Análisis dinámico de un motor radial de 7 pistones

Armando García; Axel Mora; Juan Joaquín Abel; Leonardo Villagómez; Diego Anaya

Tecnológico de Monterrey
Escuela de Ingeniería y Ciencias

Introducción

Un motor radial es un tipo de motor de combustión interna en el que los cilindros están acomodados en forma de estrella alrededor de un eje. Cada cilindro tiene su propio cabezal con válvulas, la manivela convierte el movimiento lineal de los pistones en movimiento rotativo. El sistema de combustible inyecta combustible, el de escape expulsa los gases, y el sistema de encendido da la chispa para la combustión.

Mecanismo Biela–Manivela

El movimiento lineal de un pistón, se transforma a través del mecanismo biela–manivela a un movimiento circular. El desplazamiento S del pistón está limitado por el cilindro que lo contiene. La biela consiste en una barra sólida conectada que puede girar un ángulo acotado ϕ en el punto de conexión con el pistón. El desplazamiento S del pistón como función del angulo θ es (ver Figura 1)

$$S = r_i[\cos\theta + (n^2 - \sin^2\theta)^{1/2} - n]. \qquad (1)$$

donde r_i es el radio de la manivela y n es la relación entre la longitud de la biela y la manivela. La velocidad del pistón se obtiene al derivar el desplazamiento [1] de la guía S con respecto al tiempo, es decir,

$$v = \frac{dS}{dt} = -r_i\omega\left(\sin\theta + \frac{\sin(2\theta)}{2(n^2 - \sin^2\theta)^{1/2}}\right), \qquad (2)$$

donde se ha identificado que $d\theta/dt = \omega$, la velocidad angular de la manivela.
Análogamente la aceleración se encuentra al derivar la velocidad, por lo que

$$a = r_i\omega^2\left(\cos\theta + \frac{\cos(2\theta)}{n}\right), \qquad (3)$$

Conclusiones

El mecanismo biela-manivela es un sistema muy versátil al poder convertir la energía (movimiento) lineal en energía (movimiento) de rotación en particular el motor radial tiene la ventaja de reducir el peso y las dimensiones comparado con un motor convencional. Teniendo una eficiencia similar.

Bibliografía

[1] John W Jr. Serway, Raymond A. Jewett. *Física para ciencias e ingeniería con Física Moderna*. CENGAGE Learning, 9th edition, 2009.

[2] Lixin Xu, Yuhu Yang, Yonggang Li, and Chongning Li. Dynamic analysis on crank-connecting rod mechanism of reciprocating pumps with crankshaft–bushing clearance. pages 831–840, 2012.

Análisis Dinámico

Usando el programa Tracker analizamos el movimiento de nuestro sistema biela–manivela. Esto tomando el eje de la cabeza de pistón como punto de referencia, empezando desde el punto medio del recorrido y completando el movimiento del sistema siguiendo ese mismo punto de referencia. Esto nos dio como resultado unas gráficas de posición con respecto al tiempo del recorrido. Con lo que pudimos ver el cambio de velocidades en cada punto del recorrido de forma gráfica. Estas gráficas corresponde al cambio esperado con respecto al angulo, ver Figura 2.

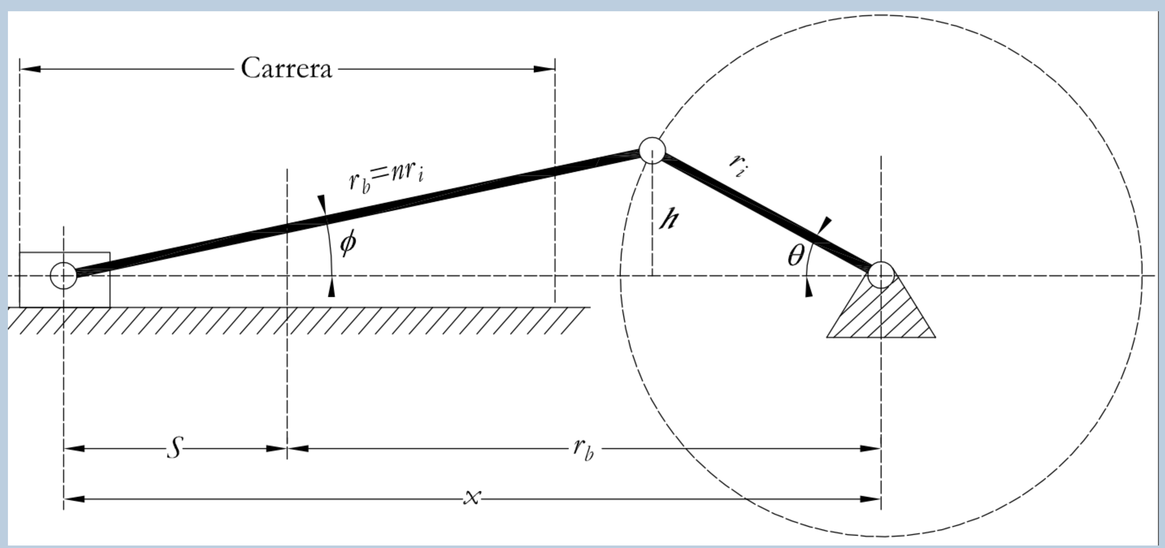

Figura 1: Esquema del mecanismo biela–manivela.

La presión que genera cada pistón también es posible obtenerla con los datos que tenemos, sabemos que la ecuación para calcular la la presión es

$$P = \frac{F}{A} = \frac{ma}{A}. \qquad (4)$$

La fuerza la podemos calcular con la segunda ley de Newton, y utilizando los datos experimentales se pueden estimar los valores de la aceleración para cada punto del sistema.
La masa de nuestro pistón es de $0{,}065g$ y su aceleración con los datos que obtuvimos para un punto máximo es de $60m/s^2$, con esto obtenemos un fuerza de $3{,}9N$, el área de nuestro pistón es de $0{,}3848m^2$, por lo tanto la presión generada por nuestro pistón a una velocidad angular de la manivela será de: $10{,}13Pa$. Operando al pistón de forma manual.

Análisis Energético

Si consideramos una fuerza constante F_c que impulsa al pistón, a través del teorema de trabajo y energía podemos obtener la velocidad lineal de uno de los pistones, por lo que partiendo del reposo se tiene

$$E_f - \cancelto{0}{E_i} = \frac{1}{2}m_p v^2 = W = F_c r_i \rightarrow v = \sqrt{\frac{4F_c r_i}{m_p}}. \qquad (5)$$

Por otro lado, de la Ec. (2) se puede obtener la velocidad angular de la manivela ω en función de la posición angular, es decir

$$\omega(\theta) = \sqrt{\frac{4F_c}{m_p r_i}}\left(\sin\theta + \frac{\sin(2\theta)}{2(n^2 - \sin^2\theta)^{1/2}}\right)^{-1} \qquad (6)$$

Finalmente la energía de rotación es $K_r = I\omega(\theta)^2/2$, donde se puede aproximar el momento de inercia de la manivela al de un disco solido. Por lo que la eficiencia del mecanismo y la torca total sobre el eje de rotación son

$$\eta = \frac{K_r}{2F_c r_i}; \qquad \tau = I\alpha = I\frac{d\omega(\theta)}{dt}. \qquad (7)$$

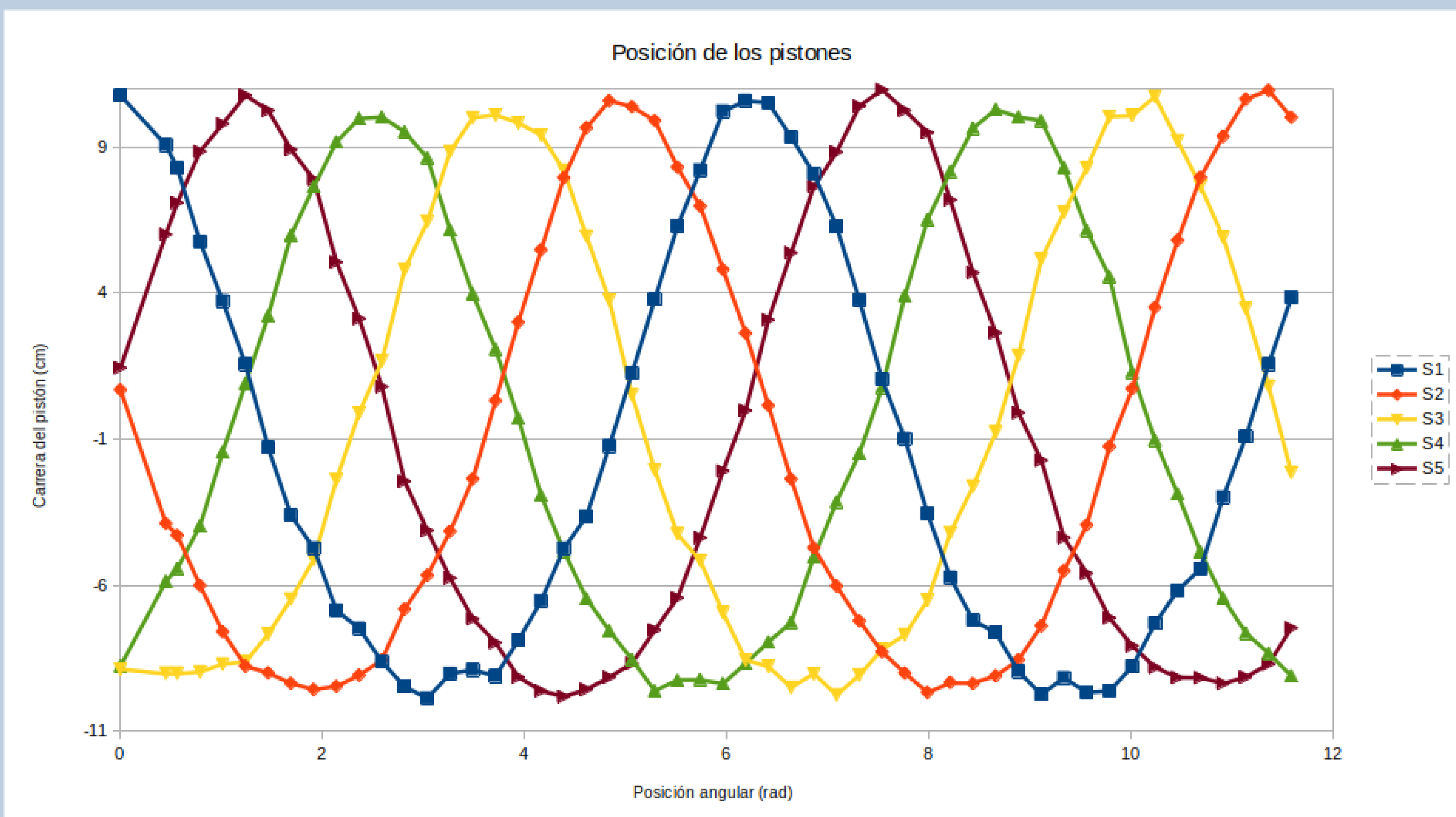

Figura 2: Datos experimentales de las posiciones de los pistones vs la posición angular.