

Diseño y optimización de un generador de formas de onda versátil y bidireccional de alta tensión

Ignacio Álvarez-Gariburo, Héctor Sarnago, Óscar Lucía

Afiliación: Grupo de Electrónica de Potencia y Microelectrónica (GPEM)
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.
Tel. +34-976762707, e-mail: ialvarez@unizar.es

Resumen

Los generadores de formas de onda versátiles son necesarios para la caracterización de cargas en muchos campos como el industrial y biomédico. En el pasado estos generadores han estado limitados en voltaje, corriente y frecuencia debido principalmente a las limitaciones de los dispositivos de potencia. Sin embargo, avances en este campo han permitido mejorar los rangos de trabajo de este tipo de convertidores. En este artículo se muestra el diseño, optimización y validación experimental de un generador de formas de onda arbitrarias bidireccional de Carburo de Silicio (SiC) de hasta 13-kVpp.

Introducción

En muchas aplicaciones se requieren generadores de alta tensión y frecuencia variable ya sea para la caracterización de cargas [1], como por ejemplo en el campo industrial de la inducción [2], o para la aplicación de pulsos entre dos electrodos en el campo biomédico de la electroporación [3], los cuales son los principales campos en los que se ha trabajado. Estos convertidores han sido históricamente limitados en voltaje, corriente y frecuencia, pero con la topología y dispositivos propuestos se ha abordado este problema.

Convertidor propuesto

El convertidor propuesto (Figura 1) está basado en una estructura multinivel compuesta de n niveles. Cada uno de los cuales presenta un convertidor dc-dc bidireccional más un inversor de salida. El dc-dc es implementado usando una topología “dual active bridge” (DAB) la cual permite la transferencia bidireccional de potencia. El inversor presenta una estructura de puente completo permitiendo una salida bipolar. La máxima salida del convertidor será entonces $v_o = \pm \sum V_i$ siendo V_i la tensión de salida de cada modulo.

Estrategias de modulación

Para obtener la forma de onda deseada, cada nivel es activado secuencialmente hasta alcanzar el nivel de tensión deseado. Para conseguir una buena resolución temporal, se han utilizado dispositivos de gap ancho (WBG) (Figura 2). Además, aplicando un control PWM se consigue aún una mejor resolución [4].

Resultados experimentales

Se ha diseñado un prototipo experimental para verificar el correcto funcionamiento del convertidor. El diseño propuesto utiliza módulos SiC de Infineon de 1200-V 45-mΩ (FS45MR12W1M1). Son módulos trifásicos que permiten un diseño más compacto al integrar el secundario del dc-dc y el inversor en un mismo encapsulado. El convertidor está controlado por una FPGA Spartan 6 de Xilinx con comunicación aislada a través de fibra óptica. El DAB funciona a una frecuencia de 100 kHz para balancear el nivel de tensión de bus de cada módulo, y el inversor de salida funciona a 500 kHz para conseguir una buena resolución temporal en la forma de onda de salida. Además, cada módulo está implementado de forma independiente, de esta manera, se pueden añadir más módulos si los requerimientos de tensión o de corriente lo necesitan.

En la Figura 3 se muestra el prototipo experimental, y en la Figura 4 se muestra un ejemplo de forma de onda de salida senoidal de 8 kVpp y 10 kHz.

Conclusiones

Este artículo propone un generador de formas de onda versátil y bidireccional de alta tensión y alta frecuencia siguiendo una estructura multinivel, aprovechando los avances en el campo de los semiconductores utilizando dispositivos de SiC. El convertidor propuesto permite la generación de formas de onda de alta tensión y frecuencia variable.

Debido a su bidireccionalidad, permite operar con cargas activas y reactivas. El convertidor propuesto es capaz de alcanzar hasta 13 kVpp a la salida obteniendo una gran calidad en la forma de onda, así como una gran resolución temporal.

REFERENCIAS

[1] H. Sarnago, J. M. Burdío, T. García-Sánchez, L. M. Mir, and O. Lucía, "A Versatile Large-Signal High-Frequency Arbitrary Waveform Generator Using GaN Devices," in *IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition*, 2019, pp. 458-462.

[2] O. Jiménez, O. Lucía, L. A. Barragán, D. Navarro, J. I. Artigas, and I. Urriza, "FPGA-based test-bench for resonant inverter load

characterization," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 9, no. 3, pp. 1645-1654, August 2013.

[3] H. Sarnago, O. Lucía, A. Naval, J. M. Burdío, Q. Castellví, and A. Ivorra, "A versatile multi-level converter platform for cancer treatment using irreversible electroporation," *IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, vol. 4, no. 1, pp. 236-242, 2016.

[4] D. Navarro, O. Lucía, L. A. Barragán, J. I. Artigas, I. Urriza, and O. Jiménez, "Synchronous FPGA-based implementations of digital pulse width modulators," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 27, no. 5, pp. 2515-2525, May 2012.

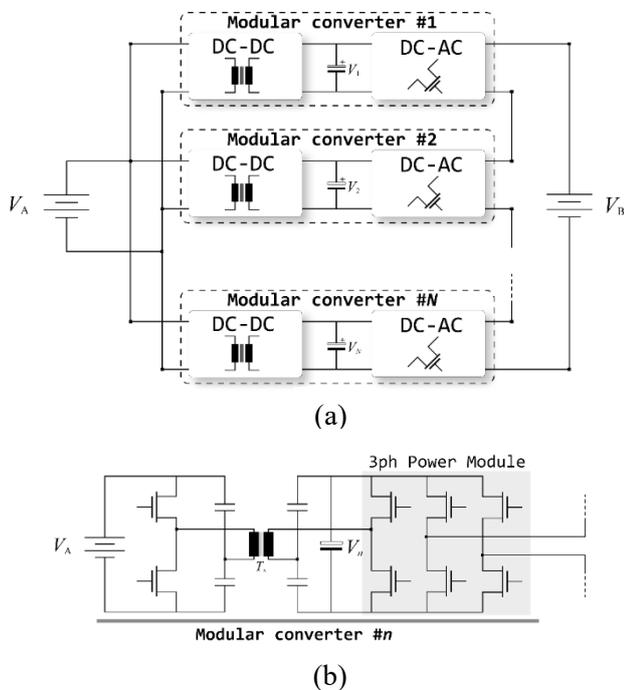


Figura 1: Convertidor propuesto: Diagrama de bloques (a) y detalle de la topología (b)

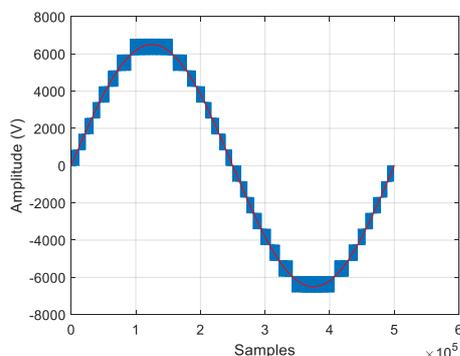
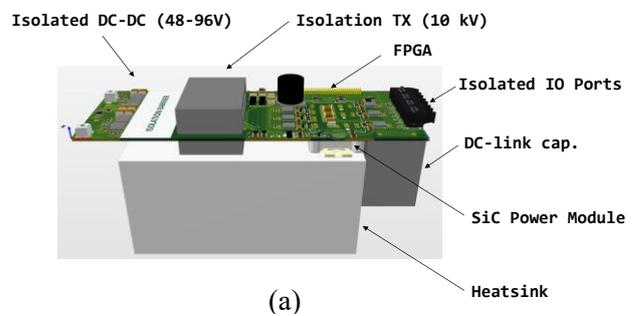


Figura 2: Estrategia de modulación propuesta



(b)

Figura 2: Prototipos experimentales: Módulo individual (a) y convertidor propuesto (b)

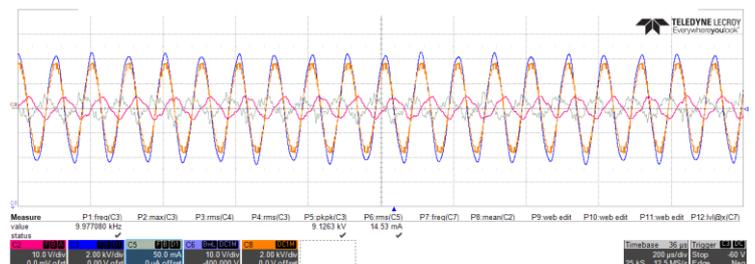


Figura 1: 8kVpp with 10 kHz