

# Conceptos Básicos EFI (Electronic Fuel Injection) Parte 5

Modificaciones en el combustible en la aceleración y deceleración. Cuando la mariposa es abierta o cerrada rápidamente, para un incremento o deceso de combustible. Si una pequeña apertura de la mariposa, y las condiciones son las correctas, la mariposa se abre rápidamente, y la presión de la admisión aumenta. En esta situación, la súbita demanda de aire, requiere un enriquecimiento de la mezcla para mantener un razonable AFR. Porque la rápida apertura de la mariposa considera la necesidad de gran potencia del AFR durante la aceleración. Esto también es equivalente para los valores para Full POWER.

## CONCEPTOS BASICOS

La cantidad de enriquecimiento depende mucho del diseño del camino de la admisión y de la colocación de los inyectores. El enriquecimiento para los sistemas donde los inyectores estas colocador lejos de las válvulas de entrada tiene que ser mayor que si los inyectores están colocados cerca de las válvulas de entrada. Esto es porque cuando los inyectores están colocados lejos, la cantidad de espacio por el que tiene que recorrer la mezcla es mayor y es necesaria una mayor cantidad de combustible para llenar todo ese espacio.

Una baja presión de admisión (normalmente, vacío en la admisión) hace que el combustible este en los conductos en un estado de vapor lo que hace una relativa poca adherencia sobre las paredes. La razón de que haya una menor adherencia es menor a altos vacíos es porque la presión en la admisión es cercana a la presión del vapor, permitiendo que el combustible se evapore mucho mejor (este fenómeno es el mismo que ocurre cuando hierve el agua a baja temperatura a alturas mayores de las del mar.)

Cuando la mariposa se abre, la presión de la admisión aumenta, (baja el vacío) incrementando la presión sobre el vapor del combustible llevándolo a un estado mas liquido. Esto causa que el combustible se deposite en las paredes de la admisión y sale del flujo de aire entrante. Cuando la velocidad del aire aumenta a un punto en el que el combustible de las paredes es llevado de nuevo al flujo de aire, ya no es necesario un enriquecimiento de la mezcla.

En la mayoría de los coches modernos los inyectores están colocados cerca de las válvulas de admisión así eliminando por completo la adhesión de combustible a las paredes de la admisión. Con esto se consigue una reducción drástica de los requerimientos de aceleración del combustible. Esta configuración necesita una menor cantidad y duración del enriquecimiento del combustible en aceleración.

El principal sensor de información sobre la aceleración para la ECU es la

posición de la mariposa TPS, el segundo es el MAP. El TPS indica la cantidad de cambio que debe hacer la ECU para la nueva cantidad y tiempo de combustible. EL movimiento rápido de la mariposa normalmente requiere grandes cantidades de combustible en periodos cortos de tiempo, mientras que movimientos lentos de la mariposa lo que hace una mínima cantidad de combustible durante unos largos periodos de tiempo. En coche con sobrealimentación, un esquema de aceleración de combustible en función del MAP es recomendado. Esto es normalmente hecho con coches pesados o que experimenten grandes presiones. La diferencia entre los cambios del MAP y los valores del MAP pueden dar más combustible si es necesario. Un ejemplo de esta aceleración de combustible es un motor turbo que se usa para empujar cargas pesadas. Una pequeña apertura de la mariposa causara un aumento significativo del boost si el turbo es pequeño. El TPS, porque si una pequeña apertura aumenta, no da información suficiente del flujo de aire a la ECU. SI el parámetro de la aceleración basado en el MAP en la calibración, entonces el aire adicional suplido por el turbo puede ser acomodado.

Cuando la mariposa es cerrada rápidamente la cantidad de combustible es cortada rápidamente. Igual que como los sensores del TPS y el MAP dan la información para aumentar los valores del TPS o MAP, ellos también pueden hacer que bajen estos valores. Bajo una deceleración de la presión del colector es muy baja, (alto vacío). Cualquier combustible en las paredes de la admisión, o cabezas de válvulas es reintroducido al caudal de aire por la rápida bajada de presión en la admisión por el aumento temporal de la riqueza de la mezcla. Los valores del principal MAP de combustible suelen ser muy bajos cuando hay bajas presiones de admisión, por lo que una pequeña cantidad de combustible es inyectado al motor, aunque la mezcla puede ser rica por la re vaporización del combustible de las paredes.

Lo mejor es programar los valores en las deceleraciones, para que se corte casi o completamente los inyectores durante estos periodos de deceleración. Esto elimina las explosiones en el escape, reduciendo así la emisión de hidrocarburos. Tiene que haber un rango de RPM y presiones de admisión determinado para cortar el suministro de combustible.

### **Tiempos de inyección de combustible**

La activación de los inyectores suele coincidir con la entrada de aire en los cilindros. Hacer esto en esta fase de la combustión nos permite tener una reducción de emisión de hidrocarburo (HC), una mejor atomización del combustible, un menor consumo, y un mayor potencia por combustible consumido (Un BSFC bajo). Si el inyector inyecta el combustible mientras la válvula esta cerrada, habrá una gran adhesión de combustible en la parte trasera de la entrada de las válvulas, causando una pobre atomización y una gran cantidad del HC.

La mayoría de motores de automóviles la apertura de las válvulas de entrada (IO) se abren ligeramente antes del TDC (BTDC) y se cierra (IC) después del BDC (ABDC). Las válvulas de escape se abren (EO) antes del BDC (BBDC) y se cierra (EC) después del TDC (ATDC). Es una buena idea tener la información del modo de trabajo de las válvulas en tu motor. Si esta información no esta disponible, ten en la cabeza que la mayoría de los motores tienen un IO en el rango de los 25-5 grados y un IC en el rango de los 40-60 grados ABDC. Los

tiempos típicos para el escape suelen ser un EC de 5-25 grados ATDC y un EO de 60-40 grados BBDC. Para nosotros ahora la válvula de entrada estará a 10 grados BTDC y la de salida a 10 ATDC.

Durante la apertura inicial de la válvula de entrada, la válvula de escape sigue ligeramente abierta hasta que el ciclo de escape esta completo. A esta secuencia se le llama "valve overlap" o superposición de válvulas. Durante este periodo la válvula de admisión mantiene una gran presión antes de que la válvula de escape se cierre. Creando un momentáneo fluido (backflow) de gases inverso en el cuerpo de admisión. Este Backflow es mayor durante bajo pequeñas presiones de admisión (vacío) porque las bajas presiones en la admisión comparadas con las positivas presiones creadas por el sistema de escape. Cuando la mariposa es abierta, el backflow es mas pequeño porque la diferencia de presión es reducida y la alta velocidad de entrada de aire mitiga el backflow.

Una vez que la válvula de escape se cierra, el flujo de aire en el puerto de entrada da la vuelta, aumenta la velocidad y el flujo a la vez que las válvulas de entrada se abren y el pistón va hacia abajo en el bloque. Este es el punto en el que el combustible en la cámara de combustión.

Por eso se calcula el tiempo del inyector relativo a el momento de chispa en el TDC, esto es 180 grados + el tiempo de la vuelta del TDC. Porque por esta relación tu tienes que añadir 180 la tiempo de inyección.

Ejemplo para nuestros tiempos de válvula anteriores:

-EC es 10° ATDC, que deja 170° del cigüeñal al BDC

-Añade 180° para el momento de inyección relativo al momento de chispa en el TDC para llegar al tiempo de inyección de 350°.

El formato de la ecuación es:

$(180-EC) + 180 = \text{tiempo de inyección}$

Donde en nuestro ejemplo:

$(180-10) + 180 = 350$

Hay que tener en cuenta que hay muchas variables que tienen influencia en el backflow en las válvulas de entrada. EL método explicado aquí para calcular el momento de inyección es un buen punto de comienzo, pero es recomendable hacerlo de manera más exhaustiva para un mejor rendimiento. Los parámetros a observar son: La cuenta del Hc, potencia, y BSFC. Por supuesto, la mejor combinación es una alta potencia con un bajo HC y BSFC.

Cuando el motor aumenta su velocidad, hay menos tiempo para poder inyectar el combustible. Esto es muy acentuado en ángulos de apertura de mariposa grandes. Porque los respectivos ciclos la cantidad de inyección van asociados a esta operación.

Los ciclos de inyección pesados hacen referencia a cuanto tiempo es requerido para inyectar la cantidad suficiente de combustible en relación a la velocidad del motor. Considerando que a 6000 rpm el motor tiene 10 milisegundos (ms) para completar una revolución (360° de rotación) y 20 ms

para completar un ciclo (2 revoluciones completas). Esto significa que el inyector no puede abrirse no más de 20 ms a 6000 rpm. Si el inyector necesita para abrirse 20 ms para dar la cantidad necesaria de combustible, el ciclo de inyección para este ejemplo sería 100%. Esta condición lleva al inyector a ser estático, esto significa que el inyector está completamente abierto y no se cierra entre las inyecciones. En este punto no es apreciable el control de combustible vía ECU, y la cantidad de combustible distribuido está controlado por el regulador de presión y el flujo estático del inyector.

Volviendo atrás a los tiempos de inyección y distribución, si las admisiones tienen 270° de duración, si esta coge 7.5 ms para abrir y cerrar las válvulas a 6000 RPM. Como empezamos hace tiempo, según aumenta la velocidad del motor, el tiempo de inyección disminuye. Esto significa que el momento de inyección debe de empezar antes de que la velocidad del motor aumente y eventualmente a veces no es suficiente tiempo para inyectar el combustible suficiente en la cámara de combustión. En este punto el inyector empezará a dejar deportitos de combustible en la parte trasera de las válvulas de entrada, que será consumida en el próximo ciclo del cilindro. La velocidad del aire en este punto es lo suficientemente grande para que el combustible adherido a las paredes se atomice.

En nuestro motor de ejemplo, con un ángulo de apertura de la válvula pequeño y una velocidad baja de motor, podemos comenzar a inyectar alrededor de 10° BTDC. Esto puede verse que activar el inyector demasiado pronto cuando lo comparamos con el momento del EC, cuando tu consideras que la distancia a la cabeza de la válvula, el tiempo que toma el inyector para reaccionar a los comandos de la ECU y el tiempo necesario de la ECU para sacar su señal, la válvula de escape está cerrada. Cuando la velocidad del motor aumenta con aperturas grandes de la mariposa o grandes cantidades de flujo de aire, el tiempo de inyección tiene que ocurrir antes. Si el tiempo de inyección es demasiado tarde durante flujos grandes de aire, la carga de combustible viajara a través de las válvulas abiertas durante el tiempo de overlap y será enviada a las válvulas de escape y será desperdiciada. Esta condición contribuye a la emisión de hidrocarburos. Numero altos de BSFC indican tiempos de inyección tardíos.

### **Mapa de combustible principal**

El mapa principal del combustible es un mapa 3D, donde las RPM, la carga (o TPS) y la cantidad de combustible inyectada al motor son los valores de los ejes. Este mapa es lo básico para todos los sistemas de combustible al el motor. Todas las modificaciones de los requerimientos del motor sobre combustible tienen que ser hay para que la ECU pueda calcular los tiempos necesarios para las operaciones del motor.

Un ejemplo, si un motor está a 3000 RPM y 50 Kpa de presión de admisión, y el pulso de inyección está a 4.6 ms en un motor caliente, entonces no hay modificaciones que hacer.

Si nosotros añadimos un modificador del 50% a la temperatura del motor, el pulso será entonces 4.6 ms+50% de combustible adicional dando un total de 6.9 ms para el pulso de inyección.

El mapa principal de inyección puede ser visto en un grafico 3D y como una tabla de valores. La tabla puede ser vista en un ciclo completo, en pulsos, o columnas de números.