

CONTROLE DU MOTEUR DIESEL



Si vous êtes novice dans la programmation des cartes ECU, lisez ce guide avant de commencer.

Ne pas jouer avec des cartes ECU avant de comprendre ce qu'elles font. Les erreurs peuvent coûter cher!

GUIDE MÉMOIRE DU CONTRÔLE DE L'ECU D'UN MOTEUR DIESEL.

Pour faire fonctionner un moteur diesel moderne vous avez besoin de contrôler :

- La Quantité de carburant injectée (IQ)
- Le Moment d'injection de carburant (SOI)
- La Durée d'injection de carburant (duration)

Afin de contrôler la quantité de carburant injecté, vous devez connaître la quantité d'air circulant dans le moteur ainsi que la vitesse de rotation du moteur.

Donc, vous avez 5 facteurs étroitement liés :

- Masse d'air circulant (MAF pour Mass Air Flow)
- Quantité de carburant injectée (IQ)
- Moment d'injection du carburant
- Durée d'injection du carburant (Duration)
- Vitesse de rotation du moteur (rpm ou tr/min)

Le guide suivant est basé sur un moteur injecteur pompe VAG 1.9 TDI.

Ce moteur à une cylindrée de 1,9 litre ou 1900 centimètres cube (cm³).

Le chiffre exact est en fait 1 897 cm³.

Le moteur à 4 cylindres donc le volume de chaque cylindre est de 474 cm³ (1897/4)

Les quatre cylindres sont identiques, donc nous allons en étudier qu'un seul.

Si un cylindre à un volume de 474 cm³, le mélange air et carburant ne peut pas dépasser 474 cm³.

Demande de carburant (souhait du conducteur ou map pédale).

Lorsque le conducteur appuie sur la pédale d'accélération, celle-ci envoie un signal à l'ECU.

La mesure est généralement exprimée en pourcentage.

0% la pédale n'est pas appuyée et le moteur tourne au ralenti, 100% et le moteur est en pleine demande.

Donc à 0% au ralenti, les injecteurs doivent donner une quantité fixe de carburant, pour une durée initiale fixe à un moment donné. Il en résulte une vitesse de ralenti prédéterminée, par exemple 900 tours par minute.

Ainsi, le régime de ralenti a été mappé à une valeur spécifique de la MAF, le moment, la quantité, la durée d'injection.

À 100% les injecteurs doivent donner une quantité fixe de carburant, pour une durée déterminée à partir d'un temps donné. Donc à 100% la puissance a été mappée à une valeur spécifique de la MAF, le moment, la quantité, la durée d'injection.

Cela signifie que tous les autres pourcentages de 1% à 99% devront également être mappés à une valeur spécifique de la MAF, le moment, la quantité, la durée d'injection.

Combien de carburant doit être injecté

L'ECU sait quelle quantité de carburant est à injecter, car il sait quelle quantité d'air est dans le cylindre. Nous avons donc besoin de connaître le volume d'AIR avant de nous décider sur le volume de GASOIL.

Si notre cylindre a un volume de 474 cm^3 , le volume maximal du mélange air et gasoil ne peut pas dépasser les 474 cm^3 .

Si nous ignorons le carburant pour le moment, cela signifie que le volume maximum de l'air que le cylindre peut contenir est de 474 cm^3 .

Si l'air était un liquide, la vie serait facile. La quantité de liquide qui s'adapte dans 474 cm^3 est de 474 cm^3 .

L'air est un gaz et vous pouvez donc avoir différentes quantités d'air dans le même volume.

Alors quel volume d'air peut-il y avoir dans 474 cm^3 ?

Ceci est déterminé par la densité de l'air, qui elle-même dépend de la température et de la pression atmosphérique.

La densité de l'air au niveau de la mer et à température moyenne se situe entre $1 \text{ mg} / \text{cm}^3$ et $1,2 \text{ mg} / \text{cm}^3$.

Pour simplifier, supposons que la densité de l'air est de $1,0 \text{ mg} / \text{cm}^3$.

Donc notre cylindre 474 cm^3 contiendra $474 \times 1,0 \text{ mg}$ d'air, soit 474 mg d'air.

Ainsi, chaque descente de piston va aspirer 474 mg d'air. Le volume d'air est de $474 \text{ mg} / \text{course}$.

Alors, maintenant que nous savons quelle quantité d'air est dans notre cylindre (474 mg), nous pouvons injecter un peu de carburant.

Injection de carburant (IQ)

Notre cylindre contient 474 mg d'air.

Le diesel brûle avec une efficacité maximale à environ 14,6 mg d'air pour 1 mg de carburant. Donc, 474 mg d'air peut faire brûler efficacement 32,5 mg de gasoil ($474 / 14,6$).

Donc, on injecte 32,5 mg de gasoil et nous voilà partis. Pas vraiment.

Cela ne signifie pas que les injecteurs injectent 32,5 mg de gasoil par course (mg / course).

32,5 mg / course est le maximum idéal, en supposant un apport d'air normal (EGR fermée).

Si les injecteurs injectent plus de 32,5 mg / course, une partie du combustible ne va pas brûler correctement et va sortir du moteur sous forme de la fumée noire. (Ceci est souvent décrit comme la limite de fumée).

Les injecteurs doivent injecter une quantité de carburant inférieure ou égale à 32,5 mg / course, et c'est ce qu'ils doivent faire.

Au ralenti les injecteurs peuvent injecter aussi peu de gasoil que 6,0 mg / course.

Pour augmenter la vitesse de rotation du moteur il faut augmenter la quantité de gasoil injecté.

La quantité d'injection est contrôlé par une map dans l'ECU souvent appelé map pédale.

Au ralenti, la pédale d'accélérateur sera positionnée à 0%, donc pas d'injection supplémentaire parce que le régime de ralenti est contrôlé par une map de ralenti, et non par la map pédale.

Une fois complètement enfoncée (accélérateur grand ouvert. (WOT) la pédale d'accélérateur sera à 100%.

Donc, l'écu reçoit un signal variant entre 0% et 100%.

Si vous appliquez 30% sur la pédale d'accélérateur, l'ECU consulte la construction de la map pédale, vérifie la quantité de gasoil nécessaire et injecte la quantité demandée.

SIMPLE.

Malheureusement, ce n'est pas si simple parce que les moteurs diesel ne mesurent pas vraiment la quantité de carburant qu'ils injectent.

L'injection de carburant est très compliquée de nos jours, donc voici une explication très simple.

Imaginez qu'un injecteur de carburant se comporte comme la seringue d'un médecin contenant 100 mg de gasoil.

Le conducteur appuie sur la pédale d'accélérateur et souhaite 30%. L'ECU consulte la map pédale et décide d'injecter 16 mg de carburant. SIMPLE.

MAIS

A quel moment devez-vous injecter le carburant et pendant combien de temps ?

Les motoristes mesurent le temps en degrés de rotation du vilebrequin. C'est pourquoi vous entendez les professionnels parler de calage moteur.

Le point de départ idéal pour injecter le carburant est généralement considéré comme le point mort haut. (PMH). C'est le moment où les deux soupapes du cylindre sont fermées et l'air a été comprimé à son maximum.

PMH est souvent exprimé en degrés avant le point mort haut (BTDC) ou degrés après le point mort haut (ATDC). Ils représentent tous les deux la même chose, seulement opposés l'un de l'autre.

Donc 4° avant le PMH (BTDC) est le même que -4° après le PMH (ATDC). (Seulement le terme avant PMH (BDTC) sera utilisé ici).

L'injection de 16 mg de gasoil va prendre du temps (durée ou duration), et parce que le piston va de haut en bas vous avez besoin d'un point de début d'injection.

Supposons que 2 mg de gasoil à injecter prend 1 degré de rotation du vilebrequin (°CR).

En supposant que le meilleur moment d'injection est de 0° avant PMH, injecter 16mg de gasoil demandera une durée de 8°CR.

L'injection devra commencer à 8° avant PMH au lieu de 0° avant PMH.

Le début de l'injection (SOI) doit être de 8 degrés avant PMH afin que tout le carburant soit injecté à 0° avant PMH.

Donc, l'ECU a besoin des maps pour décider :

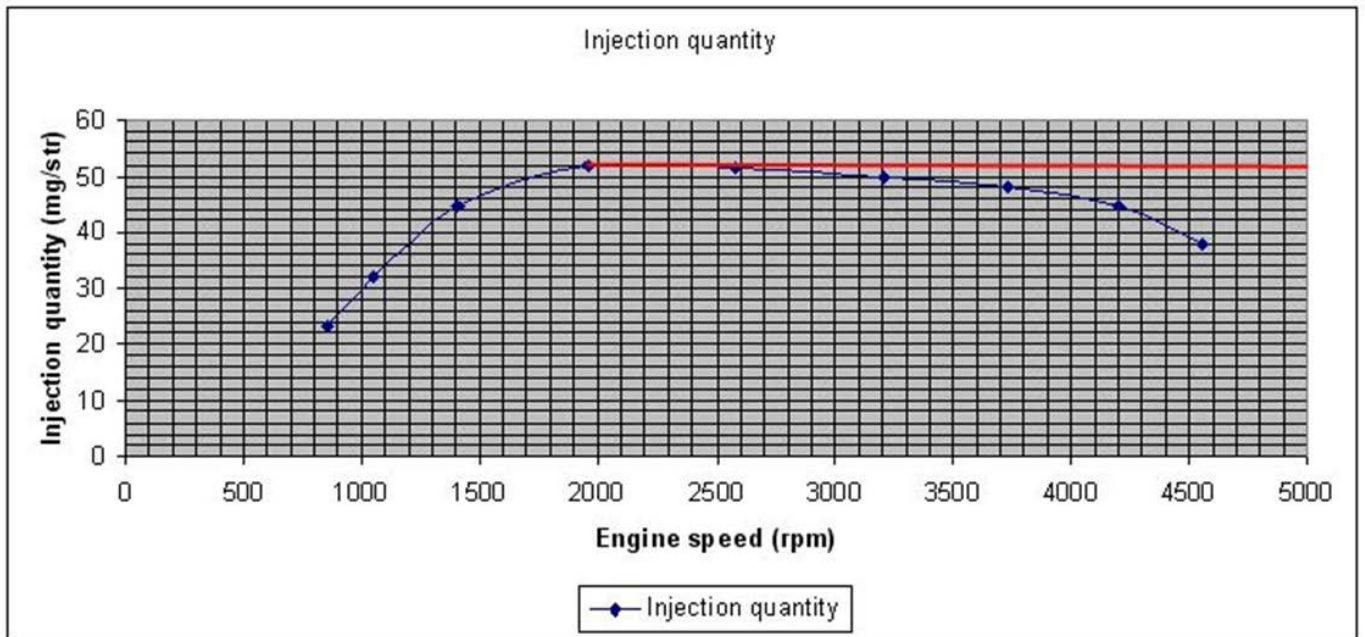
- QUANTITÉ INJECTÉE comme cela a été demandé par la position de l'accélérateur.
- DUREE D'INJECTION calculée à partir de la quantité injectée
- DEBUT D'INJECTION (SOI) calculée à partir de la quantité injectée.

En supposant que le moteur est en parfait état, les maps de la durée d'injection et du début d'injection seront exactes.

Ainsi, une quantité précise de carburant sera injectée pour la bonne durée de temps (duration), à partir du moment exact (Début de l'injection).

L'ECU peut être sûr de cela parce que les capteurs du vilebrequin et de l'arbre à cames donnent des détails précis sur les positions du piston. Ces mesures se retrouvent dans le compte tours du tableau de bord, mesurée en tours par minute (rpm).

Ci-dessous un graphique montrant la quantité de carburant (IQ) injectée dans un cylindre pour déclencher la montée en régime du moteur.



Sur ce graphique, vous pouvez voir que :

- Au ralenti (850 tr/min) l'ECU injecte 23 mg de carburant.
- 32 mg d'IQ augmente la vitesse du moteur à 1050 tours par minute.
- 45 mg d'IQ augmente la vitesse du moteur à 1400 tours par minute.
- 52 mg d'IQ augmente la vitesse du moteur à 1900 tours par minute.

L'ECU pourrait continuer à injecter 52mg de faire monter le régime moteur plus haut (selon la ligne rouge ajoutée).

Mais il ne peut pas.

- 52mg IQ augmente la vitesse du moteur jusqu'à 2550 tours par minute, mais après la IQ est réduite par l'ECU.
- 50 mg IQ est utilisé pour obtenir la vitesse du moteur de 3200 tours par minute.
- 48 mg IQ est utilisé pour obtenir la vitesse du moteur de 3750 tours par minute.
- 44 mg IQ est utilisé pour obtenir la vitesse du moteur de 4200 tours par minute.
- 38 mg IQ est utilisé pour obtenir la vitesse du moteur de 4550 tours par minute

Donc, l'ECU limite la IQ avec l'augmentation du régime moteur. Pourquoi la IQ est-elle limitée ?

La quantité de carburant injectée (IQ) doit être limitée pour plusieurs raisons.

- Nous pouvons injecter du carburant que si nous avons assez d'air pour le brûler. C'est la limite d'alimentation en air connue avec la limite MAF ou limite de fumée. (Voir map fumée).
- Nous voulons seulement produire de la puissance moteur de manière linéaire et contrôlée pour protéger l'embrayage, boîte de vitesses, etc... C'est la limite de couple. (Voir la map couple).

Regardons les facteurs limitants.

CONTRÔLE D'AIR ENTRANT

Nous avons établi que notre cylindre de 474 cm³ tiendra 474 x 1,0 mg d'air, soit 474 mg d'air. Ainsi, chaque coup de piston va aspirer 474 mg d'air.

Le calculateur peut mesurer la Masse d'Air Circulant (MAF). grâce à un capteur d'air massique.

Ce capteur surveille en permanence le débit d'air et envoie un signal au calculateur. Typiquement, le débit d'air varie de 0 à 1000 mg / course. Parce que le turbo compresse l'air, la MAF a besoin de connaître la valeur de la pression atmosphérique des 474mg.

Le capteur MAF joue un grand rôle dans la fonction EGR mais je ne vais pas entrer dans les détails ici.

Donc notre map de fumée, ou de limite de IQ par la MAF, est basé sur des informations provenant du capteur MAF du moteur. Évidemment, le capteur MAF doit être en bon état et donner des résultats précis ou l'ECU fera les calculs erronés de IQ.

CONTROLE DE PRESSION D'AIR - TURBOCOMPRESSEURS.

La pression d'air et la température varient selon l'endroit où vous vivez dans le monde, la météo, etc..

Ce qui suit suppose une température d'air d'environ 20°C et une pression d'air de 1000 millibars (mbar).

Supposons que notre cylindre de moteur reçoit l'air à 1000 mbar de pression et 20°C de température pour une quantité de 474 mg / course. **(Pour simplifier les choses, je suppose que la vanne EGR n'est pas activée).**

Une valeur typique de pression de suralimentation du turbocompresseur est comprise entre 1000 et 1500 mbars relatifs. Ainsi, un graphique type de pression de turbo en fonction de la vitesse de rotation (tr/min) commencera à partir de 1000 mbar absolu (sans surpression) jusqu'à 2500 mbar absolu de suralimentation max. (C'est un supplément de pression de 1500 mbar relatif). Dans notre exemple, 2500 bar de pression absolue correspond à 1500 mbar de pression relative, car $2500 - 1000 = 1500$.

Pression d'air supplémentaire signifie air supplémentaire, donc si nous avons 474 mg d'air à 1000 mbar nous pouvons avoir 948 mg d'air à 2000 mbar (2×474). Donc, avec deux fois plus de pression nous avons deux fois plus d'air dans le cylindre et l'on peut brûler deux fois plus de carburant avec la même efficacité de combustion.

Cela se traduit par plus de puissance moteur.

Le calculateur moteur à besoin de connaître la pression de suralimentation donc le moteur a un capteur de pression de suralimentation (capteur de pression absolue (MAP)).

L'ECU doit également connaître la température de l'air donc le moteur à un capteur de température d'admission d'air (IAT).

La pression de suralimentation et la IQ est contrôlé par la map Turbo. Cette map indique à l'ECU combien de pression de suralimentation est nécessaire pour un régime moteur et une IQ.

Donc, si nous écrasons l'accélérateur, on obtient la IQ maximale, le boost maximal et c'est parti. Pas vraiment.

Le turbocompresseur ne change pas instantanément la vitesse de sa turbine et la pression de suralimentation. Il doit prendre de la vitesse. Donc, l'ECU doit tenir compte du temps de montée en régime du turbo.

Une fois arrivée à sa vitesse, le turbocompresseur donnera la pression de suralimentation maximale correspondante à la demande de la map turbo, ce qui est très bien pour l'accélération, mais la plupart des conducteurs n'accélèrent pas tout le temps, ils régulent. Donc à 130 kmh/h sur autoroute, le moteur peut être à 2500 tr/min grâce à la 5 ou 6ème vitesse.

La IQ peut avoir chuté à 32 mg / course, la demande en air est moins importante que lors de la phase d'accélération, donc nous n'avons plus besoin de beaucoup de suralimentation.

L'ECU doit être en mesure de contrôler les niveaux de pression de suralimentation et prendre des décisions à leur sujet.

COMMANDE DE SURALIMENTATION DU TURBOCOMPRESSEUR.

Comme expliqué plus haut le turbocompresseur doit être contrôlé parce que la conception du moteur et les maps d'injection demandent un niveau certain de suralimentation en fonction du régime moteur et des conditions d'IQ.

Le calculateur moteur utilise donc le capteur de pression de suralimentation (capteur MAP.) et le capteur de température de l'air (IAT) pour recueillir les données sur les conditions de gestion de suralimentation.

Ces capteurs permettent à l'ECU de comparer la pression de suralimentation réelle avec la pression de suralimentation stockée dans les maps de l'ECU.

(L'ECU possède aussi une valeur unique de limiteur de pression (SVBL) qui agit comme un arrêt d'urgence pour couper la pression de suralimentation).

La map de suralimentation contrôle le niveau de suralimentation en liaison avec la quantité d'IQ requise.

Actuellement, le contrôle de la pression de suralimentation se fait par un signal électrique qui commande l'ouverture d'une soupape de décompression appelée vanne N75.

Le calculateur du moteur fait varier ce signal électrique pour faire varier le degré d'ouverture de cette vanne.

L'ECU contient une map pour le cycle de fonctionnement de la N75. Cette map permet de s'assurer que la pression exacte de suralimentation est disponible comme définie dans la map de suralimentation.

Le contrôle de la suralimentation possède une carte de limitation connue comme la map de limite de suralimentation. Le rôle de cette carte est de protéger le turbocompresseur. Le contrôle est basé sur la mesure de la pression atmosphérique de l'air.

Rappelez-vous, nous avons décidé que les caractéristiques de l'air sont données pour une pression de 1000 mbar à 20°C.

Si la pression atmosphérique et la température ne changeaient jamais nous n'aurions pas besoin d'une carte de limite de suralimentation.

Dans la vraie vie, la température de l'air change tout le temps, et la pression atmosphérique change avec les conditions météorologiques et l'altitude. Donc nos voitures ont besoin d'une map de limite de suralimentation pour protéger le turbocompresseur et arrêter l'ECU dans sa demande d'IQ lorsque turbocompresseur ne peut pas fournir suffisamment d'air. (Comme lorsque vous conduisez en montagne ... si vous le faites).

Si la pression de suralimentation reste trop longtemps en dehors de la plage du limiteur de suralimentation, l'ECU coupe le turbo. (Mode Limp).

Le calculateur moteur contient également une valeur unique de limite de suralimentation juste au cas où le contrôle du turbo échoue. Le turbo est désactivé si la suralimentation réelle dépasse la valeur unique de limite de suralimentation. (SVBL).

J'espère que les informations ci-dessus vous donneront une idée sur votre moteur turbo diesel et comment il fonctionne.

Beaucoup de choses dans l'ECU sont liées entre elles et changer une map de l'ECU peut avoir des effets inattendus sur d'autres maps, il est donc essentiel de bien réfléchir avant d'agir.

Les changements les plus fondamentaux de la cartographie de l'ECU nécessiteront une modification de :

1. map pédale
2. limite de IQ par la MAF (map fumée)
3. map turbo

En cas de doute ... Ne rien faire.

Réfléchissez avant d'apportez des modifications. Les erreurs peuvent être coûteuses et même dangereuses.

LEXIQUE :

MAF : Mass Air Flow, quantité d'air circulant

IQ : quantité de gasoil injecté

Duration : durée d'ouverture de l'injecteur, durée d'injection du gasoil

ECU : boîtier de contrôle moteur

N75 : soupape de décompression du turbo

MAP : mesure de la pression absolue

IAT : température d'admission d'air

PMH : point mort haut

SOI : moment du début de l'injection

BTDC : avant le point mort haut

ATDC : après le point mort haut