

Análisis dinámico de un motor radial de 7 pistones

Armando García Jr., Juan Joaquín Abel Romero Iriarte, Diego Anaya Arce, Axel Mora Muths, Leonardo Villagómez Ángeles, Instituto Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey campus Santa Fe, Av Carlos Lazo 100, Santa Fe, La Loma, Álvaro Obregón, 01389 Ciudad de México, CDMX

Resumen:

El documento trata sobre el diseño y la simulación de un motor radial de 7 pistones basado en el mecanismo de biela-manivela, que fue el reto propuesto para el segundo periodo. El mecanismo de biela-manivela consiste en convertir el movimiento circular de la manivela en un movimiento lineal de la biela, que a su vez mueve el pistón. El motor radial de 7 pistones utiliza este mecanismo para transformar la energía de la combustión del combustible en los cilindros en un movimiento rotativo del cigüeñal. El documento explica cómo se realizó el prototipo del motor radial utilizando AutoCAD, la cortadora láser y la impresora 3D, y cómo se ensamblaron las piezas para lograr que el mecanismo funcionara correctamente. Se calcula la velocidad, la aceleración y la presión de los pistones, usando fórmulas y datos supuestos. Se observa que la velocidad es negativa cuando el pistón se mueve en el eje negativo de las x. Se resalta la importancia del mecanismo biela-manivela para cualquier tipo de motor de pistones.

Introducción:

Para este segundo periodo tuvimos el reto de realizar y simular un diseño de una bomba de agua basada en el mecanismo de biela-manivela, sin embargo con los conocimientos que obtuvimos sobre el mecanismo de biela manivela, decidimos tener la iniciativa y hacer un motor radial de 7 pistones el cual utiliza el mismo mecanismo que la bomba de agua pero con 7 bielas y 7 pistones.

Para ello, aplicamos los conceptos básicos de cinemática y dinámica y estudiamos la transformación de un movimiento de rotación a un movimiento lineal.

Este mecanismo se basa principalmente en convertir el movimiento circular de la manivela a un movimiento lineal en la biela, al momento de girar la manivela la biela se mueve linealmente hacia adelante y hacia atrás.

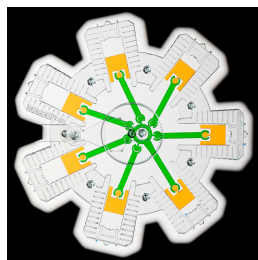


Imagen 2

Para la creación de nuestro proyecto iniciamos el prototipo en AutoCAD con el archivo que el profesor nos proporcionó (imagen 3), desde ese archivo nosotros adaptamos las medidas y modificamos el diseño para poder adaptarlo a nuestro motor radial. (Imagen 4)

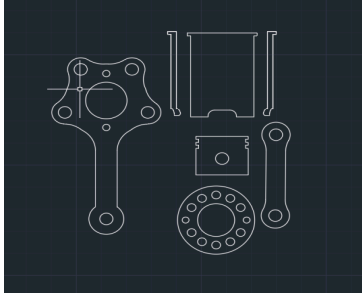


Imagen 4

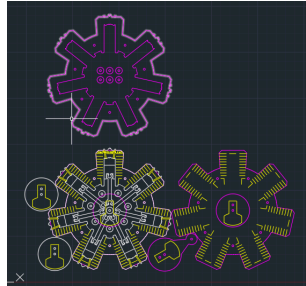


Imagen 3

Para obtener nuestras piezas transformamos el archivo de AutoCAD a un dxf, de esta manera lo mandamos a la cortadora láser para poder obtener las piezas de nuestro prototipo en madera MDF de 3 mm. (Imagen 5)

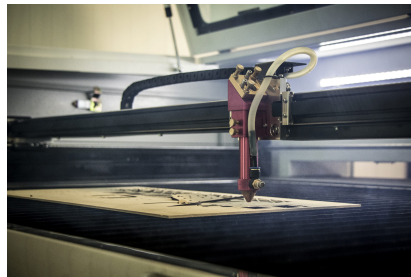


Imagen 5

Al final pudimos ensamblar todas nuestras piezas pegandolas con la pistola de silicon caliente (Imagen 6), además utilizamos la impresora 3D para hacer las uniones entre la manivela, la biela y el pistón, de forma que estuvieran juntos pero pudieran girar con facilidad, al embonar todas las piezas pudimos observar que el mecanismo funcionaba de manera correcta. (Imagen 7)

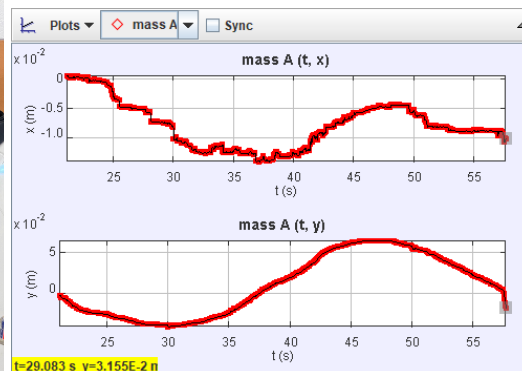


Imagen 6

Imagen 7

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.

Resultados

Para obtener los resultados de nuestro mecanismo nos basamos principalmente en las ecuaciones de cinemática de movimiento circular y en el teorema de trabajo y energía

$$S = r_i [\cos \theta + (n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} - n]. \quad v = \frac{dS}{dt} = -r\omega \left(\sin \theta + \frac{\sin(2\theta)}{2(n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2}} \right)$$

Imagen 8

Imagen 9

$$a = r\omega^2 \left(\cos \theta + \frac{\cos(2\theta)}{n} \right)$$

Imagen 10

En la imagen 8,9 y 10 podemos observar las ecuaciones de cinemática en las que se basa un mecanismo de biela manivela, para utilizar estas ecuaciones necesitamos conocer todos los datos necesarios por lo que decidimos utilizar el teorema de trabajo y energía.

$$E_i = 0$$

$$E_f = \frac{1}{2}mv^2 \quad E_f - E_i = W \quad \frac{1}{2}mv^2 = 2Fr_m \quad v = \sqrt{\frac{4Fr_m}{m}}$$

Imagen 11

Imagen 12

En la imagen 11 observamos la energía final e inicial de nuestro sistema, con el teorema de trabajo y energía podemos obtener la velocidad lineal de nuestro pistón como lo podemos ver en la imagen 12, esto considerando que la fuerza de combustión es constante debido a que tiene una variación muy mínima.

$$v = \omega r_m (f\theta) \quad \omega = \frac{v}{r_m f\theta} \quad I = \frac{1}{2}Mr^2 \quad K_r = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}I \left(\frac{v}{r_m f\theta} \right)^2$$

Imagen 13

Imagen 14

Conociendo la velocidad lineal podemos de igual manera conocer la velocidad angular

debido a que sabemos el radio de la manivela como lo observamos en la imagen 13. Sabiendo la velocidad angular de nuestro sistema podemos conocer la energía cinética del movimiento rotacional, donde el momento de inercia lo tomaremos como un disco sólido.

$$T = I\alpha = I \frac{d\omega}{dt}$$

Imagen 15

Por último también podemos conocer el torque de nuestro sistema, el torque va a ser igual al producto del momento de inercia por la derivada de velocidad angular en cuestión al tiempo.

Conclusión

En este proyecto se pudo explorar el mecanismo de biela-manivela, y en nuestro caso también un motor radial de 7 pistones. Se pudieron adquirir conocimientos valiosos sobre dinámica y cinemática, a partir del proceso de diseño, simulación y construcción de un mecanismo o prototipo funcional. Algo en lo que podemos trabajar para futuros proyectos es en el uso de aplicaciones como tracker, con el fin de mejorar nuestro entendimiento de los datos y por ende nuestros resultados.

Este fue un proyecto que nos proporcionó muy buenas bases sobre este tipo de mecanismos, pero también nos ha inspirado a buscar otras formas en las que podamos mejorar nuestro mecanismo o en aplicarlo a futuros proyectos.

Referencias

- (2005). Mecanismo Biela-manivela, https://www.iesmarenostrum.com/departamentos/tecnologia/mecaneso/mecanica_basica/mecanismos/mec_biela-manivela.
- Serway, Raymond A. & Jewett, John W, Jr. (2009). Física para ciencias e ingeniería con Física Moderna. México: CENGAGE Learning.
- 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.