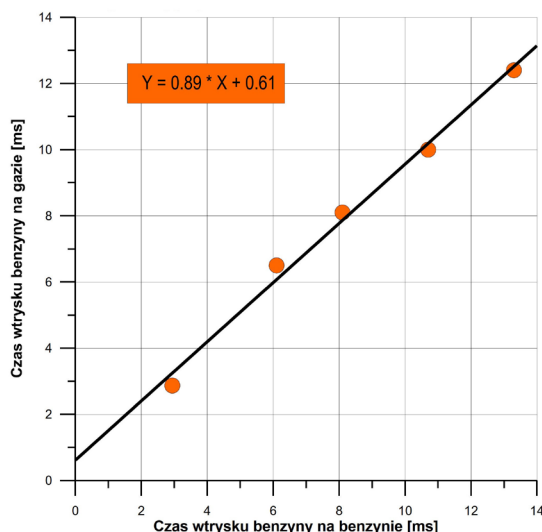
Rys. 4.21. Badania wstępne na biegu jałowym

Otrzymany współczynnik kalibracyjny został sprawdzony także podczas pracy z obciążeniem na hamowni podwoziowej. Przykładowe badania wykonane dla prędkości obrotowej 2500 obr/min zostały przedstawione na rysunku 4.22. Hamownia podwoziowa jest bardzo użyteczna podczas kalibracji systemu LPG. Minimalizuje ryzyko uszkodzenia pojazdu na drodze oraz pozwala na przeprowadzenie kalibracji przez jedną osobę. Podczas testów drogowych jedna osoba musi kierować pojazdem a diagnosta siedzący na miejscu pasażera dokonywać niezbędnych ustawień. Na hamowni podwoziowej dużo łatwiej jest również odwzorować cały zakres pracy silnika spalinyowego, począwszy od małych obciążeń aż do mocy maksymalnej.



Rys. 4.22. Badania wstępne pod obciążeniem

Kalibracja wstępna prowadzi do wyznaczenia charakterystyki podstawowej, będącej funkcją czasu wtrysku gazu LPG w dziedzinie czasu wtrysku benzyny. Z wykresu przedstawionego na rysunku 4.23 wynika, że charakterystyka podstawowa czasu wtrysku gazu posiada przesunięcie (offset) o wartości 0,61 co musi być uwzględnione w ustawieniach konfiguracyjnych.

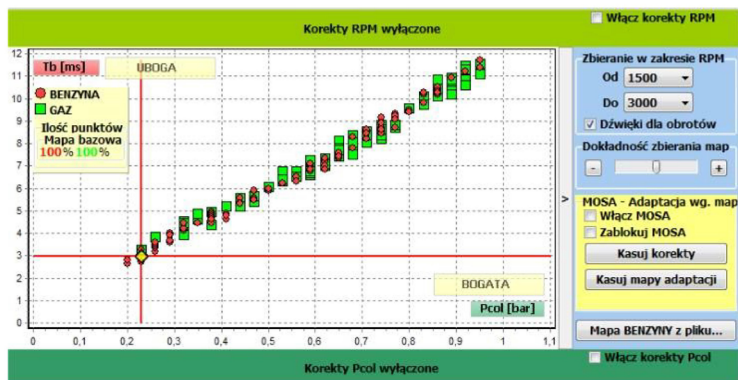


Rys. 4.23. Charakterystyka podstawowa czasu wtrysku gazu

Wiele nowoczesnych systemów sekwencyjnego wtrysku gazu posiada wbudowane moduły wykorzystujące podczas kalibracji, jak i podczas normalnego użytkowania, informacje z gniazda EOBD.

Podczas kalibracji OBD wykorzystywany jest interfejs diagnostyczny OBD ELM 327, który pozwala na odczytywanie informacji z pokładowego systemu diagnostycznego sterownika benzynowego. Polega ona na przeprowadzeniu krótkiej jazdy w ruchu drogowym lub na hamowni podwoziowej, podczas której system wtrysku gazu zbiera informacje w jaki sposób jego działanie wpływa na sterownik wtrysku benzyny. Właściwie działający układ zasilania gazem powinien tak dozować gaz aby suma wartości obu współczynników korekcyjnych była zbliżona do wartości 0. Wykorzystanie interfejsu diagnostycznego OBD ELM 327 umożliwia obserwację obu wielkości podczas przeprowadzania procedury kalibracyjnej. Dzięki temu algorytm sterowania wtryskiem gazu uzyskuje żądany skład mieszanki

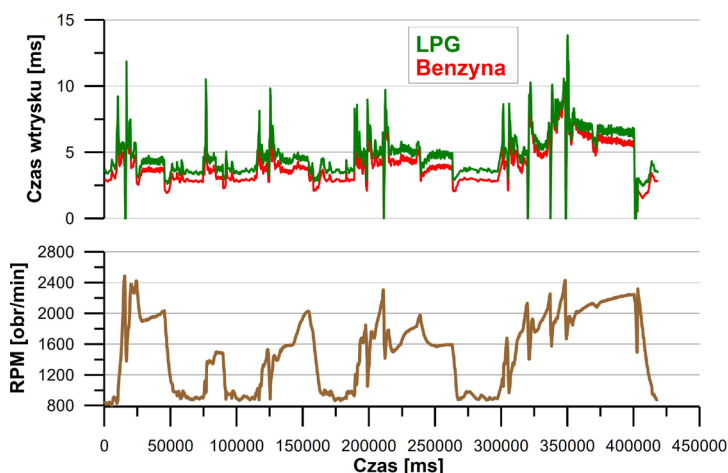
bez zwłoki wynikającej z różnic pomiędzy dwoma różnymi systemami paliwowymi oraz czasu potrzebnego sterownikowi benzynowemu do ustawienia właściwej wartości czasu wtrysku. Wynikiem tego etapu jest precyzyjne obliczenie współczynnika kalibracyjnego z wykorzystaniem procedur kalibracji automatycznej. Wyniki kalibracji OBD zostały przedstawione na rysunku 4.24.



Rys. 4.24. Okno kalibracja

Testy drogowe pojazdu

Na rysunku 4.25 przedstawiono zapis parametrów pracy systemu podczas jazdy części testu miejskiego i pozamiejskiego **w teście emisyjnym NEDC**. Możemy na nim zaobserwować, że elektroniczna jednostka sterująca LPG realizuje strategię elektronicznej jednostki sterującej benzyny podczas pracy na LPG. Podczas zwiększania prędkości obrotowej silnika widzimy wzrost czasu wtrysku benzyny jak i czasu wtrysku gazu. Oczywiście czas wtrysku gazu jest obliczany z uwzględnieniem korekt zależnych od temperatury i ciśnienia gazu dlatego czas wtrysku gazu i nie jest wprost proporcjonalny do czasu wtrysku benzyny. Na wykresie możemy również zaobserwować strategię sterowania zwaną „cut-off”, która jest realizowana zarówno przez system benzynowy jak i gazowy.



Rys. 4.25. Fragment miejskiego i pozamiejskiego cyklu jezdny

Tak prawidłowo skalibrowany pojazd może być oddany w ręce właściciela. System gazowy posiada dwuletnią gwarancję producenta na wszystkie komponenty i instalatora na jakość montażu.

Badania poprawności działania diagnostyki ECU LPG

Posiadanie przez system wtrysku gazu własnego pokładowego systemu diagnostyki wynika z regulacji prawnych – patrz tabela 4.2.

Tabela 4.2. Podstawa prawna badań [12]

Regulamin Nr 115

6. WYMAGANIA DOTYCZĄCE DODATKOWYCH UKŁADÓW ZASILANIA

6.1. CZĘŚĆ I – Wymagania dla dodatkowych układów zasilania LPG

6.1.4.4.1.d. Podczas pracy na LPG elektroniczna jednostka sterująca LPG powinna monitorować tylko elementy składowe związane z emisją LPG, jak i ich połączenia elektryczne.

6.1.4.4.2.3. Kody błędów z powodu nieprawidłowego działania elementów składowych związanych z emisją LPG i ich połączeń elektrycznych powinny być zapamiętywane w elektronicznej jednostce sterującej LPG.

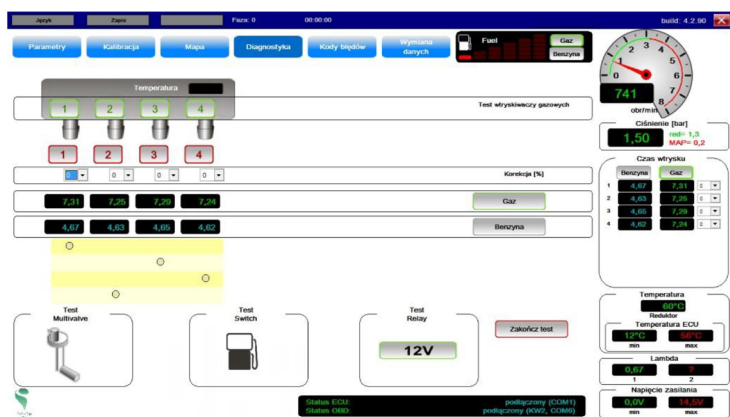
6.1.4.4.2.4. Wytwórca układu powinien zapewnić szczegółowe instrukcje, jak odczytywać kody błędów LPG podane w punkcie 6.1.4.4.2.3.

Regulamin Nr 83.05 ZAŁĄCZNIK 11

UKŁAD DIAGNOSTYKI POKŁADOWEJ (OBD) DLA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

3.3.4.5. O ile nie są inaczej kontrolowane, wszystkie inne mające wpływ na emisję zanieczyszczeń części mechanizmu napędowego połączone ze sterownikiem, wraz z odpowiednimi czujnikami umożliwiającymi przeprowadzenie funkcji kontrolnych muszą być kontrolowane pod względem ciągłości obwodu.

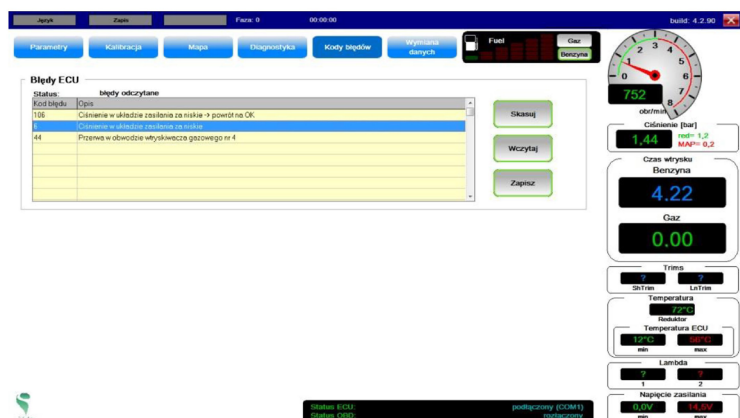
Okno DIAGNOSTYKA (patrz rysunek 4.26) systemu gazowego umożliwia przeprowadzenie aktywnych testów elektrozaworów gazowych: w wielozaworze butli i przy parowniku. Umożliwia także sprawdzenie działania elektrozaworów w zasobniku gazu i wtryskiwaczy benzynowych. Bardzo pomocna jest funkcja umożliwiająca śledzenie średnich czasów wtrysków zarówno wtryskiwaczy benzynowych jak i gazowych. Znajdująca się pod rysunkiem wtryskiwaczy benzynowych aktywna plansza z białymi kropkami przedstawia kolejność pracy poszczególnych wtryskiwaczy benzynowych. Na tej podstawie można określić czy jest to wtrysk sekwencyjny, półsekwencyjny czy symultaniczny z możliwością obserwacji ewentualnych dotrysków (dodatkowych wtrysków).



Rys. 4.26. Okno DIAGNOSTYKA softwaru

Możliwe jest także odczytanie i skasowanie kodów usterek zapamiętanych w pamięci Systemu Diagnostyki Pokładowej Systemu Gazowego (okno KODY BŁĘDÓW-> Błędy ECU – rysunek 4.27).

System wtrysku gazu posiada własny system diagnostyki pokładowej umożliwiający przeprowadzenie aktywnych testów wszystkich ważnych komponentów instalacji gazowej oraz wykrywanie i zapamiętywanie ich uszkodzeń. W chwili wadliwego działania któregoś z komponentów (czujnika temperatury, czujnika ciśnienia, wtryskiwacza) system diagnostyki pokładowej natychmiast wykrywa błąd i przełącza zasilanie pojazdu na benzynę. W ten sposób unika się nadmiernej emisji spalin do atmosfery i chroni katalizator przed wcześniejszym zużyciem. Każdemu błędowi odpowiada kod cyfrowy oraz krótki opis możliwy do odczytania za pomocą programu kalibracyjnego. Umożliwia to szybkie odnalezienie i usunięcie usterki. W przypadku naprawy system diagnostyki pokładowej wyświetla informację „Powrót na OK” przy kolejnym rozruchu silnika.



Rys. 4.27. Okno KODY BŁĘDÓW softwaru

W celu weryfikacji poprawności działania Systemu Diagnostyki Pokładowej Systemu Gazowego zasymulowano wszystkie możliwe przypadki uszkodzeń. Wyniki badań zostały przedstawione w tabeli 4.3.

Tabela 4.3. Tabela pomiarowa Systemu Diagnostyki Pokładowej

L.p.	Przyczyna usterki	Reakcja systemu	Kod błędu	Opis	Ocena ogólna
1	Przerwa w obwodzie wtryskiwacza gazowego nr X (X - numer wtryskiwacza od 1 do 4)	przełączenie na benzynę	4X	Przerwa w obwodzie wtryskiwacza gazowego nr X	Reakcja prawidłowa
2	Zwarcie w obwodzie wtryskiwacza gazowego nr X	przełączenie na benzynę	6X	Zwarcie w obwodzie wtryskiwacza gazowego nr X	Reakcja prawidłowa
3	Awaria obwodu ECU wtryskiwacza gazowego nr X	przełączenie na benzynę	8X	Awaria obwodu ECU wtryskiwacza gazowego nr X	Reakcja prawidłowa
4	Uszkodzenie obwodu elektr. czujnika temperatury reduktora (obwód otwarty lub zwarcie)	przełączenie na benzynę	2	Uszkodzenie obwodu elektrycznego czujnika temperatury reduktora	Reakcja prawidłowa
5	Uszkodzenie obwodu elektr. czujnika temperatury gazu (obwód otwarty lub zwarcie)	przełączenie na benzynę	4	Uszkodzenie obwodu elektrycznego czujnika temperatury gazu	Reakcja prawidłowa
6	Uszkodzenie obwodu elektr. czujnika ciśnienia gazu (obwód otwarty lub zwarcie)	przełączenie na benzynę	brak	Uszkodzenie obwodu elektrycznego czujnika ciśnienia gazu	Reakcja prawidłowa
7	Za niskie ciśnienie w instalacji gazowej (ze względu na wszystkie prawdopodobne przyczyny)	przełączenie na benzynę	brak	Niskie ciśnienie w instalacji gazowej	Reakcja prawidłowa

Powyższe badania potwierdzają prawidłowe działanie Systemu Diagnostyki Pokładowej Systemu Gazowego w zakresie monitorowania wszystkich układów pomiarowych.

Badania kompatybilności z systemem OBD

W przypadku istnienia połączenia z systemem diagnostyki pokładowej OBD II / EOBD, z wykorzystaniem interfejsu diagnostycznego OBD ELM 327, możliwe jest odczytanie i skasowanie kodów usterek zapamiętanych w pamięci sterownika benzynowego (okno KODY BŁĘDÓW-> Błędy OBD). W tym przypadku badanie kompatybilności działania systemu zasilania gazem z systemem OBD polegało na symulacji wystąpienia błędu poprzez zasymulowanie usterek kilku z czujników systemu benzynowego czego wyniki przedstawiono w tabeli 4.4.

Tabela 4.4. Tabela pomiarowa kompatybilności z systemem OBD

L.p.	Zasymulowana usterka	Błąd odczytany w ScanTool	Błąd odczytany w Genova	Możliwość skasowania błędu	Ocena końcowa
1	Odpięcie czujnika temperatury i ciśnienia powietrza w kolektorze dolotowym	P0108	P0108	TAK	Reakcja prawidłowa
		P0113	P0113	TAK	Reakcja prawidłowa

Powyższe badania potwierdzają kompatybilność działania systemu zasilania gazem LPG z systemem diagnostyki pokładowej OBD badanego pojazdu. Potwierdzają także prawidłowe działanie Systemu Diagnostyki Pokładowej Systemu Gazowego. Tak dokładnie sprawdzona jakość montażu instalacji LPG w pojeździe jest gwarancją jej prawidłowego i długotrwałego działania.

5. Diagnostyka pojazdów elektrycznych

5.1. Klient

Elektromobilność związana jest z coraz szybszym rozwojem i wprowadzaniem na rynek nowych pojazdów z napędem elektrycznym. Wykorzystują one silnik elektryczny do napędu kół pojazdu a potrzebna energia elektryczna jest gromadzona w bateriach trakcyjnych. Pojazdy elektryczne posiadają odmienny sposób budowy od pojazdów tradycyjnych zasilanych silnikami spalinowymi. Z tego względu zarówno sposób użytkowania, obsługi oraz serwisowania jest odmienny. Zapoznanie się z wybranymi zagadnieniami eksploatacyjnymi pojazdów elektrycznych wpływa pozytywnie na niezawodność ich użytkowania oraz bezpieczeństwo i komfort jazdy. Ważnym komponentem pojazdów elektrycznych jest bateria trakcyjna. Prawidłowa jej eksploatacja wpływa na zachowanie w długim okresie czasu początkowej pojemności energetycznej a tym samym zasięgu pojazdu. W tej części książki przedstawiono badania stanu baterii trakcyjnych małego pojazdu miejskiego o napędzie elektrycznym. Szczegółowo opisano pojazd, zastosowane w nim baterie oraz urządzenia diagnostyczne służące ocenie stanu baterii. Na podstawie analizy literatury, obserwacji trendów rynkowych zaproponowano szybką i skuteczną metodę oceny stanu technicznego baterii w pojazdach elektrycznych. Metoda została przetestowana na wybranym pojeździe. Dokonano oceny stanu technicznego baterii w pojeździe po 4,5 roku eksploatacji i przejechaniu 30 000 km.

5.2. Potrzeba

Ciągle zwiększająca się liczba pojazdów elektrycznych wymaga coraz większej liczby stacji ich ładowania. Często pojawia się pytanie podobne do tego: Co było wcześniej? Kura czy jajko? Co powinno powstać wcześniej? Flota pojazdów elektrycznych w danym mieście czy jednak infrastruktura ich ładowania? Odpowiedzi możemy dostarczyć już teraz. Wszelkie doniesienia medialne jak i analiza statystyczna świadczą o tym, że wpieryw powinna powstać infrastruktura ładowania pojazdów, która zachęci użytkowników do zakupu pojazdów elektrycznych.

Zakładając istnienie optymalnej infrastruktury do ładowania pojazdów nie można uniknąć kolejnych pytań: Skąd powinien pochodzić prąd do ich ładowania? Pojazdy elektryczne są z natury ekologiczne w miejscu ich użytkowania. Nie wydzielają wówczas żadnych szkodliwych substancji do otoczenia. To jest istotny argument za ich użytkowaniem w centrach dużych miast, gdzie skażenie spalinami jest bardzo duże ze względu na ogromną liczbę pojazdów i niejednokrotne problemy wybranych metropolii z przewietrzaniem, które powodują powstawanie smogu. Pojazdy elektryczne wydają się być jedynym skutecznym rozwiązaniem do walki ze smogiem. Walka powinna się odbywać na poziomie pojedynczych uczestników dróg jak i ekologicznych korporacji taksówkowych czy zielonej komunikacji miejskiej. Pojazdy elektryczne mogą być w jeszcze większym stopniu ekologiczne, gdy prąd do ich zasilania pochodził będzie z Odnawialnych Źródeł Energii a nie ze spalania węgla kamiennego czy innych paliw kopalnianych.

Kolejnymi ważnymi aspektami rynkowymi oprócz produkcji i sprzedaży pojazdów elektrycznych jest ich diagnostyka i naprawa. Niektóre z pojazdów elektrycznych diagnozuje się i naprawia w podobny sposób jak ich poprzedników z napędem spalinowym. Ma to miejsce wtedy, gdy producent takiego modelu pojazdu wykorzystał platformę pojazdu spalinowego do przerobienia jej na napęd elektryczny. Jednak większość koncernów motoryzacyjnych postanowiła zbudować auta elektryczne od początku z wykorzystaniem wszystkich przewag jakie niesie za sobą napęd elektryczny. Autoryzowane i nieautoryzowane serwisy muszą nauczyć się nowego podejścia do serwisowania pojazdów elektrycznych. Inna budowa, inny zakres

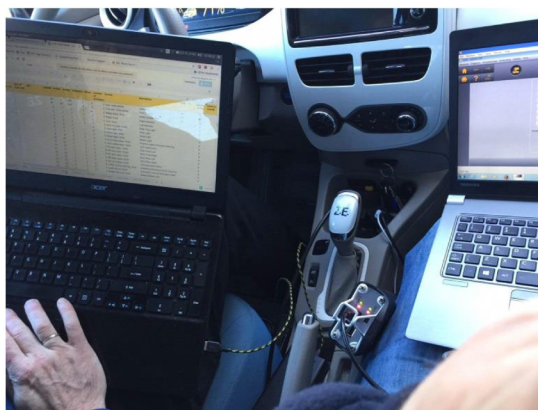
poszczególnych przeglądów gwarancyjnych i pogwarancyjnych. Do tego całkiem inne podejście do obsługi komponentów pod wysokim napięciem (do 500 V). Wymaga to od kadry całkiem odmiennej wiedzy, kompetencji a także innych uprawnień.

Obecny czas jest odpowiedni na szybkie wejście na rynek w szerokim zakresie usług dla pojazdów elektrycznych. Pionierzy będą musieli przecierać szlaki, ale w chwili boomu rynkowego będą gotowi do świadczenia usług na najwyższym poziomie i w konkurencyjnych cenach.

5.3. Rozwiązanie

5.3.1. Urządzenia diagnostyczne w ASO

Producenci pojazdów, znając standardy komunikacji pomiędzy komponentami pojazdu elektrycznego, są w stanie budować urządzenia do diagnostyki takich pojazdów dedykowane do konkretnych modeli lub stosując ujednolicone standardy we wszystkich modelach elektrycznych danej marki (Twizy, Zoe, Kangoo, Master w rodzinie Renault) [27]. Urządzeniem diagnostycznym wykorzystywanym w tej rodzinie pojazdów jest CLIP. Sposób podłączenia urządzenia diagnostycznego do pojazdu elektrycznego przedstawiono na rysunku 5.1. Jednak stosując takie podejście do diagnostyki pojazdów elektrycznych warsztat byłby zmuszony do zakupu bardzo drogich narzędzi diagnostycznych dedykowanych do konkretnych marek pojazdów (Renault, Nissan, Daimler-Benz, VW, Tesla, itp.). Ich posiadanie nie gwarantuje sukcesu w diagnostyce danego uszkodzenia czy nieprawidłowego działania ze względu na zbyt ogólne działanie. Autor sam miał zdarzenie związane z nieprawidłowym procesem ładowania pojazdu Renault Twizy podczas upalnych letnich dni. Błąd generowany przez system OBD odczytany przez urządzenie diagnostyczne, był zbyt ogólny, by wnioskować o tym, który z komponentów działał niewłaściwie. Autor był zmuszony do przeprowadzenia diagnostyki we własnym zakresie.



Rys. 5.1. Urządzenie diagnostyczne podłączone do EV w ASO [27]

5.3.2. Urządzenia diagnostyczne w warsztatach niebędących ASO

Autor od wielu lat stosuje indywidualne podejście naukowe do diagnostyki nowoczesnych pojazdów. To nie tylko podpięcie urządzenia diagnostycznego do pojazdu pracującego na biegu jałowym w warsztacie. To przede wszystkim odtworzenie warunków na drodze, w których występuje błąd lub niewłaściwe działanie. Testowi drogowemu towarzyszy zapis do pliku wybranych sygnałów diagnostycznych w celu analizy on-line i off-line.

Badanym pojazdem był Renault Twizy, który podczas 4,5 roku użytkowania pokonał w warunkach jazdy miejskiej ok. 30 000 km. Badania polegały na odnalezieniu urządzenia diagnostycznego zdolnego do komunikacji z Elektroniczną Jednostką Sterującą pojazdu za pomocą gniazda OBD. Autor odwiedził jeden z lubelskich niezależnych warsztatów samochodowych świadczących usługi diagnostyki pojazdów wszystkich marek. Badany pojazd w przedmiotowym warsztacie przedstawia rysunek 5.2.

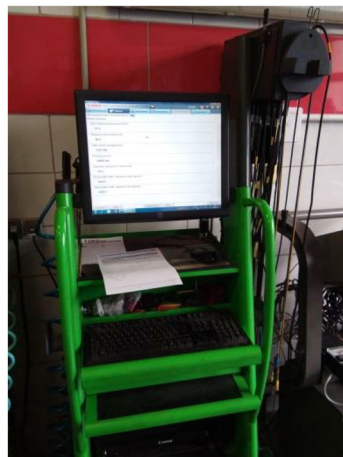


Rys. 5.2. Pojazd elektryczny w serwisie Bosch [26]

Takim urządzeniem jest Bosch KTS, którego podłączenie do gniazda OBD pojazdu przedstawiono na rysunku 5.3. Na rysunku 5.4 przedstawiono komputer stacjonarny z zainstalowanym software umożliwiającym wyświetlanie danych na ekranie monitora w celu ich podglądu i wydruku.



Rys. 5.3. Urządzenie Bosch KTS podłączone do pojazdu [26]



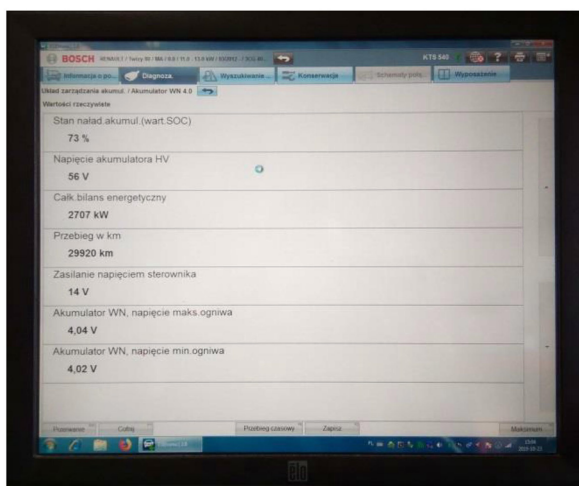
Rys. 5.4. Urządzenie Bosch KTS [26]

Celem badań było sprawdzenie stanu baterii trakcyjnych. W tym celu wyświetlono wartości rzeczywiste znajdujące się w zakładce:

Układ zarządzania akumulatorem-> Akumulator WN 4.0. Jak to pokazano na rysunku 5.5 umożliwia śledzenie takich wartości jak:

- Stan naładowania akumulatora (wartość SOC),
- Napięcie akumulatora HV (High Voltage) wysokiego napięcia (WN),
- Całkowity bilans energetyczny
- Przebieg pojazdu
- Zasilanie napięciem sterownika
- Akumulator WN, napięcie maks. ogniwa
- Akumulator WN, napięcie maks. ogniwa

Wchodząc głębiej w menu można odczytać wartości rzeczywiste napięć poszczególnych modułów akumulatorów, jak to widać na rysunku 5.6.



Rys. 5.5. Ekran software Bosch KTS

Napięcie modułu akumul. WN 1	4,057 V
Napięcie modułu akumul. WN 2	4,054 V
Napięcie modułu akumul. WN 3	4,062 V
Napięcie modułu akumul. WN 4	4,054 V
Napięcie modułu akumul. WN 5	4,056 V
Napięcie modułu akumul. WN 6	4,056 V

Rys. 5.6. Pomiar napięcia modułów w Bosch KTS

Algorytm diagnostyki i oceny stanu technicznego baterii trakcyjnej pojazdu elektrycznego:

- Rozładowanie całkowite baterii trakcyjnej w celu pomiaru napięć poszczególnych modułów akumulatora. Dokonanie obliczeń statystycznych mających na celu odnalezienie celu o największej odchyłce napięcia w porównaniu z wartością średnią.
- Przeprowadzenie procesu wolnego ładowania wraz z pomiarem ilości pobranej energii elektrycznej. Należy porównać wartość

zmierzoną za pomocą watomierza z kalkulatorem energii z przyrostem wynikającym z Całkowitego bilansu energetycznego. Wartości te należy odnieść do nominalnej wartości pojemności energetycznej baterii. Jeśli wartości zmierzone są dużo niższe od wartości nominalnej należy wnioskować, że magazyn energii stracił pojemność.

- Należy mierzyć moc chwilową oraz pobraną energię w odstępach czasu 15 min. Należy osiągnąć całkowite naładowanie akumulatora, aż do momentu samoczynnego zakończenia procesu ładowania. Z pomiarów należy wykonać wykresy przebiegu mocy i pobranej energii w czasie.
- Dla całkowitego naładowania baterii trakcyjnej dokonać pomiaru napięć poszczególnych modułów akumulatora. Dokonanie obliczeń statystycznych mających na celu odnalezienie cel o największej odchyłce napięcia w porównaniu z wartością średnią. Takie porównanie jest potrzebne do oceny stopnia zbilansowania napięć poszczególnych modułów akumulatora.
- Jeśli pojazd posiada możliwość szybkiego ładowania za pomocą ładowarki DC należy pomiar powtórzyć w tej opcji.

5.4. Rezultaty

Od 2012 roku na rynku motoryzacyjnych trwa rewolucja zwana elektromobilnością. Związana jest z coraz szybszym rozwojem i wprowadzaniem na rynek nowych pojazdów z napędem elektrycznym. Wykorzystują one silnik elektryczny do napędu kół pojazdu a potrzebna energia elektryczna jest gromadzona w bateriach trakcyjnych. Pojazdy elektryczne posiadają odmienny sposób budowy od pojazdów tradycyjnych zasilanych silnikami spalinowymi. Z tego względu zarówno sposób użytkowania, obsługi oraz serwisowania jest odmienny. Zapoznanie się z wybranymi zagadnieniami eksploatacyjnymi pojazdów elektrycznych wpływa pozytywnie na niezawodność ich użytkowania oraz bezpieczeństwo i komfort jazdy. Ważnym komponentem pojazdów elektrycznych jest bateria trakcyjna. W chwili obecnej najbardziej popularną jest odmianą jest bateria litowo-jonowa. Zapewnia ona gromadzenie dużych ilości energii elektrycznej przy stosunkowo małej masie i objętości. Prawidłowa obsługa i eksploatacja baterii trakcyjnej prowadzi do utrzymania początkowych

parametrów w długim czasie. To przekłada się na utrzymanie odpowiedniego zasięgu pojazdu elektrycznego.

Urządzenie diagnostyczne umożliwia odczyt wielu parametrów baterii trakcyjnych. Należą do nich aktualne napięcia oraz temperatury wszystkich 13 modułów baterii. System podaje także minimalną i maksymalną wartość napięcia. Jest to najprostsza statystyka umożliwiająca szybką ocenę stanu naładowania poszczególnych modułów. System zarządzania baterią dokonuje pomiaru ilości pobieranej energii elektrycznej podczas ładowania baterii. Możliwe jest wyświetlenie całkowitej ilości energii pobranej do ładowania pojazdu od początku jego użytkowania.

Wyniki pomiaru napięć poszczególnych modułów baterii przedstawiono w tabeli 5.1, zaś w tabeli 5.2 przedstawiono wyniki analizy statystycznej. Dla porównania oraz odniesienia wartości zwierzonych w Renault Twizy przedstawiono również dane dla pakietu baterii hybrydowej Toyota Auris.

Tabela 5.1. Napięcie poszczególnych modułów
w pakiecie baterii Renault Twizy i Toyota Auris

Numer modułu	Napięcie Renault Twizy [V]	Napięcie Toyota Auris [V]
Moduł 1	3.272	13.92
Moduł 2	3.262	13.92
Moduł 3	3.315	14.36
Moduł 4	3.251	14.34
Moduł 5	3.266	14.34
Moduł 6	3.257	14.09
Moduł 7	3.246	14.09
Moduł 8	3.366	13.78
Moduł 9	3.373	13.78
Moduł 10	3.368	14.04
Moduł 11	3.36	14.04
Moduł 12	3.372	14.41
Moduł 13	3.362	13.97
Moduł 14		13.95

Tabela 5.2. Statystyczna analiza napięcia poszczególnych modułów w pakiecie baterii Renault Twizy i Toyoty Auris

Moduł	Renault Twizy	Toyota Auris
Number of values	13	14
Sum	43.07	197.03
Minimum	3.246	13.78
Maximum	3.373	14.41
Range	0.127	0.63
Mean	3.3131	14.074
Median	3.315	14.04
First quartile	3.2607	13.92
Third quartile	3.3665	14.34
Standard error	0.015083	0.05672
95% confidence interval	0.032866	0.12252
99% confidence interval	0.046078	0.17084
Variance	0.0029574	0.04504
Average deviation	0.049917	0.1698
Standard deviation	0.054382	0.21223
Coefficient of variation	0.01641	0.01508
Skew	-0.043	0.361
Kurtosis	-2.161	-1.07
Kolmogorov-Smirnov stat	0.267	0.184
Critical K-S stat. alpha=.10	0.325	0.314
Critical K-S stat. alpha=.05	0.361	0.349
Critical K-S stat. alpha=.01	0.432	0.418

Pomiarów napięcia modułów w pakiecie baterii dokonano przy całkowicie rozładowanej baterii – SOC =0%.

Na podstawie analizy literatury i zaleceń producentów baterii oraz pojazdów elektrycznych zidentyfikowano następujące stany, które mogą wpływać negatywnie na niezawodność baterii litowo-jonowych:

- Przechowywanie w niskich temperaturach ($< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) w stanie niskiego lub całkowitego rozładowania.
- Przechowywanie w wysokich temperaturach ($> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) w stanie całkowitego naładowania.
- Częste ładowanie w trybie szybkiego ładowania prądem stałym DC.

Pojazd był użytkowany cały czas z unikaniem występowania powyższych stanów zagrożenia baterii. Maksymalna różnica między najwyższym i najniższym napięciem modułu jest najważniejszym parametrem określającym stanu baterii. Duże różnice świadczą o złym stanie baterii. Jednak określenie konkretnych wartości różnic pomiędzy napięciami modułów nie jest łatwą sprawą. Wynika to z faktu, że moduły baterii budowane są z różnych ilości pojedynczych cel baterii. Jest to konieczne ze względu na oczekiwany poziom napięcia nominalnego modułów i pakietów baterii. W zastosowaniach samochodowych zazwyczaj moduły posiadają zakres napięć od 12 do 48 V a napięcia pakietów baterii posiadają zakres napięć od 48 do 800 V. Sposób połączenia pojedynczych cel baterii wpływa nie tylko na napięcie całego pakietu ale także na jego pojemność energetyczną. Do oceny stopnia zużycia modułu baterii litowo-jonowych potrzebne są bardziej zaawansowane obliczenia statystyczne.

Badania wykazały niewielkie różnice w napięciu poszczególnych modułów w pakiecie baterii w przypadku obydwu pojazdów (tabela 5.1 i tabela 5.2). Jednak po 4,5 użytkowania pojazdu Renault Twizy można było zaobserwować spadek zasięgu pojazdu na jednym ładowaniu. Postanowiono zatem zmierzyć aktualną pojemność energetyczną pakietu baterii w pojeździe. W tym celu baterie zostały całkowicie rozładowane ($SoC = 0\%$) i następnie naładowane do pełna ($SoC=100\%$) z jednoczesnym pomiarem ilości pobranej energii. Pojazd był ładowany za pomocą ładowarki przedstawionej na rysunku 1 posiadającej wbudowany licznik energii elektrycznej. Proces pełnego ładowania trwał 3 godziny i 31 minut. W tym czasie pojazd pobrał z sieci energetycznej 5,568 kWh energii elektrycznej. Nominalna pojemność energetyczna pakiet w pojeździe wynosi 6,1 kWh. W początkowej fazie użytkowania pojazdu autor zanotował pobór energii przewyższający nominalną pojemność energetyczną baterii.

Po 30 miesiącach użytkowania pojazdu, podczas których przejechano 23000 km ilość pobieranej do pełnego naładowania energii osiągnęła pojemność nominalną. Następnie ilość pobieranej energii zaczęła spadać osiągając wartość 5,568 kWh po 54 miesiącach użytkowania i przejechaniu 30 000 km. Użytkownik zaczął obserwować spadek zasięgu pojazdu na jednym pełnym naładowaniu baterii (patrz tabela 5.3).

Tabela 5.3. Zależność energii potrzebnej do ładowania baterii od czasu użytkowania i przebiegu pojazdu

Czas użytkowania [miesiące]	Przebieg [km]	Energia potrzebna do ładowania [kWh]
12	7500	6,346
16	12000	6,502
42	23000	6,113
54	30000	5,568

Spadek pojemności rzeczywistej pakietu baterii w stosunku do pojemności znamionowej wyniósł 8,721 %. Według gwarancji producenta jest on zobowiązany do wymiany pakietu baterii, gdy jego pojemność spadnie o 20 %. Warunki te dotyczą leasingu długoterminowego baterii.

Baterie trakcyjne pojazdów elektrycznych są jedynymi komponentami, które wymagają pewnej uwagi ze strony użytkowników. Aby zapewnić długotrwałe i niezawodne ich działanie należy przestrzegać kilku zasad prezentowanych w artykule.

Testowany w czasie 4,5 roku mały elektryczny pojazd miejski przejechał dystans ponad 30 000 km. W tym czasie nie wystąpiły żadne usterki elektrycznego układu napędowego. Badania diagnostyczne baterii trakcyjnych wykazały, że są one w dobrej kondycji. W ciągu czasu użytkowania nastąpił naturalny spadek pojemności energetycznej o 8,729 % w stosunku do pojemności znamionowej. Najbardziej skuteczną metodą oceny stanu technicznego baterii trakcyjnych pojazdu elektrycznego jest pomiar energii pobieranej podczas pełnego ładowania od 0 do 100 % SoC. Pomiaru należy dokonywać w wolnym trybie ładowania za pomocą ładowarki pokładowej w temperaturze otoczenia. Zmierzoną wartość rzeczywistą należy odnieść do wartości znamionowej. Przy utracie ponad 10 % pojemności energetycznej należy dokonać pomiaru napięcia poszczególnych modułów w pakiecie i określić maksymalną różnicę między poszczególnymi modułami. Pomiar napięcia modułów powinien odbywać się przy ich maksymalnym rozładowaniu. Różnice napięcia wynoszące więcej niż 10 % powinny skłonić do szerszych badań w celu odniesienia modułów o najniższym napięciu. Takie moduły mogą wpływać negatywnie na osiągi całego pakietu. Należy je wymienić na nowe w celu uzyskania wyższej pojemności energetycznej pakietu a przez to większego zasięgu pojazdu.

Podsumowanie i wnioski

Diagnostyka pojazdów jest bardzo ważna, gdyż od jej prawidłowego przeprowadzenia zależy stan techniczny pojazdu. Z nim wiąże się nasze bezpieczeństwo i komfort podróżowania pojazdem jako kierowcy i pasażerów a także innych uczestników ruchu. Efektywna diagnostyka wpływa także na czas oraz koszty naprawy. Dlatego proces diagnozowania pojazdów samochodowych powinien być zaplanowany i wykonany zgodnie z najnowszym stanem wiedzy w danym obszarze.

Autoryzowane Stacje Obsługi obecnie wykorzystują specjalne oprogramowanie, które prowadzi diagnostę a później mechanika przez cały proces diagnostyki i naprawy. Oprogramowanie takie w chwili obecnej łączy się z serwerem marki pojazdu za pomocą sieci Internet. Nie ma mowy by skorzystały z niego osoby nieautoryzowane. Diagnosta odczytuje kolejne kroki z przygotowanego algorytmu. Następnie wykorzystuje wskazane przez system urządzenia diagnostyczne i przeprowadza wskazane testy. Po ich wykonaniu wpisuje zmierzone wartości do odpowiednich okien i na ich podstawie algorytm decyduje o kolejnym kroku. Procedura taka jest długotrwała. Dlatego diagnostyka i naprawa pojazdów w ASO jest bardzo często droga. Jednak diagnostyki i naprawy najnowszego pojazdu może dokonać osoba mająca odpowiednie wykształcenie i niewielkie doświadczenie. Diagnostyka samochodowa na poziomie ASO coraz częściej przypomina diagnostykę w branży lotniczej. Każdy krok i towarzyszące mu czynności są odnotowywane na liście kontrolnej (ang. check list). Nieautoryzowane warsztaty radzą sobie ogólnie znanymi procedurami diagnostycznymi. Jednak diagnoza taka nie zawsze bywa trafna i prowadzi do zwiększonych kosztów samej diagnostyki i naprawy uszkodzenia.

Podczas wnikliwej analizy przedstawionych przypadków autor zachęca do stosowania w diagnostyce jego naukowego podejścia.

Polega ono na przeprowadzeniu wnikliwego studium związanego z budową i zasadą działania podejrzanego o uszkodzenie systemu. Autor od prawie 20 lat zajmuje się diagnostyką silników spaliny-
wych zwłaszcza zasilanych LPG. Jednak by pojazd poprawnie pra-
cował na paliwie alternatywnym musi najpierw być w pełni sprawny
na paliwie oryginalnym. Autor nie jest zwolennikiem wymiany po kolei
wszystkich komponentów, które mogą mieć wpływ na dane uszko-
dzenie i zostały potencjalnie wskazane przez system OBD jako źró-
dło nieprawidłowego działania. Z przedstawionych analiz mogliśmy
się dowiedzieć, że działanie różnych systemów w silnikach spalino-
wych i w pojazdach jest od siebie zależne.

Odpowiednio zaplanowany eksperyment badawczy potrafi za-
stąpić testy funkcjonalne wykonywane na drogim sprzęcie diagno-
stycznym w Autoryzowanej Stacji Obsługi. Niezależne warsztaty sa-
mochodowe mogą wykorzystywać bardziej uniwersalne urządzenia
diagnostyczne np. firmy Bosch. Bosch, jako bardzo duży dostawca
komponentów i całych systemów dla motoryzacji, cały czas aktuali-
zuje swoje urządzenia oraz oprogramowanie zgodnie z najnowszymi
trendami. Dlatego za pomocą testerów tej marki można już w chwili
obecnej diagnozować pojazdy elektryczne.

Autor wspiera również lokalnych przedsiębiorców w rozbudowie
lub budowie od podstaw warsztatów samochodowych dedykowa-
nych pojazdom elektrycznym. Zarówno wyposażenie takich warsz-
tatów, jak i wiedza oraz doświadczenie zatrudnionych tam pracow-
ników jest odmienne niż w przypadku pojazdów napędzanych silnikami
spalinowymi. Przedstawiona w rozdziale 5 diagnostyka baterii trak-
cyjnych pojazdu elektrycznego została przygotowana specjalnie dla
tych osób, które zgodnie z trendem elektromobilności pragną się
przebranżowić z diagnostyki, serwisowania i obsługi pojazdów trady-
cyjnych na elektryczne.

Bibliografia

- [1] Caban, J. Vrabel, J. Šarkan, B. Ignaciuk, P. About eco-driving, genesis, challenges and benefits, application possibilities, *Transportation Research Procedia* 40/2018, 1281-1288, doi: 10.1016/j.trpro.2019.07.178
- [2] Fragiaco P, Piraino F, Genovese M. Insights for Industry 4.0 Applications into a Hydrogen Advanced Mobility. *Procedia Manufacturing*. 2020;42:239-245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.077>.
- [3] Giakoumis E. G., Zachiotis A. T.: Investigation of a Diesel-Engined Vehicle's Performance and Emissions during the WLTC Driving Cycle — Comparison with the NEDC, *Energies* 2017, 10(2), 240/2017, doi:10.3390/en10020240
- [4] Kuranc, A., Exhaust emission test performance with the use of the signal from air flow meter, *Eksploracja i Niezawodność* 1/2015
- [5] Majerczyk A., Taubert S., Układy zasilania gazem propan-butan, WKiŁ, Warszawa 2006.
- [6] Małek A., Ogrodnik M.: Metody badań autonomii pojazdów elektrycznych, *AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe* 12/2018, str. 27-31, doi: 10.24236/atest.2018.348.
- [7] Małek A., Wendeker M., Czarnigowski J., Stanowisko do badań przedhomologacyjnych dla pojazdów wyposażonych w układ sekwencyjnego wtrysku gazu LPG. *COMBUSTION ENGINES Silniki Spalinowe 2007–SC3. 2007–SC3-148 (P07-C148)* str. 290 – 299.
- [8] Małek A., Wymogi normy emisji spalin Euro 5 w odniesieniu do pojazdów zasilanych LPG. *AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe* 5/2011, str. 289 – 294.

- [9] Merkisz J., Pielecha J., Radzymirski S., Emisja zanieczyszczeń motoryzacyjnych w świetle nowych przepisów Unii Europejskiej, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 2012.
- [10] Merkisz, J. Pielecha, J. Przybyła, T. Kamiński, T. Sosnowski, R., Zdalne monitorowanie i diagnostyka silników spalinowych z wykorzystaniem technologii OBD II/EODB, Silniki Spalinowe 48/2009
- [11] Piekarski, W. Kuranc, A., Exhaust emissions and fuel consumption in a chassis dynamometer load test in the aspect of modification of an engine controlling system, Combustion Engines 4/2017, doi:10.19206/CE-2017-402
- [12] Regulamin nr 115 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) – Jednolite przepisy dotyczące homologacji. Suplement 6 do pierwotnej wersji regulaminu – data wejścia w życie: 10 czerwca 2014 r.
- [13] Rodzeń, A. Stoma, M. Kuranc, A., Kontrola analizatorów spalin samochodowych w kontekście jakości okresowych technicznych badań pojazdów, Przemysł Chemiczny 5/2018, doi:10.15199/62.2018.5.22
- [14] Šarkan, B. Caban, J. Marczuk, A. Vrábel, J. Gnap, J. Skład spalin z silników o zapłonie iskrowym w warunkach okresowych badań pojazdów na Słowacji, Przemysł Chemiczny 3/2017, doi:10.15199/62.2017.3.36
- [15] Šarkan, B. Skrúcaný, T. Semanová, Š. Madleňák, R. Kuranc, A. Sejkorová, M. Caban, J., Vehicle coast-down method as a tool for calculating total resistance for the purposes of type-approval fuel consumption, Zeszyty Naukowe. Transport / Politechnika Śląska 98/2018, doi:10.20858/sjsutst.2018.98.15
- [16] Stopka O, Šarkan B, Vrabel J, Caban J. Investigation of fuel consumption of a passenger car depending on aerodynamic resistance and related aspects: a case study. The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji. 2018;81(3):129-136. doi:10.14669/AM.VOL81.ART9.
- [17] Styła, S. Boguta, A., Możliwości diagnostyczne interfejsów pracujących w standardzie OBD, Autobusy : technika, eksploatacja, systemy transportowe 3/2013

- [18] Szokało A.A., Rychter M., Rozwój systemu diagnostyki pokładowej samochodów osobowych w świetle zasady działania systemu OBD, *Autobusy : technika, eksploatacja, systemy transportowe* 6/2018, doi:10.24136/atest.2018.167
- [19] Wierzbicki, S. Mączkowski, W. Krzywonos, L. Caban, J. Wpływ regulacji układu sterowania zasilaniem LPG na osiągi silnika o zapłonie iskrowym, *Logistyka* 3/2015
- [20] <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.prowl.torque&hl=pl> (dostęp 2020.07.17)
- [21] <https://auto.wprost.pl/aktualnosci/10344382/ile-samochodow-w-polsce-jezdzi-na-gaz-w-bazie-sa-nawet-porsche-na-lpg.html> (dostęp 2020.07.17)
- [22] <https://motomodeon.blogspot.com/2016/09/sce-115.html> (dostęp 2020.09.17)
- [23] <https://www.konektor5000.pl/index.php?p3672,elm-327-v1-5-z-kablem-usb-do-komputera-interfejs-diagnostyczny-odczyt-bledow-komputera-wszystkie-ii> (dostęp 2020.09.17)
- [24] <https://www.motoautko.pl/product-pol-17218-Interfejs-ELM-327-VGATE-OBD-II-SCAN-BLUETOOTH-MINI.html> (dostęp 2020.09.20)
- [25] https://www.motorreviewer.com/engine.php?engine_id=28 (dostęp 2020.09.20)
- [26] <https://dakro.pl/> (dostęp 2020.09.20)
- [27] <https://renault-lublin.pl/o-nas/o-dilerstwie/> (dostęp 2020.09.20)
- [28] <https://ttpsc.com/pl/blog/jak-internet-rzeczy-rozwija-przemysl-motoryzacyjny/> (dostęp 2020.09.20)
- [29] <https://www.dziennikwschodni.pl/lublin/renault-twizy-pierwsze-elektryczne-auto-zarejestrowane-w-woj-lubelskim,n,999994810.html> (dostęp 2020.09.21)
- [30] https://www.werther.pl/tester_diagnostyczny.html (dostęp 2020.09.21)
- [31] <https://kaizenfleet.pl/nowe-normy-co2-odmienia-branze-motoryzacyjna/> (dostęp 2020.09.21)
- [32] <https://autokult.pl/27150,downsizing-czy-trzeba-sie-go-oba-wiac> (dostęp 2020.09.21)

- [33] <http://www.motodiagnostyka.com/mb-star-diagnosis-c4-sd-connet-compact-4-k-can-uds-das-xentry-vediamo-monaco-2019-starfinder-fabryczny-tester-diagnostyczny-mercedes-smart-maybach-p-71.html> (dostęp 2020.09.21)
- [34] <https://proficentrum.pl/3262,diagnoskop-viaken-v-scan-ds936.html> (dostęp 2020.09.22)
- [35] <https://nevo.kme.eu/> (dostęp 2020.09.22)

Spis rysunków

Rys. 1.1. Okna wizualizacji parametrów w programie ScanTool	203
Rys. 1.2. Okno programu DT Gas System, moduł wyboru parametrów odczytu	207
Rys. 1.3. Okno programu DT Gas System, moduł wyboru częstotliwości zapisu	208
Rys. 1.4. Wizualizacja zapisanych sygnałów w programie MD Grapher	208
Rys. 1.5. Porównanie przebiegu sygnału RPM z zapisu z systemu gazowego i OBD	209
Rys. 1.6. Status połączenia z systemem OBD	209
Rys. 1.7. Sygnały czytane z systemu OBD pojazdu Toyota 1.8 2010.....	210
Rys. 1.8. Widok zapisanych danych w Excelu	210
Rys. 1.9. Wizualizacja zapisanych sygnałów w programie MD Grapher	211
Rys. 1.10. Parametry rozgrzewania silnika pojazdu garażowanego	213
Rys. 1.11. Parametry rozgrzewania silnika pojazdu niegarażowanego	214
Rys. 1.12. Renault Megane MK4.....	216
Rys. 1.13. Silnik HR16DE [22].....	216
Rys. 1.14. Interface OBD z wtyczką USB [23].....	219
Rys. 1.15. Interface OBD komunikujący się za pomocą Bluetooth [24]	219
Rys. 1.16. Okno Emissions Readiness	220

Rys. 1.17. Okno do obserwacji parametrów w czasie rzeczywistym	221
Rys. 1.18. Aparatura badawcza zainstalowana w badanym pojeździe	222
Rys. 1.19. Okno Kalibracja programu komputerowego	223
Rys. 1.20. Okno Wizualizacja programu komputerowego	224
Rys. 1.21. Fragment z jazdy w cyklu miejskim badanego systemu	226
Rys. 1.22. Błąd OBD widoczny w oknie Diagnostyka	227
Rys. 1.23. Błąd OBD widoczny w oprogramowaniu ScanTool	227
Rys. 1.24. Trasa przejazdu podczas badań drogowych	229
Rys. 1.25. Dane z jazdy zapisane do pliku tekstowego	230
Rys. 1.26. Dane z jazdy wyświetlone na wykresie	231
Rys. 2.1. Wykres hamowniany pojazdu VW Passat 2,0 TDI (pojazd 1)	238
Rys. 2.2. Wykres hamowniany pojazdu VW Passat 2,0 TDI (pojazd 2)	239
Rys. 2.3. Badany pojazd z filtrem DPF	240
Rys. 2.4. Filtr DPF połączony bezpośrednio z katalizatorem [12]	241
Rys. 2.5. Badany pojazd na stanowisku rolkowym	242
Rys. 2.6. Charakterystyka mocy i momentu obrotowego silnika ..	242
Rys. 2.7. Przebieg testu NEDC	244
Rys. 2.8. Limity średniej emisji drogowej składników spalin dla samochodów osobowych z silnikami o zapłonie iskrowym [8]	245
Rys. 2.9. Pojazd podpięty pod urządzenie diagnostyczne Tech 2	247
Rys. 2.10. Okno startowe programu Tech2	248
Rys. 2.11. Diagnostyczna lista danych widocznych w Tech2	248
Rys. 2.12. Okno programu Tech2	249

Rys. 2.13. Okno programu Tech2.....	249
Rys. 2.14. Okno programu Tech2.....	249
Rys. 2.15. Okno programu Tech2.....	249
Rys. 2.16. Filtr podczas regeneracji serwisowej.....	250
Rys. 2.17. Wartości parametrów podczas wypalania filtra	251
Rys. 2.18. Wykres temperatury cieczy chłodzącej podczas procesu regeneracji	252
Rys. 2.19. Wykres temperatur przed i za filtrem podczas procesu regeneracji	252
Rys. 2.20. Okno programu Tech2.....	253
Rys. 2.21. Okno programu Tech2.....	253
Rys. 2.22. Charakterystyka mocy i momentu obrotowego silnika.....	253
Rys. 2.23. Widok i ogólna charakterystyka silnika 1,6 Duratec....	258
Rys. 2.24. System Ti-VCT silnika 1,6 Duratec [25].....	259
Rys. 2.25. Przykładowy zapis stężeń składników emisji spalin podczas realizacji cyklu NEDC	260
Rys. 2.26. Zapis stężeń składników emisji spalin podczas realizacji cyklu NEDC 1 na benzynie	261
Rys. 2.27. Zapis stężeń składników emisji spalin podczas realizacji cyklu NEDC 2 na LPG	263
Rys. 2.28. Zapis stężeń składników emisji spalin podczas realizacji cyklu NEDC 3 na LPG	264
Rys. 3.1. Budowa silnika z bezpośrednim wtryskiem benzyny [32].... 269	
Rys. 3.2. Idea downsizingu na przykładzie silnika 1,2 TSI [32]	270
Rys. 3.3. Obiekt badań Mercedes W204.....	273
Rys. 3.4. Porównanie osiągnięć silnika 271 EVO w trzech wersjach mocy	274
Rys. 3.5. Aktywacja pakietu ECO	275
Rys. 3.6. Wskaźnik ECO	276

Rys. 3.7. Tester diagnostyczny MERCEDES BENZ XENTRY CONNECT STAR DIAGNOSTICS [33]	278
Rys. 3.8. Tester diagnostyczny – okno testy	279
Rys. 3.9. Tester diagnostyczny – wartości kontrolne na biegu jałowym	279
Rys. 3.10. Tester diagnostyczny – wartości kontrolne na biegu jałowym	280
Rys. 3.11. Tester diagnostyczny - warunki	280
Rys. 3.12. Tester diagnostyczny – postulaty	281
Rys. 3.13. Audi A4 B8.....	282
Rys. 3.14. Silnik 2.0 TFSI.....	282
Rys. 3.15. Komputer diagnostyczny Vscan DS936 [34].....	283
Rys. 3.16. Widok cylindrów i tłoków po zdjęciu głowicy	284
Rys. 3.17. Widok uszkodzonego tłoka.....	284
Rys. 3.18. Widok bocznej powierzchni tłoka i korbowodu	285
Rys. 3.19. Wykresy momentu i mocy przed i po tuningu.....	287
Rys. 3.20. Audi A4 B6 z silnikiem 1.9 TDI o mocy 85 kW.....	288
Rys. 3.21. Okno główne programu VCDS	289
Rys. 3.22. Możliwość porównania różnych parametrów w tym samym czasie	290
Rys. 3.23. Graficzne przedstawienie pomiaru	290
Rys. 3.24. Tester szczelności turbosprężarki	291
Rys. 3.25. Wyważarka CMT- 48 VSR TWIN	292
Rys. 3.26. Urządzenie TurboTest firmy CIMAT	293
Rys. 3.27. Uszkodzenia turbosprężarki.....	294
Rys. 3.28. Uszkodzenia turbosprężarki.....	295
Rys. 3.29. Maszyny służące do piaskowania	296
Rys. 3.30. Elementy rdzenia turbosprężarki.....	297
Rys. 3.31. Nowy rdzeń turbosprężarki.....	297

Rys. 3.32. Zbieranie nadmiaru z nakrętki wirnika.....	298
Rys. 3.33. Raport wyważania rdzenia turbosprężarki	298
Rys. 3.34. Pomiar wydajności turbosprężarki w punkcie 1.....	299
Rys. 3.35. Pomiar wydajności turbosprężarki w punkcie 2.....	300
Rys. 3.36. Raport pomiaru wydajności turbosprężarki	300
Rys. 3.37. Badany pojazd BMW X5	301
Rys. 3.38. Silnik 3.0 TDI w badanym pojeździe	301
Rys. 3.39. Urządzenie diagnostyczne Autocom [30]	302
Rys. 3.40. Podłączenie urządzenia diagnostycznego	302
Rys. 3.41. Okno wyboru diagnozowanego pojazdu	303
Rys. 3.42. Odczyt kodów błędów	304
Rys. 3.43. Dane czasu rzeczywistego.....	304
Rys. 3.44. Sygnał ciśnienia paliwa i prędkości obrotowej	305
Rys. 3.45. Sygnał prędkości obrotowej i ciśnienia doładowania ..	305
Rys. 3.46. Czas wtrysku głównego i pilotującego.....	306
Rys. 3.47. Dawka paliwa wtrysku pilotującego i głównego.....	306
Rys. 4.1. Wygląd badanego pojazdu.....	315
Rys. 4.2. Montaż wtryskiwaczy LPG	315
Rys. 4.3. Montaż zbiornika LPG.....	315
Rys. 4.4. Montaż zaworu tankowania LPG.....	315
Rys. 4.5. Okno Mapa-> Mapa 2D software	317
Rys. 4.6. Okno Mapa-> Mapa 2D software	318
Rys. 4.7. Okno Mapa-> Mapa 3D software	318
Rys. 4.8. Odchyłki w składzie mieszanki powietrzno-gazowej w stosunku do powietrzno-benzynowej.....	319
Rys. 4.9. Ford Mustang piątej generacji – widok z przodu	320
Rys. 4.10. Ford Mustang piątej generacji – widok z tyłu	320
Rys. 4.11. Silnik V6 4.0 litry pojazdu Ford Mustang piątej generacji.....	321

Rys. 4.12. ECU KME Nevo pro 6	322
Rys. 4.13. Miejsce montażu ECU w pojeździe	322
Rys. 4.14. Miejsce montażu wtryskiwaczy w pojeździe.....	323
Rys. 4.15. Miejsce montażu centrali gaz/benzyna w pojeździe ...	323
Rys. 4.16. Miejsce montażu końcówki tankowania w pojeździe...	324
Rys. 4.17. Adapter do tankowania LPG.....	324
Rys. 4.18. Schemat podłączenia instalacji gazowej KME Nevo [35]	325
Rys. 4.19. Okno startowe software.....	325
Rys. 4.20. Okno Konfiguracja ustawień systemu gazowego.....	326
Rys. 4.21. Badania wstępne na biegu jałowym	327
Rys. 4.22. Badania wstępne pod obciążeniem	327
Rys. 4.23. Charakterystyka podstawowa czasu wtrysku gazu	328
Rys. 4.24. Okno kalibracja.....	329
Rys. 4.25. Fragment miejskiego i pozamiejskiego cyklu jezdnego	330
Rys. 4.26. Okno DIAGNOSTYKA softwaru	331
Rys. 4.27. Okno KODY BŁĘDÓW softwaru	332
Rys. 5.1. Urządzenie diagnostyczne podłączone do EV w ASO [27]	338
Rys. 5.2. Pojazd elektryczny w serwisie Bosch [26].....	339
Rys. 5.3. Urządzenie Bosch KTS podłączone do pojazdu [26]	339
Rys. 5.4. Urządzenie Bosch KTS [26]	339
Rys. 5.5. Ekran software Bosch KTS	340
Rys. 5.6. Pomiar napięcia modułów w Bosch KTS.....	340

Spis tabel

Tabela 1.1. Porównanie parametrów rozgrzewania.....	214
Tabela 1.2. Parametry badanego pojazdu.....	222
Tabela 1.3. Parametry oceny działania systemu	224
Tabela 2.1. Parametry badanego pojazdu.....	240
Tabela 2.2. Dopuszczalna emisja dla norm Euro 4 i Euro 5 [9]	246
Tabela 2.3. Parametry badanego pojazdu.....	255
Tabela 2.4. Parametry silników montowanych w Fordzie Focusie	257
Tabela 2.5. Zużycie paliwa i osiągi silników montowanych w Fordzie Focusie.....	257
Tabela 2.6. Statystyka emisji spalin podczas testu NEDC 1 na Benzynie	262
Tabela 2.7. Statystyka emisji spalin podczas testu NEDC 2 na LPG.....	263
Tabela 2.8. Statystyka emisji spalin podczas testu NEDC 3 na LPG.....	265
Tabela 3.1. Podstawowe dane techniczne silnika	273
Tabela 3.2. Dane techniczne badanego pojazdu	275
Tabela 3.3. Funkcje pakietu BlueEFFICIENCY badanego pojazdu	275
Tabela 3.4. Wartości pomiaru ciśnienia sprężania niesprawnego silnika	283
Tabela 3.5. Dane pomiaru ciśnienia sprężania po naprawie silnika	286
Tabela 4.1. Wybrane parametry silnika Forda Mustanga	321

Tabela 4.2. Podstawa prawna badań [12]	330
Tabela 4.3. Tabela pomiarowa Systemu Diagnostyki Pokładowej	333
Tabela 4.4. Tabela pomiarowa kompatybilności z systemem OBD	334
Tabela 5.1. Napięcie poszczególnych modułów w pakiecie baterii Renault Twizy i Toyoty Auris.....	342
Tabela 5.2. Statystyczna analiza napięcia poszczególnych modułów w pakiecie baterii Renault Twizy i Toyoty Auris.....	343
Tabela 5.3. Zależność energii potrzebnej do ładowania baterii od czasu użytkowania i przebiegu pojazdu	345

Z recenzji:

Nowoczesne pojazdy samochodowe są skomplikowanymi urządzeniami nie tylko mechanicznymi, ale także mechatronicznymi. Oznacza to, że występują w nich elektroniczne elementy wykonawcze i czujniki, które są sterowane w sposób informatyczny. Nowoczesne pojazdy muszą charakteryzować się ponadto dużą precyzją działania oraz zaprojektowaną trwałością.

Autor udowadnia w podręczniku, że stosowanie układów elektronicznego sterowania silnikami spalinowymi z jednej strony powoduje zwiększenie wymagań stawianych systemom badawczym silników (związanych np. z koniecznością badań algorytmów sterujących), z drugiej strony rozszerza możliwości badawcze (jak np. realizacja wyszukanych przebiegów czasowych dawkowania czy zapłonu w stanach nieustalonych). Prezentowane metody badawcze są nowe oraz mogą mieć bardzo duże znaczenie w kształtowaniu kompetencji studentów w odniesieniu do planowania i przeprowadzania eksperymentów badawczych.

prof. dr hab. inż. Dawid Walisz

Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie

20-209 Lublin, ul. Projektowa 4

tel.: +48 81 749 17 77

www.wsei.lublin.pl

ISBN – wersja elektroniczna: 978-83-66159-96-9

WSEI LUBLIN
WYDAWNICTWO NAUKOWE
INNOVATIO PRESS