MANUAL DE ESTUDIO · MECATRÓNICA AUTOMOTRIZ

Control electrónico diésel y postratamiento de emisiones

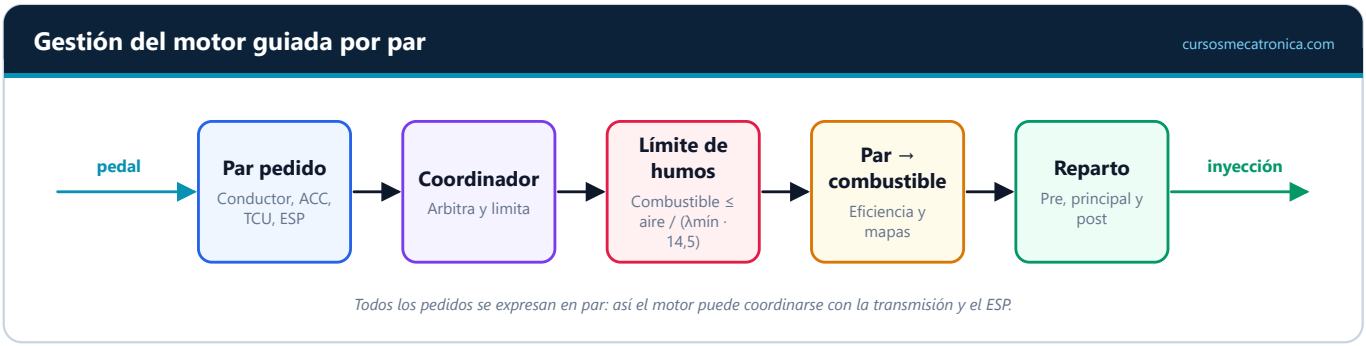
Capítulo 12 · En el video: **minuto 2:43:51** · Duración 14:23

Objetivo. Seguir el camino de un pedido de par hasta la inyección y estimar el consumo de AdBlue.

Ideas clave

Gestión guiada por par

Pedal, control de crucero, transmisión, ESP y protecciones expresan sus pedidos en par. El coordinador los arbitra y una cadena de mapas convierte el par final en combustible por cilindro y en un reparto de inyecciones.



Estructura de par del capítulo 12.

Adaptaciones

La ECU corrige el caudal de cada inyector durante su vida (pequeñas inyecciones de prueba en retención), regula el ralentí, amortigua los tirones del tren motriz y equilibra los cilindros midiendo la velocidad del cigüeñal.

Lazo de aire

El turbo de geometría variable (VGT) ajusta la presión de carga; la recirculación de gases (EGR) de alta y baja presión baja la temperatura de combustión y los NOx. El sensor lambda cierra el lazo.

Límite de humos

Si se inyecta más combustible del que el aire puede quemar aparece humo negro. Con la masa de aire medida, la ECU limita el combustible a $m_{aire}/(\lambda_{mín}\cdot 14{,}5)$.

Postratamiento

El catalizador de oxidación (DOC) quema CO e hidrocarburos; el filtro de partículas (DPF) retiene hollín y se regenera quemándolo; el SCR reduce los NOx con amoníaco obtenido del AdBlue. Euro 7 endurece límites, durabilidad y vigilancia a bordo.

Fórmulas y relaciones

Relación	Expresión	Cómo leerla
Combustible por cilindro	$m_f = 4\pi \cdot T / (\eta \cdot H_u \cdot z)$	Motor de 4 tiempos, z cilindros.
Límite de humos	$m_{f,máx} = m_{aire} / (\lambda_{mín} \cdot 14{,}5)$	Diésel estequiométrico 14,5:1.
SCR	$4NO + 4NH_3 + O_2 \rightarrow 4N_2 + 6H_2O$	Reacción estándar.
Urea	$CO(NH_2)_2 + H_2O \rightarrow 2NH_3 + CO_2$	AdBlue: 32,5 % de urea.

Ejemplo resuelto: par pedido frente a límite de humos

1. Motor de 4 cilindros, η = 0,40, H_u = 42,8 MJ/kg; se piden 300 N·m.
2. $m_f = 4\pi \cdot 300/(0{,}40 \cdot 42{,}8 \cdot 10^6 \cdot 4) = 55{,}1$ mg por cilindro.
3. Con 780 mg de aire y $\lambda_{mín}$ = 1,2, el máximo es 44,8 mg.
4. Se inyectan 44,8 mg: el motor entrega 244 N·m hasta que el turbo aporte más aire.

Con 139 mg/s de NOx (como NO_2) el SCR necesita 0,279 g/s de AdBlue, unos 0,92 L/h (edc_par_humos_scr.py).

Postratamiento diésel

Componente	Elimina	Cómo
DOC	CO y HC	Oxidación catalítica
DPF	Partículas (hollín)	Filtrado y regeneración
SCR	NOx	Reducción con NH_3 del AdBlue
ASC	NH_3 sobrante	Catalizador de bloqueo de amoníaco

Código del capítulo

Los archivos completos vienen en el paquete ZIP del capítulo (carpeta `codigo/`).

edc_par_humos_scr.py — conversión de par a combustible, límite de humos y consumo de AdBlue.

```
"""
edc_par_humos_scr.py — Capítulo 12: de par pedido a combustible, límite de humos por lambda
mínima y dosificación de AdBlue en el SCR.
"""
HU, ETA, AFR, CIL = 42.8e6, 0.40, 14.5, 4


def combustible_por_cilindro(par_nm):
    """Motor de 4 tiempos: trabajo por ciclo = 4π·T, repartido entre los cilindros (mg)."""
    return 4 * 3.14159265 * par_nm / (ETA * HU) / CIL * 1e6


def par_desde_combustible(mg_cil):
    return mg_cil * 1e-6 * CIL * ETA * HU / (4 * 3.14159265)
```

```
def limite_humos(aire_mg, lambda_min=1.2):
    return aire_mg / (lambda_min * AFR)


def adblue(nox_mg_s, anr=1.0):
    """NOx como NO2 equivalente (46 g/mol); 1 mol de urea da 2 de NH3; AdBlue = 32,5 % urea."""
    mol_nox = nox_mg_s / 1000 / 46.0
    urea_g_s = mol_nox * anr / 2 * 60.06
    return urea_g_s / 0.325


if __name__ == '__main__':
    pedido = 300.0
    mf = combustible_por_cilindro(pedido)
    lim = limite_humos(780.0)
    final = min(mf, lim)
    print(f'Par pedido {pedido:.0f} N·m -> {mf:.1f} mg/cilindro')
    print(f'Aire 780 mg/cilindro, lambda mín 1,2 -> máximo {lim:.1f} mg')
    print(f'Se inyectan {final:.1f} mg -> par entregado {par_desde_combustible(final):.0f} N·m')
    for nox in (50.0, 139.0):
        g = adblue(nox)
        print(f'NOx {nox:5.1f} mg/s -> AdBlue {g:.3f} g/s = {g * 3600 / 1090:.2f} L/h')
```

Errores frecuentes

- Anular el límite de humos para "ganar potencia": aparece hollín y el DPF se satura.
- Dosificar AdBlue con el SCR frío (no reacciona y se cristaliza).
- Interrumpir regeneraciones del DPF con trayectos cortos repetidos.

Autoevaluación

1. ¿Qué gobierna la estructura de la EDC?
2. ¿Qué reduce el SCR?
3. ¿Qué porcentaje de urea tiene el AdBlue?

Respuestas. 1. El par. **2.** Los NOx. **3.** 32,5 %.