

"ESTUDIO OPTIMIZADO DEL DIAGRAMA DE DISTRIBUCION Y GEOMETRIA DE LAS LEVAS DE LAS VALVULAS DE ADMISION Y ESCAPE DE UN MOTOR DE CUATRO TIEMPOS"

R. Chacartegui Ramírez, Luis Conde Cid, Fco. Jiménez Espadafor, T. Sánchez Lencero

Grupo de Motores Térmicos. Dpto. Ingeniería Energética y Mecánica de fluidos
Escuela Superior de Ingenieros (Universidad de Sevilla)

Avda Camino de los descubrimientos , s/n 41092 SEVILLA

TLF: 95 448 72 42 / FAX: 95 448 72 43 / e-mail: ricardo@esi.us.es

RESUMEN:

Este trabajo se centra en la resolución del problema de diseño o problema inverso aplicado al diagrama de distribución de un motor de cuatro tiempos (avance en la apertura y retraso en el cierre de las válvulas de admisión y escape), así como a la geometría de las levas que las accionan.

Para este problema de diseño partiremos de un código CFD unidimensional, anteriormente validado y que no es objeto del estudio, que simula el comportamiento de todo el sistema de renovación de la carga en motores alternativos y que se ajusta a las necesidades del problema inverso dada su gran velocidad.

Se han empleado resultados experimentales, tomados de un motor de cuatro tiempos, para ajustar los valores de determinados parámetros del modelo directo aplicando técnicas de optimización. Esta forma de operar resulta de gran valor dado que permite afinar modelos de los que ya se dispone en función de algunos parámetros no fácilmente obtenibles mediante medida directa.

Palabras clave: Algoritmos Genéticos, Método de Glimm, Optimización, MCIA

1. INTRODUCCION

En este trabajo se han combinado una herramienta de simulación directa de flujo unidimensional en conductos, orientada a motores de combustión interna alternativos y una herramienta de optimización para la resolución del problema de diseño bajo la imposición de determinados criterios como pueden ser maximizar el rendimiento volumétrico, relaciones entre variables del flujo o ajuste de algunas de estas variables a valores predeterminados.

La herramienta de simulación directa de flujo a ser empleada en esta combinación determinada debe tener como características principales:

- precisión en la resolución de discontinuidades que va presentar el flujo.

- alta velocidad y coste computacional aceptable.

La herramienta aquí empleada cumple con ambas características.

Por otro lado las características que debe cumplir el método de optimización:

- robustez: ante la complejidad del problema planteado debe funcionar adecuadamente en todo el rango, sin el riesgo de caer en óptimos locales.
- versatilidad: externo a la compleja función a evaluar, en nuestro caso el problema fluidomecánico en los conductos de admisión y escape en un motor de cuatro tiempos.

1. MODELIZACIÓN DEL PROBLEMA DIRECTO.

Las ecuaciones que modelan el problema son las ecuaciones del flujo unidimensional ya que se asume conductos de sección lentamente variable. El método empleado para su resolución fue el método de Glimm generalizado. La aplicación fue desarrollada y presentada en [1], [2] por lo que no se comentará.

2. MÉTODO DE OPTIMIZACIÓN.

Para el proceso de optimización se ha empleado un método basado en técnicas de algoritmos genéticos [3],[4]. El esquema básico de este tipo de métodos se presenta en blanco en la figura 1.

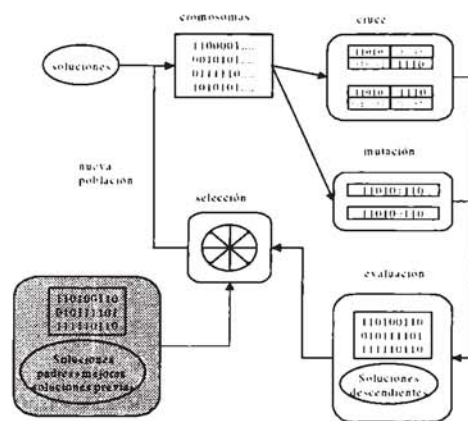


Fig. 1

A partir de una población de individuos (cromosomas) cada uno de los cuales se corresponde con unos valores determinados de las variables del proceso de optimización, y codificados en nuestro caso en forma binaria, se realizan las operaciones 'genéticas': mutación y cruce. Estas operaciones cuentan con una componente aleatoria y unos parámetros externos de entrada al algoritmo que marcan los porcentajes de individuos que se cruzarán y del número de bits que se verán sometidos a un proceso de posible cambio en su valor. Los nuevos individuos a que dan lugar, son evaluados dentro de la función objetivo, para ello se decodificarán a los valores reales de las variables. El paso a una nueva generación que repita el proceso, se realiza mediante una operación de selección en la población a partir de los valores obtenidos de la evaluación previa. En nuestro caso esta evaluación se ha realizado simulando una 'ruleta', de manera que se asigna a cada individuo una probabilidad proporcional al valor obtenido en el proceso de evaluación frente a la suma total, generando un proceso aleatorio que realiza copias los individuos, teniendo mayor probabilidad de pasar a la siguiente generación los individuos con mayores valores de la función objetivo. De esta manera la información de los mejores individuos se va transmitiendo a las sucesivas generaciones.

En este trabajo se ha modificado el esquema básico añadiendo dentro del proceso de selección un reducido conjunto de las mejores soluciones previas más parte de la población que dio lugar a la nueva generación (en gris en la figura 1). Con ello se ha buscado mantener presente siempre las mejores soluciones anteriores, que podrían llegar a perderse en el proceso de mutación, intentando evitar a su vez óptimos locales debida a un exceso de presencia de algunos de estos cromosomas que pudiera dar lugar al fallo del método.

Asimismo y para evitar que el proceso de búsqueda se convierta en un proceso puramente aleatorio cuando se tienen valores de la función objetivo próximos, se ha buscado mantener constante la presión de selección empleando un valor de la función corregido:

$$f' = \frac{f_k - f_{min} + \gamma}{f_{max} - f_{min} + \gamma}$$

donde γ es un número pequeño que impida que sea nulo el denominador.

Las principales ventajas encontradas en el uso de este tipo de técnicas para el problema de optimización han sido:

- adaptabilidad al trabajar el método con evaluaciones, siendo totalmente opaco para el método de optimización el proceso de evaluación de la función
- robustez del método ante funciones altamente complejas con múltiples óptimos locales. La probabilidad de caer en óptimos locales es muy inferior a la de otros métodos secuenciales basados en gradientes.
- sencillez conceptual y facilidad de implementación.

3. ANÁLISIS NUMÉRICO.

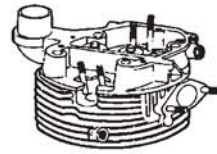
Se ha aplicado a un motor diesel de cuatro tiempos monocilíndrico el proceso de optimización con objeto de obtener la combinación de longitudes de conductos, diagrama de distribución y leyes de levantamiento de válvulas que proporcionen el máximo rendimiento volumétrico medio en un rango de revoluciones. La función objetivo será:

$$f(x_i) = \sum_{k=1}^l \omega_k \eta_{v,k}(x_i, k)$$

Donde a ω_k se le pueden asignar valores en el intervalo [0,1] en función de que intervalo de regímenes de giro se quiera dar mayor valor.

Las características del motor son:

Cilindrada (cm ³)	567
Diámetro (mm)	85
Carrera (mm)	100
Relación de Compresión	17,5
Max. régimen giro (rev/min)	3000



Longitud escape	33.6 cm	15-50 cm
Longitud admisión	43.9 cm	15-50 cm
Apertura Escape	179.0 °	135-179 °
Cierre Escape	405.0 °	360-405 °
Apertura Admisión	344.0 °	315-360 °
Cierre Escape	560.4 °	540-585 °
Rendimiento volumétrico medio	86.6 %	

Los resultados del proceso de optimización aplicado al intervalo 1.600-2950 r.p.m., dando igual peso a los diferentes regímenes de giro vienen dados en la siguiente tabla así como los intervalos de las variables (ángulos referidos al punto muerto superior):

El levantamiento de las válvulas de admisión y escape ha sido aproximado mediante cinco tramos y se ha permitido la variación de los seis puntos que marcan los extremos. Las geometrías tras el proceso de optimización desde el punto de vista fluidomecánico son:

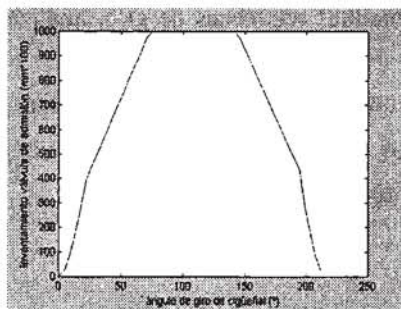


Fig.2 Levantamiento de válvula de admisión

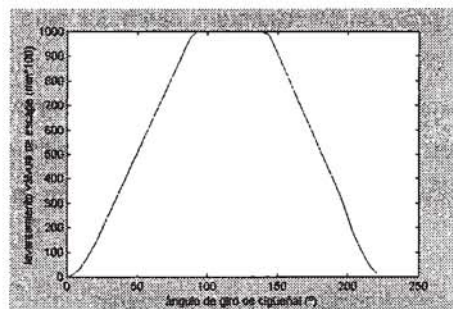


Fig.3 Levantamiento de válvula de escape

A continuación se presentan los rendimientos volumétricos medios obtenidos de variar independientemente cada una de las variables dejando fijas el resto en los valores del óptimo.

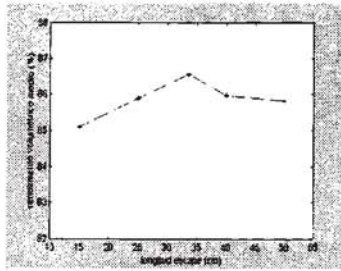


Fig.4 Longitud conducto escape

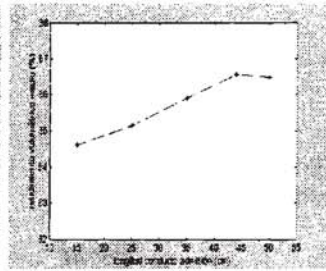


Fig.5 Longitud conducto admisión

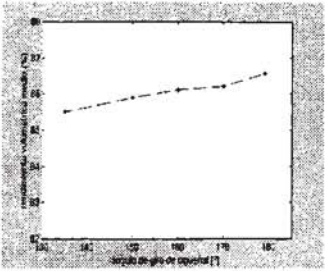


Fig.6 Angulo avance apertura escape

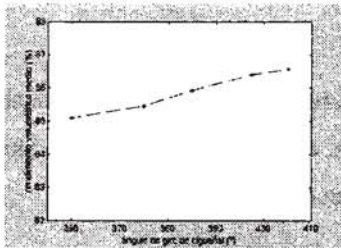


Fig.7 Angulo retraso cierre escape

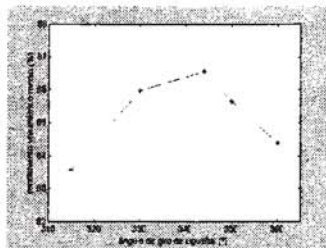


Fig.8 Angulo avance apertura admisión

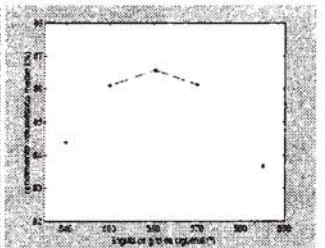


Fig.9 Angulo retraso cierre admisión

Los resultados obtenidos para el conjunto de regímenes de giro muestran el efecto que tienen la variación de los parámetros manteniendo el resto de los valores en el óptimo. En [4] se presentaron resultados obtenidos para diferentes regímenes de giro, analizando el efecto del flujo.

En cuanto al proceso de optimización la evolución del valor medio de la población (sin tener en consideración el conjunto de individuos con valores máximos de generaciones anteriores) y del valor máximo se muestran en la figura 10.

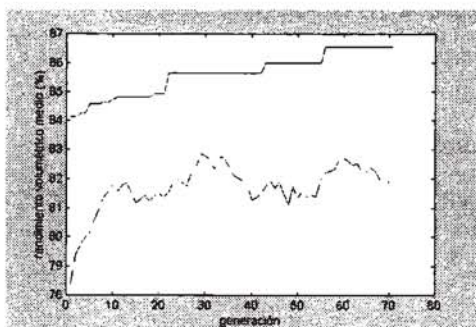


Fig.10 Evolución de los valores máximos y medio con las generaciones

Asimismo se empleó el método de optimización para ajustar los valores de los coeficientes de descarga, valores de los parámetros iniciales y de la fricción a partir de valores de presión medidos en un punto en el tubo de admisión. El método indirecto permite ajustar el modelo de simulación de flujo con mayor precisión y sencillez que mediante medidas estáticas empleando una soplante y diferentes levantamientos de válvulas. En la figura 12 se muestra como ejemplo los valores medido y teórico a 2.400 r.p.m. una vez realizado el ajuste.

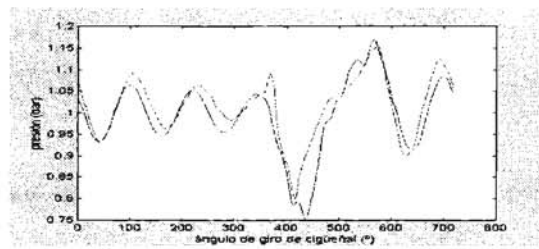


Fig.12 Valores de presión en el conducto de admisión medidos y teóricos tras el proceso de ajuste de parámetros

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] L.Conde (1998), "Simulación del flujo no estacionario en los colectores de admisión y escape de un motor policilíndrico". Tesis Doctoral. E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Las Palmas.
- [2]. L.Conde; A.Muñoz;T. Sánchez (1999) "Adaptación del método de Glimm Generalizado al Cálculo del Flujo no Estacionario en los Conductos de Admisión y Escape de los MCIA", XVI CEDYA, p 537-544
- [3] M. Gen, R. Cheng, (1997), "Genetic algorithms & Engineering Design", ISBN 0-47L-L274L-8
- [4]R.Chacartegui,F.Jiménez,A.Muñoz,L. Conde,T.Sánchez (2000)," Tools for intake and exhaust systems designer: the inverse problem", *THIESEL 2000 Conference* Valencia 13-15 Septiembre 2000