

División en bandas de multi-inversores de Carburo de Silicio para incrementar la flexibilidad en superficies activas de cocción

Javier Avellaned, Carlos Bernal, Pilar Molina

GPEM (Grupo de Electrónica de potencia y microelectrónica)
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A).

Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.

Tel. +34-976762707, Fax +34-976762043, e-mail: javier.avellaned@unizar.es

Abstract

La reciente aparición en el mercado de dispositivos de Carburo de Silicio ha permitido un funcionamiento eficiente de los inversores resonantes en rangos de frecuencia no alcanzables mediante tecnología de Silicio. Este artículo presenta una solución sencilla para combinar tres inversores 1SW compartiendo un solo filtro EMI con la intención de evitar intermodulación en la zona audible.

1. Introducción

Las cocinas de inducción domestica calientan los materiales ferromagnéticos debido a la aplicación de un campo magnético variable creado por una bobina. Dicha bobina está alimentada por un inversor resonante que genera una corriente alterna [1]. La topología más popular en inducción es el semipunto resonante con IGBT's de Silicio pero el inversor 1SW-ZVS está ganando interés [2], debido al bajo coste, la alta eficiencia y el control independiente de potencias. Cuando dos o más inversores 1SW trabajan simultáneamente a frecuencias distintas, aparece la IMD en las tensiones y corrientes, este problema ya ha sido analizados previamente [3].

2. Diseño asimétrico basado en celdas

Debido a que se necesita un control independiente para cada inversor y que dichos inversores no pueden trabajar a cualquier frecuencia, aparece una falta de flexibilidad. El principal objetivo de este artículo es desarrollar una nueva estrategia de control para incrementar la flexibilidad de varias etapas 1SW para un funcionamiento simultáneo (fig. 1). Para cumplir con este objetivo, la cocina se ha dividido en celdas de tres inversores (fig. 2). Cada una de estas celdas está compuesta por tres micro-inductores en posición triangular. Al conjunto de tres inversores lo denominamos de aquí en adelante *tricell*.

3. Configuración asimétrica de un tricell

Una celda multi-inversora 1SW con tres dispositivos puede presentar en total tres tipos diferentes de pares resonantes L-C o sintonías (micro-inductor y condensador de resonancia, C_n). Se definen tres configuraciones posibles mostradas en la tabla 1.

Tabla 1: Diferentes tipos de configuraciones para la topología 1SW para el *tricell*

Configuración	L _{n1}	L _{n2}	L _{n3}	C _{n1}	C _{n2}	C _{n3}
Totalmente simétrica	L	L	L	C	C	C
Parcialmente simétrica	L	L	L	C ₁	C ₂	C ₃
Asimétrica	L ₁	L ₂	L ₃	C ₁	C ₂	C ₃

A. Configuración totalmente simétrica

Debido a que el rango de frecuencia de ajuste no es muy grande (menor de 10kHz) fig. 3 y de acuerdo con las inecuaciones asociadas a la IMD [4], los inversores de dicha configuración sólo podrían trabajar a la misma frecuencia para evitar la IMD.

B. Configuración parcialmente simétrica

Esta configuración presenta un paso intermedio hacia la configuración totalmente asimétrica. El criterio para elegir los C_n's en esta configuración ha sido el siguiente: los tres inversores deben de poder trabajar sin IMD a la potencia de salida mínima, que se consigue al conmutar en ZVDS.

C. Configuración asimétrica

De igual forma que en el ensayo anterior, tendremos tres gráficas diferentes, una para cada inversor (A, B y C). El criterio para elegir los C_n's para esta configuración ha sido el mismo que la configuración anterior. Comparando las tres graficas de cada inversor (Fig. 4) podemos ver, ahora sí, como la potencia de salida mínima y máxima entregada es similar $\pm 20W$ y $400W$, respectivamente. Lo que implica que con esta configuración podremos dar la misma potencia de salida (o diferente en caso necesario) en cada inversor.

4. Cálculo de la flexibilidad: alcanzabilidad

Para evaluar las posibles mejoras respecto a la estructura simétrica original, y poder comparar diversas soluciones, se ha utilizado la alcanzabilidad (f_{ACZ}) como figura de mérito. El f_{ACZ} se calcula mediante la ecuación (1).

$$f_{ACZ} (\%) = \frac{[C_{P_i, P_j, P_k}^n]_{IMD-FREE}}{C_{P_i, P_j, P_k}^n} \cdot 100 \quad (1)$$

Para el cálculo de la misma se utiliza un algoritmo, programado en Matlab [4]. Para llegar al cálculo del f_{ACZ} se deben utilizar las aproximaciones polinómicas explicadas anteriormente. El algoritmo parte, como dato, de las potencias de salida, calcula las frecuencias de conmutación a través de los polinomios y sólo se queda con los conjuntos de frecuencias sin IMD. Éstos se agrupan en una matriz de frecuencias para calcular posteriormente la matriz de potencias sin IMD.

5. Medida experimental de la flexibilidad

En este trabajo se han realizado una gran cantidad de ensayos de verificación. Tanto en los tipos de recipientes habituales, tres tipos de material como en las diferentes posiciones geométricas del recipiente respecto del micro-inductor. Debido a la extensión del mismo, en este artículo se revisan los resultados más relevantes de uno de los escenarios. Para la verificación se ha llevado a cabo en el laboratorio un montaje de tres etapas idénticas.

A. Configuración totalmente simétrica

La figura 5 muestra cada uno de sus ejes la potencia de salida alcanzada por cada uno de los inversores para el recipiente de tipo Zenith. Como puede verse en la figura, esta configuración sólo es capaz de trabajar sin IMD cuando los tres inversores conmutan a la misma frecuencia.

B. Configuración asimétrica

Como podemos ver en la gráfica Fig. 6 las zonas de trabajo sin IMD son representadas mediante volúmenes. En este caso obtenemos una f_{ACZ} significativa mucho mejor que en las dos configuraciones anteriores, esto confirma los estudios teóricos.

La Fig. 7 muestra gráficamente una comparativa de los resultados. Aunque los resultados de la configuración asimétrica han sido mejores seguimos teniendo una f_{ACZ} baja lo que implica una flexibilidad también baja. Actualmente estamos trabajando para la mejora de la misma con otro tipo de topología mejorada [5].

6. Conclusiones

Este trabajo completa el esfuerzo de dos años en el grupo de Electrónica de Potencia para el avance en el conocimiento de esta tecnología. Uno de los mayores logros de este trabajo ha sido proponer y verificar mejoras que, partiendo del conocimiento generado, permitan aumentar la flexibilidad de la topología 1SW-ZVS en su combinación en un campo de micro-inductores sin generar ruido acústico. Otro de los logros ha sido demostrar la viabilidad para el funcionamiento simultáneo de tres inversores resonantes 1SW en zonas de no IMD, no conseguido hasta ahora.

REFERENCIAS

- Acero, J.; Burdio, J.M.; Barragan, L.A.; Navarro, D.; Alonso, R.; Ramon, J.; Monterde, F.; Hernandez, P.; Llorente, S.; Garde, I.; "Domestic Induction Appliances," Industry Applications Magazine, IEEE, vol.16, no.2, pp.39-47, March-April 2010.
- Llorente, S.; Monterde, F.; Burdio, J.M.; Acero, J.; "A comparative study of resonant inverter topologies used in induction cookers," Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2002. APEC 2002. Seventeenth Annual IEEE, vol.2, no., pp.1168-1174 vol.2, 2002
- Molina Gaudo P., Bernal C., Avellanad J., Burdío J.M.: "Intermodulation distortion in 1SW-ZVS multiinverter for induction heating home appliances" Applied Power Electronics Conference, APEC 2012, Proceedings of the. Pp 2223-2228, Feb. 7-10 2012.
- Avellanad, J.: 'Diseño asimétrico de inversores de un dispositivo de Carburo de Silicio para inducción doméstica.'. Trabajo final de Máster de Ingeniería Electrónica, Zaragoza, 2012.
- Milla, J.: 'Interruptor de SiC flexible aplicado a topologías de un dispositivo para inducción doméstica.'. Proyecto final de carrera de Ingeniería telecomunicaciones, Zaragoza, 2012.
- Bernal, C.; Gaudó, P.M.; Gallego, A.; Otin, A.; Burdio, J.M.; "Half-bridge resonant inverter for domestic induction heating based on Silicon Carbide technology", Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2012 Twenty-Seventh Annual IEEE

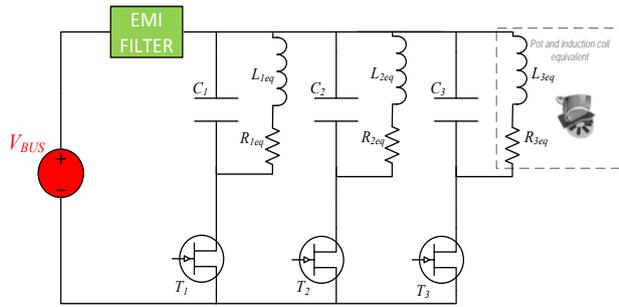


Fig. 1.- Tres inversores resonantes 1SW trabajando simultáneamente

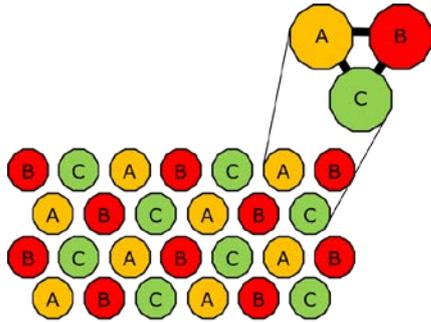


Fig. 2.- Estructura de tres inversores 1SW en forma de tricell

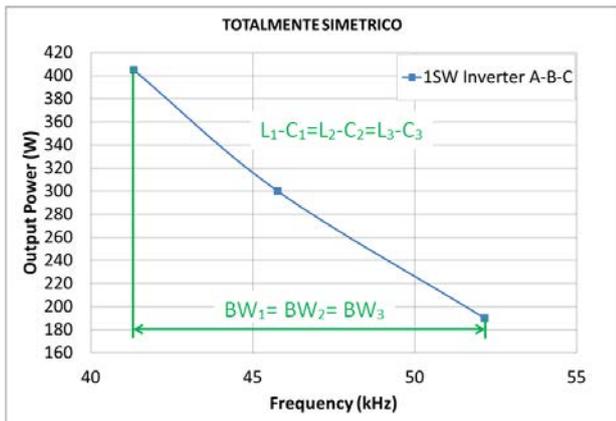


Fig. 3.- Gráfica de tres inversores en configuración totalmente simétrica con recipiente Zenith centrado

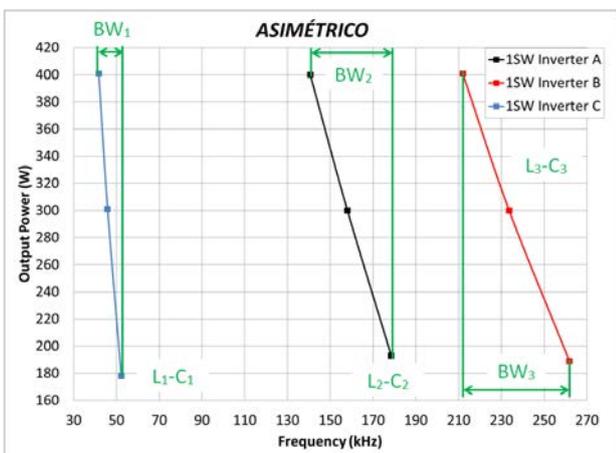


Fig. 4.- Gráfica de tres inversores en configuración asimétrica con recipiente Zenith centrado

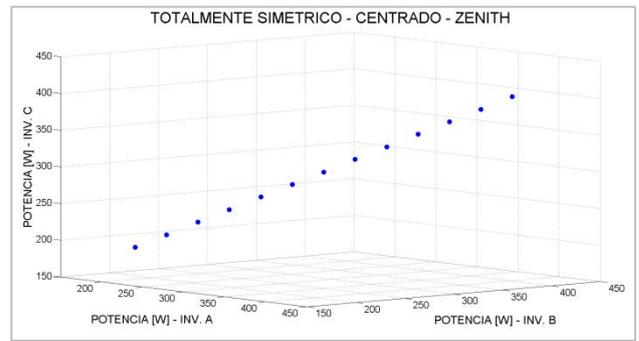


Fig. 5.- Gráfico de potencia de salida alcanzable por los tres inversores en configuración simétrica

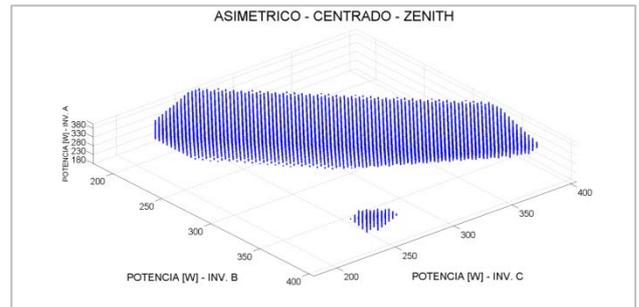


Fig. 6.- Gráfico de potencia de salida alcanzable por los tres inversores en configuración asimétrica

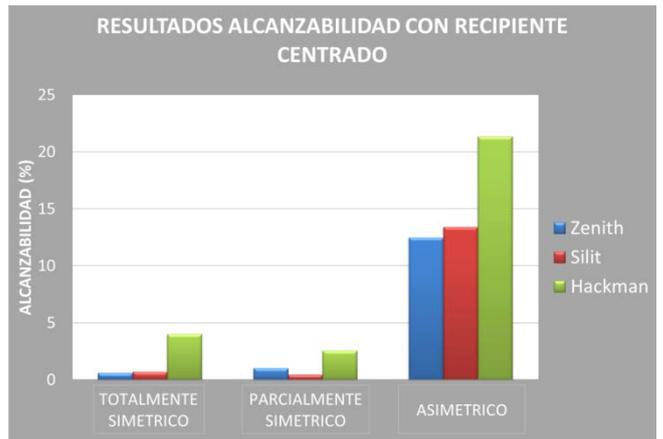


Fig. 7.- Resultados gráficos de alcanzabilidad para las tres configuraciones en escenario con recipiente centrado