

Prototipo de Generación y Almacenamiento de Energía Eléctrica

Electric Energy Generation and Storage Prototype

Luis Zabala¹, Luis Peñaranada¹

¹ Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia,

{luis.zabala, luis.penaranda}@correo.uis.edu.co

Resumen. Se construyó un cuerpo mecánico utilizando un juego de poleas basado en el libro elementos de máquinas de Hamrock; en el rin trasero de la bicicleta ubicamos la polea conductora para poder aprovechar el mecanismo de engranajes y cadena, la polea conducida está ubicada en el generador eléctrico que al momento de ejercer pedaleo se logra un par torque en la polea conducida y ésta a su vez por medio del generador eléctrico genera corriente. Para lograr que la tensión no caiga es necesario almacenar la energía eléctrica, para tal fin se construyó un rectificador para convertir la corriente alterna producida por el generador en corriente continua y así poder almacenarla en una batería y luego un inversor para convertirla en corriente alterna y re-usarla. Como resultado se obtuvo un sistema autónomo capaz de mantener por dos horas y media encendida una carga de 100 W.

Palabras clave: Almacenamiento, corriente alterna, corriente continua, energía eléctrica, energía mecánica.

Abstract. We make a mechanical body using a set of pulleys, based in the book elements Machines of Hamrock; using the rear wheel of the bicycle as a driving pulley, placing the driven pulley on the electric generator, achieving in the pedaling a couple Torque and generating electricity by electric generator. To store the electricity and the voltage doesn't drop we build a rectifier that converts alternate current to direct current, this electrical energy can be stored in a battery store. Then stored for re-use, with an inverter is converted into alternate current. Result an autonomous system able to maintain for two and half hours on a team of 100 W was obtained.

Keywords: Alternate current, direct current, electrical power, mechanical power, storage.

1 Introducción

La generación de energía eléctrica es un campo de investigación muy amplio, donde se busca almacenar dicha energía de forma limpia y utilizarla de igual forma [1]. La energía limpia es una necesidad para el ser humano, debido a la contaminación exponencial a la que nos encontramos actualmente; dicho caso hace buscar formas alternativas para la generación de la misma [2]. Mientras una persona se ejercita en un gimnasio quema calorías, y usa energía cinética para dicho objetivo, pero este tipo de energía mecánica es desperdiaciado en este uso [4-5].

El presente documento, muestra el desarrollo de un mecanismo que transforma la energía mecánica en energía eléctrica, aprovechando únicamente la energía cinética de una persona [8]. El funcionamiento mecánico de la bicicleta requiere un simple impulso de un par de pedales con las piernas, este esfuerzo puede regularse a partir de un sistema de fricción manual [3]; la energía cinética será proporcionada por los pedalazos (velocidad angular), que va generar el mecanismo de ejercicio utilizado por el usuario; donde la fuerza de la persona es aplicada en el pedal, generando un par torque en la llanta trasera, donde se acopla un generador eléctrico que al mismo tiempo transforma directamente la energía mecánica en energía eléctrica [6].

Posterior a esto se obtiene un corriente alterna, con un voltaje y frecuencia variable, según sea el pedaleo del usuario. Para mantener una frecuencia constante, se usó un rectificador que envía la señal en pulsos y almacena la energía en una batería de corriente continua. Consecutivamente, a la batería se une un inversor que transforma la corriente continua de 12V en corriente alterna de 120V y 60 Hz (esta puede ser variada en el inversor, según sea la necesidad), al cual se le puede conectar la carga (los diferentes electrodomésticos). A medida que se utiliza la carga, la batería se descarga y el inversor no puede entregar los 120V netos, y puede producir daños en los componentes electrónicos de la carga, o la carga misma [7].

Con ayuda de una placa desarrolladora (Arduino) se hace el control digital que mantenga la batería entre 13V (como cargada) y 9V (como descargada), por medio del monitor serial, interconectado con el programa elaborado en VisualStudio 2013, muestra el valor actual de la batería e imprime un anuncio que pide cargar la batería por medio del mecanismo de ejercicio. Cuando la batería este por debajo de 9V la carga se conectará a la red eléctrica regional, hasta que se cargue la batería nuevamente y automáticamente se conecte a la batería. Dicho montaje se hizo así para mantener la vida útil de la batería y de la carga. Con ayuda de un programa elaborado bajo VisualStudio 2013, el usuario puede conocer datos de interés para el mismo, como: las calorías gastadas, el VO₂máx usado, el tiempo en el transcurso del ejercicio, la carga de la batería entre otros.

2 Desarrollo

El montaje total consta de tres partes: el cuerpo mecánico, el sistema eléctrico y el control. Para poder visualizar el montaje total de una mejor forma, se presenta el siguiente diagrama de bloques del montaje total (ver Fig. 1).

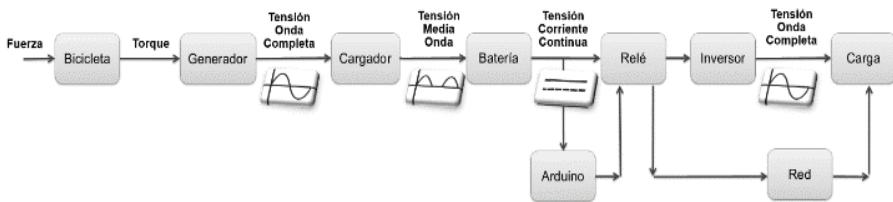


Fig. 1. Diagrama de bloques del montaje total

Posterior a esto se realizaron dos software: uno para lograr el re-diseño y otra IHM (interfaz hombre-máquina) que comunicará al usuario con la máquina logrando tener datos de interés. Podemos detallar el software ingenieril (ver Fig. 2) que sirve para el ingeniero de diseño a la hora de realizar ajustes o re-diseños a este mecanismo de ejercicio, o para basarse y realizar otro mecanismo de ejercicio. Aquí solo existe la necesidad de ingresar parámetros básicos de diseño como el número de dientes, diámetro del rin trasero, distancia entre centro de las poleas o de los engranajes (ya que estos son estándares en el mercado) y dependiendo del botón a seleccionar se puede tener la potencia eléctrica máxima según el generador o la velocidad que necesita pedalear el usuario para obtener una potencia eléctrica requerida. Sin embargo, la potencia eléctrica es dependiente del generador eléctrico con el que se va a construir el sistema de generación.

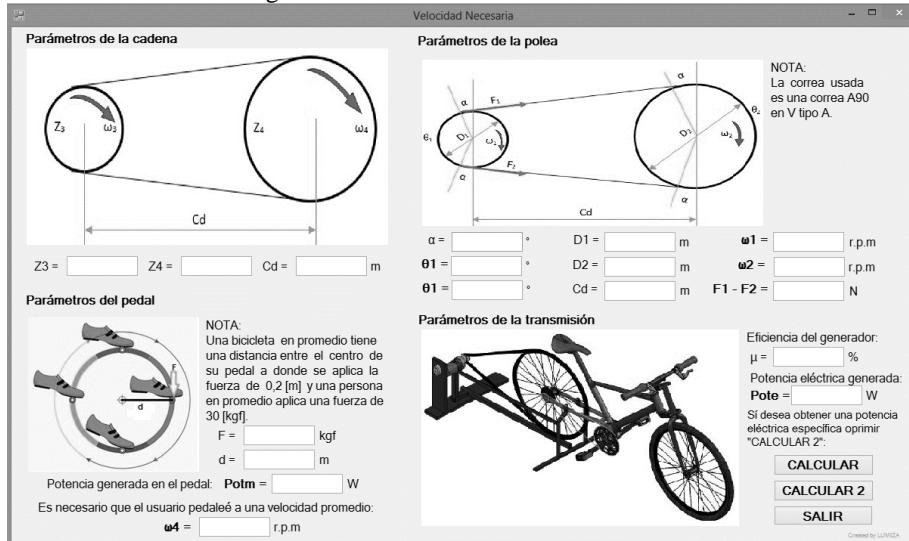


Fig. 2. Interfaz de re-diseño del Sistema mecánico.

El sistema total del trabajo se realizó en 3 sub-sistemas: sistema mecánico, sistema eléctrico y sistema de control. Cada sistema es una división que ejecuta una respectiva operación.

El sistema mecánico consta de una base fija que sirve de soporte para una bicicleta de 26 pulgadas y para un generador eléctrico, los cuales se acoplan por medio de una correa en V. Esto para poder aprovechar el pedaleo que el usuario ejecuta a la hora de realizar el ejercicio (ver Fig. 3).

El sistema eléctrico se necesita un rectificador que esté conectado a la salida del generador eléctrico y que transforme el tipo de onda alterna en continua, para que el inversor pueda funcionar de forma correcta, ya que este necesita un voltaje continuo de 12V y dependiendo del amperaje podrá hacer funcionar la carga. Para poder entender mejor podemos ver un diagrama simplificado del sistema eléctrico (Fig. 4).



Fig. 3. Sistema mecánico del dispositivo.

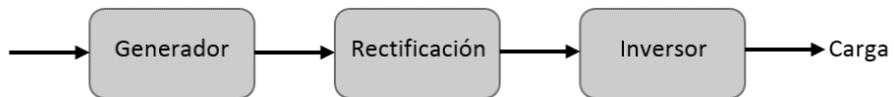


Fig. 4. Diagrama de bloques del sistema eléctrico.

En esta etapa de igual forma se necesita una batería que posea la mayor capacidad de descarga posible y de esta forma poder utilizarla al máximo (ver Fig. 5).

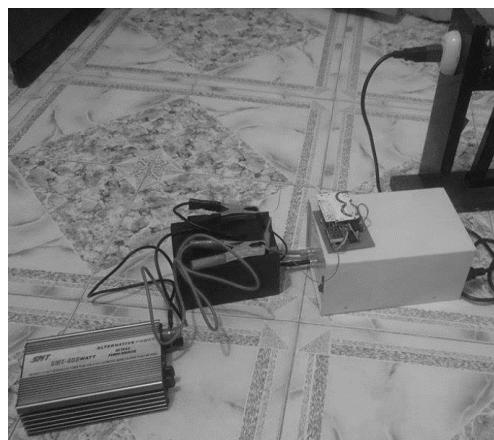


Fig. 5. Sistema eléctrico.

El último sistema (el sistema de control) es el encargado de la adquisición de datos, el cual lo realiza con la ayuda de dos tarjetas Arduino y el desarrollo de un software en lenguaje QBASIC (elaborado en la plataforma Visual Studio 2013). Con un diagrama de bloques que represente el sistema eléctrico lo podemos entender mejor (ver Fig. 6).

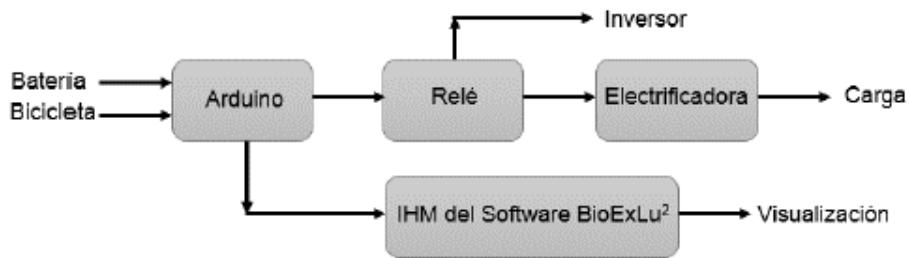


Fig. 6. Sistema de control.

Las dos subpartes del sistema de control son: el medidor de velocidad angular y distancia recorrida (ver Fig. 7) y el sistema de diagnóstico de batería (Fig. 8) y, por último la IHM total del sistema (ver Fig. 9).

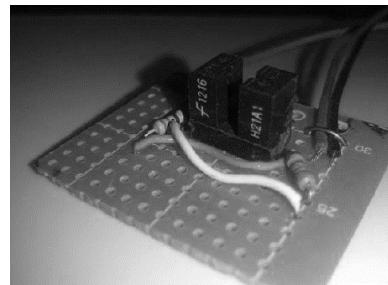


Fig. 7. Medidor de velocidad angular y distancia recorrida

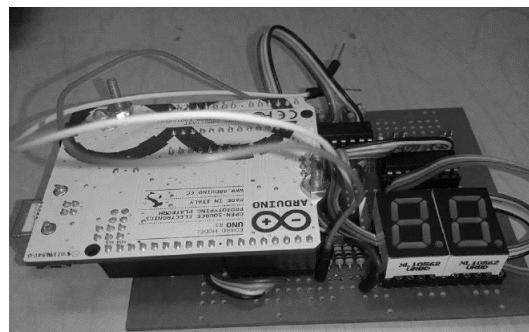


Fig. 8. Sistema de diagnóstico de batería



Fig. 9. IHM de software BioExLU²

3 Análisis de Resultados

La potencia que la batería debe entregar es solicita por la potencia de la carga conectada a la salida del sistema (inversor); esto hace que la batería se descargue de forma rápido o lenta, entre mayor la potencia más rápido la descarga.

Se conectaron diferentes cargas al inversor y durante un tiempo aleatorio, se tomó nota del voltaje de la batería (VDC) y el proporcionado por el inversor (VAC) conectado con diferentes electrodomésticos.

El tiempo promedio que dura funcionando un electrodoméstico antes de que se descargue la batería es de 120 minutos, según sea la potencia del aparato. Con montaje total funcionando, el comportamiento es eficiente, ya que el sistema Arduino no permite que se desconecte la carga, y esta puede seguir funcionando sin ningún problema.

El comportamiento de la corriente alterna (ver Fig. 10) y el comportamiento de la corriente continua (ver Fig. 11) con respecto al tiempo a medida que se descarga la batería con diferentes electrodomésticos conectados se muestran gráficamente. La línea de color naranja representa un televisor de 45W, la azul un ventilador de 60W. Claramente, este montaje preliminar es recomendable usarlo con cargas de baja potencia y/o cargas que no tengan involucrado motores.

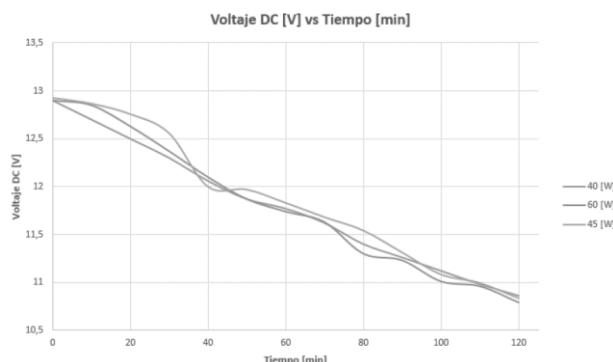


Fig. 10. Voltaje [VAC] vs Tiempo [min] en tiempo de descarga

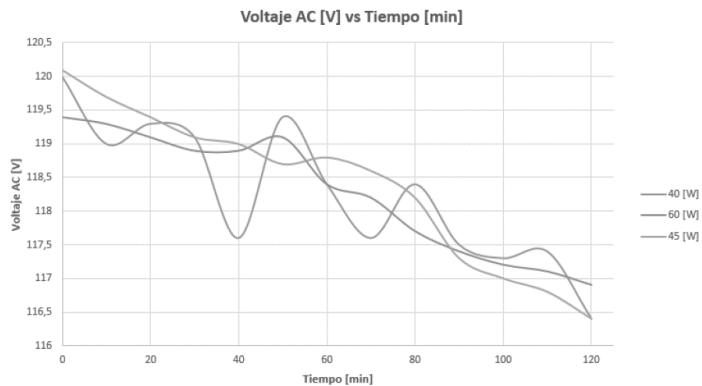


Fig. 11. Voltaje [VDC] vs Tiempo [min] en tiempo de descarga

El comportamiento de carga de la batería a medida que se pedalea constantemente (un promedio de 2800 RPM en la polea conducida, ver Fig. 12) nos muestra que cerca a las 3 horas la batería se carga completamente. Como la batería usada es de 12A, cargarla con la tercera o cuarta parte de su valor nominal, hace que el tiempo de vida sea mayor. Entre mayor sea la intensidad menor es el tiempo de carga.

En el momento en que se dejaba de pedalear se venía para abajo el pico de energía eléctrica, esto puede generar daños en la carga (aparato electrónico en funcionamiento), sin embargo el relé controlado por el sistema Arduino funcionó de manera excelente. De la misma forma, el programa elaborado para el proyecto, cumplió con las expectativas; no se colgó en ningún momento y funcionó perfectamente junto al sistema Arduino.

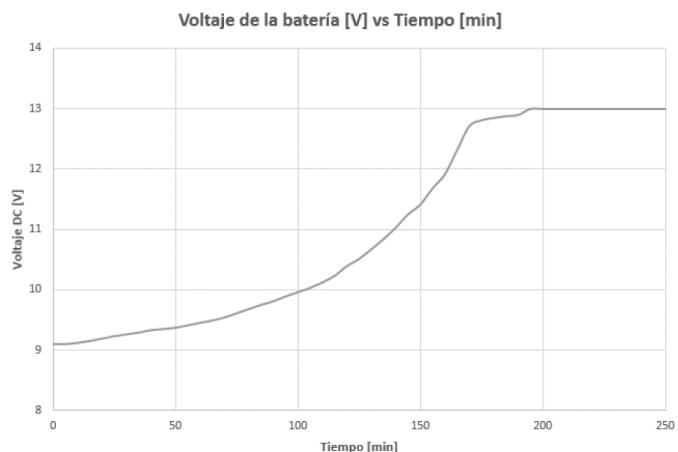


Fig. 12. Voltaje [VDC] vs Tiempo [min] en tiempo de carga

4 Conclusiones

Teniendo en cuenta parámetros iniciales como: fuerza promedio en la aplicación del pedaleo de 30 [kgf], una distancia del pedal al eje de 20 [cm], una velocidad angular

de 6,8 RPM, se logró diseñar un sistema usando una bicicleta fija para la transformación de energía mecánica a eléctrica con 600 [W] de potencia en máximo, 60 [Hz], 120 [VAC] y una onda cuadrada con grandes rasgos sinusoidales. Sin embargo, la potencia máxima posible que se puede usar (potencia constante entregada por el inversor) es de 400 [W].

Gracias a la ayuda del rectificador que regula el voltaje de salida del generador eléctrico, el usuario puede pedalear (en cualquier combinación de engranajes) más de 6 RPM y este entregará 12,4 [VDC] que es lo apropiado para cargar la batería. Obviamente si se pedalea más rápido, la intensidad que puede entregar el rectificador aumenta hasta un máximo de 3,5 [A], por lo que la batería se puede cargar en un tiempo mínimo de 2 horas y 30 minutos.

El tiempo de descarga de la batería depende de la carga que se use, por ejemplo, con una carga de 100 [W] el inversor mantiene en funcionamiento durante más de 2 horas y 30 minutos, sin que la carga sufra algún daño.

El software para calcular la velocidad necesaria y potencia generada presenta un error por debajo del 0,5% con respecto a los valores que dan las ecuaciones teóricas. Sin embargo, presenta (igual que la teoría) un error máximo del 23% con respecto a la realidad.

Referencias

1. Álvarez, F.: High Efficiency Electric Generator for Chain-less Bicycle. Thesis of Electric. Department of Electrical Engineering, Electronics, Computers and Systems. Universidad de Oviedo (2014).
2. Fogelberg, F.: Solar Powered Bike Sharing System with Electric Bikes. Master Thesis. Department of Energy and Environment. Division of Environmental System Analysis. Chalmers University of Technology (2014).
3. Loaiza, C.: Diseño de Dispositivos para el Aprovechamiento de Energía Humana: Diseño de un Generador de Flujo Axial Activado a Manivela. Tesis de Ingeniería Electrónica. Facultad de Ingeniería, Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad Técnica Particular de Loja (2011).
4. Miranda, J. Gómez, R.: Diseño, Construcción y Evaluación de un Sistema de Colector Fotovoltaico con Seguidor Solar de 2 Grados de Libertad. Tesis de Pregrado. Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica: Universidad Industrial de Santander (2011).
5. Núñez, C. Flórez, J.: Diseño de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica a Partir de Bicicletas Estáticas. Tesis de Pregrado. Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones: Universidad Industrial de Santander (2011).
6. R.C. Hibbeler: Ingeniería Mecánica Dinámica. 12va Edición. Pearson. Naucalpan de Juárez, Estado de México. Editorial Prentice Hall, (2010) 32-34.
7. Sanjay, S.: Harvesting Electrical Energy from a Stationary Bike: An Experimental Approach. Master of Engineering Thesis. School of Engineering and Advanced Technology. Massey University (2014).
8. Sears. Zemansky.: Física Universitaria, Vol. 1. 12va. Editorial Prentice Hall, (2009) 317-318.