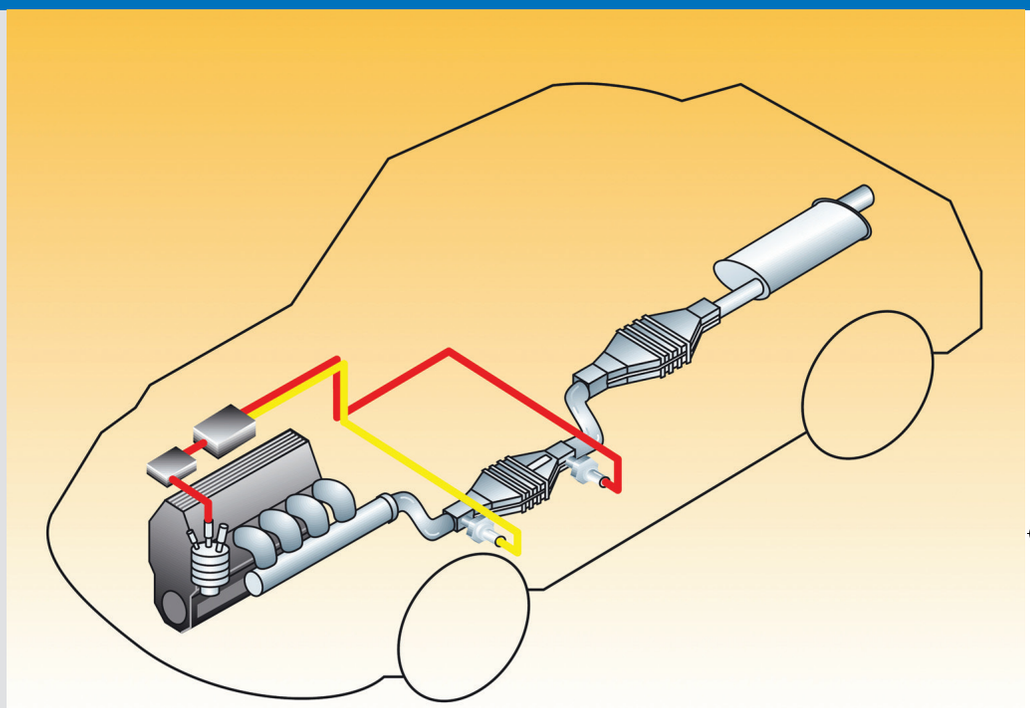
Dobór czasu wtrysku benzyny i gazu LPG

Kompendium praktycznej wiedzy

Autor: mgr inż. Stefan Myszkowski

Dodatek techniczny do WIADOMOŚCI Inter Cars SA nr 40/wrzesień 2011

Wiadomości



Spis treści

1. O silniku czterosuwowym z zapłonem iskrowym

2. Podział silnika na bloki cylindrów

2.1. Numerowanie bloków cylindrów

3. Czujniki tlenu w układach wylotowych silników z systemem OBDII/EOBD

3.1. Oznaczenia miejsc montażu czujników tlenu w układzie wylotowym silnika ZI, z systemem OBDII/EOBD
3.2. Przykłady oznaczeń miejsc montażu czujników tlenu w układach wylotowych silników ZI, z systemem OBDII/EOBD
3.3. Odczyt informacji o ilości i oznaczeniach miejsc montażu czujników tlenu z systemu OBDII/EOBD

4. Czas wtrysku

5. Procedury doboru i adaptacji czasu wtrysku benzyny przez program sterownika silnika ZI, z systemem diagnostyki pokładowej standardu OBDII/EOBD
5.1. Bazowy czas wtrysku
5.2. Korekcja czasu wtrysku, uwzględniająca znany wpływ wybranych wielkości na skład mieszanki paliwowo powietrznej
5.3. Korekcja czasu wtrysku, uwzględniająca sumaryczny i długookresowy wpływ wielu znanych lub nieznanych wielkości na skład mieszanki paliwowo powietrznej
5.4. Korekcja czasu wtrysku a układ regulacji składu mieszanki
5.4.1. Korekcja czasu wtrysku, przy pracy układu regulacji składu mieszanki w pętli zamkniętej
5.4.2. Korekcja czasu wtrysku, przy pracy układu regulacji składu mieszanki w pętli otwartej
5.5. Adaptacja czasu wtrysku
5.5.1. Zapis i odczyt wartości parametru LONG FT X z pamięci RAM sterownika
5.5.2. Korzyści z procedury adaptacji czasu wtrysku
5.5.3. Niedogodności procedury adaptacji czasu wtrysku
5.6. Zależności pomiędzy zmianami wartości parametrów SHRT FT X i LONG FT X

6. Regulacji składu mieszanki z wykorzystaniem sygnałów dwóch czujników tlenu

7. Parametry SHRT FT X1 i SHRT FT XZK

7.1. Zależność pomiędzy wartościami parametrów: SHRT FT X, SHRT FT X1 i SHRT FT XZK

Dodatki techniczne dostępne w wersji elektronicznej na www.intercars.com.pl

inter cars
części do samochodów

MOTO INTEGRATOR Grupa Inter Cars
AUTO CREW Solidny Warsztat
Perfect Service
Q-SERVICE
Q-SERVICE TRUCK

Od autora

Szanowni czytelnicy,

zaczniemy od remanentu. W numerze 39/2011 „Dodatku technicznego", na stronie 3, pod koniec podrozdziału 1.1. jest błędna zależność pomiędzy jednostkami:

$$1 \text{ bar} = 10000 \text{ Pa} \approx 1 \text{ at}$$

Prawidłowa jest poniższa zależność pomiędzy jednostkami:

$$1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa} \approx 1 \text{ at}$$

Błąd wykrył i poinformował mnie o nim Pan Bartosz Dubas. Gratuluję dociekliwości oraz spostrzegawczości. Serdecznie dziękuję za informację. Ze mojej strony przepraszam za błąd i postaram się, aby było ich jak najmniej. Innych czytelników proszę o kontakt, jeśli coś budzi wątpliwości.
Teraz aktualności. W tym i w następnym „Dodatku technicznym", tematem jest dobór czasu wtrysku benzyny dla silników ZI z systemem OBDII/EOBD. Omówimy współpracę programu sterującego silnikiem z jednym lub z dwoma czujnikami tlenu (sondami lambda) oraz współczynniki korekcyjne czasu wtrysku benzyny (ich wartości można odczytać czytnikiem OBD ze sterownika).
Będzie trochę „naukowo", ale ta wiedza jest niezbędna przy diagnostyce silników, interpretacji kodów usterek oraz parametrów „zamrożonych". Uważam, że znajomość współczynników korekcyjnych, to klucz do diagnostyki współczesnych silników ZI.
Współczynniki korekcyjne czasu wtrysku benzyny, można również wykorzystać do dopasowania układu zasilania gazem LPG (również CNG) do układu zasilania benzyną - dlaczego? Niezależnie od tego co piszą ich producenci, żaden z nich, z wyjątkiem układów montowanych przez producentów, które korzystają z danych otrzymywanych bezpośrednio z programu sterownika układu wtrysku benzyny, nie współpracuje ściśle z układem wtrysku benzyny. Jeśli układ zasilania gazem LPG pracuje, zdobywa informacje z układu zasilania benzyną drogą pośrednią, a układ zasilania benzyną nie wie, że silnik jest zasilany gazem LPG. Ważne jest więc możliwie najlepsze dopasowanie obu układów zasilania, aby „nieporozumienia" pomiędzy nimi, skutkujące rejestracją kodów usterek, występowały możliwie rzadko. Będzie to tematem części 2.
Publikowany materiał jest całkowicie moim opracowaniem. Powstał na podstawie lektury różnych, często szczątkowych informacji, oraz własnych prób. Życzę cierpliwości przy lekturze. Jest on przygotowany do książki o diagnostyce silników z systemem OBDII/EOBD, która powstaje (niestety wolno).

Stefan Myszkowski
stefan.myszkowski@skk.auto.pl

Zdjęcie na okładce - czujników tlenu w układzie wylotowym silnika ZI z systemem OBDII/EOBD (Źródło: NGK/NTK)

1. O silniku czterosuwowym z zapłonem iskrowym

W silnikach czterosuwowych o obecnej konstrukcji, 1 cykl pracy silnika odbywa się zawsze podczas dwóch obrotów wału korbowego (720° OWK), bez względu na ilość cylindrów. Podczas dwóch obrotów wału korbowego, w każdym z cylindrów silnika odbywa się tylko jeden suw pracy.
W aktualnych konstrukcjach układów sterowania silników, podczas jednego cyklu pracy silnika, czas wtrysku ma jeszcze tę samą wartość dla wszystkich wtryskiwaczy jednego bloku cylindrów, również w tzw. układach wtrysku sekwencyjnego. Już niedługo przejdziemy jednak na indywidualną regulację czasów wtrysku dla poszczególnych cylindrów.

2. Podział silnika na bloki cylindrów

Silniki z systemem diagnostyki pokładowej OBDII/EOBD, są dzielone na bloki cylindrów, nazywane w skrócie „blokami". Podział ten nie jest podziałem konstrukcji mechanicznej silnika, ale podziałem w programie sterującym silnikiem. Silniki o ilości cylindrów do 4, mają przeważnie jeden blok cylindrów. Silniki o ilości cylindrów 6 lub większej, są dzielone przeważnie na 2 lub więcej bloków cylindrów. Silnik podzielony np. na dwa bloki cylindrów, to pod względem sterowania dwa oddzielne silniki. Poznajmy podstawowe korzyści wynikające z podziału silnika na bloki cylindrów.
Jednakowa wartość czasu wtrysku (dawki paliwa), obliczona przez sterownik dla np. 3 cylindrów, na podstawie sygnału czujnika tlenu, który mierzy zawartość tlenu w spalinach, wymieszanych z 3 cylindrów, zapewnia zasilanie każdego z 3 cylindrów mieszanką o składzie bliższym wymaganemu, niż w silniku o 6 cylindrach, dla którego sterownik oblicza czas wtrysku na postawie sygnału czujnika tlenu, mierzącego zawartość tlenu w spalinach, wymieszanych z 6 cylindrów. Im skład mieszanki zasilającej jest bliższy wymaganemu, tym:

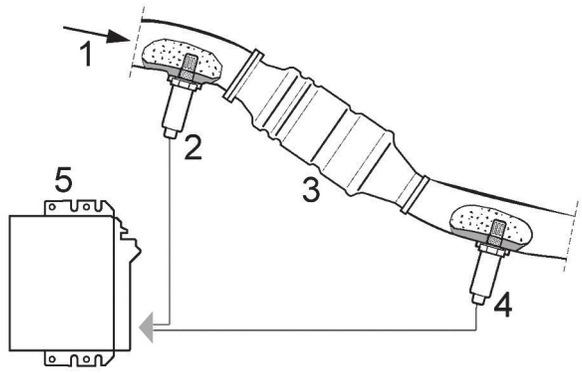
- większa jest sprawność konwertera katalitycznego a więc spaliny są czystsze;
- niższe jest zużycie paliwa.

Również układ regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu, współpracujący z dwoma lub więcej czujnikami spalania stukowe-

go, z których każdy „słucha" odgłosów przebiegu spalania w np. 3 cylindrach, pracuje dokładniej od układu regulacji kąta wyprzedzenia, współpracującego tylko z jednym czujnikiem spalania stukowego, który „słucha" odgłosów przebiegu spalania w np. 6 cylindrach. Zwiększa to dokładność regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu, w układach wyposażonych w czujnik spalania stukowego.

2.1. Numerowanie bloków cylindrów

Jeśli silnik nie jest podzielony na bloki cylindrów silnika, to wszystkie jego cylindry należą do bloku cylindrów nr 1. Jeśli silnik jest podzielony na dwa lub więcej bloków cylindrów, to numerem 1 jest oznaczony blok cylindrów, do którego należy cylinder nr 1 (patrz rys. od 2 do 5).
Blok cylindrów jest też określany słowem „bank", ale jest to część terminu angielskiego „bank of cylinders", który, np. w oprogramowaniu testera diagnostycznego, nie został przetłumaczony, bo tłumacz nie wiedział co to znaczy.



Rys.1 Cechą charakterystyczną układu wylotowego, każdego z bloków silnika z systemem OBDII/EOBD, jest montaż przynajmniej dwóch czujników tlenu. Elementy na rysunku: 1 - kierunek przepływu spalin; 2 - pierwszy czujnik tlenu, licząc od bloku cylindrów, zamontowany przed konwerterem katalitycznym, nazywamy regulacyjnym; 3 - trójfunkcyjny konwerter katalityczny; 4 - drugi czujnik tlenu, zamontowany za konwerterem katalitycznym, nazywany prowadzącym; 5 - sterownik zespołu napędowego. (Źródło: Bosch)

3. Czujniki tlenu w układach wylotowych silników z systemem OBDII/EOBD

Z każdym blokiem cylindrów silnika z systemem OBDII/EOBD, jest połączony układ wylotowy, z:

- jednym lub więcej konwerterami katalitycznymi - może być zamontowany tylko główny trójfunkcyjny konwerter katalityczny lub główny konwerter katalityczny poprzedzony tzw. rozruchowym, względnie trójfunkcyjny konwerter katalityczny oraz zamontowany za nim konwerter katalityczny pochłaniająco-redukujący.
- dwoma (rys.1) lub więcej czujnikami tlenu.

Montaż dwóch lub więcej czujników tlenu, w układzie wylotowym każdego z bloków cylindrów, wynika z:

- konieczności utrzymania przez samochód nowy, oraz po określonym przebiegu, emisji składników szkodliwych spalin poniżej wartości dopuszczalnych, określonych w normach Euro 3, Euro 4 lub obecnej Euro 5 (dopuszczalne wartości emisji tych trzech norm są niższe niż obowiązującej wcześniej normy Euro 2);
- wprowadzenie wymogu sprawdzania sprawności konwertera katalitycznego przez system diagnostyki pokładowej standardu OBDII/EOBD.

Dla wyjaśnienia dodam, że samochody, które spełniają normę Euro 2 nie posiadają systemu diagnostyki pokładowej standardu OBDII/EOBD, mimo że może być w nich zamontowane gniazdko diagnostyczne charakterystyczne dla systemów OBDII/EOBD. Samochody, które muszą spełniać normę Euro 3, Euro 4 lub Euro 5, a w przyszłości kolejne, co wynika z daty uzyskania homologacji lub daty pierwszej rejestracji pojazdu, muszą obligatoryjne posiadać system diagnostyki pokładowej standardu OBDII/EOBD.
W najczęściej spotykanym układzie wylotowym bloku cylindrów są zamontowane:

- trójfunkcyjny konwerter katalityczny (3, rys.1);
- dwa czujniki tlenu (2 i 4, rys.1).

Pierwszy, czujnik tlenu (2) jest zamontowany przed konwerterem katalitycznym (3). Niezależnie od ilości i typu czujników tlenu (może być ich więcej niż dwa i mogą być różnego typu) oraz konwerterów katalitycznych (może być ich więcej też niż jeden mogą być różnego typu), zamontowanych w układzie wylotowym bloku cylindrów, sygnał pierwszego czujnika tlenu (2, rys.1) licząc od strony bloku cylindrów, jest wykorzystywany do regulacji składu mieszanki, tak aby jej skład był jak najbardziej zbliżony do składu wymaganego przez program sterownika (przeważnie jest to mieszanka o składzie stechiometrycznym, $\lambda = 1$). Ten czujnik tlenu jest nazywany regulacyjnym czujnikiem tlenu, niezależnie od jego typu.
Drugi czujnik tlenu (4) jest zamontowany za konwerterem katalitycznym. Ma on dwa omówione poniżej zadania.

1. W następstwie starzenia regulacyjnego czujnika tlenu, postępującego wraz z okresem eksploatacji, następuje przesunięcie jego charakterystyki. Przesunięcie to powoduje, że mimo jeszcze prawidłowego pod względem elektrycznym sygnału czujnika tlenu, mieszanka regulowana na jego podstawie ubożeje.

Drugi czujnik tlenu, zamontowany za konwerterem katalitycznym, ma za zadanie kontrolę średniego składu spalonej mieszanki, regulowanej na podstawie sygnałów regulacyjnego czujnika tlenu. Jeśli na podstawie sygnałów drugiego czujnika tlenu sterownik wykryje, że mieszanka spalana w silniku jest za uboga, mimo że sygnał regulacyjnego czujnika tlenu pod względem elektrycznym jest prawidłowy, to tak zwiększa czasy wtrysku benzyny, aby sygnału drugiego czujnika tlenu informował o spalaniu mieszanki o składzie wymaganym przez program sterownika. Dlatego czujnik tlenu zamontowany za każdym z konwerterów katalitycznych, w rozwiązaniach konstrukcyjnych pokazanych na rysunkach od 1 do 5, jest nazywany prowadzącym. Kontrola regulacyjnego czujnika tlenu, zamontowanego przed konwerterem katalitycznym, przez czujnik prowadzący, zamontowany za konwerterem katalitycznym, jest możliwa, ponieważ część substancji powodujących zużycie chemiczne czujników tlenu, znajdujących się w spalinach, jest zatrzymywana przez konwerter katalityczny, powodując również jego zużycie. Dzięki temu, czujnik prowadzący zużywa się wolniej od czujnika regulacyjnego, a więc może go kontrolować. To czy danym samochodzie sygnał z prowadzącego czujnika tlenu (np. 4, rys.1) jest aktualnie wykorzystywany do regulacji składu mieszanki zasilającej silnik, można się dowiedzieć, wykorzystując funkcję odczytu „Parametry bieżące", czytnika OBD.

2. Podstawową zasadą wykonywania oceny stopnia zużycia konwertera katalitycznego jest porównywanie zmian zawartości tlenu w spalinach przed i za konwerterem katalitycznym. Odbywa się przez porównanie sygnału czujnika tlenu zamontowanego przed konwerterem katalitycznym z sygnałem czujnika tlenu zamontowanego za konwerterem katalitycznym. Sygnały te są różne, ponieważ część tlenu ze spalin jest zatrzymywana przez konwerter katalityczny, a więc jego udział w spalinach za konwerterem katalitycznym jest mniejszy niż przed nim. Zdolność do zatrzymywania przez konwerter katalityczny tlenu, czyli tzw. pojemność tlenowa, maleje wraz z jego zużyciem, co powoduje wzrost udziału tlenu w spalinach za konwerterem katalitycznym. Zdolność do zatrzymywania przez konwerter katalityczny tlenu jest oceniana przez program systemu OBDII/EOBD i na tej podstawie jest szacowana sprawność konwertera katalitycznego. Diagnosta, na podstawie porównania sygnałów czujników tlenu zamontowanych przed i za konwerterem katalitycznym nie jest w stanie określić stopnia jego zużycia. Jest to spowodowane tym, że systemy OBDII/EOBD używają co najmniej pięciu różnych procedur wyznaczania sprawności konwertera katalitycznego, Wspólną ich cechą jest tylko to, że bazują na ocenie aktualnej pojemności tlenowej konwertera katalitycznego. Wybór procedury oceny sprawności, dla danego trójfunkcyjnego konwertera katalitycznego, zależy od jego cech (trójfunkcyjne konwertery katalityczne, stosowane dla różnych silników, różnią się od siebie nawet znacznie, również pojemnością tlenowa), oraz typów czujników tlenu montowanych w układzie wylotowym (dwustanowe lub szerokopasmowe). Diagnosta nie ma żadnej możliwości by dowiedzieć się, jaką procedurę kontrolną wykorzystuje sterownik danego silnika. Oceny stopnia zużycia konwertera katalitycznego, na podstawie analizy sygnałów czujników tlenu zamontowanych przed i za nim, może dokonać tylko system OBDII/EOBD. Diagnosta powinien natomiast umieć powodować wykonanie „na życzenie" testu sprawności konwertera katalitycznego, przez system OBDII/EOBD.

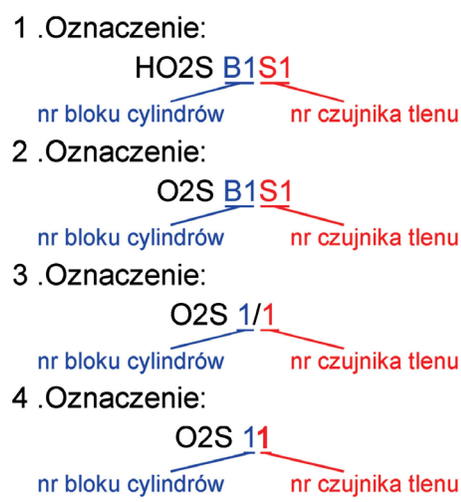
Jeśli w układzie wylotowym bloku cylindrów jest zamontowana większa ilość czujników tlenu niż dwa, wówczas miejsce ich montażu oraz sposób wykorzystania ich sygnałów, zależy od konstrukcji układu wylotowego silnika oraz od ilości i typów konwerterów katalitycznych.

3.1. Oznaczenia miejsc montażu czujników tlenu w układzie wylotowym silnika ZI, z systemem OBDII/EOBD

Każdemu czujnikowi tlenu, który jest zamontowany w układzie wylotowym silnika ZI, z systemem diagnostyki pokładowej standardu OBDII/EOBD, jest przyporządkowane oznaczenie. Informuje ono o:

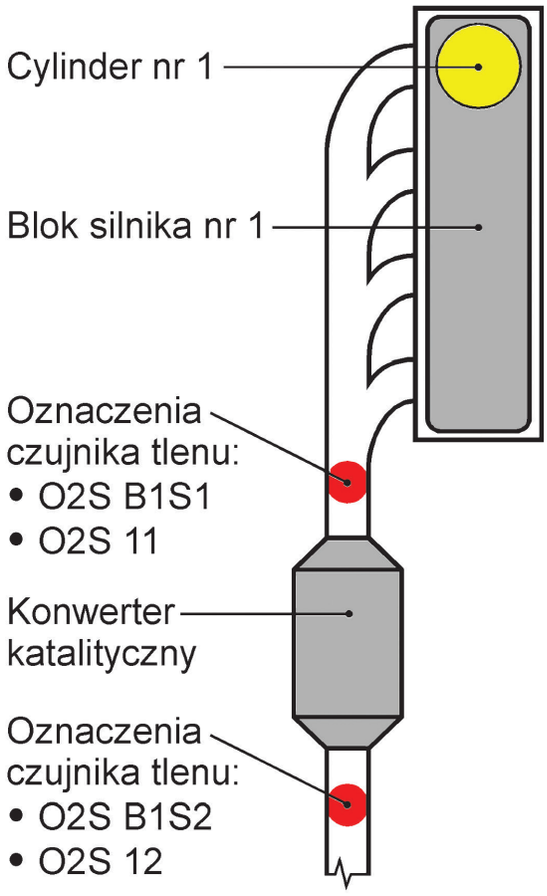
- numerze bloku cylindrów, w układzie wylotowym którego jest zamontowany czujnik tlenu;
- numerze kolejnym czujnika tlenu, w układzie wylotowym danego bloku cylindrów.

Czujniki tlenu są numerowane w kierunku od bloku cylindrów do końca układu wylotowego, oddzielnie dla każdego z bloków cylindrów.



Wszystkie powyższe oznaczenia, dotyczą czujnika tlenu nr 1, zamontowanego w układzie wylotowym bloku cylindrów nr 1.

Stosowane oznaczenia miejsc montażu czujników tlenu w układach wylotowych silników ZI, z systemem diagnostyki pokładowej standardu OBDII/EOBD, są podane poniżej.



Rys.2 Oznaczenia miejsc montażu czujników tlenu, w układzie wylotowym silnika rzędowego. Cylindry silnika należą do jednego bloku cylindrów. W jego układzie wylotowym jest zamontowany jeden konwerter katalityczny. Rozwinięcia oznaczeń miejsc montażu czujników tlenu: O2S B1S1 lub O2S 11 - układ wylotowy bloku cylindrów nr 1 silnika, czujnik tlenu nr 1; O2S B1S2 lub O2S 12 - układ wylotowy bloku cylindrów nr 1 silnika, czujnik tlenu nr 2. (Źródło: Vetronix Corporation)

W powyższych oznaczeniach:

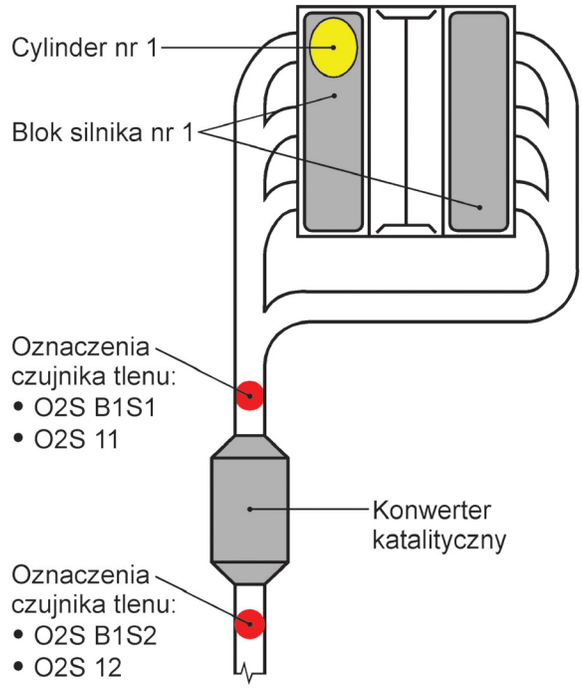
H - pierwsza litera słowa „Heated", oznaczającego „ogrzewany";

O2 - symbol tlenu;

S - pierwsza litera słowa „Sensor", oznaczającego „czujnik".

Oznaczenie „HO2S B1S1" (nr 1) podkreśla, że jest to ogrzewany czujnik tlenu. Oznaczenia nr 2, 3 i 4 nie informują o tym, ale jeśli dotyczą czujników tlenu montowanych w układach wylotowych silników z systemem OBDII/EOBD, to są to czujniki tlenu z grzałką, ponieważ w systemach sterujących silników z systemem OBDII/EOBD używa się tylko ogrzewanych czujników tlenu. Tylko one cechują się czasem nagrzewania nie dłuższym niż 15 sekund.

W oznaczeniu nr 4, numery bloku cylindrów i czujnika tlenu nie są od siebie oddzielone, tak jak w oznaczeniu 3, a więc podane przykładowe oznaczenie, można błędnie odczytać jako liczbę „jedenaście".



Rys.3 Oznaczenia miejsc montażu czujników tlenu, w układzie wylotowym silnika widlastego. Cylindry silnika należą do jednego bloku cylindrów. W jego układzie wylotowym jest zamontowany jeden konwerter katalityczny. Rozwinięcia oznaczeń miejsc montażu czujników tlenu: O2S B1S1 lub O2S 11 - układ wylotowy bloku cylindrów nr 1 silnika, czujnik tlenu nr 1; O2S B1S2 lub O2S 12 - układ wylotowy bloku cylindrów nr 1 silnika, czujnik tlenu nr 2. (Źródło: Vetronix Corporation)

Żadne z podanych oznaczeń nie informuje o typie czujnika tlenu. W dalszej części artykułu będę używał równolegle oznaczeń nr 2 i 4 czujników tlenu.

Niezależnie od ilości czujników tlenu zamontowanych w układzie wylotowym bloku cylindrów, zawsze pierwszy czujnik (licząc od bloku cylindrów), oznaczony jednym z dwóch podanych poniżej oznaczeń,:

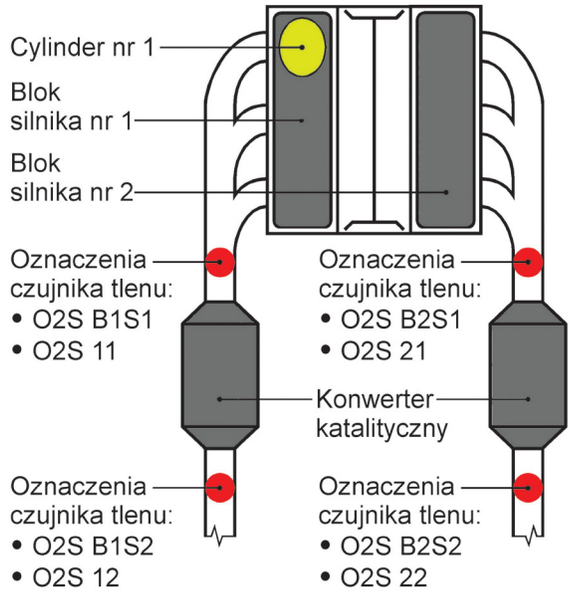
- O2S BXS1;
- O2S X1;

w których X oznacza nr bloku cylindrów, jest tzw. regulacyjnym czujnikiem tlenu.

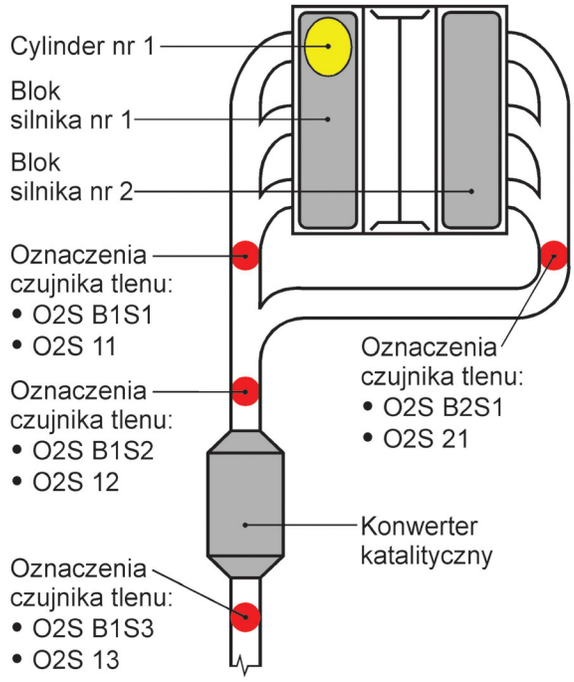
3.2. Przykłady oznaczeń miejsc montażu czujników tlenu w układach wylotowych silników ZI, z systemem OBDII/EOBD

Prezentują je rysunki od 2 do 5. Opisy silników, ich układów wylotowych oraz rozwinięcia oznaczeń miejsc montażu czujników tlenu, znajdują się w podpisach rysunków. Poniżej krótki komentarz do przedstawionych rysunków.

Najczęściej spotkacie się Państwo z układem wylotowym pokazanym na rys.2. Jak już wspomniałem, jeśli silnik ma do 4 cylindrów, jest przeważnie traktowany jak jeden blok cylindrów.



Rys.4 Oznaczenia miejsc montażu czujników tlenu, w układzie wylotowym silnika widlastego. Cylindry silnika są podzielone na dwa bloki cylindrów. W układzie wylotowym każdego nich, jest zamontowany konwerter katalityczny. Rozwinięcia oznaczeń miejsc montażu czujników tlenu: O2S B1S1 lub O2S 11 - układ wylotowy bloku cylindrów nr 1 silnika, czujnik tlenu nr 1; O2S B1S2 lub O2S 12 - układ wylotowy bloku cylindrów nr 1 silnika, czujnik tlenu nr 2; O2S B2S1 lub O2S 21 - układ wylotowy bloku cylindrów nr 2 silnika, czujnik tlenu nr 1; O2S B2S2 lub O2S 22 - układ wylotowy bloku cylindrów nr 2 silnika, czujnik tlenu nr 2. (Źródło: Vetronix Corporation)



Rys.5 Oznaczenia miejsc montażu czujników tlenu, w układzie wylotowym silnika widlastego. Cylindry silnika są podzielone na dwa bloki cylindrów. Ich układy wylotowe są połączone w jeden wspólny, w którym jest zamontowany konwerter katalityczny. Rozwinięcia oznaczeń miejsc montażu czujników tlenu: O2S B1S1 lub O2S 11 - układ wylotowy bloku cylindrów nr 1 silnika, czujnik tlenu nr 1; O2S B1S2 lub O2S 12 - układ wylotowy bloku cylindrów nr 1 silnika, czujnik tlenu nr 2; O2S B1S3 lub O2S 13 - układ wylotowy bloku cylindrów nr 1 silnika, czujnik tlenu nr 3; O2S B2S1 lub O2S 21 - układ wylotowy bloku cylindrów nr 2 silnika, czujnik tlenu nr 1. (Źródło: Vetronix Corporation)

Może tak być również, że konstrukcja silnika w układzie widlastym lub bokser sugeruje wprawdzie podział na co najmniej dwa bloki cylindrów, ale producent przyjął, że silnik jest jednym blokiem cylindrów (rys.3). Wystarczające jest więc zastosowanie dwóch czujników tlenu i jednego konwertera katalitycznego.

Rys.4 pokazuje natomiast również silnik widlasty (może być również w układzie bokser), podzielny na dwa bloki cylindrów. Każdy z nich, pod względem sterowania, należy traktować jako oddzielny silnik (pewne funkcje są wspólne np. pomiar prędkości obrotowej). Spaliny z każdego z nich oczyszcza oddzielny konwerter katalityczny. W układzie wylotowym każdego z bloków cylindrów, są zamontowane po dwa czujniki tlenu, a więc w całym układzie wylotowym jest ich 4. Taki sam układ wylotowy mogą mieć silniki rzędowe o 6 cylindrach, które są przeważnie podzielone na dwa bloki cylindrów, po 3 cylindry każdy (np. silniki BMW).

Rys.5 pokazuje natomiast silnik widlasty, który jest podzielny na dwa bloki cylindrów, ale spaliny są oczyszczane tylko przez jeden konwerter katalityczny. Każdy z bloków cylindrów ma swój regulacyjny czujnik tlenu - O2S B1S1 i O2S B2S1. Aby możliwa była ocena sprawności konwertera katalitycznego, pomiędzy połączeniem się odcinków układu wylotowego poszczególnych bloków cylindrów a konwerterem katalitycznym, zamontowany jest czujnik tlenu oznaczony O2S B1S2.

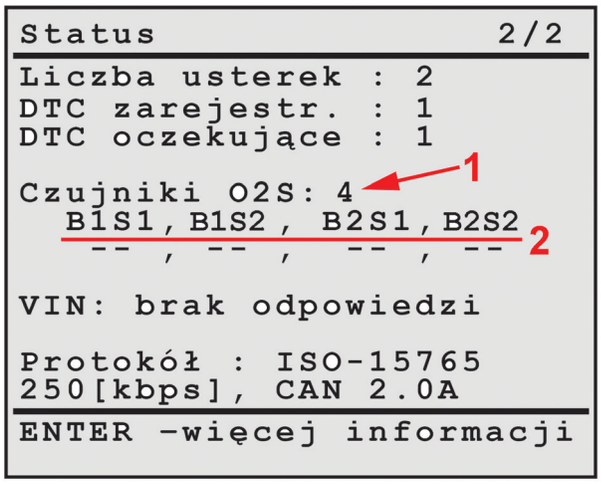
Sygnał czujnika tlenu O2S B1S2 i sygnał czujnika tlenu O2S B1S3 zamontowanego za konwerterem katalitycznym, sterownik wykorzystuje do oceny sprawności konwertera katalitycznego. Prowadzącym czujnikiem tlenu, jest czujnik oznaczony O2S B1S3.

3.3. Odczyt informacji o ilości i oznaczeniach miejsc montażu czujników tlenu z systemu OBDII/EOBD

Jest on możliwy, z wykorzystaniem czytnika OBD. Z informacji o ilości czujników tlenu zamontowanych w układzie wylotowym silnika (1, rys.6) dowiadujemy się również, ile oznaczeń miejsc montażu czujników tlenu (2) powinniśmy odczytać z systemu OBDII/EOBD.

Analizując oznaczenia czujników tlenu (2) należy najpierw określić ile regulacyjnych czujników tlenu jest w układzie wylotowym silnika. Mają one oznaczenia O2S BXS1 lub O2S X1, w których X oznacza nr bloku cylindrów. Ilość bloków cylindrów, na którą jest podzielony silnik, jest równa ilości regulacyjnych czujników tlenu.

Znając ilość bloków cylindrów silnika, ilość regulacyjnych czujników tlenu, oznaczenia czujników tlenu oraz możliwe rozwiązania konstrukcyjne układów wylotowych silników z systemem OBDII/EOBD (rys. od 2 do 5), można przewi-



Rys.6 Informacje o: 1 - ilości czujników tlenu; 2 - oznaczeniach czujników tlenu, zamontowanych w układzie wylotowym silnika, można odczytać czytnikiem OBD ze sterownika zespołu napędowego. Rysunek przedstawia odczyt tych informacji, z wykorzystaniem funkcji „Status", czytnika AMX550 firmy Automex.

dzieć jak jest skonstruowany układ wylotowy silnika i ile konwerterów katalitycznych lub ich zespołów, jest w nim zamontowanych. Używam słowa „przewidzieć", bo w nowoczesnym samochodzie, bez demontażu osłon silnika lub obejrzenia samochodu od dołu, często trudno jest zobaczyć całość układu wylotowego i wszystkie jego elementy. Myląca przy określaniu budowy układu wylotowego może być ilość końcówek układu wylotowego. Wiedza o ilości bloków cylindrów, ilości i miejscu montażu czujników tlenu oraz konwerterów katalitycznych jest niezbędna do interpretacji parametrów bieżących odczytywanych ze sterownika.

4. Czas wtrysku

Czas wtrysku, to czas trwania impulsu elektrycznego, który otwiera wtryskiwacz benzyny. Nie jest to równoznaczne z czasem, przez który wtryskiwacz jest rzeczywiście otwarty. Obliczona przez sterownik wartość czasu wtrysku, pozwala na wtryśnięcie dawki paliwa o przewidzianej w programie sterownika objętości, tylko wówczas, gdy:

- ciśnienie w listwie paliwa zasilającej wtryskiwacze benzyny jest prawidłowe;
- wtryskiwacz benzyny jest sprawny pod względem mechanicznym i elektrycznym;
- wtryskiwacz benzyny jest zanieczyszczony w stopniu niewpływającym istotnie na jego pracę i objętość wtryskiwanej dawki paliwa.

5. Procedury doboru i adaptacji czasu wtrysku benzyny przez program sterownika silnika ZI, z systemem diagnostyki pokładowej standardu OBDII/EOBD

Schemat blokowy obu procedur przedstawia rys.7. Kolejne punkty poniższego opisu, odnoszą się do poszczególnych bloków schematu.

5.1. Bazowy czas wtrysku

W bloku nr 1 programu sterownika (rys.7), dla występujących w danej chwili warunków pracy silnika, charakteryzowanych parą wartości:

- prędkość obrotowa silnika;
- obciążenie silnika (w aktualnych konstrukcjach silników są to ciśnienie bezwzględne w kolektorze dolotowym silnika lub masa zasysanego powietrza);

program sterujący silnika odczytuje z tabeli w pamięci ROM sterownika tzw. bazowy czas wtrysku t_B.
Tabela z wartościami bazowych czasów wtrysku, jest opracowana przez producenta silnika. Takie same silniki, z takim samym programem sterującym, spełniające wymagania tej samej homologacyjnej normy emisji spalin, mają w pamięci ROM taką samą tabelę bazowych czasów wtrysku.
Wartości bazowych czasów wtrysku i wszystkie inne dane w pamięci ROM:

- nie są tracone, gdy sterownik nie jest zasilany napięciem;
- nie są zmieniane przez program sterujący pracą silnika, bo nie ma on możliwości zapisu w pamięci ROM - może z niej tylko dane odczytywać.

Bazowy czas wtrysku:

- dla określonych warunków pracy silnika;
- przy określonych wartościach: temperatury silnika, temperatury powietrza dolotowego, napięcia w instalacji elektrycznej samochodu oraz przy stojącej nieruchomo przepustnicy;

powinien zapewnić powstanie mieszanki paliwowo-powietrznej o składzie wymaganym przez program sterownika (zależy on od aktualnych warunków pracy silnika). W rzeczywistych warunkach pracy silnika, warunek ten jest praktycznie niemożliwy do spełnienia, ponieważ:

- zmieniają się wartości wielu wielkości;
- występuje wiele czynników (tzw. zakłóceń);

które wpływają na skład mieszanki paliwowo-powietrznej. Aby w każdych warunkach pracy danego egzemplarza silnika, wartość czasu wtrysku zapewniała powstanie mieszanki o składzie możliwie bliskim wymaganemu, wartość bazowego czasu wtrysku jest poddawana kolejnym korekcjom.

5.2. Korekcja czasu wtrysku, uwzględniająca znany wpływ wybranych wielkości na skład mieszanki paliwowo powietrznej

Znamy wiele wielkości i czynników, które wpływają na skład mieszanki paliwowo-powietrznej. Jednak występowanie tylko niektórych można w sposób akceptowalny technicznie i ekonomicznie stwierdzić lub zmierzyć, a ich wpływ na skład mieszanki paliwowo-powietrznej ująć w programie sterownika silnika, w postaci charakterystyk.

W bloku nr 2 programu sterownika (rys.7), jest wykonywana korekcja bazowego czasu wtrysku t_B, nazwana korekcją 1. Uwzględnia ona wpływ wybranych wielkości, których wartości mierzy sterownik, na skład mieszanki paliwowo-powietrznej. Wpływ każdej z wybranych wielkości na skład mieszanki paliwowo-powietrznej, określa tzw. współczynnik korekcyjny składu mieszanki:

k_{TS} - określa wpływ temperatury silnika;
k_{TD} - określa wpływ temperatury powietrza dolotowego;
k_V - określa wpływ napięcia w instalacji elektrycznej;
k_{PR} - określa wpływ szybkości otwierania lub zamykania przepustnicy.

Dla zmierzonej, aktualnej wartości każdej z wybranych wielkości, program sterownika odczytuje z pamięci ROM wartość współczynnika korekcyjnego składu mieszanki.

Czas wtrysku po korekcji 1, jest obliczany według poniższego wzoru:

$$t_{K1} = t_B \times k_{TS} \times k_{TD} \times k_V \times k_{PR} \quad (1)$$

w którym:

t_{K1} - czas wtrysku po korekcji 1 [ms];
t_B - bazowy czas wtrysku [ms];
k_{TS}, k_{TD}, k_V i k_{PR} - współczynniki korekcyjne składu mieszanki.

Każdy współczynnik korekcyjny składu mieszanki, może przyjmować następujące wartości, które oznaczają:

- (k_{TS}, k_{TD}, k_V, k_{PR}) = 1 - brak korekcji czasu wtrysku;
- (k_{TS}, k_{TD}, k_V, k_{PR}) > 1 - zwiększenie czasu wtrysku (wzbogacenie mieszanki);
- 0 < (k_{TS}, k_{TD}, k_V, k_{PR}) < 1 - zmniejszenie czasu wtrysku (zubożenie mieszanki).

5.3. Korekcja czasu wtrysku, uwzględniająca sumaryczny i długookresowy wpływ wielu znanych lub nieznanych wielkości na skład mieszanki paliwowo powietrznej

W bloku nr 3 programu sterownika (rys.7), jest uwzględniony wpływ na skład mieszanki paliwowo-powietrznej, wielkości lub czynników, których:

- występowania sterownik nie może bezpośrednio stwierdzić przez pomiar;
- jest to trudne techniczne lub kosztowne, dlatego rezygnujemy z tego.

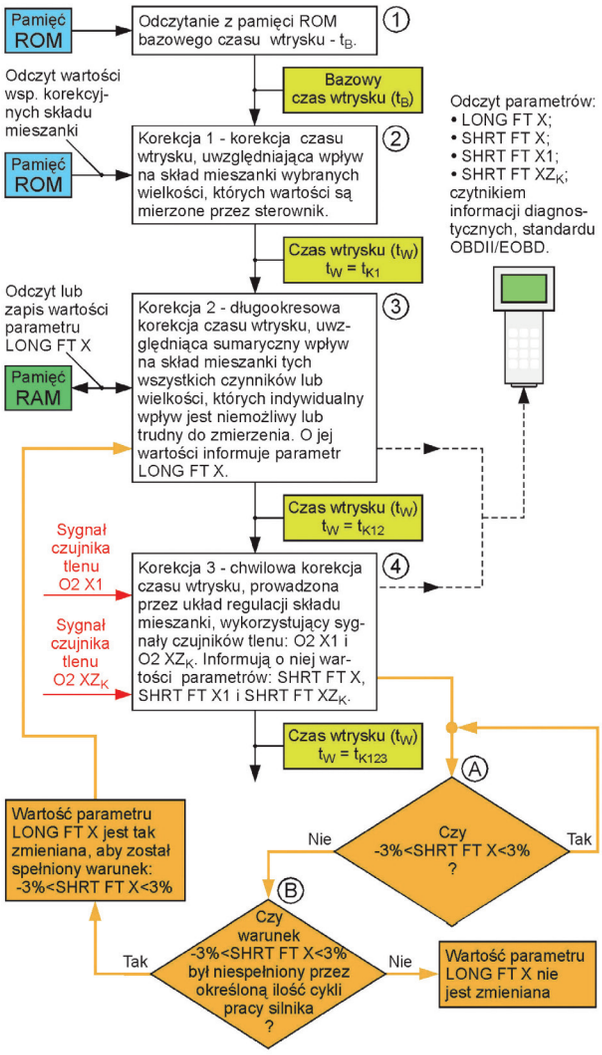
Ponadto, jeśli nawet wiemy o występowaniu takich wielkości lub czynników, to nie ma możliwości określenia ich wpływu na skład mieszanki paliwowo-powietrznej, w postaci charakterystyk w programie sterownika silnika lub jest to bardzo trudne i również rezygnujemy z tego. Takimi czynnikami są między innymi:

- błędy korekcji wpływu na skład mieszanki paliwowo-powietrznej wybranych wielkości, mierzonych przez sterownik (patrz poprzedni punkt);
- różnice w składzie lub jakości paliwa;
- zmiany oporów przepływu przez filtr powietrza lub paliwa, spowodowane zanieczyszczeniami;
- zanieczyszczenie wtryskiwaczy benzyny;
- zużycie części silnika;
- nieszczelności układu dolotowego;
- zmiany ciśnienia atmosferycznego (jeśli w układzie sterowania silnika nie ma czujnika mierzącego to ciśnienie).

Do tej grupy zaliczamy też takie uszkodzenia silnika i jego układów, których system diagnostyki pokładowej standardu OBDII/EOBD nie jest w stanie wykryć, a wpływają one na zmianę składu mieszanki paliwowo-powietrznej.

W bloku nr 3 programu jest wykonywana korekcja 2 czasu wtrysku. Uwzględnia ona sumaryczny wpływ na skład mieszanki paliwowo-powietrznej tych wszystkich czynników lub wielkości, których indywidualny wpływ na skład mieszanki paliwowo-powietrznej nie jest możliwy do zmierzenia lub stwierdzenia. Wartość tej korekcji określa parametr LONG FT X, w oznaczeniu którego:

- LONG FT to skrót od słów „Long Term Fuel Trim";
- X oznacza numer bloku cylindrów silnika, którego dotyczy parametr.



Rys.7 Schemat blokowy procedur obliczania i adaptacji czasu wtrysku, przez program sterownika silnika ZI, z systemem diagnostyki pokładowej standardu OBDII/EOBD. Opis w tekście rozdziałów.

Po polsku parametr LONG FT X nazywamy „długookresową korekcją czasu wtrysku dla bloku cylindrów nr X silnika".
Przykładowo:

1. parametr o oznaczeniu LONG FT 1 informuje o długookresowej korekcji czasu wtrysku, dla bloku cylindrów nr 1 silnika;
2. jeśli silnik jest podzielony na bloki cylindrów nr 1 i 2, to program sterownika traktuje je jako dwa oddzielne silniki, dlatego wyznacza dwa parametry LONG FT 1 i LONG FT 2, które określają długookresowe korekcje dawek paliwa dla bloków cylindrów nr 1 i 2.

Wartość każdego z parametrów LONG FT X, określa procedura adaptacji czasu wtrysku (opisuję ją w podrozdziale 5.5.).
Czas wtrysku po korekcji 2, jest obliczany według poniższego wzoru:

(2) $$t_{K12} = t_{K1} \times \left[1 + \frac{\text{LONG FT}}{100}\right]$$

w którym:

t_{K12} - czas wtrysku po korekcjach 1 i 2 [ms];
t_{K1} - czas wtrysku po korekcji 1 (patrz wzór nr 1 i jego opis) [ms];
LONG FT X - długookresowa korekcja czasu wtrysku dla bloku cylindrów nr X silnika [%];

Parametr LONG FT X może przyjmować następujące wartości, które oznaczają:

- LONG FT X = 0% - brak korekcji czasu wtrysku;
- 0% < LONG FT X < 100% - zwiększenie czasu wtrysku (wzbogacenie mieszanki);
- -100% < LONG FT X < 0% - zmniejszenie czasu wtrysku (zubożenie mieszanki).

Wartość każdego parametru LONG FT X, można odczytać z programu sterownika czytnikiem OBD.

5.4. Korekcja czasu wtrysku, przy pracy układu regulacji składu mieszanki w pętli zamkniętej lub otwartej

Warunki pracy silnika dzielimy na dwie grupy:

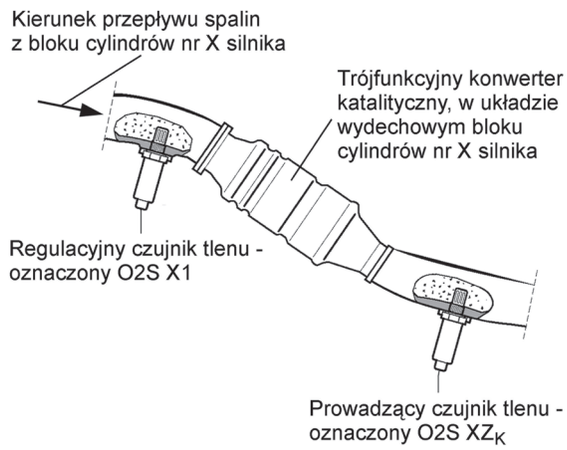
1. warunki pracy, w których skład mieszanki paliwowo-powietrznej zasilającej blok cylindrów silnika jest regulowany, z wykorzystaniem sygnału jednego lub dwóch czujników tlenu zamontowanych w jego układzie wydechowym (rys.8) - mówimy wówczas, że układ regulacji składu mieszanki pracuje w tzw. pętli zamkniętej;
2. warunki pracy, w których skład mieszanki paliwowo-powietrznej zasilającej blok cylindrów silnika, nie jest regulowany, czyli sygnał żadnego z czujników tlenu nie jest w tym celu wykorzystywany - mówimy wówczas, że układ regulacji składu mieszanki pracuje w tzw. pętli otwartej.

Od tego, czy układ regulacji składu mieszanki pracuje w pętli zamkniętej czy otwartej, zależy dalsza praca programu obliczającego wartość czasu wtrysku. Omawiam to szczegółowo w podrozdziałach 5.4.1 i 5.4.2.

5.4.1. Korekcja czasu wtrysku, przy pracy układu regulacji składu mieszanki w pętli zamkniętej

Jest ona prowadzona w bloku nr 4 programu sterownika (rys.7).
Układ regulacji składu mieszanki silnika z systemem OBDII/EOBD, zaczyna pracę nie później niż 15 sekund od chwili uruchomienia silnika. Układ regulacji składu mieszanki pracuje w pętli zamkniętej, w następujących warunkach pracy silnika:

- na biegu jałowym;
- w zakresie stałych małych i średnich obciążeń (do ok. 3/4 skoku pedału gazu, mierząc od jego pozycji w stanie nienaciśniętym);
- podczas łagodnego przyspieszania.



Rys.8 Oznaczenia miejsc montażu i nazwy czujników tlenu w układzie wylotowym bloku cylindrów nr X silnika ZI, z systemem diagnostyki pokładowej standardu OBDII/EOBD. W typowym układzie wylotowym silnika, który jest przedstawiony na tym rysunku, za trójfunkcyjnym konwerterem katalitycznym jest zamontowany drugi czujnik tlenu, nazywany prowadzącym. Jego ogólne oznaczenie - O2S XZ_K należy zastąpić oznaczeniem O2S X2.

Zadaniem układu regulacji składu mieszanki, pracującego w pętli zamkniętej, jest utrzymanie możliwie ciągłego zasilania silnika mieszanką o składzie zmieniającym się w niewielkim zakresie (oscylującym) w stosunku do składu mieszanki wymaganego przez program sterownika, mimo zmieniających się warunków pracy silnika oraz działania wielu czynników, które wpływają na skład mieszanki.

Ze względu na obecność w układach wylotowych większości silników, trójfunkcyjnych konwerterów katalitycznych, przy pracy układu regulacji składu mieszanki w pętli zamkniętej program sterownika wymaga zasilania silnika mieszanką o składzie stechiometrycznym, charakteryzowaną wartością współczynnika składu mieszanki lambda (λ) = 1. Układ regulacji składu mieszanki silnika z systemem OBDII/EOBD, wykorzystuje podczas pracy w pętli zamkniętej (alternatywnie):

- tylko sygnał regulacyjnego czujnika tlenu, o oznaczeniu O2S X1 (rys.8);
- sygnały regulacyjnego i prowadzącego czujnika tlenu; prowadzący czujnik tlenu ma oznaczenie O2S XZ_K i jest zamontowany za konwerterem katalitycznym (rys.8).

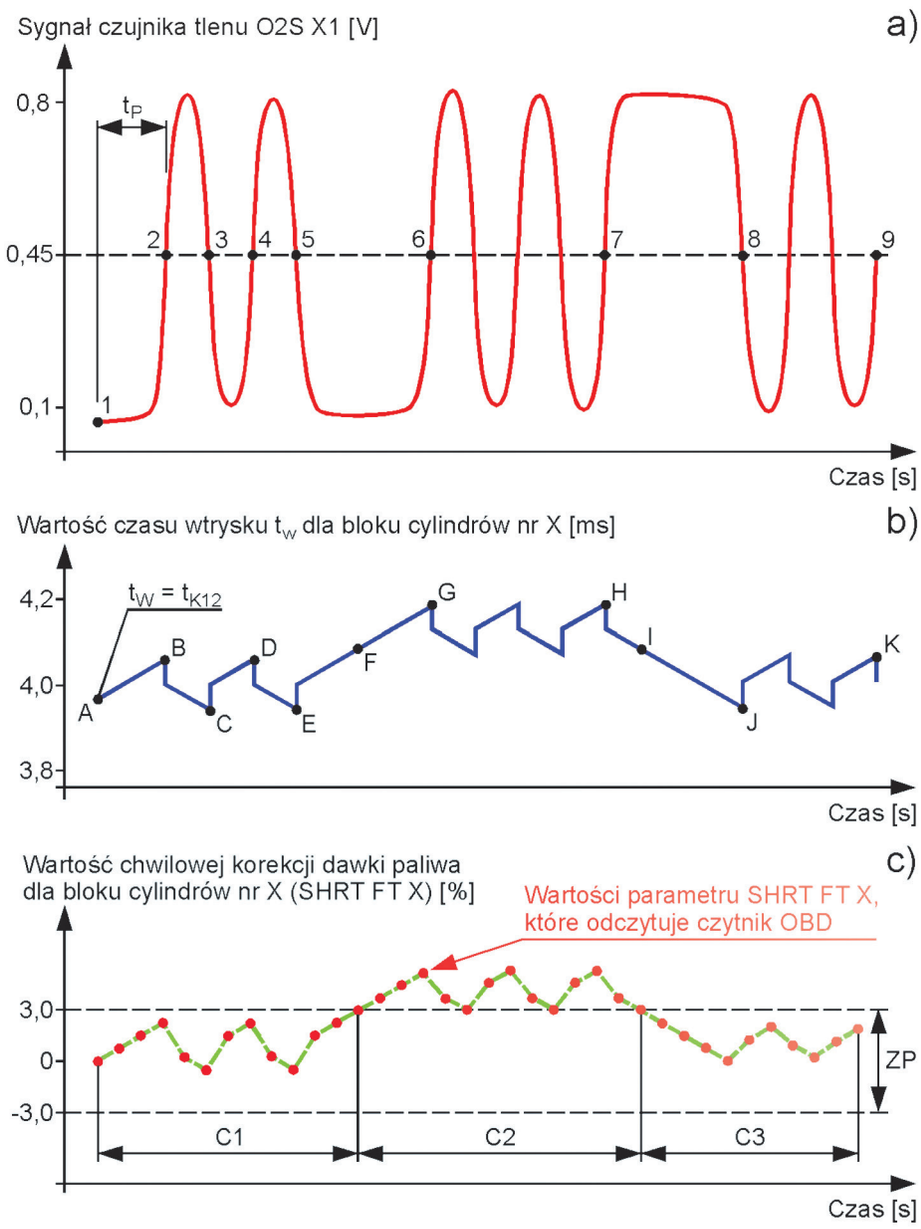
Układ regulacji składu mieszanki, zmienia skład mieszanki, przez chwilowe zmiany czasu wtrysku.

Prześledźmy jak w warunkach ustalonych pracuje układu regulacji składu mieszanki, który wykorzystuje tylko sygnał regulacyjnego czujnika tlenu O2S X1, typu dwustanowego/napięciowego. Przypomnę, że czujnik tlenu typu dwustanowego umożliwia tylko określenie czy spalona mieszanka była uboga czy bogata.

1. Bezpośrednio po przejściu silnika do pracy w nowych warunkach (charakteryzują je prędkość obrotowa i obciążenie silnika), początkowa wartość czasu wtrysku t_W (pkt.A na rys.9b), jest równa obliczonej w bloku nr 3 (rys.7) wartości czasu wtrysku t_{K12}.
2. Po otwarciu wtryskiwaczy na czas wtrysku $t_W = t_{K12}$, wtryśnięta dawka paliwa utworzyła mieszankę. Po jej spaleniu, z sygnału regulacyjnego czujnika tlenu O2S X1, układ regulacji składu mieszanki dowiedział się, że była to mieszanka uboga (przyjmuję tak w tym przykładzie) - pkt.1 na rys.9a (wartość napięcia sygnału napięciowego czujnika tlenu, niższa od wartości napięcia odniesienia (0,45V) oznacza, że spalona mieszanka była uboga). W następstwie tej informacji, układ regulacji składu mieszanki stopniowo zwiększa czas wtrysku t_W, celem wzbogacenia mieszanki - odcinek A-B na rys.9b.
3. Wzbogacanie mieszanki trwa do chwili, w której układ regulacji składu mieszanki dowiaduje się z sygnału regulacyjnego czujnika tlenu O2S X1, że spalana mieszanka jest już mieszanką bogatą - pkt.2 na rys.9a (wartość napięcia sygnału napięciowego czujnika tlenu, wyższa od wartości napięcia odniesienia (0,45V) oznacza, że spalona mieszanka była bogata). W następstwie tej informacji, układ regulacji składu mieszanki zmniejsza wartość czasu wtrysku t_W - najpierw skokowo, a potem stopniowo, celem zubożenia mieszanki - odcinek B-C na rys.9b.
4. Zubażanie mieszanki trwa do chwili, w której układ regulacji składu mieszanki dowiaduje się z sygnału regulacyjnego czujnika tlenu O2S X1, że spalana mieszanka jest już mieszanką ubogą - pkt.3 na rys.9a. W następstwie tej informacji, układ regulacji składu mieszanki zwiększa czas wtrysku t_W - najpierw skokowo, a potem stopniowo, celem wzbogacenia mieszanki - odcinek C-D na rys.9b.
5. Wzbogacanie mieszanki trwa do chwili, w której układ regulacji składu mieszanki dowiaduje się z sygnału regulacyjnego czujnika tlenu O2S X1, że spalana mieszanka jest już mieszanką bogatą - pkt.4 na rys.9a. W następstwie tej informacji, układ regulacji składu mieszanki zmniejsza ponownie wartość czasu wtrysku t_W - najpierw skokowo, a potem stopniowo, celem zubożenia mieszanki - odcinek D-E na rys.9b.
6. Zmiany napięcia sygnału regulacyjnego czujnika O2S X1, pomiędzy punktami 2 i 4 (rys.9a) to jeden cykl regulacyjny składu mieszanki. Odpowiada mu cykl zmian czasu wtrysku, pomiędzy punktami B i D (rys.9b).

Sygnał prowadzącego czujnika tlenu O2S XZ_K, jest wykorzystywany przez układ regulacji składu mieszanki wówczas, gdy wskutek zużycia eksploatacyjnego lub uszkodzenia regulacyjnego czujnika tlenu O2S X1, średni skład spalanej mieszanki, regulowany tylko z wykorzystaniem sygnału regulacyjnego czujnika tlenu, nie jest równy wymaganemu przez program sterownika składowi mieszanki (z uwzględnieniem założonej tolerancji). Średni skład spalanej mieszanki jest określany przez układ regulacji składu mieszanki na podstawie sygnału prowadzącego czujnika tlenu O2S XZ_K. Do tego zagadnienia powrócę w rozdziałach 6 i 7.

O chwilowych zmianach czasu wtrysku, które są wynikiem pracy układ regulacji składu mieszanki, informuje parametr SHRT FT X. W oznaczeniu parametru:



Rys.9 Wykresy przedstawiają: a - sygnał regulacyjnego dwustanowego/napięciowego czujnika tlenu O2S X1; b - przebieg zmian wartości czasu wtrysku t_W, prowadzonych przez układ regulacji składu mieszanki, na podstawie sygnału regulacyjnego czujnika tlenu O2S X1 (jest to tzw. algorytm skokowy zmian czasu wtrysku); c - przebieg zmian wartości parametru SHRT FT X. Wartość parametru SHRT FT X (rys.c) informuje diagnostę o zmianach czasu wtrysku (rys.b). Na odcinkach C1 i C3 wykresu (rys.c) wartości parametru SHRT FT X mieszczą się w zakresie prawidłowym (ZP = ±3%). Na odcinku C2 wykresu (rys.c), część wartości parametru SHRT FT X wykracza poza zakres prawidłowy (ZP = ±3%). Oznaczenia na rysunku: t_P - czas poszukiwania, t_W - czas wtrysku (jego wartość można zmierzyć na złączu wtryskiwacza); t_{K12} - czas wtrysku po korekcjach 1 i 2 (patrz rys.7, blok nr 3 schematu). Opis wykresów w tekście rozdziałów.

- SHRT FT to skrót od słów „Short Term Fuel Trim";
- X oznacza numer bloku cylindrów silnika, którego dotyczy parametru.

Po polsku parametr SHRT FT X nazywamy „chwilową korekcją czasu wtrysku dla bloku cylindrów nr X silnika".

Przykładowo:

1. parametr o oznaczeniu SHRT FT 1 informuje o wartości chwilowej korekcji czasu wtrysku dla bloku cylindrów nr 1 silnika;
2. jeśli silnik jest podzielony na bloki cylindrów nr 1 i 2, to program sterownika traktuje je jako dwa oddzielne silniki, dlatego wyznacza dwa parametry SHRT FT 1 i SHRT FT 2, które określają wartości chwilowych korekcji dawek paliwa dla bloków cylindrów nr 1 i 2.

Układ regulacji składu mieszanki (korekcja 3) oblicza czas wtrysku według poniższego wzoru:

(3) $$t_{K123} = t_{K12} \times \left[1 + \frac{\text{SHRT FT X}}{100}\right]$$

w którym:

t_{K123} - czas wtrysku po korekcjach 1, 2 i 3 [ms];
t_{K12} -czas wtrysku po korekcjach 1 i 2 (patrz wzór 2 i jego opis) [ms];
SHRT FT X - chwilowa korekcja czasu wtrysku dla bloku cylindrów nr X silnika [%].

Parametr SHRT FT X może przyjmować następujące wartości, które oznaczają:

- SHRT FT X = 0% - brak korekcji czasu wtrysku;
- 0% < SHRT FT X < 100% - zwiększenie czasu wtrysku (wzbogacenie mieszanki);
- -100% < SHRT FT X < 0% - zmniejszenie czasu wtrysku (zubożenie mieszanki).

Wartości parametru SHRT FT X można odczytać z programu sterownika czytnikiem OBD - patrz rys.9c. Chcę w tym miejscu uwrażliwić diagnostów, że wszystkie czytniki OBD lub testery diagnostyczne odczytują wartości każdego z parametrów z programu sterownika (z lub bez systemu OBDII/EOBD), tylko kilka razy na sekundę. Na wykresie wyświetlanym na ekranie testera, który prezentuje zmianę wartości parametru w czasie, odcinki wykresu pomiędzy dwoma odczytanymi wartościami parametru, przedstawiają przybliżony przebieg zmiany wartości parametru. Aby to podkreślić, na wykresach wartości parametrów tworzonych przez testery AMX530 firmy Automex, wyróżnione są punkty wykresu, w których wartości parametrów zostały odczytane z programu sterownika.

Powyższa cecha wykresów wartości parametrów, odczytywanych przez testery diagnostyczne, ma znaczenie szczególnie przy przebiegach szybkozmiennych. Wykres wartości parametru SHRT FT X jest wykresem tego typu. Proszę zauważyć, że wykres wartości parametru SHRT FT X (rys.9c), to lekko „zdeformowany" wykres czasu wtrysku t_W (rys.9b). Oba wykresy powinny mieć ten sam kształt, bo wartości parametru SHRT FT X informują o zmianach wartości czasu wtrysku. Uwaga! - w większości samochodów, parametr SHRT FT X informuje o zmianach czasu wtrysku, które są wynikiem pracy układu regulacji składu mieszanki. Są jednak samochody, w których parametr SHRT FT X informuje o zmianach składu mieszanki spalonej przez silnik, w stosunku do wymaganego przez program sterownika składu mieszanki, podczas pracy układu regulacji składu mieszanki. O tym, jak rozpoznać w samochodzie, o czym informuje parametr SHRT FT X, napiszę w „Dodatku Technicznym" nr 41/2011.

5.4.2. Korekcja czasu wtrysku, przy pracy układu regulacji składu mieszanki w pętli otwartej

Układ regulacji składu mieszanki, pracuje w pętli otwartej w następujących warunkach pracy silnika:

- rozruch silnika;
- praca przez ok. 15 s po uruchomieniu silnika;
- praca w zakresie stałych, dużych obciążeń (powyżej ok. 3/4 skoku pedału gazu);
- praca przy silnym przyspieszaniu samochodu;
- praca przy włączonej funkcji ogranicznika prędkości obrotowej;
- praca podczas włączonej funkcji hamowania silnikiem;
- praca podczas restartu silnika, po wyłączeniu funkcji hamowania silnikiem;

Jeśli układ regulacji składu mieszanki pracuje w pętli otwartej, procedura obliczania czasu wtrysku kończy się po korekcji 2 w bloku nr 3 (patrz rys.7 i wzór nr 2). W tych obliczeniach jest wykorzystywana wartość parametru LONG FT X.

Jeśli silnik pracuje w warunkach, w których wcześniej pracował układ regulacji składu mieszanki, (przykładowo - praca silnika na biegu jałowym, od chwili jego uruchomienia, do rozpoczęcia pracy przez układ regulacji składu mieszanki) to wykorzystywana jest wartość parametru LONG FT X wyznaczona podczas wcześniejszej pracy tego układu.

Jeśli silnik pracuje w warunkach, w których układ regulacji nigdy nie pracuje, (przykładowo - praca silnika w warunkach dużego stabilnego obciążenia, powyżej ok. 3/4 skoku pedału gazu), to wykorzystywana jest wartość parametru LONG FT X szacowana na podstawie wartości parametrów LONG FT X wyznaczonych w tych warunkach pracy silnika, w których układ regulacji składu mieszanki pracuje w pętli zamkniętej.
Układ regulacji składu mieszanki pracuje również w pętli otwartej, jeśli:

- sam jest uszkodzony;
- uszkodzony jest silnik, jego układ (np. nieszczelność układu wydechowego, na odcinku pomiędzy silnikiem a regulacyjnym czujnikiem tlenu) lub układ sterowania silnika;

Wówczas do obliczeń czasu wtrysku są wykorzystywane wartości parametru LONG FT X wyznaczone podczas pracy układu regulacji składu mieszanki w pętli zamkniętej.

5.5. Adaptacja czasu wtrysku

Program sterownika wykorzystuje procedurę adaptacji czasu wtrysku, jeśli spełnione są trzy warunki:

1. silnik pracuje w warunkach, w których układ regulacji składu mieszanki pracuje w pętli zamkniętej;
2. temperatura płynu w układzie chłodzenia silnika przekroczyła 80°C;
3. temperatura powietrza w układzie dolotowym silnika jest niższa niż 90°C (warunek podawany przez firmę VW).

Warunki nr 2 i 3 gwarantują, że silnik pracuje w prawidłowym zakresie temperatur roboczych. Algorytm procedury adaptacji czasu wtrysku, jest przedstawiony na rys.7 i opisany poniżej.

1. Wartość parametru SHRT FT X informuje o zmianach czasu wtrysku, będących wynikiem pracy układu regulacji składu mieszanki w pętli zamkniętej (blok nr 4 programu, rys.7). Program sterownika sprawdza, czy zakres zmian wartości parametru SHRT FT X jest w zakresie prawidłowym ±3% (blok A programu sterownika, rys.7). W tym zakresie zmienia się wartość parametru SHRT FT X, na odcinkach C1 i C3 wykresu na rys.9c, która informuje o zmianach czasu wtrysku, odpowiednio na odcinkach A-F i I-K wykresu na rys.9b. Jeśli wartość parametru SHRT FT X zmienia się w zakresie prawidłowym ±3%, to oznacza, że wartość korekcji 2 w bloku 3 programu (rys.7) jest prawidłowa. Program sterownika nie zmienia więc wartości parametru LONG FT X, w bloku nr 3 programu.

2. Na skład mieszanki paliwowo-powietrznej, która zasila silnik, wpływa wiele czynników. W każdej chwili, niewiadomo z jakiej przyczyny (dla sterownika), może się on zmienić. Wówczas układ regulacji składu mieszanki szuka zakresu czasu wtrysku, który ponownie zapewni zasilanie silnika mieszanką o składzie zmieniającym się w niewielkim zakresie (oscylującym) w stosunku do składu mieszanki, wymaganego przez program sterownika. Zobaczmy to na przykładzie. Sygnał regulacyjnego czujnika tlenu O2S X1, pomiędzy punktami 5 i 6 wykresu na rys.9a, informuje układ regulacji składu mieszanki, że silnik spala mieszankę ubogą. Aby zasilić silnik mieszanką bogatą, układ regulacji składu mieszanki zwiększa czasu wtrysku - odcinek E-F-G wykresu na rys.9b. W punkcie 6 (rys.9a) sygnał regulacyjnego czujnika tlenu O2S X1 informuje układ regulacji składu mieszanki o tym, że silnik spalił mieszankę bogatą, dlatego w pkt.G (rys.9b) rozpoczyna się zmniejszanie czasu wtrysku, które zapoczątkowuje okres cyklicznych zmian składu mieszanki, w stosunku do wymaganego przez program sterownika składu mieszanki. Dowodem tych zmian jest cykliczna zmiana sygnału regulacyjnego czujnika tlenu O2S X1 - odcinek pomiędzy punktami 6 i 7 wykresu na rys.9a, oraz wynikająca z nich zmiana czasu wtrysku - pomiędzy punktami G i H wykresu na rys.9b.
3. Ponownie, jakiś czynnik spowodował, że przez dłuższy okres czasu - pomiędzy punktami 7 i 8 wykresu na rys.9a, silnik spalał mieszankę bogatą, o czym świadczy sygnału regulacyjnego czujnika tlenu O2S X1. Aby silnik ponownie spalił mieszankę ubogą, układ regulacji składu mieszanek znacznie zmniejsza czas wtrysku, - odcinek H-I-J wykresu na rys.9b. W punkcie 8 (rys.9a) sygnał regulacyjnego czujnika tlenu O2S X1 informuje układ regulacji składu mieszanki, że silnik spalił mieszankę ubogą, dlatego w pkt.J (rys.9b) rozpoczyna się zwiększanie czasu wtrysku, które zapoczątkowuje okres cyklicznych zmian składu mieszanki, w stosunku do składu mieszanki, wymaganego przez program sterownika. Dowodem tych zmian jest cykliczna zmiana sygnału regulacyjnego czujnika tlenu O2S X1 - odcinek pomiędzy punktami 8 i 9 wykresu na rys.9a, oraz wynikająca z nich zmiana czasu wtrysku - pomiędzy punktami J i K wykresu na rys.9b.
4. Na odcinku C2 (rys.9c) wykresu parametru SHRT FT X, część jego wartości jest poza zakresem prawidłowym ±3% (ZP). Jest to spowodowane zmianami wartości czasu wtrysku na odcinku wykresu, pomiędzy punktami F i I wykresu na rys.9b. Jeśli program sterownika (blok A programu sterownika, rys.7) stwierdzi, że wartości parametru SHRT FT X przekraczają zakres prawidłowy ±3%, to następnie sprawdza przez ile cykli pracy silnika (jeden cykl, to dwa obroty wału korbowego silnika), wartości parametru SHRT FT X były poza zakresem prawidłowym ±3% (blok B programu sterownika, rys.7).
5. Jeśli wartości parametru SHRT FT X były poza zakresem prawidłowym ±3%, przez mniejszą niż określona w programie sterującym pracą silnika ilość cykli pracy silnika, to przyjęto w tym programie (według informacji DaimlerChrysler i GM), że wpływ czynników wymuszających zmianę składu mieszanki ma charakter chwilowy, dlatego program nie zmienia wartości parametru LONG FT X (blok nr 3 programu, rys.7).
6. Jeśli wartości parametru SHRT FT X były poza zakresem prawidłowym ±3%, przez równą lub większą niż określona w programie sterującym pracą silnika ilość cykli pracy silnika, to program ten przyjmuje, że wpływ czynników powodujących zmianę składu mieszanki ma charakter trwały. Dlatego program sterujący pracą silnika określa taką nową wartość parametru LONG FT X w bloku nr 3 (rys.7), aby wartości parametru SHRT FT X ponownie zmieniały się w zakresie prawidłowym ±3% (spełniały warunek -3% < SHRT FT X < 3%).
7. Ze względu na opisaną powyżej procedurę zmiany wartości parametru LONG FT X, jest on również nazywany współczynnikiem adaptacyjnym czasu wtrysku.

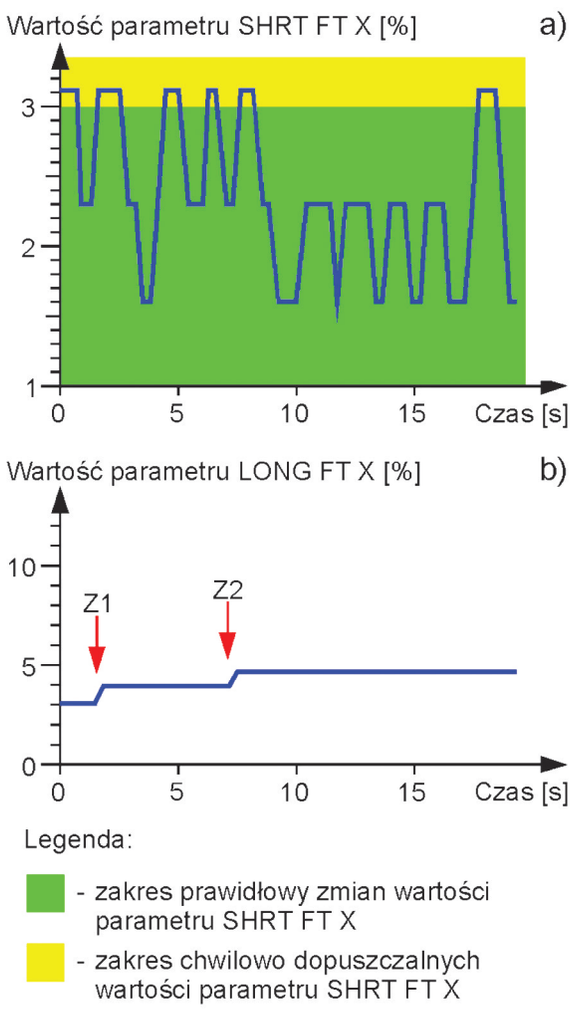
Warunki pracy silnika, charakteryzowane przez prędkość obrotową i obciążenie silnika, są podzielone na przedziały. Każdemu z przedziałów warunków pracy silnika, jest przyporządkowana tylko jedna wartość parametru LONG FT X, przechowywana w pamięci RAM.

5.5.1. Zapis i odczyt wartości parametru LONG FT X z pamięci RAM sterownika

Pamięć RAM jest pamięcią z której program sterujący może dane odczytywać i do niej zapisywać. Dane w pamięci RAM są przechowywane tylko wówczas, gdy sterownik jest zasilany energią elektryczną. Odłączenie akumulatora lub sterownika od instalacji elektrycznej samochodu powoduje utratę danych, zapisanych w pamięci RAM sterownika.
Przed pierwszym uruchomieniem silnika samochodu po:

- wyprodukowaniu;
- odłączeniu zasilania od sterownika;
- odłączeniu akumulatora od instalacji elektrycznej samochodu;
- skasowaniu wartości parametrów LONG FT X poleceniem z testera diagnostycznego (niektóre testery mają taką funkcję);

wartości parametrów LONG FT X, we wszystkich przedziałach warunków pracy silnika, są równe zero.
Jeśli w określonym przedziale warunków pracy silnika, zostanie wyznaczona nowa wartość parametru LONG FT X, z wykorzystaniem procedury adaptacji czasu wtrysku, to w pamięci RAM, zastępuje ona poprzednią wartość dla tego zakresu warunków pracy. Zasada ta obowiązuje wszystkie przedziały warunków pracy silnika.
Gdy silnik pracuje, program sterownika pobiera z pamięci RAM, wartość parametru LONG FT X (blok nr 3, rys.7), odpowiednią dla aktualnych warunków pracy silnika. Jeśli układ regulacji składu mieszanki pracuje w pętli zamkniętej,



Rys.10 Wykresy rzeczywistych zmian wartości parametrów (Opel Corsa C 1,4 16V): a - SHRT FT X (chwilowa korekcja dawki paliwa dla bloku cylindrów nr X silnika); b - LONG FT X (długookresowa korekcja dawki paliwa dla bloku cylindrów nr X silnika). Oznaczenia na rysunku: Z1, Z2 - zmiany wartości parametru LONG FT X, przeprowadzone przez program sterownika, w celu przywrócenia prawidłowego zakresu zmian wartości parametru SHRT FT X (±3%).

to wartość parametru LONG FT X, odpowiednia dla aktualnych warunków pracy silnika:

- jest wykorzystywana do obliczeń czasu wtrysku;
- może być zastąpiona przez nową wartość, w wyniku aktywności procedury adaptacji czasu wtrysku.

Jeśli natomiast układ regulacji składu mieszanki pracuje w pętli otwartej, to wartość parametru LONG FT X, odpowiednia dla aktualnych warunków pracy silnika jest wykorzystywana tylko do obliczeń czasu wtrysku.

Wykorzystując czytnik OBD do odczytu ze sterownika wartości parametrów SHRT FT X i LONG FT X dla bloku cylindrów nr X silnika, można przy ustalonych warunkach pracy silnika, samemu prześledzić jak program sterownika przeprowadza adaptację czasu wtrysku. Przykładową przedstawia rys.10. Wykres na rys.10a przedstawia zmiany wartości parametru SHRT FT X. Wykres na rys.10b przedstawia zmiany wartości parametru LONG FT X.

Na wykresie na rys.10a, wartość parametru SHRT FT X kilkukrotnie przekracza zakres prawidłowy (±3%). Przekroczenia te w ocenie programu sterownika miały charakter trwały, dlatego w punktach Z1 i Z2 program zwiększył wartości parametru LONG FT X. Po zmianie Z2 wartości parametru SHRT FT X nie przekraczały zakresu ±3%.

5.5.2. Korzyści z procedury adaptacji czasu wtrysku

Podczas pracy silnika, np. w ruchu miejskim, bardzo często następuje zmiana warunków pracy silnika. Jeśli układ regulacji składu mieszanki pracuje, to po każdej zmianie warunków pracy silnika rozpoczyna poszukiwanie zakresu wartości czasu wtrysku, który zapewni, że skład mieszanki zasilającej silnik będzie zmieniał się w niewielkim zakresie (będzie oscylował) w stosunku do składu mieszanki wymaganego przez program sterownika (patrz odcinek pomiędzy punktami 2 i 5 wykresu na rys.9a).

Czas poszukiwania t_p tego zakresu czasu wtrysku (czas pomiędzy punktami 1 i 2 wykresu na rys.9a) powinien być jak najkrótszy, gdyż w tym okresie trójfunkcyjny konwerter katalityczny pracuje z obniżoną sprawnością. Procedura adaptacji czasu wtrysku skraca czasu poszukiwania t_p, przy każdorazowej zmianie warunków pracy silnika.

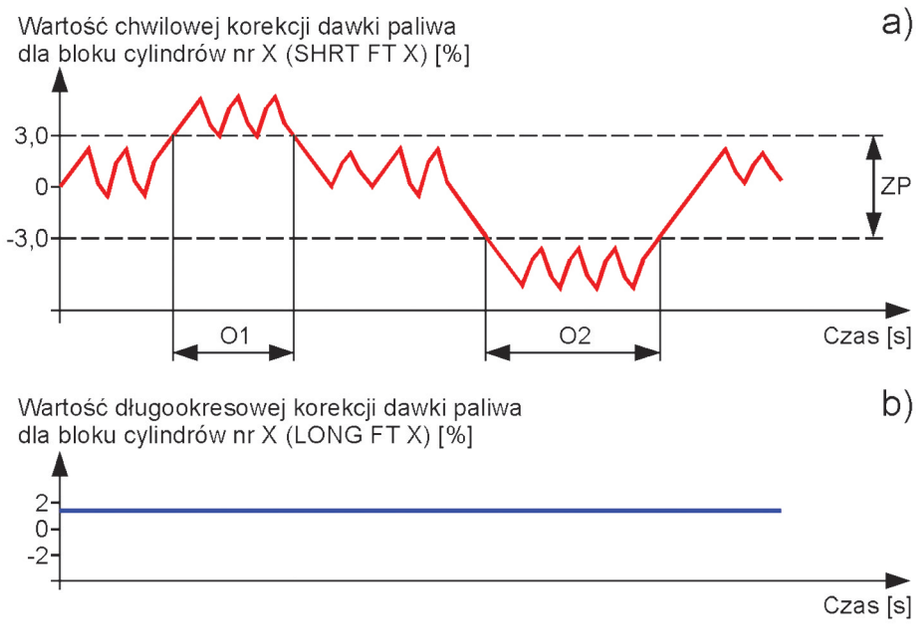
Drugą korzyścią z procedury adaptacji czasu wtrysku, jest stałe dostosowywanie dawek paliwa do zmieniającego się w czasie eksploatacji zapotrzebowania silnika na paliwo. Dzięki niej następuje indywidualizacja czasów wtrysku, dobranych przez producenta samochodu (są one w pamięci ROM). Ma to szczególnie znaczenie dla silników o pewnym stopniu zużycia.

Procedura adaptacji czasu wtrysku umożliwia również dokładniejszy dobór dawek paliwa w tych warunkach pracy, w których, układ regulacji składu mieszanki pracuje w pętli otwartej, np. przy rozruchu silnika lub gdy korzystamy z zakresu dużego obciążenia silnika (przy naciśnięciu pedału gazu powyżej ok. 3/4 skoku), np. podczas jazdy z dużą prędkością lub podczas intensywnego przyspieszania.

5.5.3. Niedogodności procedury adaptacji czasu wtrysku

Po wystąpieniu uszkodzenia silnika, jego układu lub układu sterowania silnikiem, sterownik zmienia czas wtrysku, zwiększając go lub zmniejszając nawet do 40%, tak aby pracujący w pętli zamkniętej układ regulacji składu mieszanki, zapewniał zasilanie silnika mieszanką o składzie zmieniającym się w niewielkim zakresie (oscylującym) w stosunku do składu mieszanki wymaganego przez program sterownika (przeważnie stechiometrycznego, $\lambda = 1{,}00$).

Priorytetem dla programu sterownika jest bowiem zapewnienie konwerterowi katalitycznemu warunków do usuwania możliwie największej części szkodliwych składników



Rys.11 Przekroczenia przez parametr SHRT FT X górnej granicy (odcinek O1) lub dolnej granicy (odcinek O2) zakresu prawidłowego (ZP) tego parametru (rys.a), powodowane czynnikami o charakterze chwilowym (wyjaśnienie w tekście rozdziałów) nie spowodowały zmiany wartości parametru LONG FT X (rys.b), czyli adaptacji czasu wtrysku.

spalin, również wówczas gdy występuje jakieś uszkodzenie, o którym program sterownika wie - wykrył je, lub nie wie.
Dzięki takiej strategii, konwerter katalityczny może nadal pracować z możliwie dużą sprawnością, ale diagnoście trudniej jest wykryć uszkodzenie - przyczynę tych zmian, szczególnie jeśli sterownik nie zarejestrował żadnych kodów usterek. Wykonanie tylko kontroli sygnału regulacyjnego czujnika tlenu lub analizy składu spalin, może zawieść. Wszystko bowiem sugeruje, że silnik i jego układy pracują prawidłowo. Pomocą jest krytyczna analiza wartości parametrów LONG FT X i SHRT FT X.
Ponadto, jeśli zostało usunięte uszkodzenie, które było przyczyną dużych zmian wartości parametru LONG FT X, to po naprawie wskazane jest skasowanie wartości parametru LONG FT X. Program sterownika nie powinien bowiem obliczać czasów wtrysku z wykorzystaniem wartości parametru LONG FT X, wyznaczonych jeszcze przy występującym uszkodzeniu. Powodować to może zakłócenia w pracy silnika.
Wartości parametru LONG FT X można skasować (wszystkie przyjmują wartości zero), przez:

- odłączenie akumulatora od instalacji elektrycznej samochodu;
- skasowanie poleceniem z testera diagnostycznego (niektóre testery mają taką funkcję).

Po skasowaniu wartości parametru LONG FT X, w trakcie dalszej eksploatacji samochodu, program sterownika może ponownie, po spełnieniu kilku warunków, określać jego nowe wartości.

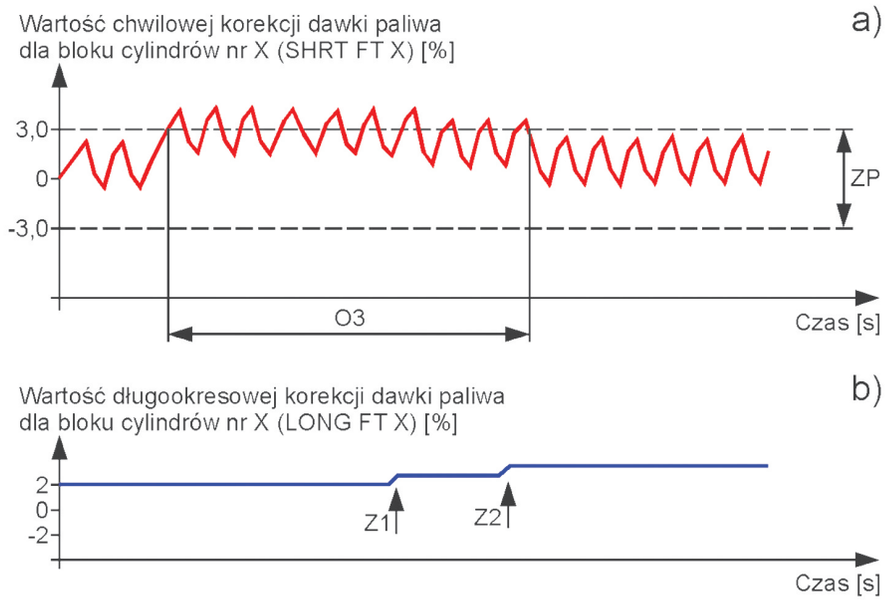
5.6. Zależności pomiędzy zmianami wartości parametrów SHRT FT X i LONG FT X

Obserwując zmiany wartości:

- chwilowej korekcji czasu wtrysku, dla bloku cylindrów nr X silnika - parametr SHRT FT X;
- długookresowej korekcji czasu wtrysku dla bloku cylindrów nr X silnika - parametr LONG FT X;

odczytywane czytnikiem OBD ze sterownika silnika, w różnych, ustalonych warunkach pracy silnika, można wyróżnić trzy typowe zależności pomiędzy wartościami obu parametrów, opisane poniżej.

Zależność 1 (rys.11). Chwilowe zubożenie mieszanki (przyczyna nieznana) spowodowało, że układ regulacji składu mieszanki, dla utrzymania jej składu możliwie blisko składu wymaganego (przeważnie stechiometrycznego) zwiększył zakres zmian czasu wtrysku. Informuje nas o tym chwilowe zwiększenie zakresu wartości parametru SHRT FT X, ponad 3% (odcinek O1, rys.11a).
Po chwili nastąpiło chwilowe wzbogacenie mieszanki (przyczyna nieznana). Układ regulacji składu mieszanki zmniejszył więc zakres zmian czasu wtrysku. Informuje nas o tym chwilowe zmniejszenie wartości parametru SHRT FT X, poniżej -3% (odcinek O2, rys.11a).
Ponieważ podczas trwania obu przekroczeń (O1 i O2), prawidłowego zakresu wartości (ZP) parametru SHRT FT X, silnik wykonał mniejszą ilość cykli pracy niż określona w programie sterownika, program sterownika uznał, że zmiany czasu wtrysku mają charakter chwilowy, dlatego nie zmienił wartości parametru LONG FT X w pamięci RAM (rys.11b).



Rys.12 Przekroczenie przez parametr SHRT FT X górnej granicy (odcinek O3) zakresu prawidłowego (ZP) tego parametru (rys.a), powodowane czynnikami o charakterze trwałym (wyjaśnienie w tekście rozdziałów), spowodowało zmiany wartości parametru LONG FT X (Z1 i Z2, rys.b), czyli adaptację czasu wtrysku.

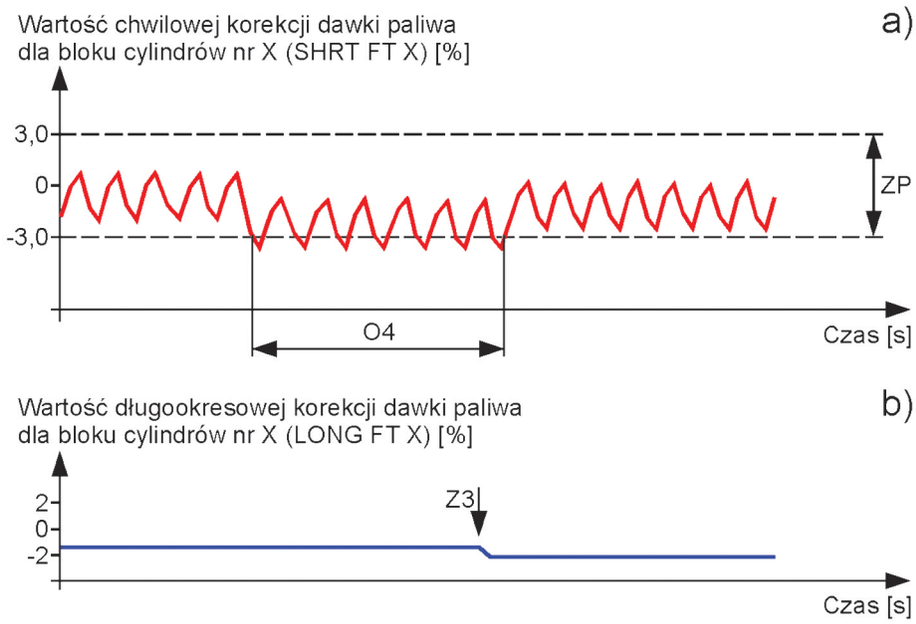
Zależność 2 (rys.12). Chwilowe zubożenie mieszanki (przyczyna nieznana) spowodowało, że układ regulacji składu mieszanki, zwiększył zakres zmian czasu wtrysku. Informuje nas o tym chwilowe zwiększenie zakresu wartości parametru SHRT FT X, ponad 3% (odcinek O3, rys.12a).
Ponieważ przekroczenie (O3) prawidłowego zakresu wartości (ZP) parametru SHRT FT X, występowało podczas wykonania przez silnik równej lub większej ilości cykli pracy, niż określona w programie sterownika, dlatego program sterownika uznał, że zwiększenie zakresu zmian czasu wtrysku jest powodowane czynnikami o charakterze trwałym. Z tego powodu, po wykonaniu przez silnik określonej w programie sterownika ilość cykli pracy, program sterownika zwiększył dwukrotnie, skokowo, wartość parametru LONG FT X w pamięci RAM (Z1, Z2, rys.12b), tak aby wartości parametru SHRT FT X zmieniały się ponownie w zakresie prawidłowym ±3% (ZP).
Zależność 3 (rys.13). Chwilowe wzbogacenie mieszanki (przyczyna nieznana) spowodowało, że układ regulacji składu mieszanki, zmniejszył zakres zmian czasu wtrysku. Informuje nas o tym chwilowe zmniejszenie zakresu wartości parametru SHRT FT X, poniżej -3% (odcinek O4, rys.13a).
Ponieważ przekroczenie (O4) prawidłowego zakresu wartości (ZP) parametru SHRT FT X, występowało podczas wykonania przez silnik równej lub większej ilości cykli pracy, niż określona w programie sterownika, dlatego program sterownika uznał, że zmniejszenie zakresu zmian czasu wtrysku jest powodowane czynnikami o charakterze trwałym. Z tego powodu, po wykonaniu przez silnik określonej w programie sterownika ilość cykli pracy, program sterownika zmniejszył skokowo wartość parametru LONG FT X w pamięci RAM (Z3, rys.13b), tak aby wartości parametru SHRT FT X zmieniały się ponownie w zakresie prawidłowym ±3% (ZP).
W chwilach zmian wartości parametru LONG FT X (zmiany Z1, Z2 i Z3, w przykładach na rys.12 i 13) i powrotu wartości parametru SHRT FT X do zakresu prawidłowego ±3%, nie następują zmiany czasu wtrysku.

6. Regulacji składu mieszanki z wykorzystaniem sygnałów dwóch czujników tlenu

W układzie wylotowym każdego rzędu cylindrów silnika z systemem OBDII/EOBD są zamontowane dwa czujniki tlenu. Mogą to być:

- dwa napięciowe czujniki tlenu;
- szerokopasmowy czujnik tlenu jako regulacyjny, a napięciowy jako prowadzący;
- dwa szerokopasmowe czujniki tlenu.

Poznaliśmy jak pracuje układ regulacji składu mieszanki, gdy wykorzystuje on tylko sygnał regulacyjnego napięciowego czujnika tlenu. Teraz poznamy pracę tego układu, gdy wykorzystuje on sygnały regulacyjnego i prowadzącego, napięciowego czujnika tlenu.
Zacznijmy jednak od wprowadzenia pojęć rzeczywisty i średni współczynnik lambda (λ) składu mieszanki.
Gdy układ regulacji składu mieszanki pracuje w pętli zamkniętej, to rzeczywisty skład mieszanki, charakteryzowany wartością współczynnika lambda (λ_R) rzeczywistego składu mieszanki, zmienia się w sposób wymuszony przez układ regulacji składu mieszanki - przykładowo, tak jak pokazuje to linia 1 wykresu na rys.14a. Wartości współczynnika lambda (λ_{SR}) średniego składu mieszanki (linia 2 wykresu na rys.14a) to uśrednione wartości współczynnika lambda (λ_R) rzeczywistego składu mieszanki (linia 1 wykresu na rys.14a).
Układ regulacji pracujący w pętli zamkniętej stara się cały czas, aby wartość współczynnika lambda (λ_{SR}) średniego składu mieszanki (linia 1 wykresu na rys.14a) była możliwie bliska wartości współczynnika lambda (λ_W) wymaganego składu mieszanki (rys.14b).
Jeśli układ regulacji składu mieszanki pracuje w pętli zamkniętej, i warsztatowym analizatorem spalin (niezależnie od jego producenta) mierzymy wartość współczynnika lambda składu mieszanki, to nie widzimy rzeczywistych



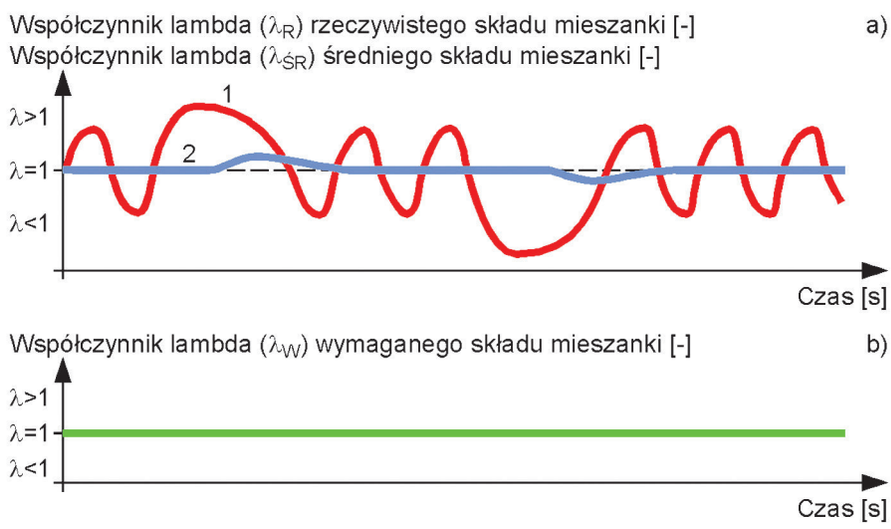
Rys.13 Przekroczenie przez parametr SHRT FT X dolnej granicy (odcinek O4) zakresu prawidłowego (ZP) tego parametru (rys.a), powodowane czynnikami o charakterze trwałym (wyjaśnienie w tekście rozdziałów), spowodowało zmiany wartości parametru LONG FT X (Z3, rys.b), czyli adaptację czasu wtrysku.

zmian składu spalonej mieszanki (lina 1, rys.14a) ponieważ układ pomiarowy analizatora spalin za wolno reaguje na zmiany składu spalin. Warsztatowy analizator spalin uśrednia wartość współczynnika lambda, dlatego mierzy on wartość współczynnika lambda ($\lambda_{ŚR}$) średniego składu mieszanki (linia 2 wykresu na rys.14a). Tę sama wartość można w określonym zakresie ocenić również na podstawie sygnału prowadzącego czujnika tlenu.

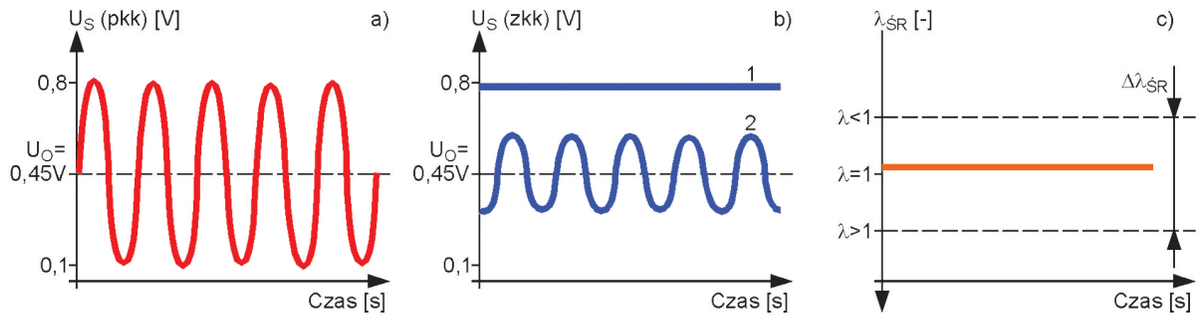
Powróćmy do układu regulacji składu mieszanki w dwoma napięciowymi czujnikami tlenu. O tym, czy wykorzystuje on sygnał tylko regulacyjnego czujnika tlenu (rys.8) czy regulacyjnego i prowadzącego czujnika tlenu, decyduje wartość współczynnika lambda ($\lambda_{ŚR}$) średniego składu mieszanki, oceniana przez układ regulacji składu mieszanki na podstawie sygnału prowadzącego czujnika tlenu (rys.8).

Jeśli sygnał prowadzącego, napięciowego czujnika tlenu informuje o braku tlenu w spalinach za konwerterem katalitycznym - linia 1 wykresu na rys.15b, to układ regulacji nie może ocenić składu spalonej mieszanki na podstawie tego sygnału. W tej sytuacji, układ regulacji składu mieszanki wykorzystuje tylko sygnał regulacyjnego czujnika tlenu.

Jeśli układ regulacji składu mieszanki wykorzystuje tylko sygnał regulacyjnego czujnika tlenu, a sygnał prowadzącego, napięciowego czujnika tlenu ma przebieg zilustrowany linią 2 wykresu na rys.15b, to według interpretacji układu regulacji składu mieszanki, wartość współczynnika lambda ($\lambda_{ŚR}$) średniego składu mieszanki mieści się w wymaganym zakresie wartości współczynnika lambda ($\lambda_{ŚR}$) średniego składu mieszanki (rys.15c). Z tego powodu, do regulacji składu mieszanki wystarczające jest wykorzystywanie tylko sygnału regulacyjnego czujnika tlenu.



Rys.14 Przykładowe wykresy na rys.a: 1 - współczynnika lambda (λ_R) rzeczywistego składu mieszanki; 2 - współczynnika lambda ($\lambda_{ŚR}$) średniego składu mieszanki. Oba wykresy na rys.a mają taki przebieg, gdy układ regulacji składu mieszanki pracuje w pętli zamkniętej. Wykres na rys.b pokazuje wartość współczynnika lambda (λ_W) wymaganego składu mieszanki.



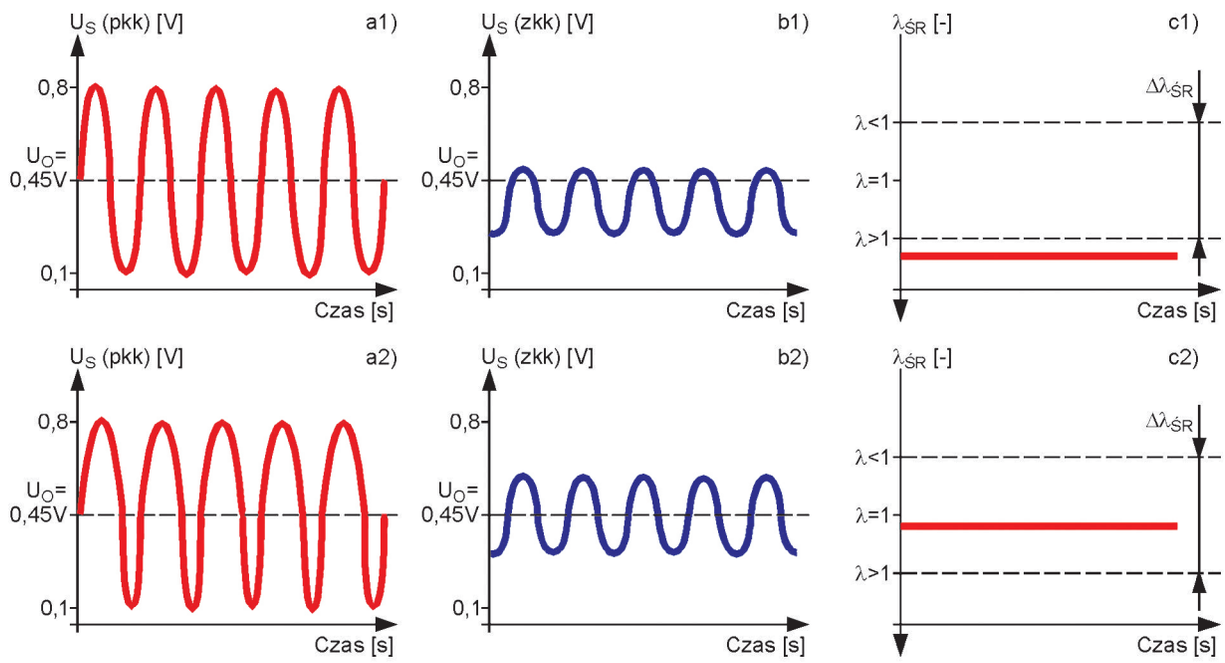
Rys.15 Wykresy wielkości charakterystycznych dla układu regulacji składu mieszanki, z dwoma napięciowymi czujnikami tlenu w układzie wylotowym bloku cylindrów, gdy skład mieszanki jest regulowany tylko z wykorzystaniem sygnału regulacyjnego czujnika tlenu (patrz rys.8). Wykresy przedstawiają: rys.a - sygnał regulacyjnego czujnika tlenu; rys.b - sygnały prowadzącego czujnika tlenu, w sytuacjach, gdy za konwerterem katalitycznym płyną spaliny, w których nie ma tlenu (linia 1) lub zawartość tlenu w spalinach zmienia się cyklicznie (linia 2); rys.c - wartość współczynnika lambda ($\lambda_{ŚR}$) średniego składu mieszanki. Na rys.c jest zaznaczony wymagany zakres wartości współczynnika lambda ($\Delta\lambda_{ŚR}$) średniego składu mieszanki. Omówienie w tekście rozdziałów.

Jeśli jednak układ regulacji składu mieszanki wykorzystuje tylko sygnał regulacyjnego czujnika tlenu (rys.16-a1), ale sygnał prowadzącego, napięciowego czujnika tlenu ma przebieg zilustrowany wykresem na rys.16-b1, to według interpretacji układu regulacji składu mieszanki, wartość współczynnika lambda ($\lambda_{ŚR}$) średniego składu mieszanki może mieć wartość za dużą, w stosunku do wymaganego zakresu wartości współczynnika lambda ($\lambda_{ŚR}$) średniego składu mieszanki (rys.16-c1) - mieszanka, która zasila silnik, jest więc za uboga.

Aby wzbogacić mieszankę, tak aby wartość współczynnika lambda ($\lambda_{ŚR}$) średniego składu mieszanki:

- była ponownie możliwie najbliższa wartości współczynnika lambda (λ_W) wymaganego składu mieszanki (przeważnie wymagana jest mieszanka stechiometryczna, cechująca się współczynnikiem λ_W = 1,00);
- mieściła się w wymaganym zakresie $\lambda_{ŚR}$ (rys.16-c2);

układ regulacji składu mieszanki wykorzystuje specjalny sposób zmiany czasu wtrysku, który umożliwia wzbogaca-



Rys.16 Wykresy wielkości charakterystycznych dla układu regulacji składu mieszanki, z dwoma napięciowymi czujnikami tlenu w układzie wylotowym bloku cylindrów, w sytuacji, gdy skład mieszanki regulowany tylko z wykorzystaniem sygnału regulacyjnego czujnika tlenu (patrz rys.8) był „za ubogi" - rys.a1, b1 i c1, dlatego celem uzyskania składu mieszanki z wymaganego zakresu wartości, układ regulacji składu mieszanki przeszedł do pracy z wykorzystaniem sygnałów regulacyjnego i prowadzącego czujnika tlenu - rys.a2, b2 i c2. Wykresy przedstawiają: rys.a1 i a2 - sygnał regulacyjnego czujnika tlenu; rys.b1 i b2 - sygnał prowadzącego czujnika tlenu, gdy zawartość tlenu w spalinach zmienia się cyklicznie; rys.c1 i c2 - wartość współczynnika lambda ($\lambda_{ŚR}$) średniego składu mieszanki. Na rys.c1 i c2 jest zaznaczony wymagany zakres wartości współczynnika lambda $\Delta\lambda_{ŚR}$ średniego składu mieszanki. Omówienie w tekście rozdziałów

nie składu regulowanej mieszanki. Stosowanie takiego sposobu wzbogacania mieszanki zmienia kształt sygnału regulacyjnego czujnika tlenu - proszę porównać rys.16-a1 i a2.
Jak już wspomniałem, informacją dla układu regulacji składu mieszanki, o wartości współczynnika lambda (λ_{SR}) średniego składu mieszanki jest przebieg sygnału prowadzącego czujnika tlenu (rys.8). Mieszanka jest wzbogacana w takim stopniu, aby sygnał prowadzącego czujnika zmienił przebieg z przedstawionego na rys.16-b1, który informuje układ regulacji, że średni skład mieszanki jest „za ubogi" (rys.16-c1) na przebieg przedstawiony na rys.16-b2, który informuje układ regulacji, że średni skład spalanej mieszanki jest bliski stechiometrycznemu (rys.16-c2).
Aby dowiedzieć się, czy układ regulacji składu mieszanki, silnika z systemem OBDII/EOBD, wykorzystuje tylko sygnał regulacyjnego czujnika tlenu czy sygnały obu czujników tlenu nie trzeba analizować przebiegów czujników tlenu. Informują o tym wartości parametrów bieżących odczytywanych czytnikiem OBD z programu sterownika - omawiam to w rozdziale 7.
Sygnały z czujników regulacyjnego i prowadzącego są również wykorzystywane przez system OBDII/EOBD do oceny stopnia zużycia konwertera katalitycznego. Tej oceny nie jest w stanie wykonać diagnosta, na podstawie analizy sygnałów obu czujników tlenu. Pozostawmy ocenę systemowi OBDII/EOBD. Diagnosta powinien umieć „wymusić" na systemie OBDII/EOBD wykonanie oceny konwertera katalitycznego, oraz odczytać jej wyniki ze sterownika.

7. Parametry SHRT FT X1 i SHRT FT XZ_K

Poznany już parametr SHRT FT X, informuje o chwilowej korekcji czasu wtrysku dla bloku cylindrów nr X silnika. Jego wartość jest wyznaczana na podstawie (rys.17):

- sygnału regulacyjnego czujnika tlenu, jeśli układ regulacji składu mieszanki wykorzystuje tylko jego sygnał;
- sygnałów regulacyjnego i prowadzącego czujnika tlenu, jeśli układ regulacji składu mieszanki wykorzystuje sygnały obu czujników tlenu.

Ze sterownika można odczytać również wartości dwóch innych parametrów (rys.17):

- parametr SHRT FT X1 - informuje o chwilowej korekcji czasu wtrysku dla bloku cylindrów nr X silnika, obliczanej na podstawie sygnału regulacyjnego czujnika tlenu O2S X1 (2, rys.17);
- parametr SHRT FT XZ_K - informuje o chwilowej korekcji czasu wtrysku dla bloku cylindrów nr X silnika, obliczanej na podstawie sygnału prowadzącego czujnika tlenu O2S XZ_K, (4, rys.17), jeśli jego sygnał jest wykorzystywany przez układ regulacji składu mieszanki.

Wartości obu parametrów interpretujemy analogicznie jak wartość parametru SHRT FT X.

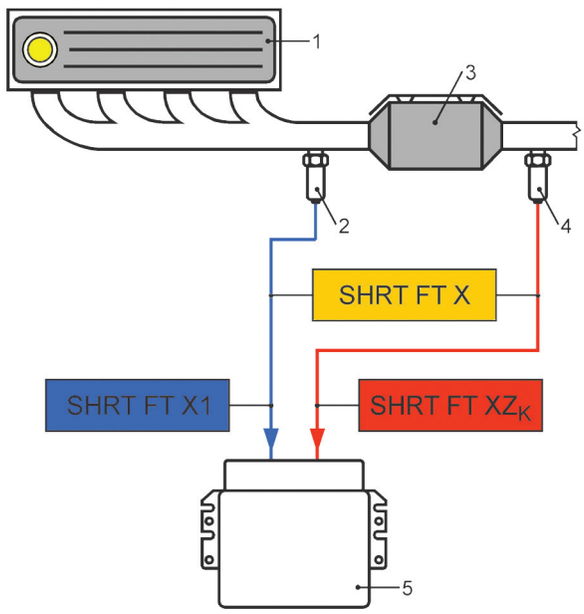
7.1. Zależność pomiędzy wartościami parametrów: SHRT FT X, SHRT FT X1 i SHRT FT XZ_K

Pomiędzy wartościami parametrów: SHRT FT X1, SHRT FT XZ_K i SHRT FT X, jest następująca zależność opisana poniższym wzorem:

(4) $$\text{SHRT FT X1} + \text{SHRT FT } XZ_K = \text{SHRT FT X}$$

Jeśli przed konwerterem katalitycznym jest zamontowany regulacyjny czujnik tlenu typu szerokopasmowego, to dla tego typu czujnika tlenu, parametr SHRT FT X1 nie jest przeważnie obliczany i podawany. Podawana jest tylko wartość parametru SHRT FT XZ_K, dla prowadzącego czujnika tlenu, zamontowanego za konwerterem katalitycznym.
Na podstawie wartości parametrów SHRT FT X1 i SHRT FT XZ_K można:

- dowiedzieć się czy układ regulacji składu mieszanki pracuje z wykorzystaniem tylko sygnału regulacyjnego czujnika tlenu, czy z wykorzystaniem sygnału regulacyjnego i prowadzącego czujnika tlenu;



Rys.17 Sygnał regulacyjnego czujnika tlenu 2, jest wykorzystywany przez program sterownika do określenia wartości parametru SHRT FT X1. Sygnał prowadzącego czujnika tlenu 4, jest wykorzystywany przez program sterownika do określenia wartości parametru SHRT FT XZ_K. Sygnały obu czujników tlenu są wykorzystywane przez program sterownika do określenia wartości parametru SHRT FT X. Elementy na rysunku: 1 - silnik; 2 - regulacyjny czujnik tlenu; 3 - konwerter katalityczny; 4 - prowadzący czujnik tlenu; 5 - sterownik zespołu napędowego.

- poznać wartości chwilowych korekcji czasów wtrysku, określanych na podstawie sygnału regulacyjnego i prowadzącego czujnika tlenu, co w większości samochodów jest pomocne w szacunkowym określeniu stopnia zużycia regulacyjnego czujnika tlenu (konieczne jest tu doświadczenie, gdyż nie są mi znane jakieś zalecenia dotyczące kryteriów oceny stopnia zużycia regulacyjnego czujnika tlenu - zna je natomiast program sterownika);

Poznajmy na dwóch przykładach, interpretację wartości parametrów: SHRT FT X, SHRT FT X1 i SHRT FT XZ_K. Oba przykłady dotyczą silnika z jednym blokiem cylindrów. Blok cylindrów ma więc nr 1. W układzie wylotowym są zamontowane:

- jeden konwerter katalityczny (3, rys.17);
- regulacyjny czujnik tlenu O2S 11 (2);
- prowadzący czujnik tlenu O2S 12 (4).

Czytnikiem OBD odczytujemy ze sterownika silnika wartości następujących parametrów:

- SHRT FT 11 - chwilowa korekcja czasu wtrysku dla bloku cylindrów nr 1 silnika, obliczana na podstawie sygnału regulacyjnego czujnika tlenu O2S 11;
- SHRT FT $1Z_K$ = SHRT FT 12 - chwilowa korekcja czasu wtrysku dla bloku cylindrów nr 1 silnika, obliczana na podstawie sygnału prowadzącego czujnika tlenu O2S 12, który jest zamontowany za konwerterem katalitycznym;
- SHRT FT 1 - chwilowa korekcja czasu wtrysku dla bloku cylindrów nr 1 silnika, obliczana na podstawie sygnałów obu czujników tlenu: regulacyjnego O2S 11 i prowadzącego czujnika tlenu O2S 12.

Przykład 1. Zostały odczytane następujące, chwilowe wartości parametrów:

- SHRT FT 11 = 2%;
- SHRT FT 12 = 99,22% lub zamiast wartości liczbowej ukazała się informacja „niewykorzystywany";
- SHRT FT 1 = 2%.

Najpierw zwracamy uwagę na wartość parametru SHRT FT 12. Jeśli tak jak w tym przykładzie SHRT FT 12 = 99,22% lub obok parametru pojawi się informacja „niewykorzystywany", oznacza to, że sygnał prowadzącego czujnika tlenu O2S 12 nie jest wykorzystywany przez układ regulacji składu mieszanki, dla bloku cylindrów nr 1 silnika - nie uwzględniamy go. Układ regulacji składu mieszanki, przy określaniu wartości parametru SHRT FT 1, wykorzystuje więc tylko sygnał regulacyjnego czujnika tlenu O2S 11.
Pomiędzy wartościami parametrów: SHRT FT 11 a SHRT FT 1, występuje zależność, opisana wzorem (4)

$$\text{SHRT FT 11} = \text{SHRT FT 1} = 2\%$$

Wartości parametrów SHRT FT 11 i SHRT FT 1, oraz powyższą zależność pomiędzy nimi, interpretujemy w poniższy sposób:

- SHRT FT 11 = 2% - układ regulacji składu mieszanki dla bloku cylindrów nr 1 silnika, na podstawie sygnału regulacyjnego czujnika tlenu O2S 11, zaproponował chwilowe zwiększenie czasu wtrysku o 2%;
- SHRT FT 1 = 2% - układ regulacji składu mieszanki dla cylindrów bloku nr 1 silnika, tylko na podstawie sygnału regulacyjnego czujnika tlenu O2S 11, chwilowo zwiększył czasu wtrysku o 2%.

Przykładowe przebiegi napięć regulacyjnego i prowadzącego czujnika tlenu, które odnoszą się do przykładu nr 1, przedstawia rys.15.

Przykład 2. Zostały odczytane następujące, chwilowe wartości parametrów:

- SHRT FT 11 = -2%;
- SHRT FT 12 = 0,3%;
- SHRT FT 1 = -1,7%.

Najpierw zwracamy uwagę na wartość parametru SHRT FT 12. Ponieważ wartość parametru SHRT FT 12 jest inna niż 99,22% lub zamiast informacji „niewykorzystywany", ukazała się wartość liczbowa - w naszym przykładzie 0,3%, oznacza to, że sygnał prowadzącego czujnika tlenu O2S 12, jest również wykorzystywany przez układ regulacji składu mieszanki, dla bloku cylindrów nr 1 silnika. Układ regulacji składu mieszanki, przy określaniu wartości parametru SHRT FT 1, wykorzystuje więc sygnały obu czujników tlenu: regulacyjnego O2S 11 i prowadzącego O2S 12.
Pomiędzy wartościami parametrów: SHRT FT 11, SHRT FT 12 a SHRT FT 1, jest zależność, opisaną wzorem (4):

$$\text{SHRT FT 11} + \text{SHRT FT 12} = \text{SHRT FT 1}$$
$$-2\% + 0{,}3\% = -1{,}7\%$$

Wartości parametrów SHRT FT 11, SHRT FT 12 i SHRT FT 1, oraz powyższą zależność pomiędzy nimi, interpretujemy w poniższy sposób:

- SHRT FT 11 = -2% - układ regulacji składu mieszanki dla bloku cylindrów nr 1 silnika, na podstawie sygnału regulacyjnego czujnika tlenu O2S 11, zaproponował chwilowe zmniejszenie czasu wtrysku o 2%;
- SHRT FT 12 = 0,3% - układ regulacji składu mieszanki dla bloku cylindrów nr 1 silnika, na podstawie sygnału prowadzącego czujnika tlenu O2S 12, zaproponował chwilowe zwiększenie czasu wtrysku o 0,3% (ta korekcja jest spowodowana przez nieprawidłową pracę regulacyjnego czujnika tlenu, np. wskutek jego eksploatacyjnego zużycia);
- SHRT FT 1 = -1,7% - układ regulacji składu mieszanki dla cylindrów bloku nr 1 silnika, na podstawie sygnałów obu czujników tlenu: regulacyjnego O2S 11 i prowadzącego czujnika tlenu O2S 12, chwilowo zmniejszył czas wtrysku o 1,7%.

Przykładowe przebiegi napięć regulacyjnego i prowadzącego czujnika tlenu, które odnoszą się do przykładu nr 2, przedstawia rys.16.