

9. Extensión a 9 Niveles

El método SHMPWM presentado se puede extender a topologías con más niveles. En particular, a la topología en cascada representada en la Figura 29 que ya fue presentada en la sección 5.4 y que con un número muy reducido de semiconductores es capaz de generar 9 niveles de tensión a la salida. Para que esto sea posible es necesario que la tensión del DC-Link de uno de los convertidores sea el triple que la del otro.

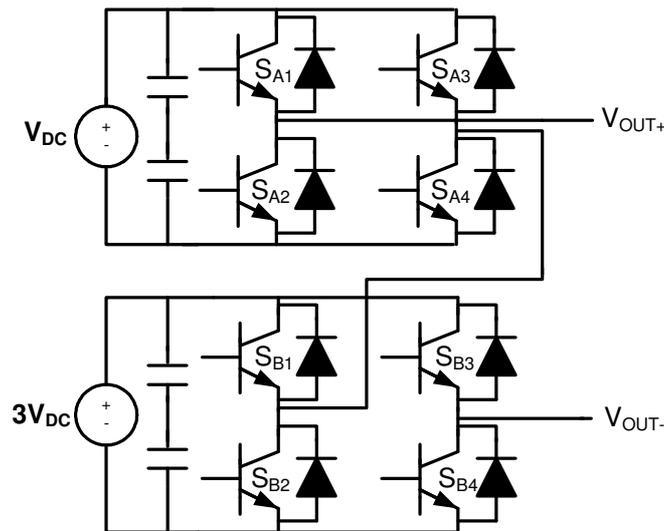


Figura 29 Convertidor monofásico de 9 niveles en cascada.

Para poder utilizar la técnica SHMPWM con esta nueva topología es necesario modificar el algoritmo para adaptarlo a las nuevas condiciones. A continuación se detallan los cambios que han sido introducidos con este objetivo.

- Se normaliza con respecto a la suma de las dos tensiones de los DC-Link de forma que el valor máximo que va a poder tomar la salida será 1.
- Se le especifica al algoritmo el valor de la tensión más pequeña de forma que la otra queda totalmente identificada ya que se está considerando que ambas suman 1. Esto permite estudiar algunos de los casos comentados en la citada sección 5.4 en los que no se obtienen 9 niveles simétricos a la salida. Para estudiar este caso en particular dicho parámetro debe tomar el valor 0.25.

Para que la adaptación del algoritmo sea más sencilla es el usuario el que especifica la forma de repartir el número de conmutaciones entre las distintas combinaciones posibles. En el caso de tres niveles no existe esa ambigüedad ya que desde la tensión más alta únicamente se puede pasar a tensión cero y desde esa tensión cero solamente podemos volver a la tensión más alta. Esto es debido a que se están

considerando únicamente ondas simétricas para conseguir la eliminación de los armónicos pares y dicha simetría permite reducir el estudio a un único cuarto de onda.

En esta nueva topología, desde el nivel 0.75 podemos subir a 1 o bajar a 0.50. Esto genera una gran variedad de combinaciones posibles. Se ha preferido estudiar únicamente aquellas ondas que se parezcan lo máximo posible a una senoide de forma que la secuencia de conmutaciones es la siguiente:

- 1.- Entre 1 y 0.75
 - 2.- Entre 0.75 y 0.5.
 - 3.- Entre 0.5 y 0.25.
 - 4.- Entre 0.25 y 0.
- Se permite al usuario que especifique el número de conmutaciones que desea realizar en cada rango. Únicamente se especifican tres (las tres primeras) ya que la suma total debe ser igual al número de cortes y por tanto la cuarta queda totalmente ligada al conocer las tres restantes.
 - Una vez se ha empezado a conmutar entre dos tensiones menores no se permite volver a subir a tensiones más altas ya que esto produciría armónicos perjudiciales.
 - Suponiendo que se está generando un coseno, se parte del nivel de tensión más alto (1) y se termina el cuarto de onda en el nivel más bajo (0).

El estudio de otras alternativas posibles se deja dentro del apartado de trabajos futuros.

En esta topología se dispone de un convertidor de nueve niveles con un número reducido de semiconductores pero no tiene tanta flexibilidad como los convertidores DCC y FCC con el mismo número de niveles ya que estos últimos permiten realizar el salto entre dos niveles de tensión adyacentes con la conmutación de un número más reducido de interruptores.

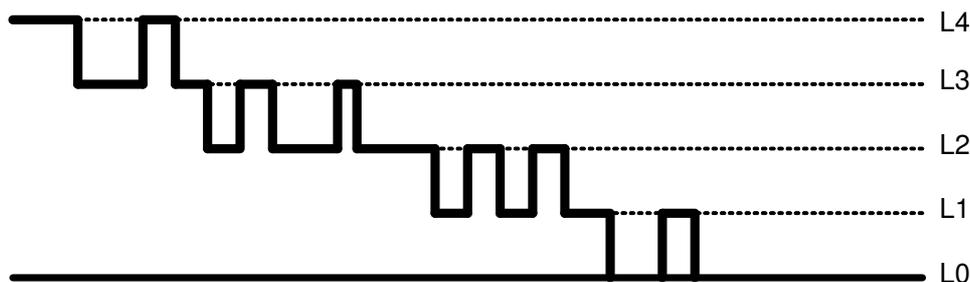


Figura 30 Formas de onda consideradas.

Esto es especialmente importante en las conmutaciones entre 0.5 y 0.25 ya que exige al convertidor de menor tensión el paso instantáneo de -0.25 a 0.25 sin pasar por cero. Además, dicha conmutación implica que ambos convertidores cambien de forma simultánea y esto puede ser problemático en la implementación real.

Tal y como ha sido ya comentado previamente, las conmutaciones de los semiconductores producen muchas pérdidas, especialmente si se está trabajando con altas potencias. Por tanto, es interesante poder reducir la frecuencia de conmutación con objeto de disminuir dichas pérdidas. Puesto que en esta topología hay un convertidor (el B) que está soportando el triple de potencia que el otro (ya que la intensidad es la misma), es preferible intentar minimizar el número de conmutaciones de dicho convertidor. Para ello se han elegido formas de onda en las que dicha etapa realice una única conmutación por cada cuarto de onda. En la Figura 31 aparece ilustrada esta idea.

9.1 Resultados obtenidos

Con todos los detalles de la implementación comentados se han conseguido buenos resultados que han sido probados con éxito mediante simulación y que hacen prever que los futuros resultados experimentales serán también satisfactorios.

Con un número total de 10 cortes por cada cuarto de onda y un único cambio en la salida del convertidor de mayor tensión se han conseguido soluciones que cumplen la norma al completo y que por tanto no necesitan ningún filtro adicional. Este hecho pone de manifiesto una vez más las buenas prestaciones de la topología del convertidor en cascada considerado.

Se han conseguido soluciones válidas en un amplio rango de Ma ; desde 0.40 hasta 1.22 superando incluso el valor de 1.20. En la Figura 32 aparecen representados los ángulos de las soluciones obtenidas con 10 cortes en el rango de Ma desde 0.84 hasta 1.15.

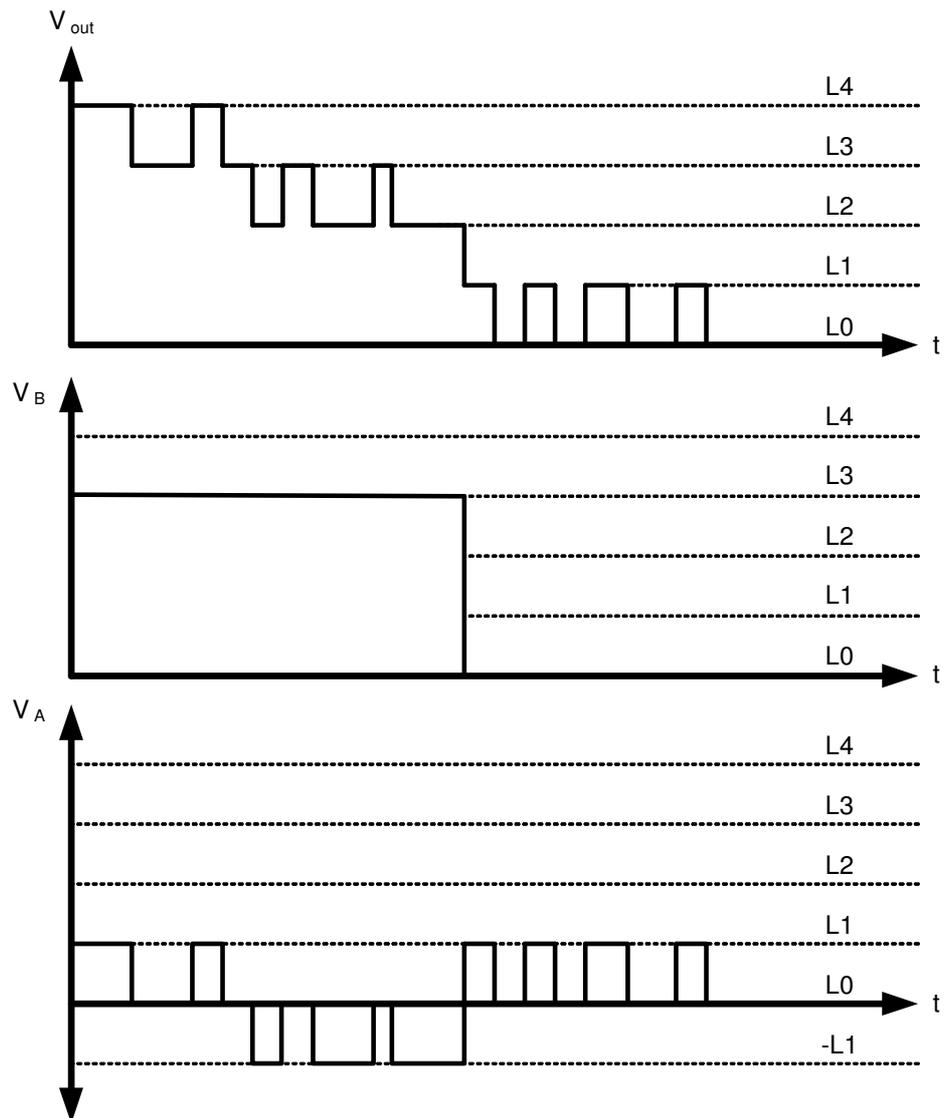


Figura 31 Detalle de la forma de generar la señal de salida del convertidor en cascada.

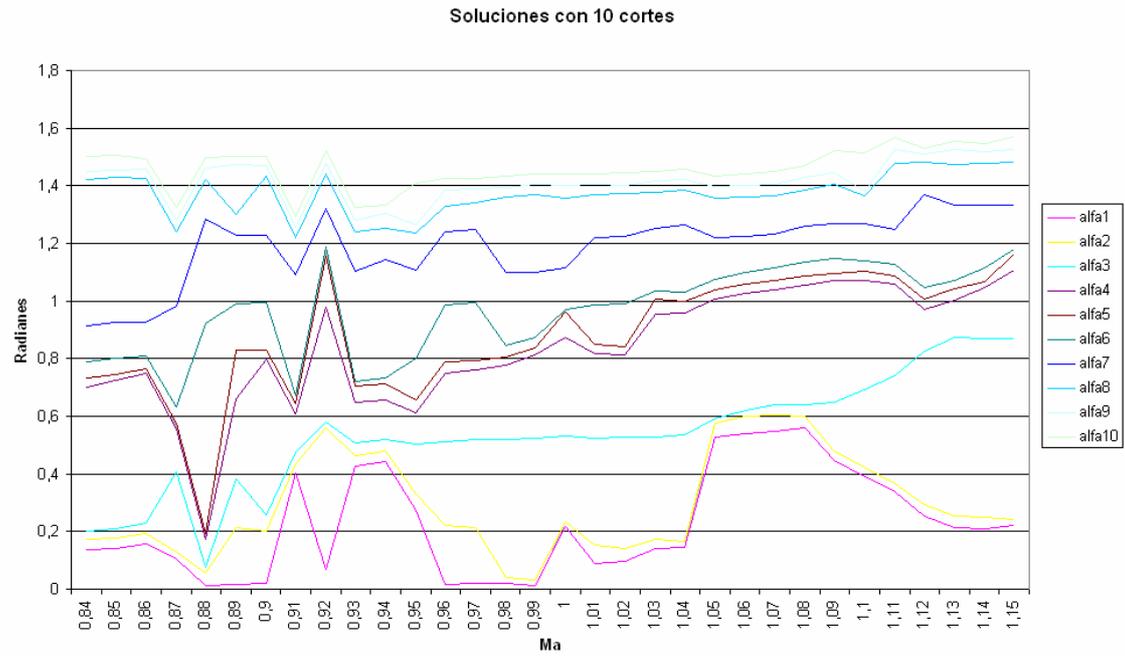


Figura 32 Soluciones con 10 cortes obtenidas con el método SHMPWM para un convertidor de nueve niveles en cascada.