

# Metodología para el Desarrollo de Convertidores CC-CC Combinados de una Entrada y Múltiples Salidas sin Transformador

E. Durán<sup>1</sup>, S.P. Litrán<sup>2</sup>, M.B. Ferrera<sup>2</sup>, J.M. Andújar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Ing. Electrónica, de Sist. Infor. y Aut. Universidad de Huelva, Spain. Email: {aranda, andujar}@uhu.es

<sup>2</sup>Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Térmica, Universidad de Huelva, Spain. Email: {salvador, ferrera}@die.uhu.es

**Resumen**—En este artículo se describe una metodología que permite desarrollar convertidores CC-CC de una entrada y múltiples salidas (*Single-Input Multiple-Output*, SIMO), combinando diferentes estructuras de una entrada y una salida (*Single-Input Single-Output*, SISO): *Boost*, *Buck-Boost*, *Cuk*, *SEPIC*, *Zeta* y *CSC*. Las configuraciones combinadas derivadas, solo emplean un interruptor de potencia, y permiten obtener diferentes tensiones de salida, sin la necesidad de emplear un transformador con varios devanados, lo cual reduce el tamaño y el coste de las topologías propuestas. A lo largo del trabajo, se muestran diferentes configuraciones, basadas en la metodología combinada: convertidores CC-CC combinados de dos, tres, cuatro, cinco y seis salidas. La configuración combinada de cinco salidas obtenida, mediante la metodología descrita, es analizada en modo de conducción continuo y discontinuo. Los resultados de simulación obtenidos muestran que esta configuración es adecuada, para aplicaciones de una entrada y múltiples salidas.

**Palabras Clave**— Convertidores CC-CC, Multipuerto, SIMO, SISO.

## I. INTRODUCCIÓN

EL concepto de convertidores multipuerto se aplica a convertidores electrónicos de potencia estáticos, con capacidad de interactuar con diferentes fuentes, sistemas de almacenamiento y cargas, y con diferentes niveles de tensión. Los convertidores multipuerto son particularmente interesantes para los sistemas de generación de energía distribuida, donde se integran varias fuentes, cargas y sistemas de almacenamiento, lo que permite centralizar el control del flujo de energía en una sola unidad reduciendo el tamaño, coste y complejidad del sistema. Una primera clasificación de los convertidores multipuerto puede ser establecida, dependiendo del número de entradas y de salidas: entrada múltiple y salida múltiple (MIMO) [1], entrada múltiple y salida única (MISO) [2], y configuraciones de entrada única y salida múltiple (SIMO) [3]–[4]. Se han propuesto convertidores MIMO y MISO para la distribución de CC en aplicaciones emergentes,

como la integración de fuentes de energía renovables (RES) en la red, sistemas de almacenamiento de energía (ESS), interfaz para satélites y aplicaciones de suministro de energía. Los convertidores CC-CC SIMO son ampliamente utilizados, tanto en versiones aisladas como no aisladas, en aplicaciones donde se requiere varias tensiones de salida con distinta magnitud y de distinto signo; tradicionalmente esto se puede realizar con un transformador con varios devanados, o con varios reguladores conmutados o lineales (uno por salida), alimentados por una misma fuente. Estas aplicaciones están relacionadas, con las telecomunicaciones, microelectrónica, iluminación (incluidos balastos electrónicos y LED), vehículos híbridos/eléctricos (VEH) y vehículos eléctricos (VE). En los últimos años, se han estudiado y desarrollado diferentes técnicas para múltiples salidas de CC y diferentes niveles de tensión. Estos trabajos se refieren a convertidores CC-CC aislados, como los convertidores *Flyback*, *Forward*, *Push-Pull*, *Half-Bridge* y *Full-Bridge (H-Bridge)*; y convertidores CC-CC no aislados; y dentro de varias aplicaciones, como los convertidores integrados con salida dual (*Integrated Dual-Output Converters*, IDOC), los convertidores integrados de salida múltiple (*Integrated Multiple-Output Converters*, IMOC) y los convertidores de múltiples salidas con un solo inductor [5]. En este artículo, se presenta una metodología para aplicaciones de una sola entrada y múltiples salidas, basada en convertidores CC-CC con un solo interruptor y no aisladas. La metodología propuesta permite derivar convertidores CC-CC de dos, tres, cuatro, cinco y seis salidas, combinando convertidores CC-CC no aislados tradicionales.

## II. CONVERTIDORES CC-CC COMBINADOS

El principal objetivo de la conversión CC-CC es el de transferir potencia eléctrica, en forma de corriente continua, con las menores pérdidas, y por tanto, con la mayor eficiencia posible. Estos convertidores son muy utilizados en los sistemas de gestión y acondicionamiento de potencia, para adaptar tensiones. Según la aplicación, las diferentes configuraciones incluyen topologías aisladas y no aisladas, unidireccionales y bidireccionales.

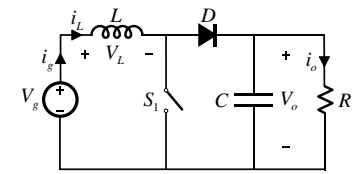
Las estructuras mostradas en la Fig. 1, son configuraciones no aisladas SISO, unidireccionales. Las topologías

convencionales *Boost* (Fig. 1a), *Buck-Boost* (Fig. 1b) y *CSC* (*Canonical Switching Cell*) (Fig. 1c), emplean un único inductor, mientras que los convertidores *SEPIC* (*Single Ended Primary Inductor Converter*) (Fig. 1d), *Cuk* (Fig. 1e), y *Zeta* (Fig. 1f) son topologías de dos inductores. Todos los convertidores mostrados en la Fig. 1 proporcionan una relación de conversión reductora-elevadora, excepto el *Buck* y el *Boost* que permiten reducir y aumentar respectivamente la tensión a la salida. Las configuraciones *Buck-Boost*, *Cuk* y *CSC* desarrollan una tensión de salida invertida respecto de la aplicada a su entrada, mientras que con las estructuras *Boost*, *SEPIC* y *Zeta*, se obtienen tensiones de salida no invertida. La principal ventaja de los convertidores *Boost* y *Buck-Boost* es el reducido número de componentes utilizados para realizar la conversión. En estos convertidores, el inductor ( $L$ ) actúa como elemento de almacenamiento de energía primario y de transferencia desde la entrada a la salida, mientras que en los convertidores *Cuk*, *Zeta* y *SEPIC*, dicha transferencia se realiza mediante el condensador ( $C_1$ ) y el inductor ( $L_1$ ). Dependiendo de la corriente por la/s inductancia/s, los convertidores CC-CC normalmente pueden funcionar en dos modos: modo de conducción continuada (*Continuous Conduction Mode*, CCM) y modo de conducción discontinua (*Discontinuous Conduction Mode*, DCM). En CCM la corriente a través del inductor es continuada, mientras que el funcionamiento en DCM, se establece cuando la corriente por la inductancia se anula, durante el intervalo de no conducción del interruptor de potencia. El cambio más significativo respecto del modo continuo, es que en DCM la tensión de salida no es sólo proporcional al ciclo de trabajo. CCM proporciona mayor eficiencia y una mejor utilización del convertidor. Los requerimientos de filtrado también son mayores para DCM, debido a un aumento de la corriente pulsatoria. DCM permite reducir el orden dinámico del convertidor, debido a que la energía almacenada en el inductor es cero al principio y al final de cada período de conmutación. La principal ventaja de DCM es que requiere menores valores de inductancia que CCM. DCM se usa ampliamente en aplicaciones con carga constante. Las relaciones de conversión de tensión en estado estacionario, tensión de salida ( $V_o$ ) respecto de la tensión de entrada ( $V_g$ ), son determinadas suponiendo convertidores sin pérdidas y rizado de tensión nulo. Dicha relación de conversión, para *Buck-Boost*, *Cuk*, *Zeta*, *CSC* y *SEPIC* está dada por la Ec. 1 y para el *Boost* por la Ec. 2, para operación CCM y DCM.

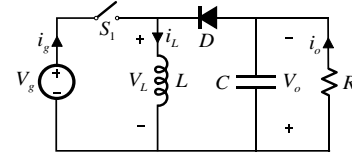
$$\text{Para CCM: } V_o = |V_g| \frac{D}{1-D} \text{ e } I_g = I_o \frac{D}{1-D}$$

$$\text{Para DCM: } V_o = D \cdot |V_g| \sqrt{\frac{R \cdot T_s}{2 \cdot L_{eq}}} \text{ e } I_g = D \cdot I_o \sqrt{\frac{R \cdot T_s}{2 \cdot L_{eq}}} \quad (1)$$

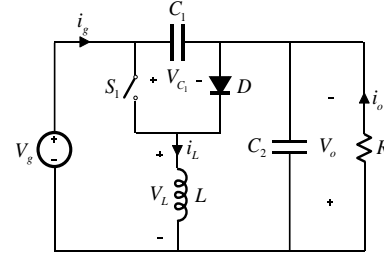
$$\text{Con } \frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \text{ Cuk, SEPIC y Zeta; } L_{eq} = L \text{ Buck-Boost y CSC}$$



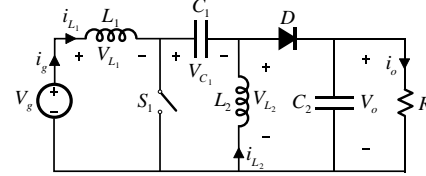
a) Convertidor Elevador (*Boost/Step-Up*).



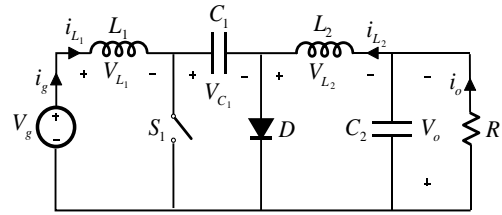
b) Convertidor Reductor-Elevador (*Buck-Boost Step-Down/Step-Up*).



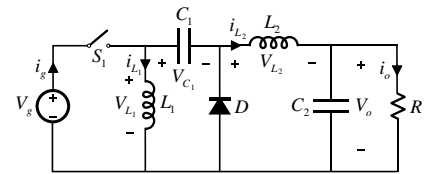
c) Convertidor CSC.



d) Convertidor SEPIC.



e) Convertidor Cuk.



f) Convertidor Zeta.

Fig. 1. Convertidores CC-CC. Configuraciones no aisladas SISO.

$$\text{Para CCM: } V_o = \frac{V_g}{1-D} \text{ e } I_g = \frac{I_o}{1-D}$$

$$\text{Para DCM: } V_o = \frac{V_g}{2} \left( 1 + \sqrt{\frac{2D^2 R \cdot T_s}{L} + 1} \right) \quad (2)$$

$$\text{e } I_g = \frac{I_o}{2} \left( 1 + \sqrt{\frac{2D^2 R \cdot T_s}{L} + 1} \right)$$

Donde  $R$  es la resistencia de carga conectada a los convertidores, y  $D$  (ciclo de trabajo) la relación entre el tiempo de conducción ( $T_{ON}$ ) y el período de conmutación ( $T_s$ ), del interruptor de potencia.

La tendencia de un convertidor para operar en DCM puede establecerse como una función del valor de  $R$ . Su valor crítico en el límite entre modos ( $R_{crit.}$ ) es una función del ciclo de trabajo, el período de conmutación y la inductancia ( $L_{eq.}$ ), y está dado mediante la Ec. 3.

$$\bullet R_{crit.} = \frac{2 L_{eq.}}{(1-D)^2 T_S} \text{ para Cuk, SEPIC, CSC y Zeta} \quad (3)$$

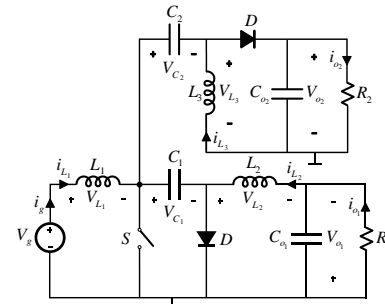
$$\bullet R_{crit.} = \frac{2L}{D(1-D)^2 T_S} \text{ para Boost}$$

Si  $R$  es mayor que  $R_{crit.}$ , los convertidores evolucionan a DCM.

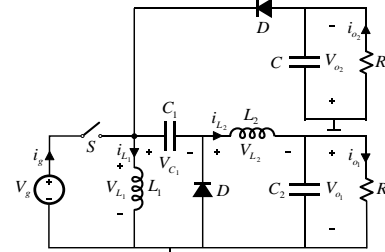
Cuando se comparan las configuraciones que se muestran en la Fig. 1, se puede observar, que todas tienen la misma parte frontal, lo cual permite combinar dichas estructuras, compartiendo el interruptor de potencia ( $S$ ) y el inductor conectado a la entrada ( $L_1$  o  $L$ ), y esto es posible, siempre que la combinación permanezca conectada al mismo nodo de conmutación. De esta forma, todos los convertidores mostrados en la Fig. 1, pueden ser modificados y combinados, dando origen a estructuras de una sola entrada y múltiples salidas. Esta combinación de convertidores con la misma parte frontal, permite el desarrollo de una familia de estructuras, como los mostrados en las Figs. 2, 3 y 4. La principal ventaja de la metodología propuesta, es que implementa configuraciones SIMO, para obtener diferentes tensiones de salida, y distinta polaridad, con solo un interruptor controlado, lo cual, simplifica el circuito de excitación al no requerir la sincronización de varios interruptores, ni el empleo de transformadores con varios devanados.

En la Fig. 2 se muestran cinco convertidores de una sola entrada y dos salidas, obtenidos mediante la combinación de los convertidores convencionales mostrados en la Fig. 1. Las configuraciones derivadas: *SEPIC/Cuk* (Fig. 2a), *Zeta/Buck-Boost* (Fig. 2b) y *Zeta/CSC* (Fig. 2c), proporcionan dos tensiones de salida de la misma magnitud, pero de polaridad opuesta, ya que en este caso, los convertidores originarios tienen la misma relación de conversión, tanto en CCM como en DCM. Mientras que en las Figs. 2d y 2e, se muestran los convertidores combinados *Cuk/Boost* y *SEPIC/Boost* respectivamente, los cuales proporcionan cada uno, una tensión de salida mayor que la aplicada a su entrada debido al convertidor elevador, y otra tensión con relación reductora-elevadora, debido al convertidor Cuk y SEPIC, pero con polaridades opuestas. De la misma forma, en la Fig. 3 se muestran dos convertidores combinados de tres salidas. La combinación *Zeta/CSC/Buck-Boost* (Fig. 3a) proporciona tres tensiones de salida con relación de conversión reductora-elevadora, pero dos con tensión negativa, debido a los convertidores CSC y *Buck-Boost*, y una positiva debido al Zeta, mientras que la combinación *SEPIC/Cuk-Boost* (Fig. 3b) desarrolla dos tensiones con la misma magnitud, pero con polaridad opuesta, debido a los convertidores SEPIC y Cuk, y

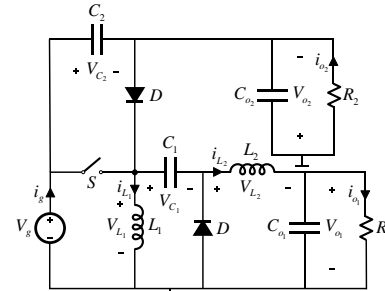
una tercera de mayor magnitud que la aplicada a la entrada, debido al convertidor Elevador.



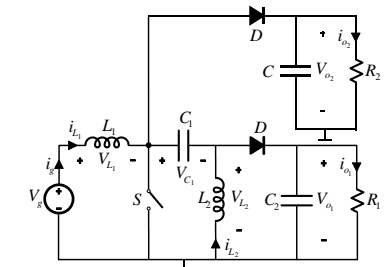
a) SEPIC/Cuk combinado.



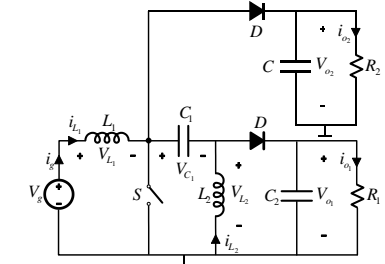
b) Zeta/Buck-Boost combinado.



c) Zeta/CSC combinado.



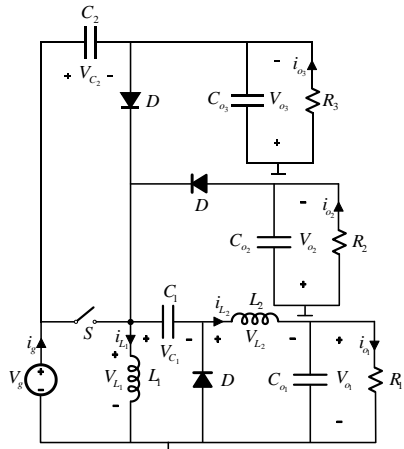
d) Cuk/Boost combinado.



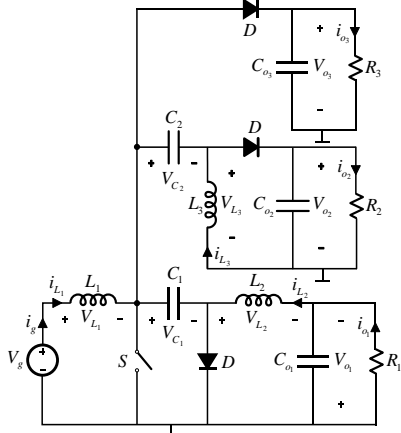
e) SEPIC/Boost combinado.

Fig. 2. Convertidores combinados SIMO de dos salidas.

Esta metodología puede ser aplicada, para derivar convertidores de cuatro, cinco y seis salidas, como se muestra en la Fig. 4.



a) Zeta/CSC/Buck-Boost combinado.

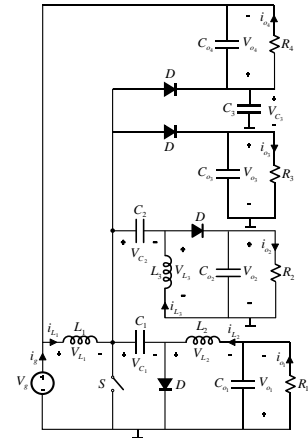


b) SEPIC/Cuk/Boost combinado.

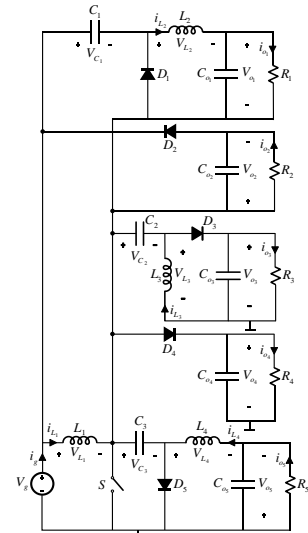
Fig. 3. Convertidores combinados SIMO de tres salidas.

### III. ANÁLISIS Y RESULTADOS DE SIMULACIÓN

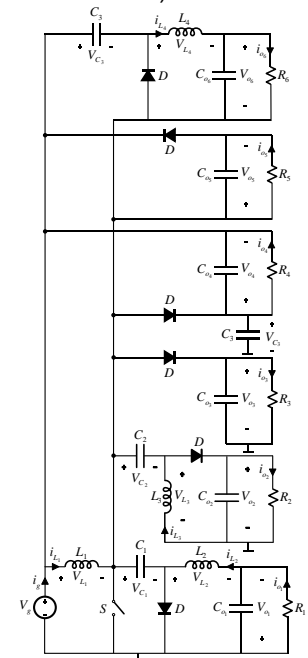
El análisis y la obtención de los diferentes modos de funcionamiento de las estructuras combinadas, puede realizarse de la misma forma que para los convertidores de una sola salida. Tomando como referencia el convertidor combinado de cinco salidas de la Fig. 4b. Cuando se cierra el interruptor  $S$ , la energía suministrada por el generador se almacena en  $L_1$ ; los inductores  $L_2$ ,  $L_3$  y  $L_4$  también almacenan energía debido a la descarga de  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$ . Durante este intervalo, los diodos de libre circulación no conducen y la energía suministrada a las cinco cargas ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  y  $R_5$ ) es proporcionada por los condensadores  $C_{02}$  para el lado Reductor-Elevador,  $C_{03}$  para el SEPIC y  $C_{04}$  para el Elevador,  $L_2$  y  $C_{01}$  para el Zeta, y  $L_4$  y  $C_{05}$  para el Cuk. Cuando se abre el interruptor  $S$ , los inductores recargan a los condensadores  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$ , y también a  $C_{01}$ ,  $C_{02}$ ,  $C_{03}$ ,  $C_{04}$  y  $C_{05}$ , que a través de los diodos de libre circulación, suministran energía a las cargas. En estas condiciones, el rizado de corriente en los inductores está dado por la Ec. 4.



a)



b).



c)

Fig. 4. Convertidores combinados SIMO de cuatro, cinco y seis salidas.

$$\begin{aligned}\Delta i_{L_1} &= \frac{V_g}{L_1} DT_S, \Delta i_{L_2} = \frac{V_g}{L_2} DT_S, \\ \Delta i_{L_3} &= \frac{V_g}{L_3} DT_S \text{ and } \Delta i_{L_4} = \frac{V_g}{L_4} DT_S\end{aligned}\quad (4)$$

En CCM, se deben cumplir las siguientes condiciones para los dos intervalos de tiempo:

$$\begin{aligned}0 &\leq t \leq DT_S: \\ V_{L_1} &= V_{L_2} = V_{L_3} = V_{L_4} = V_g \\ DT_S &\leq t \leq T_S: \\ V_{L_1} &= -V_{o1} = -V_{o2} = -V_{o3} = V_g - V_{o4} = -V_{o5}\end{aligned}\quad (5)$$

Por tanto:  $|V_{o1}| = |V_{o2}| = |V_{o4}| = |V_{o5}| = |V_{o3} - V_g|$

Mediante el balance tensión aplicada por unidad de tiempo, para los inductores  $L_1, L_2, L_3$  y  $L_4$ , se puede obtener la relación de conversión en CCM:

$$\begin{aligned}V_{o1} = V_{o2} = V_{o3} = V_{o5} &= |V_g| \frac{D}{1-D} \text{ y } V_{o4} = \frac{V_g}{1-D} \\ I_g &= \frac{V_g D^2}{(1-D)^2} \left[ \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{D^2 R_4} + \frac{1}{R_5} \right] \\ \text{con } \frac{V_g D^2}{(1-D)^2} &= \frac{V_{o1} D}{(1-D)} = \frac{V_{o2} D}{(1-D)} = \frac{V_{o3} D}{(1-D)} = \frac{V_{o4} D^2}{(1-D)} = \frac{V_{o5} D}{(1-D)}\end{aligned}\quad (6)$$

Las componentes de CC de la corriente en los inductores dependen de las resistencias de carga  $R_1, R_2, R_3, R_4$  y  $R_5$ , pero el rizado de corriente en los inductores, no depende de dichas resistencias. Así, cuando  $R_1, R_2, R_3, R_4$  y  $R_5$  aumentan, las componentes de CC de las corrientes en los inductores disminuyen, y el convertidor combinado puede evolucionar a DCM. La tendencia del convertidor a operar en DCM puede establecerse mediante el valor de carga  $R_{eq}$ ; su valor crítico ( $R_{eq,critico}$ ) en el límite entre modos, puede ser determinado como:

$$\begin{aligned}\frac{1}{R_{eq,crit.}} &= \frac{(1-D)^2 T_S}{2 L_{eq}} \text{ Para DCM } R_{eq} > R_{eq,crit.} \\ \text{con } \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{D \cdot R_4} + \frac{1}{R_5} \text{ y } \frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_4}\end{aligned}\quad (7)$$

Por lo tanto, el convertidor combinado de cinco salidas funciona en DCM cuando el rizado de corriente en los inductores  $\Delta i_{L_1}, \Delta i_{L_2}, \Delta i_{L_3}$  e  $\Delta i_{L_4}$  sea mayor que las componentes de CC. En estas condiciones, la relación de conversión en DCM se obtiene como en la Ec. 8.

El comportamiento del convertidor combinado de cinco salidas ha sido verificado y simulado mediante MatLab/Simulink<sup>®</sup>, para ello se implementó un modelo de circuito basado en la Fig. 4b, mediante bloques de Simulink. Los parámetros del modelo son los siguientes: frecuencia de conmutación de 50 kHz ( $T_S = 20 \mu s$ ),  $L_1 = 54 \mu H$ ,  $L_2 = L_3 = L_4$

$= 27 \mu H$ ,  $C_1 = C_2 = C_3 = 47 \mu F$  y  $C_{o1} = C_{o2} = C_{o3} = C_{o4} = C_{o5} = 470 \mu F$ .

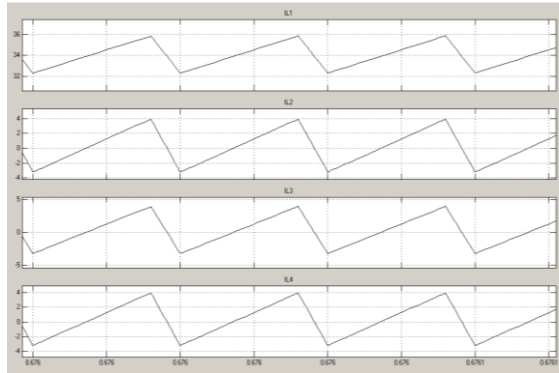
$$\begin{aligned}V_{o4} &= \frac{V_g}{2} \left[ \frac{b}{a} + \sqrt{\frac{b^2}{a^2} - \frac{4 \cdot c}{a}} \right] = V_{o1} + V_g = V_{o2} + V_g = V_{o3} + V_g = V_{o5} + V_g \\ \text{con: } a &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}; \quad b = \frac{2}{R_1} + \frac{2}{R_2} + \frac{2}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{2}{R_5} \\ c &= \frac{-D^2 T_S}{2 L_{eq}} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5}; \quad \text{y } \frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_4}\end{aligned}\quad (8)$$

La selección de los inductores se realiza de acuerdo con el valor de rizado admisible en las corrientes de entrada y salida. Generalmente el valor de  $\Delta i_{L_1}, \Delta i_{L_2}, \Delta i_{L_3}$  e  $\Delta i_{L_4}$  se establece como un porcentaje de sus valores medios. De la misma forma, la selección de los condensadores de enlace  $C_1, C_2$  y  $C_3$  y los condensadores de salida  $C_{o1}, C_{o2}, C_{o3}, C_{o4}$  y  $C_{o5}$ , se realiza para tensión constante y bajo rizado.

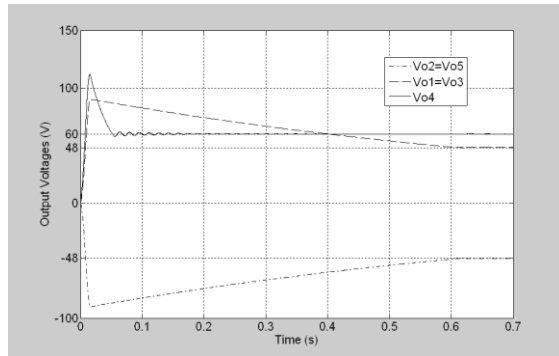
El convertidor combinado de cinco salidas, se simuló para diferentes situaciones de tensión de entrada, cargas y modos de funcionamiento. En una primera simulación, la tensión de entrada ( $V_g$ ) se establece en 12 V y  $D$  en 0,8. En estas condiciones, todas las tensiones de salida son mayores que la entrada. Los valores de resistencias de carga se establecieron en  $R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = 200 \Omega$  y  $R_4 = 10 \Omega$ . De esta manera, y de acuerdo con la Ec. 7, el convertidor funciona en CCM y proporciona las tensiones de salida (Ec. 6):  $V_{o1} = V_{o2} = V_{o3} = V_{o5} = 48$  V y  $V_{o4} = 60$  V. La Fig. 5 muestra las formas de onda de tensión y corriente, que permiten la verificación de los resultados analíticos.

En una segunda simulación, con la misma tensión de entrada y el mismo ciclo de trabajo que la primera:  $V_g = 12$  V y  $D = 0,8$ , y también con  $R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = 200 \Omega$ , pero con  $R_4 = 800 \Omega$ . De esta forma, el convertidor funciona en DCM y proporciona las tensiones de salida (Ec. 6):  $V_{o1} = V_{o2} = V_{o3} = V_{o5} = 74,62$  V y  $V_{o4} = 86,62$  V. La Fig. 6 muestra los resultados obtenidos en estas condiciones, las formas de onda de corriente en los inductores confirman que el convertidor funciona en DCM.

Finalmente en una tercera simulación, la tensión de entrada y el ciclo de trabajo se establecieron en:  $V_g = 48$  V y  $D = 0,2$ , ahora todas las tensiones de salida funcionan como reductoras, excepto para el lado elevador. Hasta el instante de simulación de 0,1 s, los valores de resistencia de carga fueron:  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 10 \Omega$ . De esta forma, el convertidor combinado funciona en CCM (Ec. 7) y de acuerdo con la Ec. 6:  $V_{o1} = V_{o2} = V_{o3} = V_{o5} = 12$  V y  $V_{o4} = 60$  V. En  $t = 0,1$  s, se produce un cambio de carga, el valor de  $R_4$  aumenta a 200  $\Omega$ . Con estas condiciones el convertidor evoluciona a DCM, y en régimen estático, las tensiones de salida proporcionan:  $V_{o1} = V_{o2} = V_{o3} = V_{o5} = 16,88$  V y  $V_{o4} = 64,88$  V. Los resultados de simulación se muestran en la Fig. 7. Se puede observar cómo antes y después del cambio en la resistencia de carga, el convertidor se comporta de acuerdo con las Ecs. 6, 7 y 8.

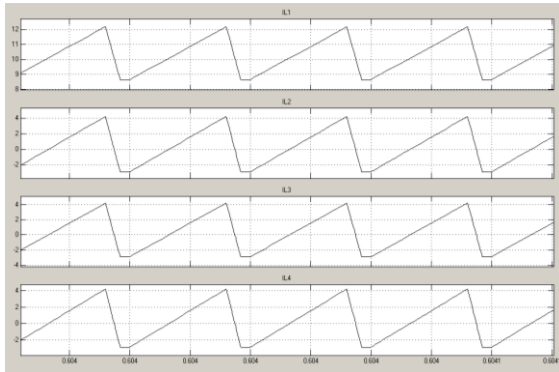


a) Corrientes a través de  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  y  $L_4$ .

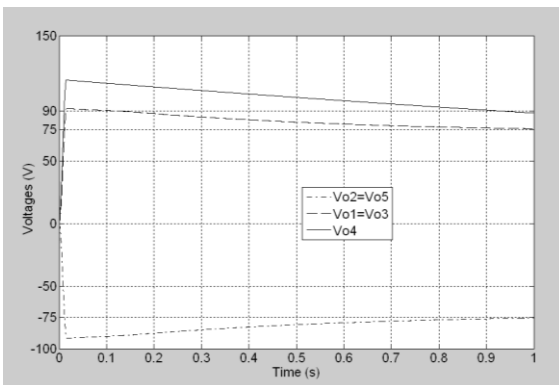


b) Tensiones de salida.

Fig. 5. Resultados de simulación para el convertidor combinado de cinco salidas como elevador en CCM.

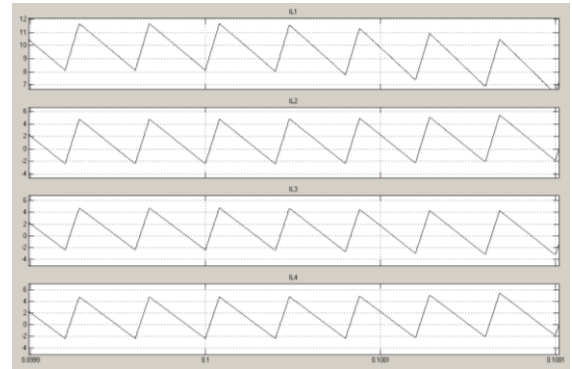


a) Corrientes a través de  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  y  $L_4$ .

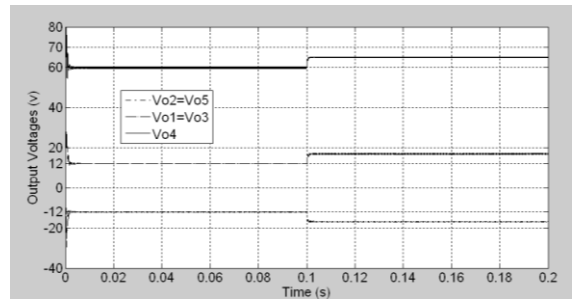


b) Tensiones de salida.

Fig. 6. Resultados de simulación para el convertidor combinado de cinco salidas como elevador en DCM.



a) Corrientes a través de  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  y  $L_4$ .



b) Tensiones de salida.

Fig. 7. Resultados de simulación para el convertidor combinado de cinco salidas en CCM y DCM.

#### IV. CONCLUSIONES

Los convertidores multipuerto permiten la interacción de diferentes fuentes, sistemas de almacenamiento y cargas con diferentes niveles de tensión. Este trabajo presenta y describe una metodología para el desarrollo y la implementación, de convertidores de una sola entrada y múltiples salidas (SIMO): de dos, tres, cuatro, cinco y seis salidas, que emplean un solo interruptor de potencia, y no requieren un transformador con varios devanados. Los convertidores derivados mediante la metodología propuesta, son el resultado de la combinación de convertidores CC-CC tradicionales de un solo inductor, como *Boost*, *CSC* y *Buck-Boost* y también topologías de dos inductores, como *Cuk*, *SEPIC* y *Zeta*. La configuración combinada de cinco salidas, obtenida mediante la metodología descrita, es analizada en modo de conducción continuo y discontinuo, y los resultados de simulación verifican el análisis realizado.

#### REFERENCES

- [1] H. Behjati, A. Davoudi, "A Multiple-Input Multiple Output DC-DC Converter" *IEEE Tran. Indus. Applic.*, vol. 49, no. 3, pp.1464-1479, May 2013.
- [2] A. Khaligh, J. Cao Y. J. Lee "A multiple-input DC-DC converter topology", *IEEE Trans. Pow. Electr.*, vol. 24, no. 3, pp.862 -868, 2009.
- [3] R.-J. Wai, K.-H. Jheng "High-efficiency single-input multiple-output DC-DC converter", *IEEE Trans. Pow. Electr.*, vol. 28, no. 2, pp.886 - 898, Feb. 2013.
- [4] M.-H. Huang and K.-H. Chen, "SIMO DC-DC converters with high light-load efficiency and minimized cross regulation for portable devices" *IEEE J. Sol.-Stat. Cir.*, vol. 44, no. 4, pp. 1099-1111, 2009.
- [5] P. Patra, A. Patra and N. Misra "A single-inductor multiple-output switcher with simultaneous Buck, Boost, and inverted outputs", *IEEE Trans. Pow. Electr.*, vol. 27, no. 4, pp.1936 -1951, Apr. 2012.