ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

INGENIERÍA DE FLUIDOS **27-11-99**

El funcionamiento de los motores alternativos está limitado por la masa de aire que entra en el cilindro durante el ciclo de admisión, una cantidad que disminuye al aumentar el número de revoluciones. La eficacia del llenado se mide a través del coeficiente de eficiencia volumétrica, η_v, definido como el cociente entre el volumen que ocupaba el aire antes de entrar en el cilindro y la cilindrada Q (o volumen barrido por el pistón durante el ciclo de admisión). Se pide estudiar la dependencia de η_v con el regimen de funcionamiento del motor. Para ello, considere al cilindro como un depósito adiabático cuyo volumen varía con el tiempo debido al movimiento del pistón durante la carrera de admisión de acuerdo a la ley $V = Q(\alpha + \mathrm{sen}[(\pi/2)(t/t_a)]$, donde αQ es el volumen que tiene el cilindro en el punto muerto superior y t_a es la duración del ciclo de admisión (típicamente, $0.03 < \alpha < 0.1$). A todos los efectos, la válvula de admisión funciona como una tobera convergente-divergente de área de salida A_s y área mínima A_m. Se sabe que los valores de la presión y densidad de remanso del fluido que entra a través de la válvula son p_o y ρ_o, respectivamente, valores que coinciden con los que tiene el gas en el interior del cilindro en $t = 0$. $\frac{1-\cos\left[\frac{\pi}{[illegible]}\frac{t}{t_a}\right]}{2}$

- Escriba las ecuaciones con condiciones iniciales que determinan la evolución de la densidad, $\rho(t)$, y presión, $p(t)$, en el interior del cilindro, dando en particular expresiones para el gasto másico que entra a través de la tobera, G.

- Utilizando como variables $\tau = t/t_a$, $\bar{\rho} = \rho/\rho_o$, $\bar{p} = p/p_o$, $\bar{V} = V/Q$ y $\bar{G} = G/(\rho_o a_o A_m)$ (con $a_o = (\gamma p_o/\rho_o)^{1/2}$), reescriba las ecuaciones anteriores en forma adimensional para dar

$$\frac{\bar{V}}{\gamma}\frac{\mathrm{d}\bar{p}}{\mathrm{d}\tau} = \frac{\bar{G}}{\Omega} - \bar{p}\frac{\mathrm{d}\bar{V}}{\mathrm{d}\tau}; \qquad \bar{p}(0) = 1$$

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\tau}(\bar{\rho}\bar{V}) = \frac{\bar{G}}{\Omega}; \qquad \bar{\rho}(0) = 1,$$

donde $\Omega = [Q/(a_o A_m)]/t_a$ es el cociente entre el tiempo característico de llenado y el tiempo de admisión, una medida adimensional del régimen de giro del motor.

La integración de la primera ecuación con $\bar{V} = \alpha + \mathrm{sen}[(\pi/2)\tau]$ y con $\bar{G}$ como función de A_s/A_m y $\bar{p}$ (que se pide escribir) determina la evolución de $\bar{p}(\tau)$ para $0 \leq \tau \leq 1$. Puesto que, tal y como se puede demostrar, $\eta_v = (1+\alpha)\bar{\rho}(1) - \alpha$, la integración de la segunda ecuación permite calcular directamente

$$\eta_v = \Omega^{-1}\int_0^1 \bar{G}\mathrm{d}\tau$$

una vez conocida $\bar{p}(\tau)$. Para una geometría dada (valores dados de α y A_s/A_m), la eficiencia volumétrica depende exclusivamente de Ω, con una dependencia que se esquematiza en la figura adjunta.