

SIMULACIÓN DE UN CONVERTIDOR ELECTRÓNICO DE POTENCIA TIPO BUCK A TRAVÉS DEL SOFTWARE MATLAB-SIMULINK: UNA GUÍA RÁPIDA PARA SU IMPLEMENTACIÓN

Edson Marín Raudales¹
emarinr1200@alumno.ipn.mx
Rogelio Ernesto García Chávez¹
Gabriel Omar Flores Aquino²
Ramón Silva Ortigoza¹
Magdalena Marciano Melchor¹

Instituto Politécnico Nacional
UPIITA
CIDETEC Área de Mecatrónica.

Boletín No. 89
1o. de marzo de 2022

Resumen

El crecimiento exponencial de la población en los últimos años y la demanda de dispositivos electrónicos causada por la globalización ha dado lugar a un enorme y continuo avance de nuevos tipos de sistemas que hagan más eficientes este tipo de dispositivos, por lo que es sumamente importante saber cómo es el funcionamiento de aquellos sistemas que convierten la energía para poder usarla en distintos tipos de aparatos. Los convertidores electrónicos de potencia tienen un gran impacto y su estudio es y ha sido una pieza clave para el desarrollo de nuevas tecnologías, así como el aprovechamiento de distintos tipos de fuentes de energía. En este trabajo se aborda la simulación de un convertidor electrónico de potencia tipo Buck utilizando el software Matlab – Simulink, realizando el cálculo de parámetros y comparando dichos resultados con los obtenidos en la simulación.

1. Introducción

Actualmente los convertidores electrónicos de potencia son utilizados en gran parte de las actividades del ser humano según [1], su uso va desde dispositivos para realizar actividades primarias y esenciales, hasta otros que son para el entretenimiento de la población. Sin embargo, en muchas ocasiones es complicado determinar el comportamiento de un convertidor trabajando bajo condiciones reales de operación, más aún, cuando se tratan de actividades enfocadas al desarrollo tecnológico, por lo que se tienen que estudiar dichos dispositivos. Las simulaciones forman parte fundamental en la observación del comportamiento de este tipo de dispositivos, pues con ellas podemos estar seguros de cómo es que van a funcionar de una manera aproximada, y uno de los softwares más adecuados para ello es Matlab – Simulink, el cual, según [2], tiene todos los elementos necesarios para llevar a cabo la

simulación más cercana a la realidad de los convertidores electrónicos de potencia, y de la mayoría de los circuitos y dispositivos eléctricos.

2. Convertidor Electrónico de potencia tipo Buck

De acuerdo con [3] Un convertidor electrónico de potencia es un dispositivo, el cuál tiene como objetivo la conversión o transformación de la energía eléctrica de distintas maneras, por ejemplo, conversión de corriente alterna en corriente directa. De forma general se ve representado un convertidor electrónico de potencia en la Figura 1.1.



Figura 1.1 Diagrama general de un convertidor electrónico de potencia.

Uno de los criterios más comúnmente utilizados para clasificar los convertidores electrónicos de potencia, según [4], es de acuerdo al formato de energía de entrada y salida. Tomando en cuenta lo anterior, podemos dividir los convertidores en 4 grupos: Ciclo-convertidor (Corriente Alterna a Corriente Alterna), Inversor (Corriente Directa a Corriente Alterna), Rectificador (Corriente Alterna a Corriente Directa), Convertidor (Corriente Directa a Corriente Directa).

En el caso del convertidor tipo Buck, se trata de un dispositivo que transforma corriente directa en el mismo tipo de corriente, pero disminuyendo el voltaje que se entrega, por lo que se dice que es un convertidor reductor de voltaje. En forma general, el convertidor Buck está constituido por una fuente de alimentación, un transistor que funciona como un interruptor, un diodo, un inductor, un capacitor y un resistor, como se muestra en la Figura 1.2.

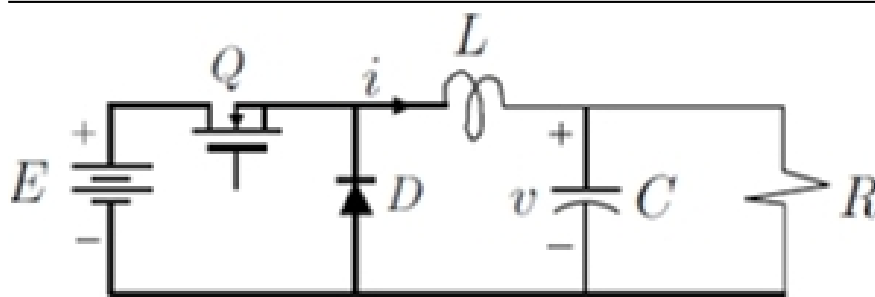


Figura 1.2. Diagrama electrónico del convertidor tipo Buck.

2.1. Cálculo de parámetros del convertidor tipo Buck/p>

Para poder simular un convertidor tipo Buck, primero se deben determinar ciertos valores como el voltaje suministrado por la fuente de alimentación, el voltaje deseado y la resistencia que estará a la salida, también se debe establecer la frecuencia a la que se estará trabajando para que posteriormente se efectúen los cálculos de aquellos elementos como lo son la capacitancia, la inductancia y el ciclo útil de trabajo, para los cuales se tomarán las fórmulas empleadas en [5].

Para fines prácticos se establecerán los siguientes valores para el cálculo de los parámetros del convertidor Buck, los cuales son el Voltaje de entrada o alimentación (V_{in}), Voltaje de salida o deseado (V_{out}),

Resistencia (R), Frecuencia (f) y un porcentaje del rizado de voltaje r. Datos definidos por el usuario:

$$V_{in} = 48, V_{out} = 18, R = 10 \Omega, f = 40000 \text{ Hz}, r = 0.5 \%$$

Una vez definidos los datos anteriores, se procede a realizar los cálculos para los demás parámetros necesarios para la simulación del convertidor.

Se calculará el ciclo útil de trabajo (D):

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{18 \text{ v}}{48 \text{ v}} = 0.375$$

Posteriormente, se calcula la inductancia mínima para el sistema (L_{min}):

$$L_{min} = \frac{(1 - D) R}{2f} = \frac{(1 - 0.375)(10\Omega)}{2(40000\text{Hz})} = 78.125 \mu\text{H}$$

Una vez obtenida la inductancia mínima, le asignaremos un 25 % más de su capacidad para evitar un mal funcionamiento, obteniendo nuestra inductancia (L) a utilizar:

$$L = L_{min} * 1.25 = (78.125 \mu\text{H}) * (1.25) = 97.5 \mu\text{H}$$

Con los datos anteriores ya calculados, realizamos lo propio para la capacitancia mínima requerida por el sistema (C):

$$C = \frac{(1 - D)}{8L(r)f} = \frac{(1 - 0.375)}{8(97.5\mu\text{H})(0.005)(40000\text{Hz})} = 100\mu\text{F}$$

Una vez definidos todos los datos y variables del sistema, podemos proceder a la simulación.

2.2. Simulación en Matlab – Simulink

Para la simulación del convertidor bajo estudio, utilizaremos el software Matlab – Simulink, ya que nos proporciona un ambiente de trabajo muy simple y amigable con el usuario, además de que nos permite ver en tiempo real el resultado de las simulaciones de los circuitos, sistemas e incluso los modelos matemáticos que gobiernan a los mencionados anteriormente.

Para iniciar con la simulación, se creará un nuevo proyecto de Simulink. En la Figura 1.3 se muestra dónde iniciar el mismo.

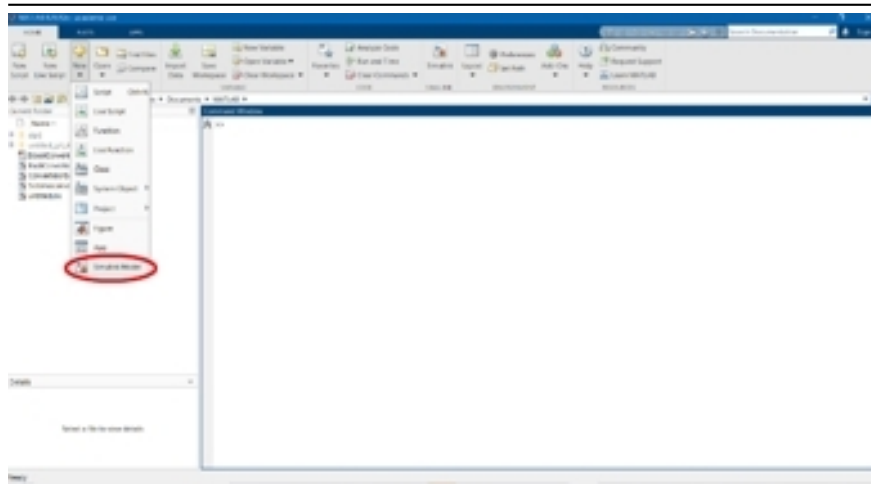


Figura 1.3. Inicio de un nuevo proyecto en Simulink.

Una vez abierto, se debe seleccionar la opción de modelo en blanco para poder iniciar con la colocación de cada uno de los elementos que componen el convertidor como se ilustra en la Figura 1.4.

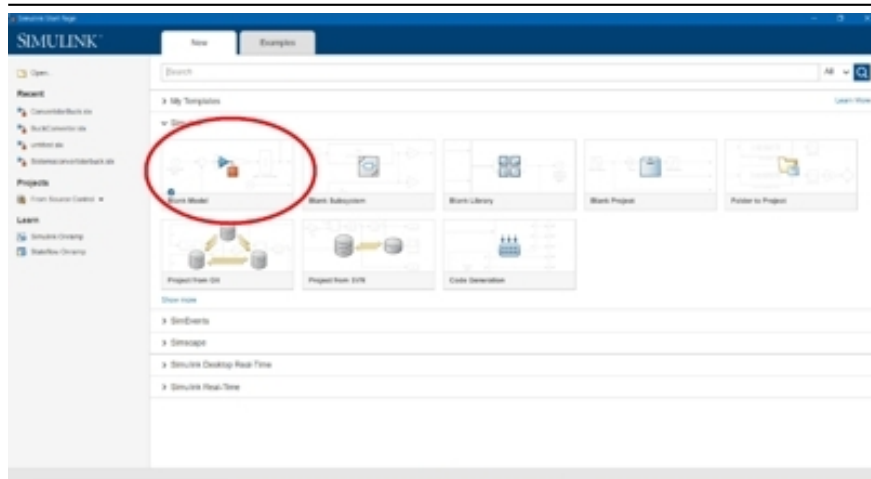


Figura 1.4. Nuevo modelo en blanco.

Ya realizado se colocarán los siguientes elementos, los cuales se identificarán en la siguiente lista y delante de cada uno, está el comando con el cual buscarlos en la biblioteca de simulink, que se muestra en la Figura 1.5. Dichos elementos se pueden identificar en la Figura 1.6, en la que se observa el diagrama donde se localiza cada elemento y su conexión con los demás.

1. Fuente de voltaje (DC Voltage Source).
2. Transistor tipo MOSFET (Mosfet).
3. Diodo (Diode)
4. Inductor (Series RLC Load).
5. Capacitor (Series RLC Load).

6. Resistencia (Series RLC Load).
7. Medidor de corriente (Current Measurement).
8. Medidor de voltaje (Voltage Measurement).
9. Medidor de voltaje (Voltage Measurement).
10. Información que va a (Goto).
11. Información que va a (Goto).
12. Información que va a (Goto).
13. Información que viene de (From).
14. Información que viene de (From).
15. Información que viene de (From).
16. Espectrómetro digital (Scope).
17. Indicador del tipo de simulación (powergui).
18. Generador de pulsos/frecuencia (Pulse generator).

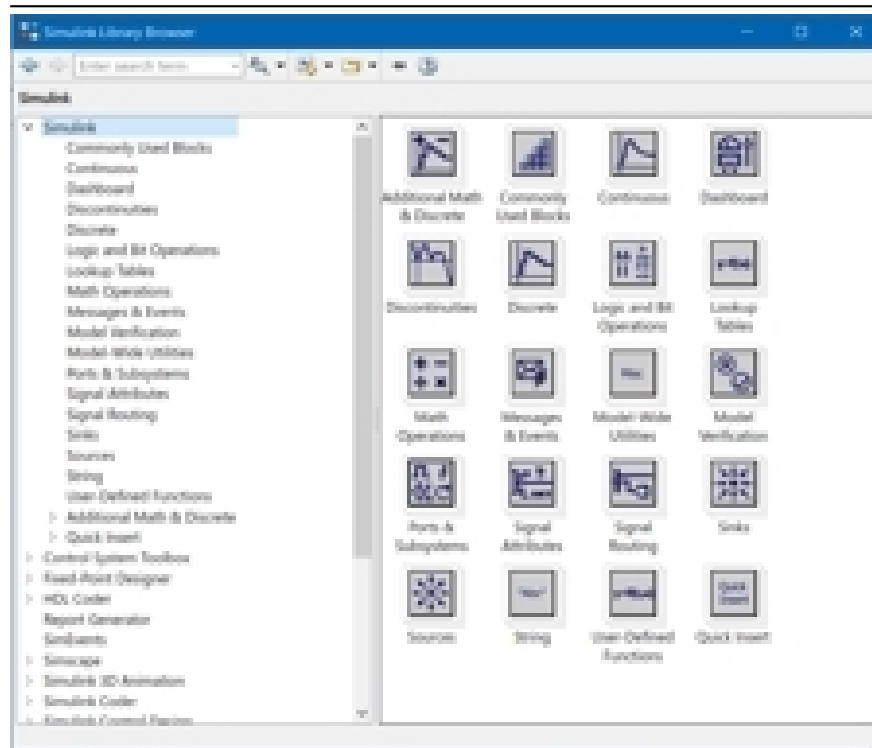


Figura 1.5 Biblioteca de objetos de Simulink

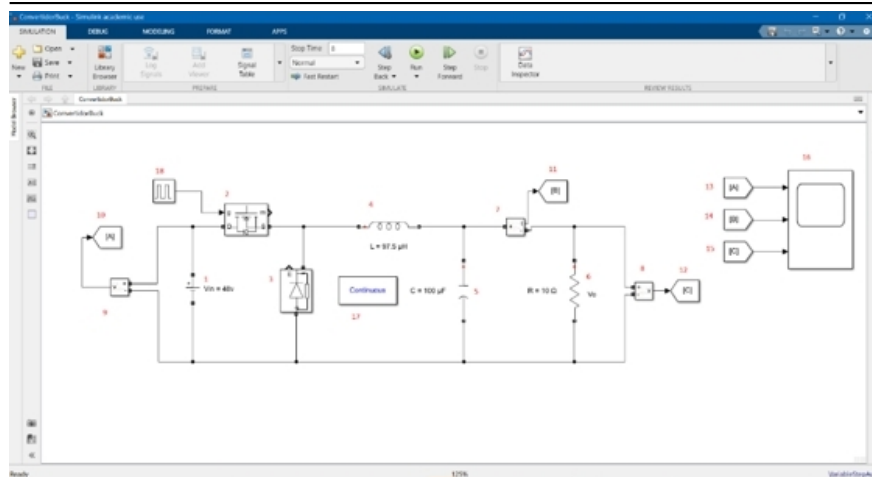


Figura 1.6 Diagrama de elementos y conexiones del convertidor Buck.

Una vez terminado el armado virtual de los circuitos del convertidor procedemos a dar los valores definidos en un principio para cada uno de los elementos que componen el convertidor, dando doble clic sobre cada elemento para modificar sus valores.

Cuando todos los valores correspondan con los ya definidos, se da clic en el botón verde para iniciar la simulación, y posteriormente, se da doble clic en el espectrómetro digital para ver la forma de onda que se obtiene. Lo anterior lo podemos observar en la Figura 1.7.

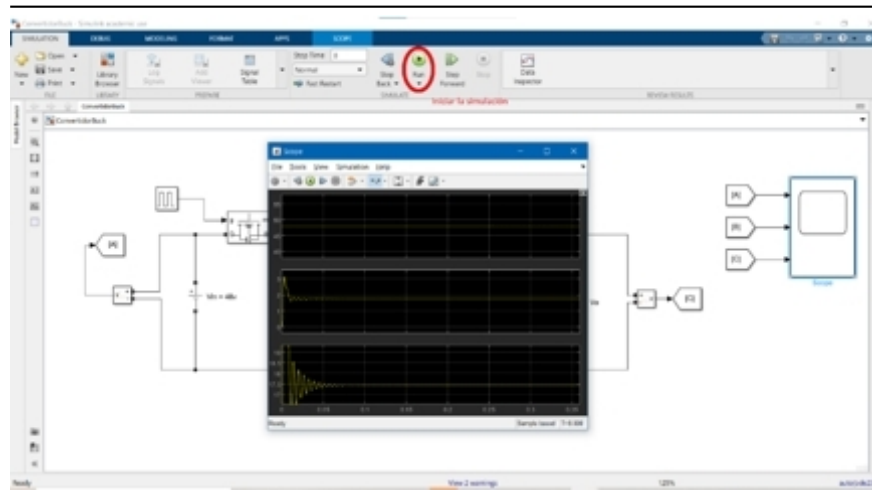


Figura 1.7 Formas de onda de la simulación.

3. Conclusión

Finalmente, podemos constatar que el convertidor está trabajando de una manera en la cual se acerca a los cálculos realizados anteriormente, pero surgen diferencias entre dichos cálculos y los valores de la simulación, ya que el software toma parámetros como pérdidas de energía en los elementos resistivos, inductivos y capacitivos, así como en el diodo y el transistor, como se menciona en [2]. Por esta situación, es que una manera muy fiable de comprobar si este tipo de dispositivos tendrá el funcionamiento esperado con los elementos que proponemos es el simularlo en este tipo de software,

para posteriormente analizar los resultados y verificar si es necesario alguna modificación antes de ir al paso experimental y al armado final del dispositivo.

Referencias

1. Mohan, N.; Undeland, T.; Robbins, W.; (1995). *Power electronics. Converters, Applications, and Design. 2nd. ed. USA, John Wiley & Sons.*
2. Mathworks. (2020). *Cursos a su ritmo online. Accessed: Sep. 8, 2021 [Online]. Available: <https://matlabacademy.mathworks.com/es/#simulink>*
3. Silva-Ortigoza, R., (2011). *TÉCNICAS DE CONTROL MODERNO Instituto Politécnico Nacional. México, D.F., 2011.*
4. Canteli, M. (2016). *Convertidores electrónicos de potencia 1st ed., Santander, España*
5. Florencio, A. (2019). *CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE LA ETAPA DE POTENCIA DE UN CONVERTIDOR DE CONTINUA A CONTINUA REDUCTOR (DC-DC BUCK) DE 3,2 KW PARA LA CARGA DE BATERÍAS ESTACIONARIAS Universidad Politécnica de Valencia Valencia, España*