

DISEÑO DE UNA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE POTENCIA BASADA EN EL CONVERTIDOR BUCK UTILIZANDO PSPICE

R. MARTIN, O. DOMINGUEZ, I. NUEZ

Departamento de Ingeniería Electrónica y Automática. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus Universitario de Tafira. 35017. España.

En este artículo se diseña una fuente de alimentación de potencia basada en un convertidor Buck con PWM, utilizando el Pspice, que suministra a la salida un voltaje, controlable en módulo y fase, independiente del tipo de carga de salida. Su control, totalmente analógico, se basa en la prealimentación de la perturbación generada por la corriente en la carga. Los resultados obtenidos son excelentes como se muestra en este trabajo.

1. Introducción

Los convertidores de potencia son diseños que transforman cualquier clase de potencia eléctrica DC-DC, DC-AC, AC-AC ó AC-DC. Para obtener voltajes de salida AC ó DC se utilizan diferentes topologías tipo Buck que reducen el voltaje de entrada [1],[2]. En la figura 1, se representa el convertidor PWM empleado en este artículo.

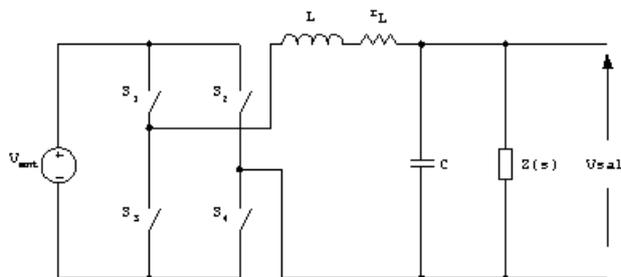


Figura 1: *Convertidor Buck*

El puente de diodos, está compuesto por cuatro interruptores bidireccionales activados por señales de control. Mediante la acción del puente inversor sobre la fuente de continua se consigue conformar las formas de voltaje. Dichas formas de onda consisten en trenes de pulsos de diferente signo, amplitud constante y anchura variable y controlable.

Este voltaje se aplica sobre un filtro LC paso bajo, cuyo objetivo es filtrar las componentes armónicas y obtener así la

componente fundamental de menor frecuencia de la tensión que se suministra a la carga.

2. Modelado

La señal PWM se obtiene comparando la referencia con una señal triangular de frecuencia superior y amplitud constante. Se utiliza la modulación a tres niveles [3].

Se emplea un único generador V_{ent} , con signo positivo ó negativo, lo que permite dos diferentes topologías de conmutación dependiendo del intercambio de energía, figura 2:

- Topología 1, durante el semiciclo positivo de la onda de referencia el interruptor S_4 permanece cerrado mientras que S_1 y S_3 conmutan entre sí.

- b) Topología 2, en el semiciclo negativo de la onda de referencia, el interruptor S_3 permanece cerrado mientras S_2 y S_4 conmutan entre sí.

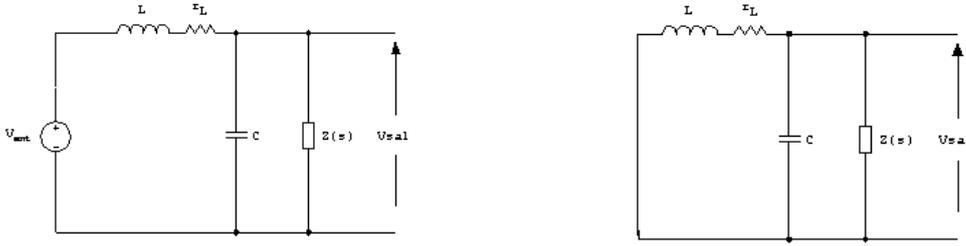


Figura 2: Topologías del Buck

Definiendo el modelo en variable de estado de ambas topologías se obtienen las relaciones matemáticas entre las distintas variables. Los modelos vendrán dados por:

$$\begin{pmatrix} \frac{di_L}{dt} \\ \frac{dv_{sal}}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{r_L}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{CZ(s)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_L \\ v_{sal} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{pmatrix} V_{ent} ; \quad \begin{pmatrix} \frac{di_L}{dt} \\ \frac{dv_{sal}}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{r_L}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{CZ(s)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_L \\ v_{sal} \end{pmatrix} \quad (1)$$

El funcionamiento del convertidor se basa en la conmutación entre ambas topologías para alcanzar el estado de salida deseado. El tiempo de aplicación de cada topología será t_1 y t_2 siendo constante el valor $t_1 + t_2$ que define el período T del convertidor. El modelado y control para este tipo de convertidores utiliza los modelos desarrollados en [4],[5]. Definiendo la relación de troceado

$$d = \frac{t_1}{T} \quad (2)$$

se puede linealizar el modelo obtenido mediante el método promediado, obteniendo el nuevo modelo representado en (3), donde la señal de entrada es la relación de troceado y la salida la tensión en la carga.

$$\begin{pmatrix} \frac{di_L}{dt} \\ \frac{dv_{sal}}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{r_L}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{CZ(s)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_L \\ v_{sal} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{V_{ent}}{L} \\ 0 \end{pmatrix} d \quad (3)$$

La función de transferencia del convertidor será:

$$\frac{V_{sal}(s)}{d(s)} = G(s) = \frac{V_{ent}}{LCs^2 + (Cr_L + \frac{L}{Z(s)})s + (\frac{r_L}{Z(s)} + 1)} \quad (4)$$

En la ecuación anterior se observa que la función de transferencia depende de la carga $Z(s)$. Esta influencia modifica claramente la respuesta transitoria y/o permanente dependiente de la carga. Para eliminar esta influencia en (4), se realiza una prealimentación de la intensidad de carga mediante un regulador de función de transferencia $H(s) = r_L + Ls$, para corregir el error, principalmente en régimen permanente.

Se consigue así, aplicando la formula general de Mason, que la función de transferencia del convertidor dada por la ecuación (4), sea independiente de la carga, obteniendo:

$$G(s) = \frac{V_{sal}(s)}{d(s)} = \frac{V_{ent}}{LCs^2 + r_LCs + 1} \quad (5)$$

La expresión (5) demuestra que la tensión de salida es independiente de la carga $Z(s)$.

3. Resultados

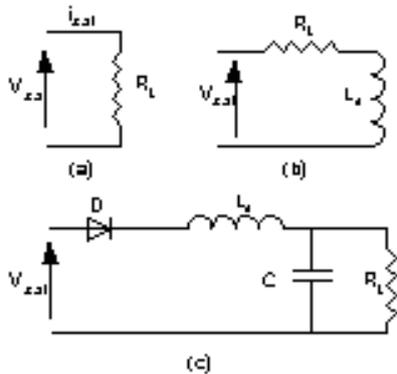


Figura 3: Carga aplicada al convertidor Buck

En este apartado se muestran la simulaciones del convertidor Buck, en bucle abierto y con prealimentación.

Los valores utilizados en el convertidor de la figura 1 son: $L=3\text{mH}$, $r_L=0.6\Omega$, $C=100\mu\text{F}$, $V_{ent}=50\text{v}$, $d=0.7$, $T=0.1\text{mseg}$.

Se emplean tres tipos de cargas para la simulación, figura 3: Una carga resistiva ($R_L=5\Omega$), una carga inductiva ($L_S=10\mu\text{H}$, $R_L=5\Omega$) y una carga no lineal ($L_R=3\text{mH}$, $C=100\mu\text{F}$, $R=50\Omega$).

Los resultados para el convertidor Buck en bucle abierto y una onda senoidal de salida, se pueden considerar buenos para la carga resistiva e inductiva, con unos pequeños errores en los valores de pico. Pero,

para una carga no lineal, la onda de salida deja de ser satisfactoria como se muestra en la figura 4, donde la distorsión armónica total alcanza el 7.2%.

Sin embargo, con el Buck independiente de la carga, la onda de salida se estabiliza tanto en

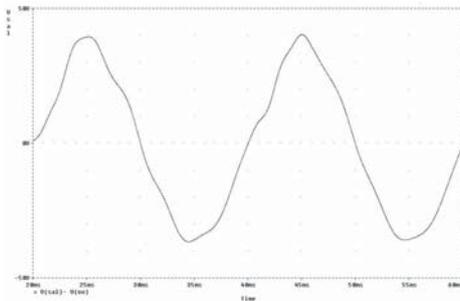


Figura 4: Respuesta C. Buck para una carga no lineal

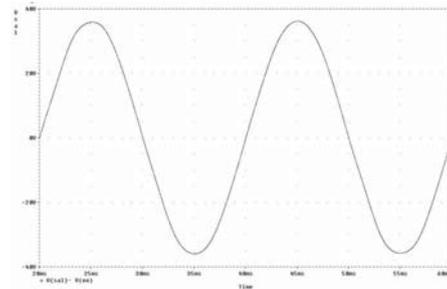


Figura 5: Respuesta C. Buck con prealimentación

amplitud, 35Vp, como en la distorsión armónica menor del 1%, como vemos en la figura 5.

4. Conclusiones

Se ha diseñado un convertidor Buck que suministra a la salida un voltaje AC ó DC que con una sencilla prealimentación implementada con componentes analógicos. Un dispositivo que toma como entrada la corriente de carga ha hecho el convertidor independiente del tipo de carga de salida y ha eliminado el error en continua. Con el programa Pspice se consigue mostrar al alumno, las variaciones que experimenta la fuente de alimentación para los

distintos tipos de carga y permite variaciones en el sistema de control para un buen diseño de la fuente de alimentación.

Referencias

- [1] Y. Nishida and T. Haneyoshi, *Predictive Instantaneous Controlles PWM Inverter for UPS*, *IEE Power Electronics Specialist Conf.*, 776-783,(1992)
- [2] R. Martin, C Gonzalez, I. de la Nuez , V Feliu, *Desing of DC-DC or DC-AC Switching Power Converter* " *Proc. IASTED. Intl. Conf. Control'97.* Cancun. Mejico (1997)
- [3] R. Martin, I. Aspiazu, I. de la Nuez, *Sliding Control of a Buck Converter with Variable Load*" *Proc. IASTED. Intl. Conf. Control and Applications.* Banf. Canada. (1999)
- [4] R. Middlebrook and S. Cuk, *A General Unified Approach to Modelling Switching-Converter Power States.* *Int. J. Electronics*, 42 (6), 521-550(1977)
- [5] I. Nuez, V. Feliu, *On the Voltage Pulse_With_ Modulation Control of L-C Filters*" *Transactions om Circuits and Systems*, Vol. 47, N°3 (2000)

Anexo

En la figura 6 se adjunta el esquema del circuito del convertidor Buck que se simula en Pspice para el caso de una carga no lineal. Por último, en la figura 7, se muestra el subcircuito para implementar la prealimentación de la corriente de salida que hace el convertidor independiente de la carga de salida.

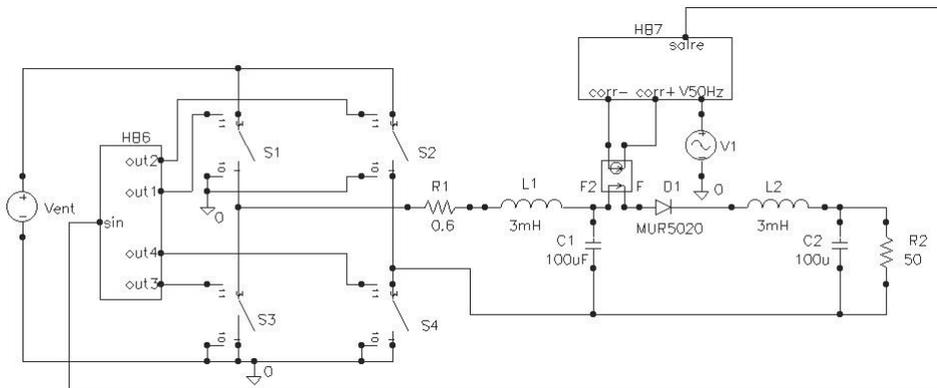


Figura 6: Esquema del Convertidor Buck empleado para la simulación

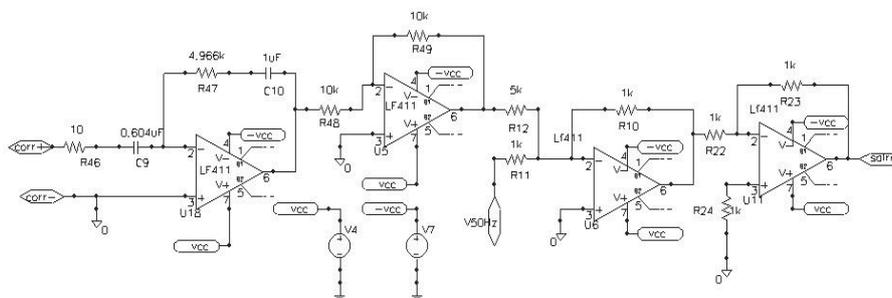


Figura 7: Esquema del circuito de prealimentación de la corriente de salida