

CO-SIMULACIÓN VÍA PSPICE-MATLAB-SIMULINK: UNA APLICACIÓN PARA CONVERTIDORES DE POTENCIA DE CD-CD

Salvador Tavera Mosqueda¹
Caballero¹

Ramón Silva Ortigoza¹

Rogelio Ernesto García Chávez²

Melchor¹

Rivero³

Alfredo Roldán

Magdalena Marciano

David Quezada

Instituto Politécnico Nacional

¹ CIDETEC

Área de Mecatrónica

² UPIICSA

³ UPIITA

Área de Mecatrónica

staveram1500@alumno.ipn.mx

RESUMEN

La utilización de diversos tipos de software para llevar a cabo simulaciones es común en diferentes áreas del conocimiento. Sin embargo, es frecuente encontrar software especializado para una sola área, siendo imposible obtener el comportamiento de un sistema que puede estar compuesto por subsistemas de diferente naturaleza. Una forma de solucionar este problema es utilizar dos o más softwares que se puedan enlazar para generar una co-simulación. En este trabajo se desarrolla la vinculación entre los softwares PSpice y Matlab para llevar a cabo co-simulaciones: circuitos electrónicos - técnicas de control automático. También se presenta la co-simulación de un control basado en planitud diferencial para un convertidor de CD-CD tipo Buck. El convertidor de CD-CD se diseña en PSpice, mientras que la técnica de control en lazo cerrado se ejecuta en MATLAB-Simulink.

1. Introducción.

Los softwares como PSpice y MATLAB son herramientas informáticas que se utilizan habitualmente para realizar simulaciones. Por una parte, PSpice permite el diseño y simulación de circuitos electrónicos analógicos y digitales. Mientras que MATLAB es utilizado para procesamiento de señales, diseño de control automático, robótica, entre otros campos [1]. Aunque MATLAB cuenta con una herramienta como Simscape Electrical para la simulación de circuitos electrónicos, en la actualidad, no compete con un software especializado en electrónica. Esto es debido a i) no cuenta con una biblioteca extensa de componentes y ii) las bibliotecas con las que dispone no contienen los parámetros de las hojas de especificaciones de los componentes.

En el área de control automático se aplican diversas técnicas de control a diversos convertidores de potencia [2], siendo común, para realizar las simulaciones, utilizar el modelo matemático del convertidor bajo estudio, despreciando algunos de los parámetros de los componentes que lo conforman o considerándolos ideales [3]. Posteriormente, se procesa en MATLAB-Simulink, la técnica de control en lazo cerrado.

Por lo anterior, en este trabajo se presenta una Co-simulación: PSpice-MATLAB-Simulink, de un control basado en planitud diferencial para un convertidor de CD-CD tipo Buck, donde se consideran los parámetros proporcionados por los fabricantes de los componentes que lo conforman. El resto del trabajo está organizado como sigue, en la Sección 2 se describe como llevar a cabo el enlace MATLAB-PSpice, mientras que en la Sección 3 se desarrolla la co-simulación PSpice-MATLAB-Simulink, finalmente en la Sección 4 se dan las conclusiones.

2. Enlace Matlab-PSpice

Los softwares utilizados en este trabajo son MATLAB 2019b y PSpice 17.4 2019, el enlace entre los softwares mencionados se describe a continuación.

En PSpice seleccionar el menú “Tools”, posteriormente “MATLAB” enseguida seleccionar “set MATLAB path”. Se mostrará una ventana donde se debe introducir la dirección de la carpeta “bin” de MATLAB (ver Figura 1).

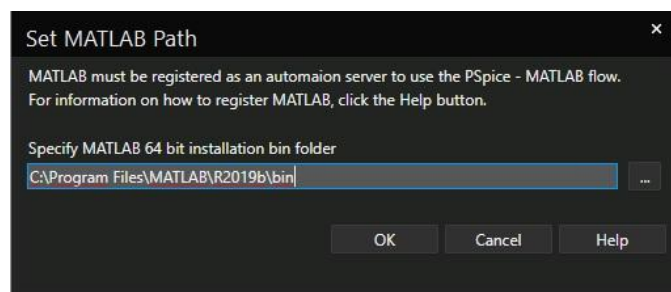


Figura 1. Selección de la carpeta bin de MATLAB.

En MATLAB en la pestaña “Home” seleccionar “Set Path”, se mostrará la ventana mostrada en la Figura 2.

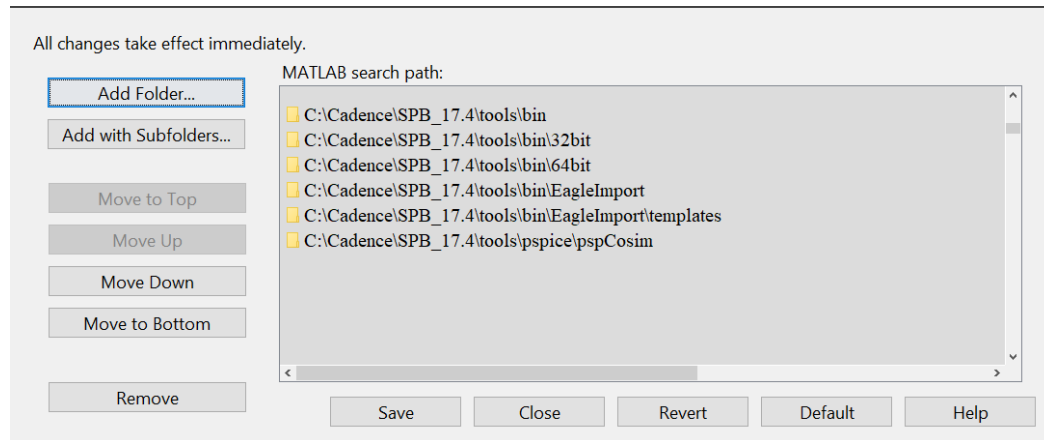


Figura 2. Selección de la carpeta “tools” de PsPice.

En “Add with Subfolders” buscar el directorio de instalación de PSpice y seleccionar la carpeta “tools”, se agregarán las carpetas que se muestran en la Figura 2.

Con lo descrito en esta sección se realizó el vínculo entre los softwares. Así, se habilitó en MATLAB-Simulink el bloque “PSpiceBlock” (ver Figura 3), que contendrá el circuito electrónico diseñado en PSpice.

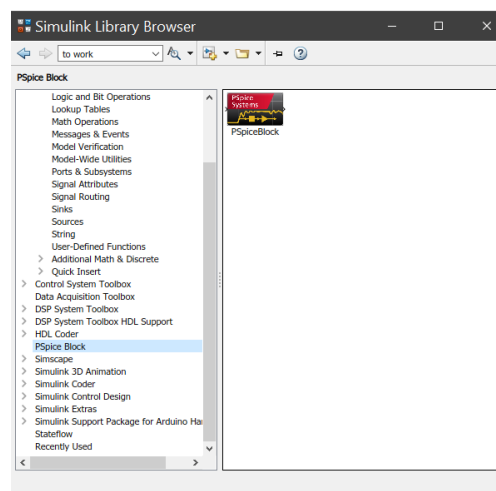


Figura 3. PSpiceBlock habilitado en MATLAB-Simulink.

3. Co-simulación PSpice-MATLAB-Simulink

Para el diseño del convertidor en PSpice se consideraron los parámetros utilizados en [4], esto es:

$$R = 100 \, \Omega, L = 10.129 \, \text{mH}, C = 220 \, \mu\text{F}.$$

En la Figura 4 se muestra el diseño del convertidor Buck, PSpice contiene la información de los parámetros del transistor MOSFET IRF840 y el diodo MUR150, que es proporcionada por los fabricantes.

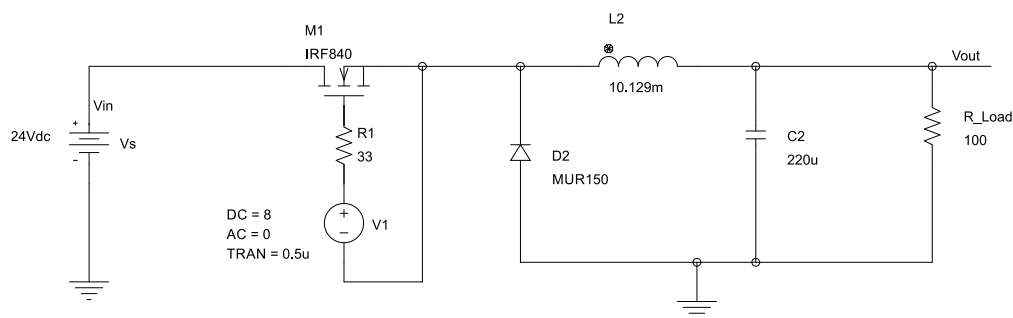


Figura 4. Convertidor CD-CD tipo Buck diseñado en PSpice.

La activación del transistor se realiza por medio de alguna técnica de modulación. Por esta razón se propone un tren de pulsos (V1), con un periodo de $1 \, \mu\text{s}$ con una amplitud de 8 V, desde el punto de vista de control automático corresponde a la entrada de control u . El resultado de simulación del convertidor Buck se presenta en la Figura 5, donde se muestra el voltaje de salida (Vout).

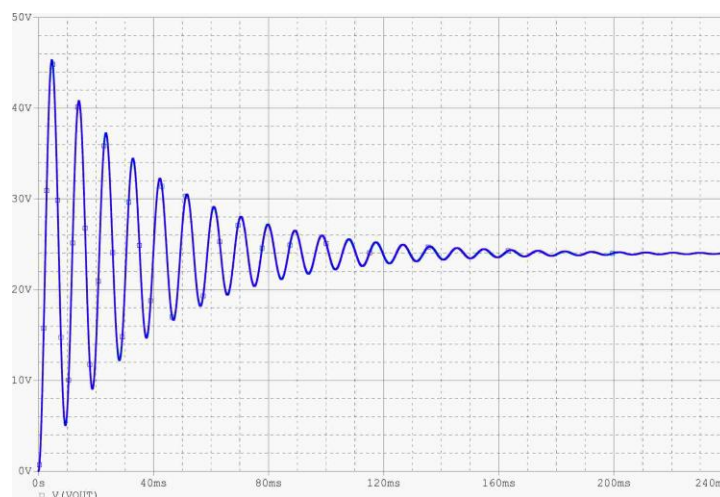


Figura 5. Resultados de simulación del convertidor CD-CD Buck en PSpice.

Una vez verificado el funcionamiento del convertidor Buck, se puede aplicar la técnica de control en MATLAB-Simulink. El control basado en planitud diferencial fue retomado de [4], esto es:

$$u_{av} = \frac{L_C}{E} \mu + \frac{L}{RE} \dot{v} + \frac{1}{E} v, \quad 1)$$

con

$$\mu = \ddot{\vartheta}^* - \gamma_2(\dot{v} - \dot{\vartheta}^*) - \gamma_1(v - \vartheta^*) - \gamma \int_0^t (v - \vartheta^*) d\sigma, \quad 2)$$

donde ϑ^* corresponde a la trayectoria de voltaje deseado, v es el voltaje de salida del convertidor (V_{out}). Las ganancias son:

$$\gamma_2 = a_2 + 2\zeta_2\omega_{n_2}, \quad \gamma_1 = 2\zeta_2\omega_{n_2}a_2, \quad \gamma_0 = a\omega_{n_2}^2.$$

donde a, ζ, ω_n constantes mayores a cero.

Una vez teniendo definido el control a simular, se crea un nuevo "Model" en MATLAB-Simulink, el primer bloque a colocar y configurar es "PspiceBlock", en la Figura 6 se muestra la ventana de configuración. A continuación, se describe cada uno de los ítem de la figura.

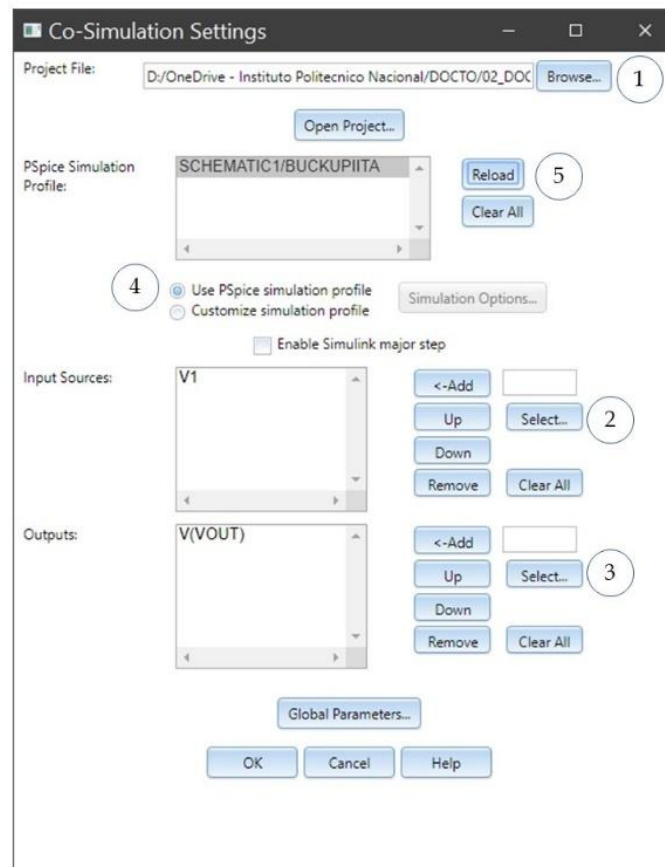


Figura 6. Ventana de configuración de PSpiceBlock

1. Seleccionar la carpeta principal del proyecto creado en PSpice, debe contener el archivo "opj".
2. Seleccionar la entrada de control o parámetro a modificar mediante MATLAB-Simulink, para este ejemplo corresponde a "V1".
3. Seleccionar la salida o salidas necesarias, en este caso se selecciona Vout, que corresponde al voltaje en el resistor "R".
4. Seleccionar el perfil de simulación de PSpice.
5. Cuando se realice alguna modificación en el diseño de PSpice, es necesario refrescar el archivo para que los cambios surtan efecto.

Una vez que se llevó a cabo la configuración del bloque descrito, se programa la ley de control, en la Figura 7 se muestra el programa realizado. El bloque llamado "Control Planitud Diferencial" contiene las ecuaciones 1 y 2.

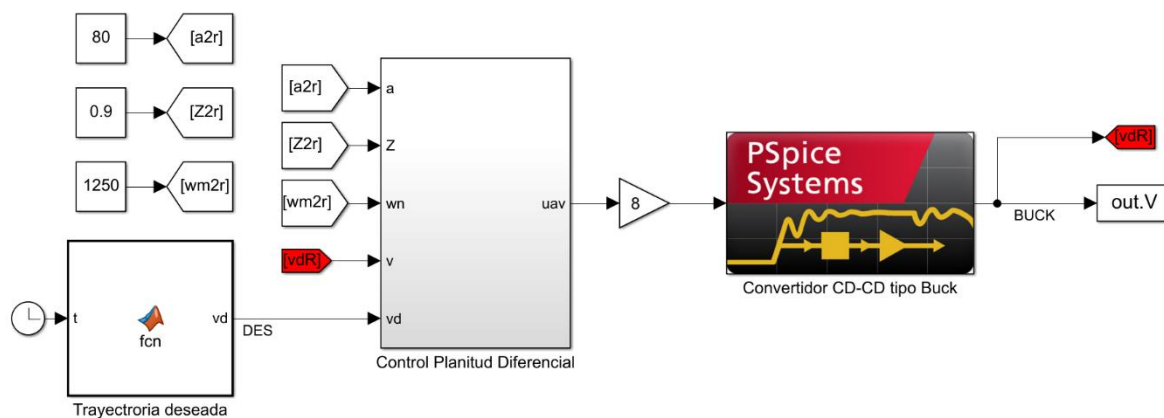


Figura 7. Control por planitud diferencial en lazo cerrado.

El bloque "Gain" con el valor 8, necesario para amplificar la señal de control al nivel de voltaje de V1, para activar de forma correcta el transistor. Tras llevar a cabo la simulación, como se observa en la Figura 8, el objetivo de control se logra adecuadamente, es decir, el voltaje de salida del convertidor sigue a la trayectoria deseada.

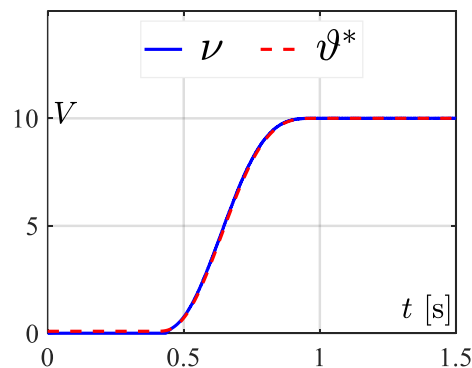


Figura8. Resultado de Co-simulación.

3. Conclusión

Realizar Co-simulaciones vía PSpice-MATLAB-Simulink en técnicas de control para convertidores de potencia, representa una gran ventaja, por una parte, se obtienen resultados realistas. Por otra parte, se puede llevar a la experimentación de una forma segura, esto derivado a que todos los errores eléctricos (en caso de existir), se corrigieron para poder realizar la simulación en PSpice.

Referencias

- [1] M. Darwish, B. R. Alamri, and C. Marouchos, "OrCAD vs Matlab Simulink in Teaching Power Electronics," in Proc. 50th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), Staffordshire, England, UK, 2015, pp. 1-5.
- [2] H. Sira-Ramírez and R. Silva-Ortigoza, Control Design Techniques in Power Electronics Devices. London, United Kingdom: Springer-Verlag, 2006.
- [3] E. Hernández-Márquez, C. A. Avila-Rea, J. R. García-Sánchez, R. Silva-Ortigoza, M. Marciano-Melchor, M. Marcelino-Aranda, A. Roldán-Caballero, and C. Márquez-Sánchez, "New "full-bridge Buck inverter-DC motor" system: Steady-state and dynamic analysis and experimental validation," *Sensors*, vol. 8, no. 11, pp. 1--19, 2019.
- [4] J. R. García-Sánchez, S. Tavera-Mosqueda, R. Silva-Ortigoza, V. M. Hernández-Guzmán, J. Sandoval-Gutiérrez, M. Marcelino-Aranda, H. Taud, and M. Marciano-Melchor, "Robust switched tracking control for wheeled mobile robots considering the actuators and drivers," *Sensors*, vol. 18, no. 12, pp. 1-21, 2018.