



**NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO**

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

Implementación mecatrónica del conversor reductor (Buck) y gestión a partir del protocolo bluetooth

Henry William Peñuela Meneses, María Elena Leyes Sánchez

**Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira Risaralda, Colombia**

Resumen

Los dispositivos y sistemas accionados en los procesos industriales por energía eléctrica en una o varias etapas, siempre ofrecen la oportunidad de visualizar la transformación de energía eléctrica a otro tipo de energía, considerando la posibilidad de reencontrar la electricidad y la electrónica con la presencia de convertidores de potencia. Los problemas asociados con los sistemas de regulación de voltaje, permite la innovación de soluciones que mejoren el desempeño y la eficiencia tecnológica de los dispositivos para el procesamiento e implementación de la información en aplicaciones móviles. A partir de la incorporación de las Industrias 4.0 en la mecatrónica, permite que el profesional con este énfasis aborde los procesos de forma interdisciplinar atendiendo a la transición presente en el sector productivo.

Un convertidor Buck puede aportar elementos para mejorar el diseño y la implementación del sistema de alimentación de voltaje e incrementar en un gran porcentaje la eficiencia, teniendo en cuenta que los reductores DC-DC son utilizados normalmente para los sistemas de computación y sistemas de control que manejan un bajo voltaje. Debido a la prestación que brinda un elemento de conmutación, considerándose la aplicación del convertidor reductor implementando el monitoreo a través de una conexión remota y validar su funcionamiento a través de un prototipo.

Como estrategia de educación en ingeniería, atendiendo a la directriz del énfasis del programa de Ingeniería Mecatrónica en apropiación de las industrias 4.0, con el apoyo del grupo de investigación Mecabot, desde la mirada de la experimentación, presentan el manejo de las nuevas realidades en el sector productivo, con el análisis de varias representaciones del circuito Buck y exalta su correspondencia en el campo de formación.

En general, los convertidores conmutados son representados a través de ecuaciones diferenciales ordinarias lo cual, en teoría, permite que dada una condición inicial se conozca exactamente su evolución en el tiempo. Por muchas razones en la obtención de un modelo es normal realizar aproximaciones para simplificarlo, algunas de estas razones son que no se puede representar la dinámica exacta de los elementos del sistema a analizar, el modelo exacto resulta demasiado complicado, no es posible modelar las perturbaciones externas. Esto ocasiona que, de acuerdo con las simplificaciones que se realicen el modelo sea solamente una aproximación que representa una parte de la dinámica del sistema. Puesto que un sistema pueda ser representado de diversas maneras, la selección del modelo matemático que represente su comportamiento es un punto importante en el estudio de cualquier sistema dinámico.

En los convertidores conmutados, el uso de interruptores genera modelos discontinuos o de estructura variable, ya que el interruptor es modelado como un dispositivo que pasa de una posición a otra diferente de manera instantánea. El análisis de sistemas dinámicos discontinuos no resulta trivial; en el caso de los convertidores conmutados se fundamenta su estudio su comportamiento o su dinámica utilizando el modelo ya estandarizado, el cual permite representar a estos dispositivos como sistemas diferenciales.

Palabras clave: fuentes conmutadas; conversor reductor; sistema de comunicación; prototipo

Abstract

Devices and systems driven in industrial processes by electrical energy in one or more stages, always offer the opportunity to visualize the transformation of electrical energy to another type of energy, considering the possibility of reuniting electricity and electronics with the presence of power converters. The problems associated with voltage regulation systems, allows the innovation of solutions that improve the performance and technological efficiency of devices for processing and implementation of information in mobile applications. From the incorporation of Industries 4.0 in mechatronics, it allows the professional with this emphasis to address the processes in an interdisciplinary way attending to the transition present in the productive sector.

A Buck converter can provide elements to improve the design and implementation of the voltage supply system and increase efficiency by a large percentage, taking into account that DC-DC reducers are normally used for computer systems and control systems that handle low voltage. Due to the performance provided by a switching element, considering the application of the step-down converter implementing monitoring through a remote connection and validating its operation through a prototype.

As an engineering education strategy, following the guideline of the emphasis of the Mechatronics Engineering program in appropriation of industries 4.0, with the support of the Mecabot research group, from the look of experimentation, they present the management of the new realities in the productive sector, with the analysis of several representations of the Buck circuit and exalts its correspondence in the training field.



In general, the switched converters are represented through ordinary differential equations which, in theory, allows that, given an initial condition, its evolution in time is known exactly. For many reasons in obtaining a model it is normal to make approximations to simplify it, some of these reasons are that it is not possible to represent the exact dynamics of the elements of the system to be analyzed, the exact model is too complicated, it is not possible to model the external disturbances. This causes that, according to the simplifications that are made, the model is only an approximation that represents a part of the dynamics of the system. Since a system can be represented in different ways, the selection of the mathematical model that represents its behavior is an important point in the study of any dynamic system.

In switched converters, the use of switches generates discontinuous or variable structure models, since the switch is modeled as a device that moves from one position to a different one instantaneously. The analysis of discontinuous dynamic systems is not trivial; in the case of switched converters, the study of their behavior or dynamics is based on the already standardized model, which allows these devices to be represented as differential systems.

Keywords: *switched-mode power supplies; step-down converter; communication system; prototype*

1. Introducción

El grupo de investigación MECABOT, en correspondencia con los objetivos de formación propios del profesional en ingeniería mecatrónica y en soporte de la generación de conocimiento y desarrollo de habilidades que requiere el profesional para desempeñarse como proponente de soluciones viables a los problemas del sector, busca la implementación de los desarrollos tecnológicos e impacto social, desarrollando competencias que sustenten su participación en el manejo de tecnologías para la instrumentación y la automatización de procesos industriales, incrementar la capacidad de para maniobrar, mantener, reparar y calibrar los equipos o instrumentos que intervengan en el control industrial e introducir en los procesos industriales, las tecnologías de cuarta generación que mejor potencialicen las finalidades de las líneas de producción.

Para problemas asociados con los sistemas de regulación de voltaje se plantea nuevas soluciones que incrementen el desempeño y la eficiencia tecnológica de los dispositivos para el procesamiento e implementación de la información en aplicaciones móviles. Un convertidor Buck puede aportar los elementos para el mejoramiento del diseño y la implementación del sistema de alimentación de voltaje y aumentar en un gran porcentaje la eficiencia, teniendo en cuenta que los reductores DC-DC utilizados normalmente para los sistemas de computación y sistemas de control operados a baja tensión.

Los elementos de conmutación puede ser una gran alternativa en la incorporación de convertidor reductor en su implementación en la fase de monitoreo a través de la conexión remota y posterior validación de su funcionalidad en el desarrollo de prototipos.



Al presentar varias configuraciones del circuito Buck, se hace especial mención a los convertidores conmutados, cuyo modelamiento se representa a través de ecuaciones diferenciales ordinarias lo cual, en teoría, permite que dada una condición inicial se conozca exactamente su evolución en el tiempo. Debido a la complejidad en el establecimiento de un modelo exacto, no es posible modelar las perturbaciones externas, lo que implica que las simplificaciones que se realicen sean solamente referidas a una aproximación desde el componente dinámico del sistema.

En los convertidores conmutados, el uso de interruptores genera modelos discontinuos o de estructura variable, debido a que su modelo determina un cambio de posición a otra de forma instantánea. El análisis de sistemas dinámicos discontinuos, se visualizan a partir de un modelo promedio, el cual permite su representación como sistema diferencial.

2. Diseño de sistema mecatrónico para la implementación de convertidor reductor (Buck)

• Diseño del convertidor DC.DC Buck

La implementación del diseño de la fuente, evalúan los valores iniciales del voltaje de entrada y la estimación a la salida, además, se tiene una conjugación de documentación que permite adquirir los conceptos que lleven a la ejecución óptima de la fuente conmutada Buck, enumerándose sus componentes principales a partir de la incorporación de una fuente de alimentación inicial, transistor tipo Mosfet, inductancia, capacitancia, diodos y una carga requerida. Cada uno de ellos cumple una funcionalidad determinada, evidenciando dispositivos de conmutación como el diodo y el Mosfet y así mismo, considerándose en la etapa de almacenamiento de energía la operabilidad de la inductancia y el capacitor. Es importante establecer, cuando el transistor presenta un estado de no conducción, el inductor libera la energía, cambiando el sentido de la corriente (ayudado por el diodo) que circula a través de él, haciendo que la pendiente sea negativa.

Los cálculos correspondientes a la realización de una fuente Buck, condicionan el conocimiento de los valores comerciales que deben tener la inductancia, los condensadores en la etapa de entrada y salida, selección del diodo y del Mosfet, la estimación de carga y por último el conocimiento de la eficiencia del Mosfet requerida para su funcionamiento.

• Comunicación Remota

El arduino es el controlador requerido para establecer una comunicación entre el controlador y una app logrando acceder en tiempo real la salida constante del sistema. En el lenguaje de programación, este dispositivo muestra el voltaje de la carga en el lcd, también tiene la función de conectarse al puerto del módulo Bluetooth, el cual se sincroniza con la app (BLUETOOTH terminal HC-05), realizando la transmisión de datos en un dispositivo móvil.



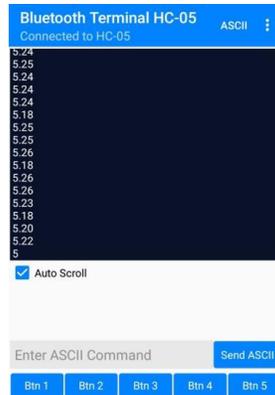


Figura 1. Volteje de salida del Buck desde la app.

3. Análisis y resultados de la implementación del convertidor Buck

A continuación, se establece el desarrollo del tópico para la implementación diseño del modelo mecatrónico:

- En el diseño del convertidor Buck determina su operabilidad en dos partes: cuando el Mosfet conduce y deja pasar corriente de la fuente de entrada y cuando este mismo aísla la fuente.
- Cuando el Mosfet tiene su periodo de conducción, la corriente va desde la fuente de entrada de 12 V hasta el capacitor, cargando a su paso la bobina en forma de campo magnético, es importante usar un diodo flotante rápido polarizado inversamente, en este estado permite que la bobina se cargue y alimenta el circuito con el voltaje suficiente usando el capacitor. Cuando el Mosfet no conduce, la fuente principal de energía no alimenta el circuito. En ese momento se aprovecha la energía del inductor, almacenada en forma de campo magnético, para hacer circular una corriente por el circuito. Esta corriente sigue alimentando la carga y el capacitor sostiene el nivel de voltaje a la salida.
- Para los estados de conducción y no conducción se transforma el voltaje de entrada al de salida. Al realizar esta conmutación a una frecuencia fija, la conversión depende del tiempo de cada estado con respecto a la frecuencia. Por convención se usa el estado de conducción como base, determinándose como el ciclo de trabajo. Por lo tanto, se utiliza para conmutar el Mosfet, un circuito oscilador en el que se puede cambiar su ciclo de trabajo, es decir, un circuito de oscilación PWM.

El modelo del montaje del Buck se puede apreciar al notarse la incorporación de la bobina, los condensadores, Mosfet, resistencias correspondientes, diodo led y bornes para la alimentación del circuito.

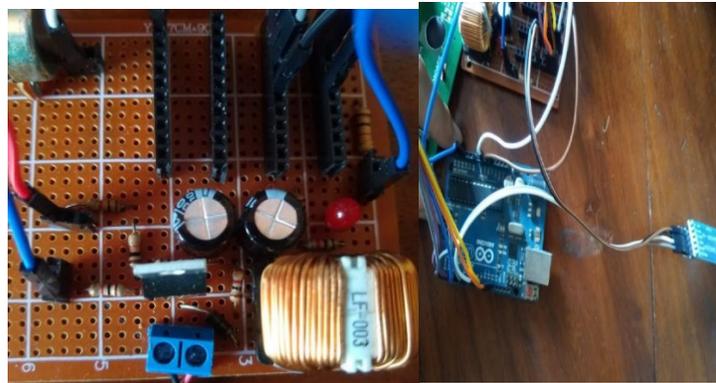


Figura 2. Modelo Montaje Convertidor Buck y conexión Bluetooth con Arduino.



Figura 3. Montaje Final del Prototipo

4. Conclusiones

- Para este modelo, se implementa un sistema mecatrónico conformado por un Convertidor tipo Buck, para aplicaciones industriales de fuentes reguladas, sistemas de regulación para carga de baterías utilizando como fuentes paneles fotovoltaicos, adicionalmente, se maneja como etapa de acoplamiento en UPS, entre la rectificación y el inversor.
- Se realizan pruebas de transmisión de datos y modificación en la carga del convertidor reductor Buck, lográndose ajustar los tiempos del PWM al valor promedio similar a la referencia de 5VDC.
- Los ensayos iniciales mediante simulación, se incorporan transistores BJT, pero se evidencia que no representan una opción válida, debido a sus características de doble juntura, lo que hace que el diodo flotante presente pérdidas apreciables en el retraso de la señal, modificando el diseño para la incorporación de Mosfet, siendo de un solo canal, aunque incorpora una protección por presencia de la estática, mejorando los resultados obtenidos.

5. Referencias

- Rashid, M. H. (2004). *Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones*. Pearson Educación.
- Mohan, N. (2012). *Sistemas de energía eléctrica: un primer curso*. John Wiley & Sons.
- Hart, D. W., & Bautista, A. B. (2001). *Electrónica de potencia (Vol. 32)*. Madrid, España: Prentice Hall.
- Carrillo Saldarreaga, J. A. (2020). *Modelado e implementación de sistemas de control electrónico de convertidores tipo Buck utilizando el software MatLab/Simulink*.
- Ruiz Merchán, A. J. (2020). *Desarrollo de una plataforma basada en el convertidor CC-CC reductor para las prácticas de Electrónica de potencia*.
- Erickson, R. W., & Maksimovic, D. (2007). *Fundamentals of power electronics*. Springer Science & Business Media.
- Vorpérian, V. (1990). Análisis simplificado de convertidores PWM utilizando el modelo de conmutador PWM. II. Modo de conducción discontinuo. *Transacciones IEEE sobre sistemas electrónicos y aeroespaciales*, 26 (3), 497-505.
- Mohan, N., Undeland, TM y Robbins, WP (2003). *Electrónica de potencia: convertidores, aplicaciones y diseño*. John Wiley e hijos.

Sobre los autores

- **Henry William Peñuela Meneses**. Ingeniero Electricista, Máster en Instrumentación Física. Profesor Facultad de Tecnología. Integrante del Grupo de Investigación MECABOT, Semillero de Investigación MECABOTICA. Universidad Tecnológica de Pereira tesla@utp.edu.co
- **María Elena Leyes Sánchez**. Ingeniero Electricista, Doctor© en Ciencias de la educación, Máster en Instrumentación Física. Profesor Facultad de Tecnología y Facultad de Ciencias Básicas. Integrante del Grupo de Investigación MECABOT, Semillero de Investigación MECABOTICA. Universidad Tecnológica de Pereira. mleyes@utp.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

