

PODSTAWY MONTAŻU I STROJENIA INSTALACJI LPG NA PRZYKŁADZIE STEROWNIKA STAG

Temat dla osób zaczynających przygodę ze strojeniem swojej instalacji LPG ze sterownikiem STAG.

ZAŁOŻMY, że:

Auto poprawnie i bez błędów w VAGu jeździ na PB !!!

PODSTAWA to:

Sprawne świece, przewody WN, sondy lambda, katalizatory itp.
oraz

Mamy poprawnie zamontowaną instalację LPG m.in. :

- Odpowiednio dobrane komponenty co do mocy i budowy silnika (Reduktor/Parownik, Wtryskiwacze LPG, Filtr/y FL itp.)
- Czujnik ciśnienia, temperatury - za filtrem fazy lotnej, nienarażony na nagrzewanie i schładzanie - jak najbliżej wtryskiwaczy LPG,
- W przypadku V6, V8 zrobiona kompensacja pomiędzy stronami, w celu wyrównania ciśnień między listwami,
- Wtyczki podłączone do odpowiednich wtrysków, szczególnie kiedy mamy V6, V8 i 2 banki.
- Reduktor zamontowany poniżej poziomu zbiorniczka wyrównawczego z płynem chłodniczym,
- Reduktor nie może być umiejscowiony w miejscu narażonym na spadki temperatury w trakcie jazdy, w miejscu gdzie panuje zbyt wysoka temperatura,
- Pobór płynu ogrzewającego reduktor poprowadzony równolegle pomiędzy nagrzewnicą, a blokiem silnika,
- Odpowiednio dobrane wtryskiwacze / odpowiednio dobrana średnica dyszy kalibracyjnej wtryskiwacza.
- Wtryskiwacze gazowe najlepiej zamontowane dyszami skierowanymi do dołu,
- Przewody nie załamane, nie przyciśnięte i drożne,
- W miejscu nasadzenia przewodu na dyszę w kolektorze oraz dyszę wtryskiwacza powinna być zaciśnięta metalowa opaska zaciskowa,
- Wszystkie dysze wkręcone w kolektor powinny znajdować się jak najbliżej wtryskiwaczy benzynowych z podobnym kątem i skierowane w stronę zaworów dolotowych, tak by wtryskiwacz LPG jak najlepiej odwzorowywał pracę wtryskiwacza PB,
- Wężyki od wtryskiwacza do wkrętki w kolektorze możliwie jak najkrótsze, a co najważniejsze wszystkie równej długości.
- Podciśnienie uzyskane z kolektora ssącego zaraz za przepustnicą.

Po prawidłowym zamontowaniu komponentów instalacji gazowej, należy połączyć się ze sterownikiem STAG, używając interfejsu, programu ACGasSynchro, i sprawdzić czy sterownik odczytuje wszystkie parametry pracy silnika, niezbędne do przeprowadzenia auto-kalibracji. Jeżeli któryś z parametrów nie jest widoczny, lub pokazuje błędne odczyty należy sprawdzić poprawność połączenia przewodu odpowiadającego za dany parametr. Gdy wszystko działa poprawnie, należy sprawdzić szczelność wszystkich połączeń? przewodów gazowych jak i wodnych. Kolejnym krokiem jest przeprowadzenie auto-kalibracji na postoju, a następnie ustawienie instalacji podczas jazdy.

Podstawy obsługi sterownika opisane są dobrze w instrukcji STAGa do pobrania wraz z oprogramowaniem stąd Programy i instrukcje STAG lub też do przeczytania w zakładce Dokumentacja w programie ACGasSynchro.

Postaram się zamieścić kilka informacji, których jednak w instrukcji brakuje.

Najpierw przed całym procesem najlepiej skasować wszystkie błędy w VAGu, w bloku silnika i wyzerować korekty **STFT** i **LTFT**, pojeździć trochę na benzynie (30-40km), aż na nowo zaczną pojawiać się korekty długoterminowe. Pomoże nam to lepiej przeprowadzić proces auto-kalibracji i strojenia sterownika LPG.

Krótko opisując korekty krótkie i długie czasu wtrysku wprowadzane są wg. **wskazań sondy lambda**, która potrafi określić z jakim efektem została spalona mieszanka.

Korekcja krótkoterminowa STFT (Short Term Fuel Trim) - to dostosowanie mieszanki paliwa do wartości stechiometrycznej poprzez wydłużenie lub skrócenie czasu otwarcia wtryskiwaczy benzynowych do momentu, aż sonda lambda nie przełączy się z trybu wysokiego na niski i odwrotnie. Wprowadzanie korekcji STFT przez ECU benzyny pojawia się tylko w czasie pracy w pętli zamkniętej (kiedy uwzględniane są sygnały z sondy lambda).

Korekcje długoterminowe LTFT (Long Term Fuel Trim) - to natomiast długoczasowe dostrajanie składu mieszanki paliwa do wartości stechiometrycznej poprzez wydłużanie i skracanie czasu otwarcia wtryskiwaczy benzynowych. Takie korekcje pojawiają się w momencie trwania pętli zamkniętej, jak również otwartej.

Dla głodnych wiedzy polecam: Dobór czasu wtrysku benzyny i gazu LPG

Kanał odczytu korekt zależy jest od tego czy posiadamy system z 1 bankiem czy z 2 bankami (V6 i V8).

Dla przykładu w 2.4/2.8 V6:

Kanał 32 - korekty długoterminowe

Kratka 1 - bieg jałowy BANK 1

Kratka 3 - bieg jałowy BANK 2

Kratka 2 - korekta średniego obciążenia BANK 1

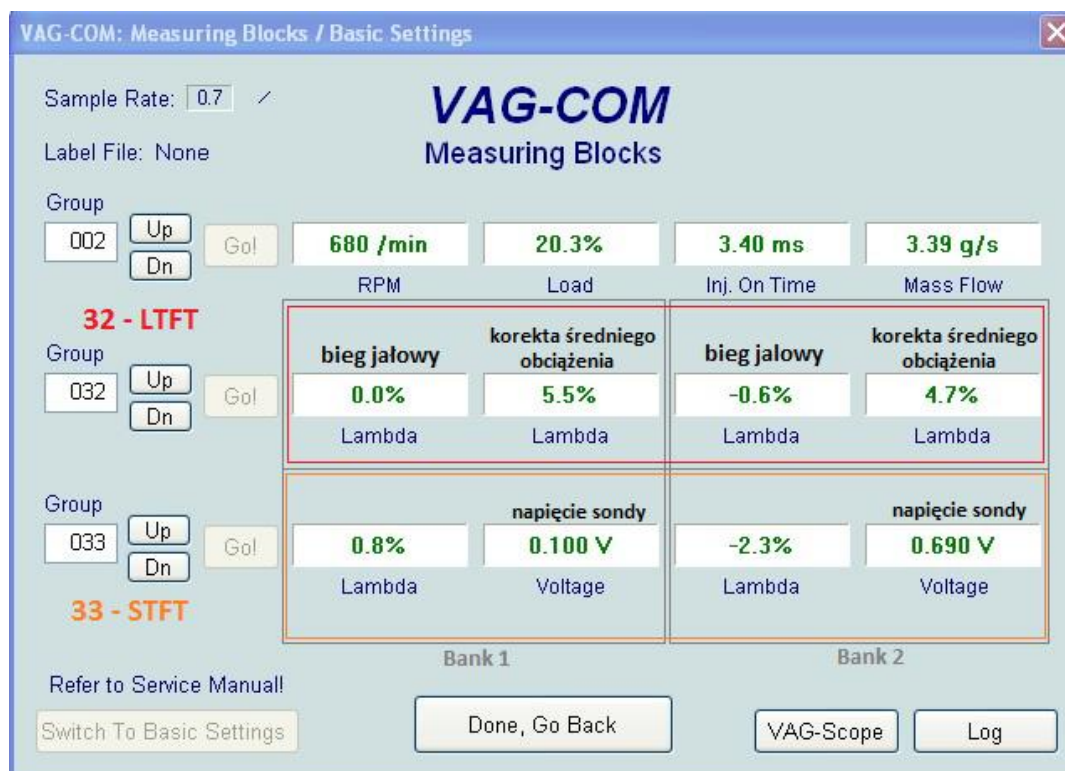
Kratka 4 - Korekta średniego obciążenia BANK 2

Kanał 33 - korekty krótkoterminowe

Kratka 1 i 2 - BANK 1

Kratka 3 i 4 - BANK 2

Poniżej rysunek podglądowy jak to wygląda w programie VAG:



Przy sprawnym aucie korekty krótkie powinny oscylować wokół $\pm 10\%$, a długie (teoretycznie $\pm 10\%$) najlepiej jak mieszczą się w $\pm 5\%$. A im bliżej zera tym lepiej.

Temat korekt jest ważnym zagadnieniem w przypadku strojenia instalacji LPG. Instrukcja STAGa praktycznie omija go łukiem.

Od wartości korekt zależy praca naszego auta na PB jak i LPG. Jeśli mieszczą się w zakładanych wartościach wszystko jest OK. Ale kiedy korekty przekroczą $\pm 25\%$ wywali nam checka, i w VAGu będą pojawiać się błędy o zbyt ubogiej/bogatej mieszance.

Dodatkowo, w przypadku źle dobranej mieszanki na gazie, ECU benzynowe wyłącza korektę ale nie potrafi tego skorygować bo nie ma ingerencji w komputer gazowy (mamy my po podłączeniu laptopa). W najgorszym przypadku jeżdżąc na źle wyregulowanym gazie ECU benzynowe wyłącza sporą korektę i wprowadza ją korygując dobrą mapę benzynową, bo nie

wie, że jedzie na gazie, myśli że jedzie na benzynie więc ingeruje w mapę benzynową. Wtedy problemy zaczynają się na benzynie bo auto jedzie na złej mapie benzynowej skorygowanej przez ECU w oparciu o źle wyregulowany gaz.

Najpierw zaczynamy od procesu **AUTO-KALIBRACJI**.

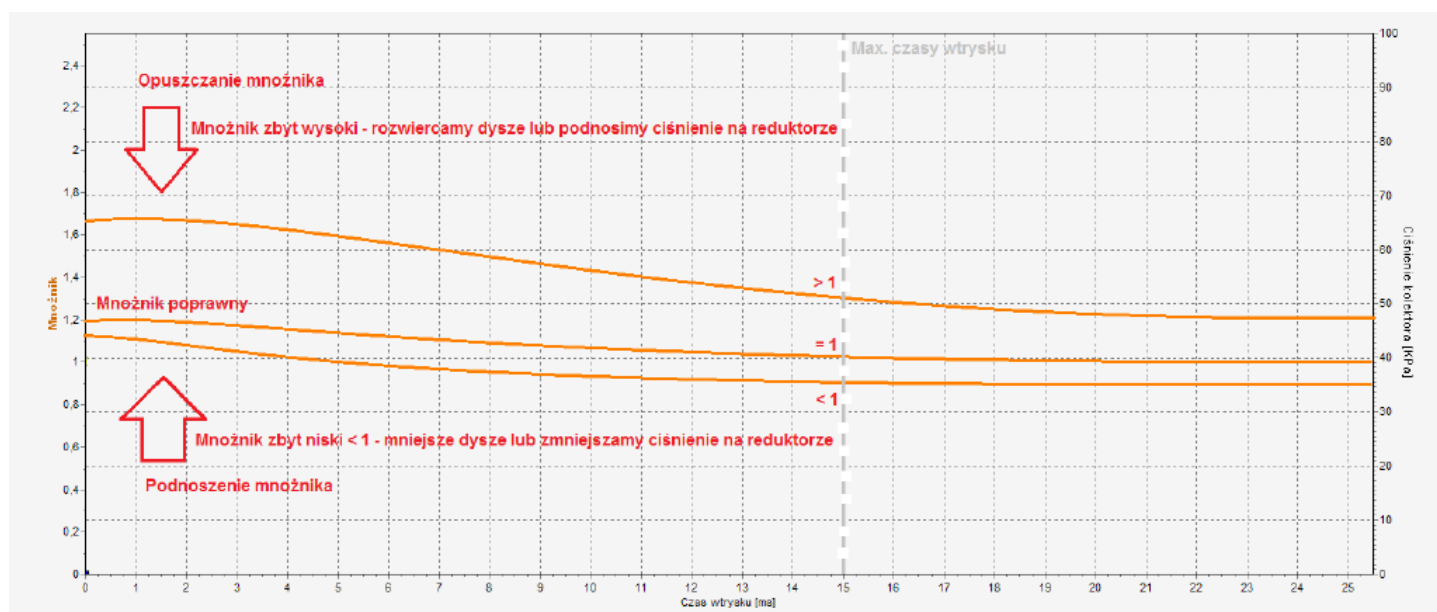
Teoretycznie do przeprowadzenia tego procesu potrzebujemy temperatury reduktora 50°C i temperatury gazu 10°C. Ale najlepiej rozgrzać silnik do **temperatury 90°C**, tak by sterownik LPG podczas normalnej jazdy jak najmniej korzystał z korekcji od temperatury gazu. Przy dobrze wpiętym w układ reduktorze – temperatura reduktora powinna oscylować wokół 90°C. Oczywiście **wszystkie odbiorniki w aucie wyłączone**, czyli światła, radio, nawiew, klimatyzacja.

Nie dotykamy pedału gazu - **wszystko na wolnych obrotach**.

Po skończonym procesie przechodzimy do zakładki mapa i tu sprawdzamy jak nam się ukształtował mnożnik.

Mnożnik - jest to wartość o jaką w danym punkcie pracy czas wtrysku gazu jest większy od czasu wtrysku benzyny. Czas ten dodatkowo korygowany jest o wartości uzależnione od temperatury gazu, reduktora oraz ciśnienia gazu. Książkowo powinien zaczynać się na wysokości 1,2 i schodzić przy max. czasach wtrysku do 1.

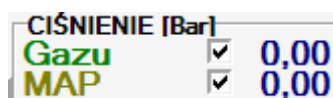
Najlepiej jak mieści się w przedziale **1,2 - 1,4**. Ale im bliżej 1,2 tym lepiej.



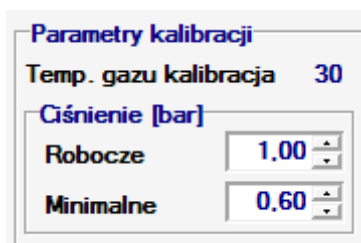
Po auto-kalibracji ustawia nam się także **ciśnienie reduktora**. Optymalne ciśnienie powinno wynosić **1 - 1,2** bara. Ale im bliżej 1 tym lepiej dla pracy wtryskiwaczy.

Jednak dużo zależy od samego reduktora i tego na jakim ciśnieniu najlepiej pracuje.

MAP - wskazuje aktualną wartość podciśnienia w kolektorze. Na wolnych obrotach powinniśmy otrzymać wartość ok 0,3 a przy zwiększaniu obrotów ma dążyć do 1.



Ciśnienia roboczego w programie się nie ustawia - ono wychodzi po auto-kalibracji. Jeżeli chcemy zmienić ciśnienie robocze to zmiany dokonujemy na reduktorze i ponownie wykonujemy proces auto-kalibracji.



Ciśnienie minimalne najlepiej ustawić tak o 0.3 - 0.4 bara mniejsze niż ciśnienie pracy.

Czas błędu ciśnienia - im mniejszy tym szybciej wykryjemy spadki ciśnienia.

I obowiązkowo zaznaczona opcja "**Wyłącz przy pierwszym**" Wtedy jeżeli ustawione mamy ciśnienie 1 bar i spadnie nam przez 300 ms (0,3 s) do np. 0,5 bar to pojawi się błąd i sterownik przerzuci nas na PB. Jest to też pierwszy podgląd na wydajność naszego reduktora. Większość gazowników nie zaznacza tej opcji i wielu zamiast na LPG częściowo jeździ na PB.

A teraz jakie są zależności pomiędzy dyszami a ciśnieniem:

Opuszczenie mnożnika - Rozwiercenie dysz - Podniesienie ciśnienia
Podniesienie mnożnika - Mniejsze dysze - Zmniejszenie ciśnienia

A więc jeśli podczas auto-kalibracji wyskoczy nam komunikat o za małych dyszach to albo (co oczywiste) rozwiercamy dysze albo podnosimy ciśnienie. Jednak najlepiej ustawić śrubą na reduktorze ciśnienie tak by po auto-kalibracji wynosiło 1 bar a wysokość mnożnika dobrać dyszami.

Wykręcanie śruby regulacyjnej - obniżanie ciśnienia.

Dokręcanie śruby regulacyjnej - podwyższanie ciśnienia.

Ważne jest też to, by **na wolnych obrotach czasy Gazu na LPG były o 1ms (dla wtrysków Hana-podobnych) do 2ms (dla Valteko-podobnych) dłuższe od czasów Benzyny na LPG** (mnożnik > 1).

Przy maksymalnych czasach otwarcia czasy te mogą się zrównywać (mnożnik = 1), ale nie należy dopuścić do sytuacji gdzie czasy **Gazu** będą krótsze od czasu **Benzyny** (mnożnik < 1).

Ważnym zagadnieniem jest także **korekta po temperaturze gazu.**

Nie mylić z temperaturą reduktora - **temperatura reduktora** - potrzebna jest jedynie do przełączania na gaz, zaleca się ustawienie w zakresie 25 - 35 °C, ale im wyższa tym dłużej pożyją nasze wtryski.



Korektę po temperaturze najlepiej wykonać po nocy na nierozgrzanym silniku. Wtedy gdy przełączymy na gaz - mamy temperaturę gazu np. 20°C i robimy korektę od tej temperatury np. co 5°C. Regulacja wygląda podobnie jak w przypadku mnożnika na trasie. Przełączamy w programie B/G i obserwujemy czasy **Benzyny**.

Jeśli po przełączeniu na LPG czasy **Benzyny** się skróciły to znaczy, że mieszanka jest za bogata i trzeba zrobić korektę na minus dla danej temperatury gazu.

I sytuacja odwrotna gdy po przełączeniu na LPG czasy **Benzyny** wydłużyły się, to znaczy, że mieszanka zrobiła się za uboga i trzeba zrobić korektę na plus dla danej temperatury gazu. Robimy tak dla różnych temperatur.

Zalecana także **korekta po ciśnieniu** - ale to już dla bardziej zaawansowanych

Po odpowiednim ustawieniu na biegu jałowym:

- ciśnienia,
 - mnożnika,
 - czasu wtrysku na wolnych obrotach,
 - korekcji po ciśnieniu i temperaturze
- można przystąpić do procesu strojenia na drodze.

Ustawiając mnożnik na trasie sprawdzamy co się dzieje tylko i wyłącznie z czasem wtrysku **Benzyny** zarówno podczas jazdy na PB jak i na LPG. Czas wtrysku **Gazu** nas nie interesuje.

CZAS WTRYSKU [ms]			
Benzyny		Gazu	
B1	0,0	G1	0,0
B2	0,0	G2	0,0
B3	0,0	G3	0,0
B4	0,0	G4	0,0
B5	0,0	G5	0,0
B6	0,0	G6	0,0
B7	0,0	G7	0,0
B8	0,0	G8	0,0

Sterownik STAGa możemy stroić na:

- 1) Mapy
- 2) Na czasy wtrysków
- 3) Na czasy wtrysków z podglądem na korekty w VAGu + sonda szerokopasmowa AFR

Sprawność metod według kolejności:

Strojenie na mapy - jest najmniej precyzyjne. W STAGu mapy i mnożnik mają charakter podglądowy. Bo przecież bardzo trudno zebrać dwie idealne i takie same mapy PB i LPG. A o to najbardziej chodzi w tym sposobie regulacji.

Mapa benzyny:

W procesie tym najpierw zbieramy wzorcową mapę benzynową. Mapa benzynowa jak i czasy wtrysku benzyny w sterowniku oznaczone są kolorem **niebieskim**.

Są różne sposoby zbierania wzorcowej mapy benzynowej. Najważniejsze by zebrać jak najwięcej punktów pomiarowych, z których później wyrysowywana jest średnia – niebieska linia.



Można zrobić tak. Wybieramy sobie w miarę prostą - długą, pustą drogę. Możemy obrać sobie jakieś punkty orientacyjne, np. znaki drogowe, zjazdu itp.

I teraz sprawny kierowca i obok ktoś, kto będzie regulował. Tak jest najłatwiej i najbezpieczniej. Stroić możemy na 3,4,5 biegu. Dodatkowo kiedy na drodze są wzniesienia, łatwiej wygenerować większe obciążenia dla auta.

Ruszamy. Najpierw będziemy jechać na 3 biegu np. 50 km/h i staramy się nie przyśpieszać /zwalniać do obranego punktu np. znaku. Kiedy mamy już 3 bieg i 50 na zegarach klikamy w KASUJ przy mapie benzynowej.

I teraz rozpoczyna się proces zbierania niebieskich punkcików.

Jedziemy dalej i dojeżdżamy np. do obranego przez nas punktu (znak drogowy) i przyspieszamy, np. do 80 km/h, potem wracając 100 km/h. Dojeżdżamy do punktu startowego.

Teraz nawracamy i od nowa - jedziemy na 4 biegu prędkości np. 40/70/110 km/h. Potem na 5 biegu.

Osoba za laptopem cały czas obserwuje wykres i może podpowiadać w którym zakresie brakuje punkcików na mapie. Pozwoli to lepiej dostosować prędkość i obciążenie auta kierującemu. Warto na początek przejechać się z laptopem „na sucho” i zebrać mapę benzynową sprawdzając jak najlepiej jechać by zebrać punkciki w całym zakresie mapy.

Wbrew pozorom mapa benzynowa wyrysuje się szybko i będzie się cały czas kształtować podczas zbierania nowych punkcików. Dlatego nie ma co się przejmować jej początkowym kształtem. Liczy się efekt końcowy. Przy zbieraniu mapy benzynowej nic nie wciskamy i nic nie regulujemy.

Mapa gazu:

Mapa gazowa jak i czasy wtrysku gazu w sterowniku oznaczone są kolorem **zielonym**.

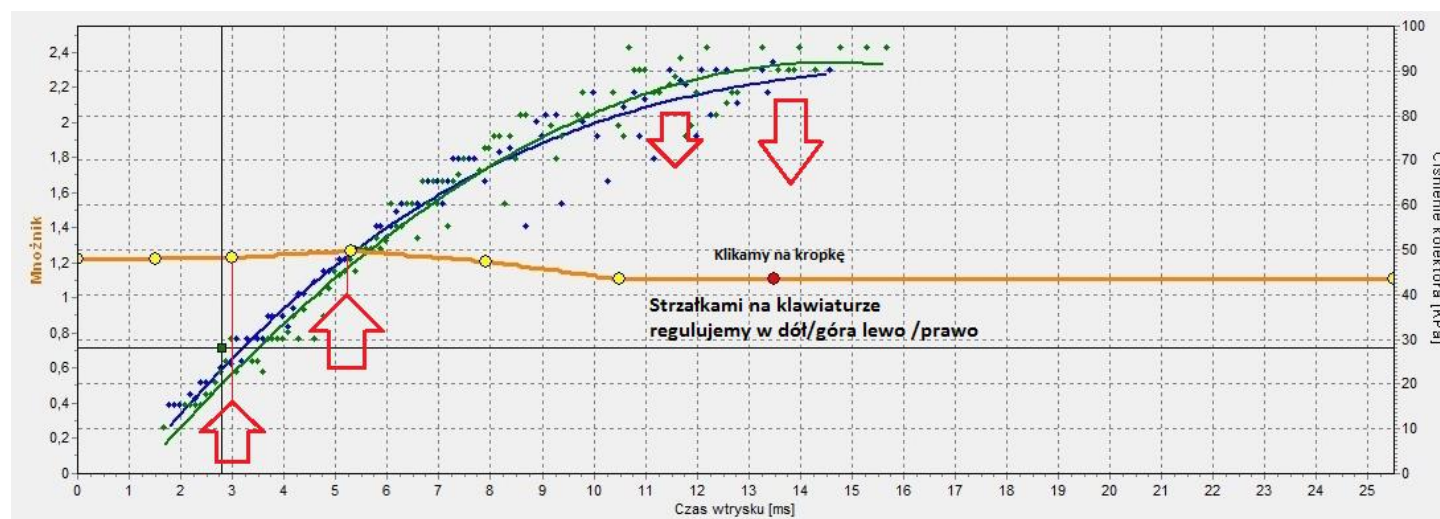
Jesteśmy znowu w punkcie startowym.

Ruszamy 3 bieg – 50 km/h i przełączamy auto na GAZ. Teraz skuteczność regulacji zależy tylko od nas. Staramy się odwzorować mapę benzyny jak najdokładniej, czyli przyspieszamy w tych samych obranych punktach i jedziemy dane odcinki na tych samych biegach i z tą samą prędkością.

Dość szybko wyrysuje się **zielona linia** - mapa gazu. Czekamy, aż się ukształtuje. W razie, gdy bardzo będzie odbiegać od mapy benzynowej zawsze możemy lekko korygować ją mnożnikiem w czasie jazdy.

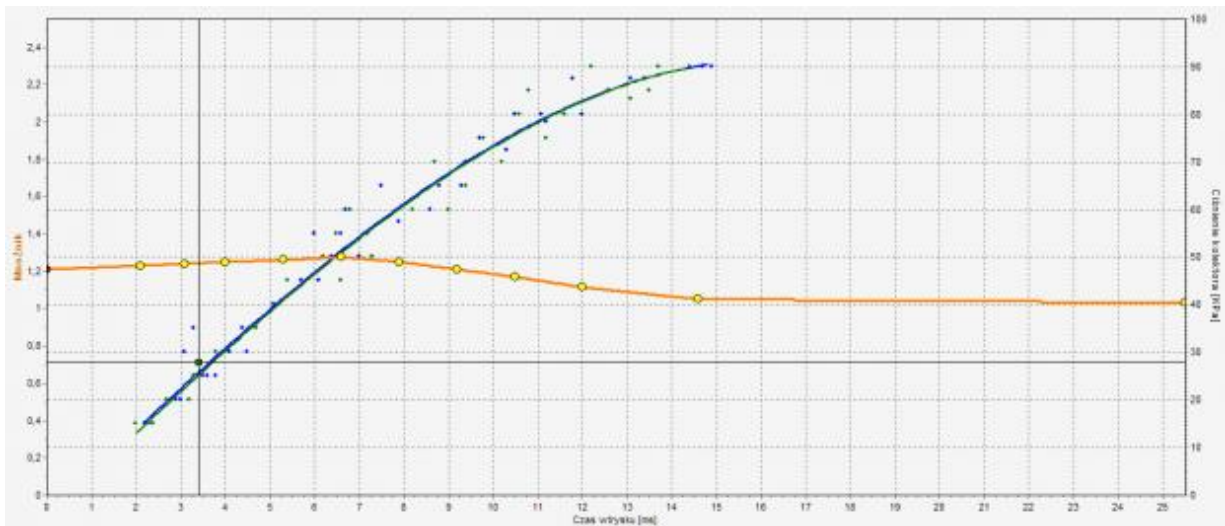
W miejscu gdzie mapa gazowa odbiega od benzynowej **klikamy na kropkę mnożnika** (podświetli się na czerwono) i za pomocą strzałek na klawiaturze możemy ją podnieść lub opuścić.

Na rysunku zaznaczoną kropkę należało by opuścić.



Często zdarza się, że np. linie odbiegają od siebie na całości, ale równoległe do siebie. Wtedy też możemy zaznaczyć całą linię mnożnika i nią zbliżyć do siebie mapy.

Jesteśmy w punkcie wyjścia – czyli znowu początek trasy – naszym pożądanym efektem jest odwzorowanie mapy benzyny, czyli pokrycie się obu linii.



Teraz ponownie kasujemy obie mapy. Ale zauważmy, że mnożnik mamy już ukształtowany. Robimy prosty test czy mnożnik jest poprawny.

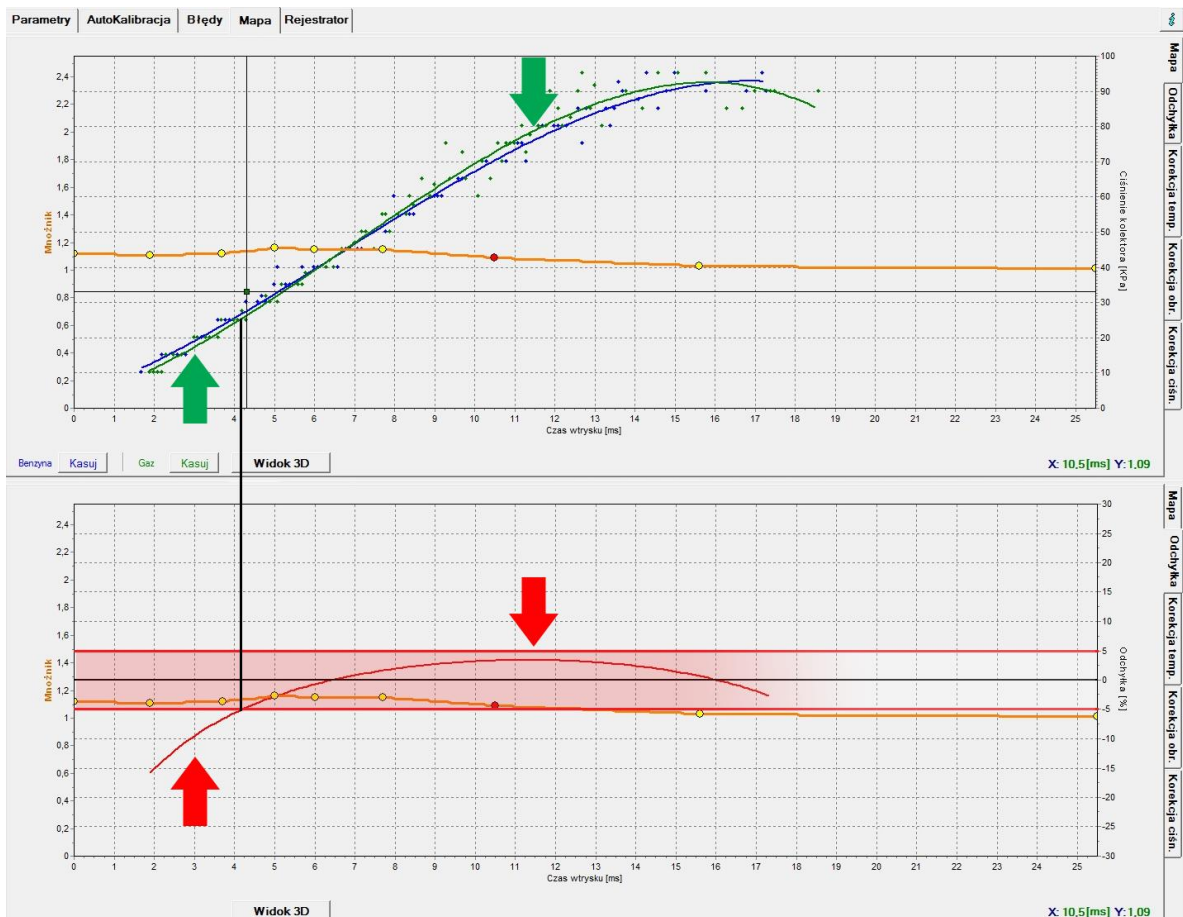
Jedziemy ponownie w trasę zbieramy mapę benzyny i gazu (nie musi już być tyle kombinacji). Ale nic nie korygujemy. Jeśli już się zatrzymamy i mapy będą się pokrywać to znaczy, że dobrze ustawiliśmy mnożnik. Jeśli będą odchyłki to znowu korekcja mnożnika. Znowu kasujemy mapy, zbieramy, sprawdzamy i tak do skutku.

Instrukcja STAGA mówi nam o dozwolonej odchyłce 10% - pomyślcie chwilę czy chcecie takiej rozbieżności? Chcemy być lepsi i zakładamy sobie, że u nas odchyłka wyniesie max $\pm 5\%$.

Po pokryciu map wchodzimy w zakładkę odchyłki. Odchyłka informuje nas o % różnicy pomiędzy wzorcową mapą benzyny a mapą gazu.

Pokazuje nam też dokładnie gdzie dana różnica występuje i w jakim stopniu. Im bardziej odchyłka zbliża się do 0 tym lepiej. Teoretycznie najlepiej jakby cała czerwona linia położona była na osi rzędnych 0.

Na poniższym rysunku czerwonym pasem zazaczyłem obszar odchyłki $\pm 5\%$ i dorzuciłem wyżej obraz map tak, by było dobrze widać jak odchyłka zobrazowuje różnicę pomiędzy mapą benzyny i gazu.



Ale pomyślcie sami. Czy oby na pewno mapa gazowa zebrana została dokładnie tak samo jak mapa wzorcowa benzynowa?

Staraliśmy się. Na szczęście są też inne metody strojenia sterownika.

Drugi sposób - **strojenie na czasy wtrysku** - jest bardziej miarodajny. Jadąc ze stałym obciążeniem porównujemy czasy PB na benzynie i PB na gazie i tak korygujemy mnożnik, by czasy były porównywalne.

Nie musimy się bawić w zbieranie map itp. Zrobimy to zapewne szybciej i dokładniej. Ale zawsze możemy tą metodą poprawić mnożnik z metody zbierania na mapy.

Jedziemy na benzynie, utrzymujemy stałe obciążenie silnika i obserwujemy czasy wtrysku benzyny. Założmy, że czasy utrzymują się na poziomie 4,5 ms.

Teraz przerzucamy na GAZ. I sprawdzamy, co dzieje się z czasem wtrysku benzyny. Jeżeli spada np. do 4 ms klikamy na kropkę mnożnika i opuszczamy ją w dół – strzałką na klawiaturze - do momentu, aż czas wyniesie tak jak na benzynie 4,5 ms. Jeśli natomiast czas się wydłuży np. do 5 ms to podnosimy daną kropkę mnożnika do góry tak, by czasy zmniejszyły się do 4,5 ms. I tak robimy dla różnych czasów wtrysków przy różnych obrotach.

A więc:

Czas wtrysku nie zmienia się - mnożnik dobry

Czas wtrysku benzyny wydłuża się - podnosimy mnożnik (za ubogo)

Czas wtrysku benzyny skraca się - opuszczamy mnożnik (za bogato)

Jeżeli mamy do tego dodatkowo podgląd na **korekty w VAGu**, możemy o wiele lepiej zestroić instalację LPG i doprowadzić do sytuacji gdzie korekty LPG będą równe z korektami na PB.

Porównujemy korekty - najpierw na benzynie sprawdzamy, w jakich oscylują wartościach i później robimy to samo na gazie.

Jeśli korekty za bardzo na + to znaczy, że jest za ubogo i sterownik próbuje wydłużać czasy wtrysków

Jeśli korekty za bardzo na - to znaczy, że jest za bogato i sterownik próbuje skracać czasy wtrysków

Czasy wtrysku Benzyny na PB i Benzyny na LPG nie powinny się różnić o więcej jak 0,2 ms.

PODSUMOWUJĄC:

Aby zubożyć mieszankę - Wydłużyć czas wtrysku - Mnożnik w dół

Aby wzbogacić mieszankę - Skrócić czas wtrysku - Mnożnik do góry

Pamiętamy, że zawsze porównujemy czasy wtrysku PB przy pracy na PB do czasów wtrysku PB przy pracy na LPG.

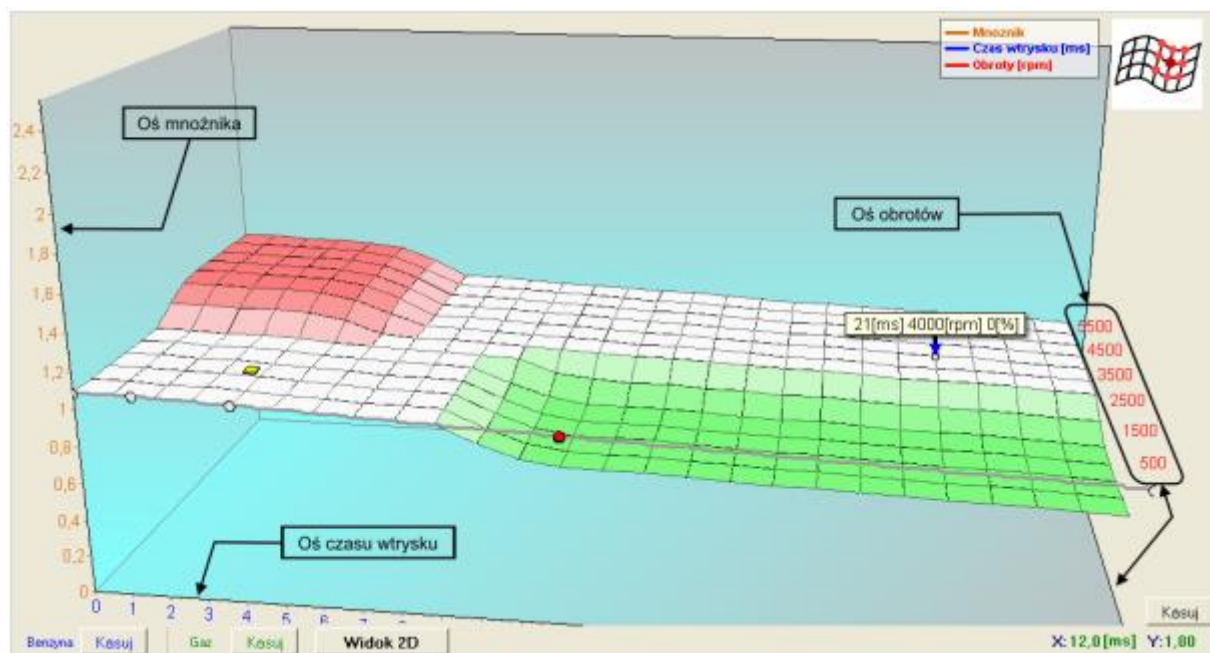
Małe sprostowanie pojęcia zubożania/wzbogacania mieszanki w celu zrozumienia pojęcia:

Tak opisuje instrukcja STAGA

Jedziemy samochodem na benzynie, staramy się utrzymywać stałe obciążenie silnika tzn. czasy wtrysku benzyny powinny być ustabilizowane. Tak dobieramy obciążenie, aby czasu wtrysku benzyny były np. około 5 [ms]. Określenie czasów wtrysku benzyny ułatwi nam niebieski kwadratowy znacznik, którego pozycja w osi poziomej zależy od czasów wtrysku. Następnie przelączamy samochód na gaz i obserwujemy czy niebieski znacznik nie zmieni swojej pozycji w osi czasu wtrysku, czyli czy nie zmienił się czas wtrysku benzyny. **Jeżeli czas wtrysku benzyny zmniejszył się (znacznik przesunął się w lewo) to oznacza, że dla danych czasów wtrysku benzyny mnożnik jest zbyt duży (mieszanka jest zbyt bogata). Należy w takim przypadku skorygować mnożnik w naszym przypadku dla czasu 5 [ms] do dołu. Jeżeli po przelączeniu z benzyny na gaz znacznik przesunę się w prawo to oznacza, że mieszanka jest zbyt uboga i należy podnieść mapę mnożnika do góry dla danych czasów wtrysku.**

Oczywiście można w uproszczeniu napisać, że chwilowo wzbogacamy/zubazamy mieszankę w danych przedziałach, ale robimy to tylko po to, by komputer (ECU) benzyny nie skompensował tych zmian. Należy na to patrzeć jak na **wydłużanie/skracanie impulsów sterujących wtryskami LPG** względem wtrysku benzyny tak, żeby ECU benzyny w tych samych warunkach nie zmieniło czasu wtrysku benzyny podczas jazdy na LPG. ECU benzynowe, w granicach adaptacji, będzie robiło wszystko by utrzymać $\lambda = 1(\pm 1\%)$, a czasy wtrysku LPG są zależne od czasu impulsów sterujących wysyłanych przez oryginalne ECU benzynowe do wtrysków benzyny.

STAG wprowadził także możliwość **strojenia mnożnika w zależności od obrotów** (widok 3D mnożnika).



Mapa mnożnika tworzy płaszczyznę. Na jednej osi płaszczyzny znajduje się czas wtrysku benzyny [ms] na drugiej obroty silnika [rpm].

Dzięki mapie 3D możliwa jest korekcja mnożnika w zależności od obrotów silnika, jest to widoczne na powyższym rysunku. Możliwe jest wzbogacenie/zubożenie mieszanki dla określonego czasu

wtrysku benzyny i obrotów poprzez korekcje mnożnika na mapie 3D.

Widoczny na wykresie żółty (kwadratowy) znacznik pokazuje nam, w którym miejscu na płaszczyźnie aktualnie znajduje się silnik. Pozycja znacznika zależna jest od aktualnej wartości obrotów i czasu wtrysku benzyny.

Granice poszczególnych przedziałów można regulować, poprzez kliknięcie myszką i wpisanie nowej wartości granicy przedziału. Dzięki tej opcji możliwa jest korekcja składu mieszanki dla ściśle określonego zakresu obrotów i czasu wtrysku.

Użytkownik nie jest ograniczony ustalonymi z góry przedziałami i może przesunąć sobie zakres działania np. przedziału 3 i ustawić go od 500 do 800 obrotów.

W przypadku, gdy dla danego zakresu czasu wtrysku benzyny i obrotów silnika przy przełączaniu z benzyny na gaz występują różnice w czasie wtrysku benzyny, należy te różnice korygować poprzez wzbogacenie/zubożenie mapą 3D.

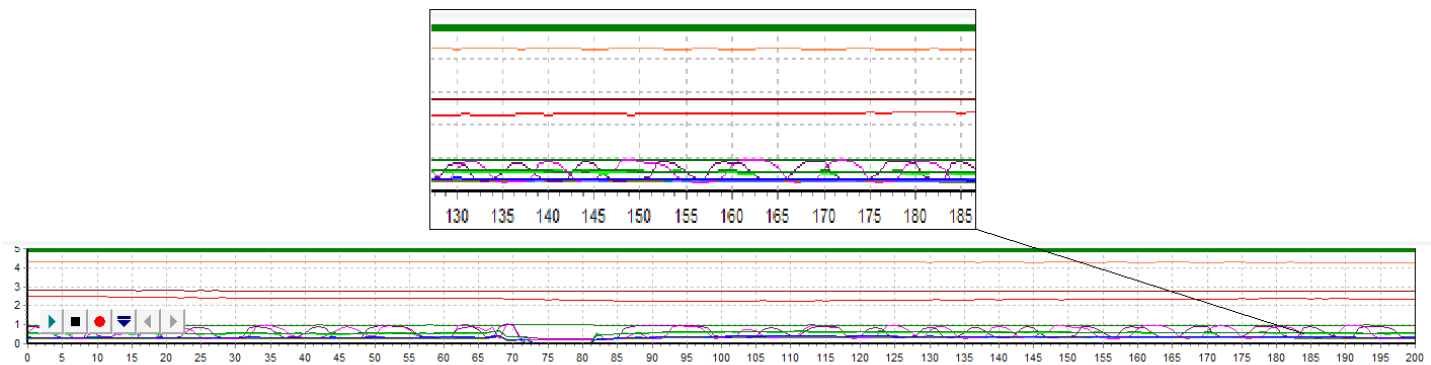
Zasada jest identyczna jak przy ustawianiu mnożnika tzn., jeżeli po przełączeniu z benzyny na gaz czas wtrysku benzyny się zwiększa to oznacza, że w danym punkcie mapy mieszanka jest zbyt uboga (komputer benzynowy wydłuża czasy wtrysku benzyny), należy więc w tym miejscu wzbogacić mieszankę mapą 3D.

W sytuacji odwrotnej, tzn. gdy po przełączeniu z benzyny na gaz czas wtrysku benzyny się zmniejsza to należy mieszankę zubożyć.

Korektę po obrotach zawsze można skasować jeśli coś pójdzie nie tak (przycisk Kasuj w prawym dolnym rogu wykresu).

Podczas strojenia warto także obserwować **obszar oscyloskopu** – szczególnie zachowanie sond(y).

Pożądanym efektem jest sinusoidalna praca sondy.



ECU silnika wykorzystuje informacje z sondy lambda. W momencie uznania sygnału sondy lambda za wiarygodny ECU cały czas próbuje zwiększyć czas wtrysku, gdy informacja z sondy wskazuje na ubogą mieszankę lub zmniejszyć czas wtrysku, gdy informacja wskazuje na bogatą mieszankę. Ta zasada działania powoduje, że sygnał sondy lambda przy prawidłowo działających wszystkich układach cały czas się zmienia. Zmiany napięcia sygnału sondy lambda w czasie przypominają sinusoidę.

Poprawny sygnał generowany przez sondę lambda oscyluje w zakresie:

1. W **pętli zamkniętej (Closed Loop)** - wartości z zakresu od około **0.2 V - 0.8 V**.

Pętla zamknięta jest wtedy, kiedy:

- silnik jest nagrany i pracuje na wolnych obrotach
- silnik jest nagrany i pracuje w zakresie małych, średnich i nawet dość dużych obciążeń w ustalonym stanie

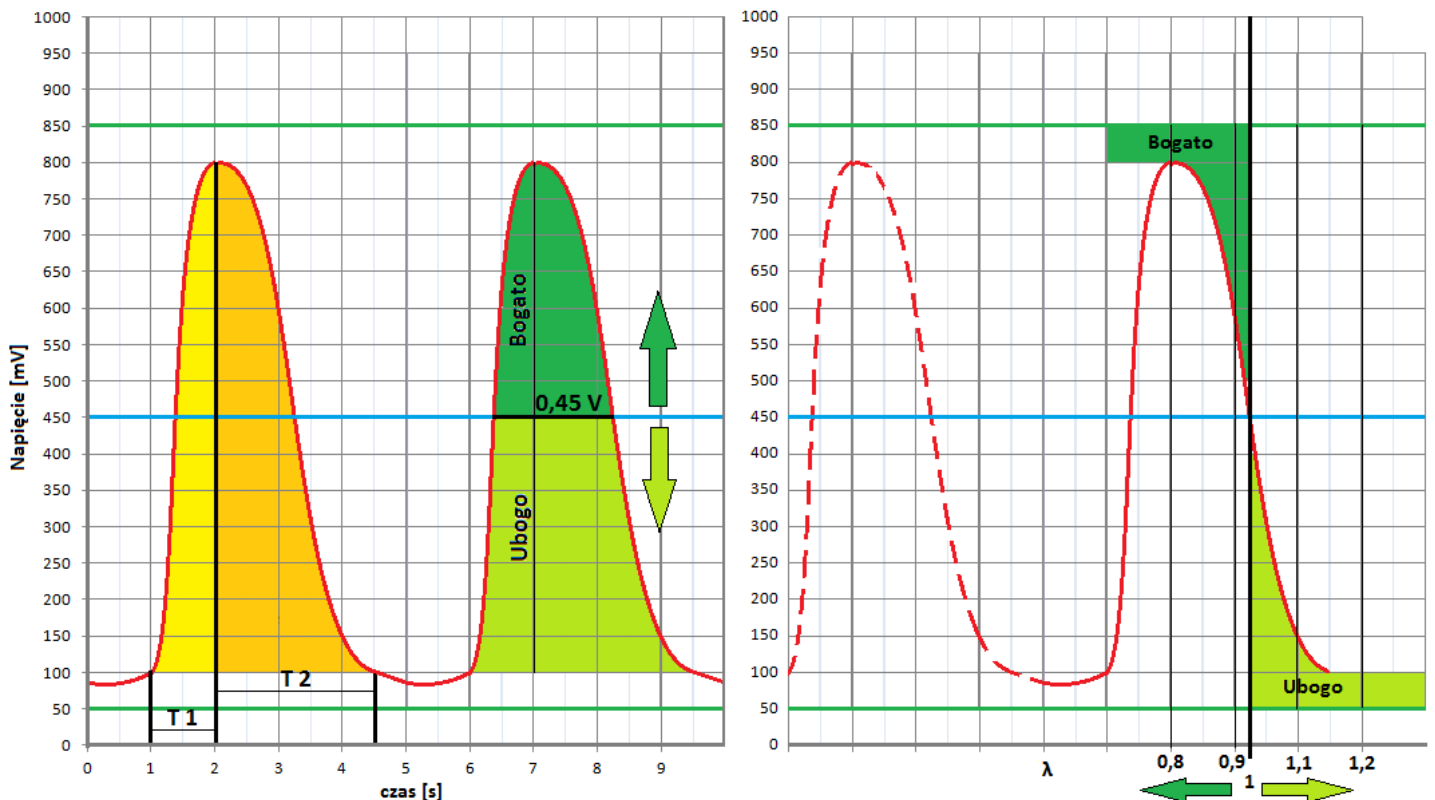
2. W **pętli otwartej (Open Loop)** - wartości:

- bliskie **0.7-0.8V** kiedy ostro przyspieszasz. Sonda NIE faluje a stoi na takich wartościach. Fachowo mówi się - "stoi na bogato"
- bliskie **0V -0,2V** kiedy hamujesz silnikiem - sonda NIE faluje a stoi na takich wartościach. Fachowo mówi się - "stoi na ubogo"

Układ zamkniętej pętli (closed loop) - tym trybem komputer steruje biorąc dane z pierwszej sondy lambda i kompensując różnice z map paliwowych odpowiednio wzbogacając/zubożając dawkę paliwa do osiągnięcia pożądanego AFR zdefiniowanego w innej matrycy.

Układ otwartej pętli (open loop) - tym trybem komputer steruje nie biorąc danych z sondy lambda tylko biorąc dane z mapy paliwowej. Układ odłącza sondę lambda w tym trybie i sugeruje się tylko mapami paliwa.

Po lewej stronie oscyloskopu widzimy wartości napięcia. Jeśli sygnał z sondy lambda zbyt długo utrzymuje się poniżej 0,45 V to oznacza, że mamy mieszankę ubogą, jeśli powyżej 0,45 bogatą.



Maksymalne obciążenie najlepiej dostrajać przy użyciu sondy szerokopasmowej z wskaźnikiem **AFR**.

Strojenie na AFR - to w zasadzie jedyna pewna metoda, aby mieć pewność dawki w trybie Open Loop.

Na początku warto rozszyfrować sam skrót AFR. Pochodzi on od wyrażenia Air/Fuel Ratio, czyli stosunek powietrza do paliwa. Potocznie przyjęło się też nazywać tym mianem mierniki służące do określania składu mieszanki paliwowo - powietrznej.

Do precyzyjnego strojenia jednostek napędowych wykorzystuje się mierniki, które wyposażone są w sondę szerokopasmową. Pozwalają one dokładnie określić skład mieszanki, a pomiary dokonywane są w czasie rzeczywistym.

Wspomniany już teoretycznie idealny stosunek stechiometryczny wynosi 14,7:1, co oznacza, że na 14,7 jednostek wagowych powietrza potrzeba 1 jednostkę wagową paliwa.

Mieszanka o takim składzie ulegnie całkowitemu spalaniu, więc teoretycznie będzie to najbardziej efektywne jej wykorzystanie.

Przy takim składzie mieszanki powstaje także najmniej zanieczyszczeń. Jednak przy stechiometrycznym składzie mieszanki silnik nie wytwarza najwyższej mocy, nie jest też najbardziej ekonomiczny!

Dla wytworzenia najwyższej mocy optymalny skład mieszanki wynosi 12,6-13:1 dla silników wolnossących oraz 11-12:1 dla silników z turbodoładowaniem, z kolei zużycie paliwa jest najniższe przy stosunku masy powietrza do masy paliwa wynoszącym ok. 15,4:1.

Podane tu wartości odnoszą się do mieszanki, w której paliwem jest benzyna bezołowiowa o liczbie oktanowej 95-98. W przypadku innych paliw odpowiednie wartości AFR będą inne, np. dla gazu LPG skład stechiometryczny to 15.5:1.

Specyfika procesu spalania jest taka, że w warunkach, przy których emisja tlenków azotu jest niska to emisja CO i HC jest wysoka. I odwrotnie.

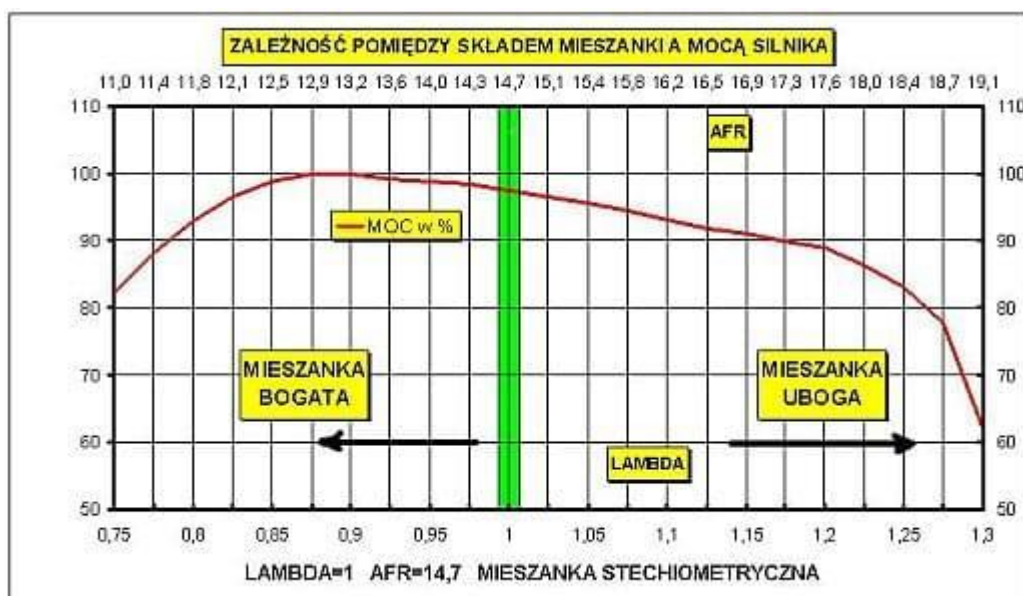
W warunkach pracy, przy których emisja CO i HC jest niska to emisja NOX jest wysoka. Istnieje jednak wąski obszar pracy, w którym emisja wszystkich wspomnianych związków trujących jest względnie mała. Obszar ten wyznacza nam współczynnik nadmiaru powietrza lambda.

Lambda wynosi jeden, jeżeli na 1 kg spalanej paliwa przypada 14,7 kg powietrza.

Spalanie takie nazywamy spalaniem mieszanki stechiometrycznej.

Jeżeli na 1 kg spalanej paliwa przypada więcej niż 14,7 kg powietrza to mamy do czynienia ze spalaniem mieszanki ubogiej. Jeżeli z kolei na 1 kg spalanej paliwa przypada mniej niż 14,7 kg powietrza to mamy do czynienia z mieszanką bogatą.

Optymalna, niską emisję związków toksycznych uzyskuje się dla lambda równe $1 \pm 1\%$ (od 0,97 do 1,03).



Mieszanka paliwowo powietrzna	Ilość powietrza na 1 kg paliwa	λ	Nadmiar powietrza lub jego brak (%)	Moc silnika	Oszczędność silnika
bogata	6,5 ÷ 12	0,45 ÷ 0,8	brak 57 ÷ 20	zmniejszona	znacznie pogorszona
wzbogacona	12,5 ÷ 13	0,85 ÷ 0,86	brak 21 ÷ 17	maksymalna	pogorszona o 20 ÷ 25%
normalna	15	1	-	zmniejszona o 4 5%	pogorszona o 5%
zubożona	16 ÷ 16,5	1,06 ÷ 1,1	nadmiar 7 ÷ 10	zmniejszona o 10%	największa
uboga	16,5 ÷ 20	1,1 ÷ 1,3	Nadmiar 10 ÷ 35	znacznie zmniejszona	pogorszona