

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

6.1.- CONCLUSIONES GENERALES

En esta Tesis se ha abordado el estudio de las perturbaciones conducidas producidas por los convertidores conmutados de potencia. Concretamente, como objeto del estudio se ha elegido un convertidor con una gran implantación práctica: el ondulator alimentado de red a través de un rectificador. El objetivo del estudio ha sido identificar el origen o fuentes de perturbación más significativas, caracterizar el camino de propagación de dichas perturbaciones y el efecto de diversos parámetros del sistema sobre las mismas, así como determinar el modo de propagación dominante (modo común / modo diferencial).

Para alcanzar estos objetivos se han desarrollado modelos de simulación que han sido validados con medidas experimentales. En todo momento se ha preferido que los modelos fuesen relativamente sencillos y fáciles de usar. Debe tenerse en cuenta que en un problema de Compatibilidad Electromagnética interviene un gran número de factores, muchos de ellos de difícil evaluación. Si se intenta modelar con gran exactitud todos estos factores se corre el riesgo de obtener un modelo difícil de manejar en la práctica. Un aspecto interesante a destacar es que las simulaciones se llevan a cabo fundamentalmente en el dominio frecuencial por la ventajas que ello supone y que se exponen en el Capítulo 1. En este mismo Capítulo también se estudia con detalle el sistema de medida utilizado, especialmente el analizador de espectros como receptor EMI. Es importante conocer la forma en que mide el receptor para poder comparar de forma adecuada las medidas experimentales y los resultados de las simulaciones. Otra de las conclusiones del Capítulo 1 es la idoneidad de la pinza de corriente de alta frecuencia como método de discriminación de las perturbaciones en que se propagan en modo común y diferencial frente a otros métodos.

Un aspecto importante de la Tesis es la caracterización del medio de propagación de las perturbaciones. Este es el cometido del Capítulo 2. Con este objetivo se ha desarrollado un método de medida de impedancias basado en un analizador de espectros con generador de seguimiento. Los resultados obtenidos con este método, que es una de las aportaciones de la Tesis, ha permitido asociar circuitos equivalentes de parámetros concentrados a las impedancias que se han considerado como dominantes en el sistema.

En el Capítulo 3 se aborda ya de forma concreta la perturbación generada por cada convertidor de forma aislada. En cuanto al rectificador en conducción continua se ha demostrado que el modo de propagación dominante es el diferencial y su origen es el fenómeno de conducción simultánea de los dos diodos de una misma rama durante el proceso de relevo en la conducción. En cuanto al modo común, éste resulta prácticamente despreciable frente al diferencial. Sin embargo, uno de los resultados más significativos es que se ha puesto de

manifiesto que la red artificial es un método de medida invasivo. Se ha demostrado que el nivel de perturbación generado por el rectificador depende de un parámetro externo a él mismo, como es la inductancia de la línea de alimentación. Es la red artificial la que impone este valor, que es totalmente ajeno al propio rectificador y que determina el nivel de perturbación del mismo.

Por lo que respecta al modo de propagación dominante en el caso del ondulator no se puede afirmar que haya un modo dominante. Los dos modos de propagación tienen una contribución importante al nivel global de perturbación y ninguno de ellos puede ser despreciado. Los modelos propuestos permiten estimar con un margen de error aceptable la contribución de diferentes parámetros del sistema a la generación de perturbaciones. En algunas ocasiones los resultados de simulación se ajustan perfectamente a los resultados experimentales. En otros casos, las diferencias son más acusadas. Sin embargo, en estas ocasiones, aunque el modelo no ofrezca una estimación correcta del valor absoluto de la perturbación, sí que es capaz de estimar la magnitud del cambio en la perturbación cuando se introduce algún cambio en el sistema. De los resultados de simulación se deduce que existen relaciones complejas entre los diferentes parámetros del sistema, de forma que un cambio en uno de ellos puede dar resultados difíciles de esperar de intuitivamente. En este sentido, la utilidad de los modelos propuestos es clara: permite tener una estimación numérica aceptable de la influencia de un cierto cambio en el sistema.

Una vez que han sido determinadas las perturbaciones que genera cada convertidor de forma individual, en el Capítulo 4 se ha estudiado el caso de la conexión en cascada de ambos convertidores. Se ha dedicado especial atención al caso de conducción discontinua del rectificador de entrada puesto que es un caso frecuente en la práctica y que está poco documentado en la literatura. Bajo la condición de conducción discontinua, el rectificador de entrada ya no ejerce como fuente de perturbación: actúa únicamente como parte del camino de propagación que recorren las perturbaciones generadas por el ondulator, que sigue jugando el papel de principal fuente de perturbación, hasta llegar a la red. En estas condiciones se ha establecido que para el modo común, el rectificador es prácticamente “transparente”: no altera de forma significativa el ruido generado por el ondulator. Sin embargo, para el modo diferencial actúa como modulador de amplitud del ruido generado por el ondulator. Esta es una de las aportaciones de la Tesis: el análisis del comportamiento del rectificador de entrada en régimen de conducción discontinua en cuanto a la propagación de perturbaciones.

En el Capítulo 5 se ha cambiado de planta experimental eligiendo una que intenta ser representativa del accionamiento de un motor de inducción con un ondulator trifásico. Uno de los problemas que presentan este tipo de sistemas es la circulación de corrientes en modo común en el lado motor. Otra de las aportaciones de la Tesis es la modulación vectorial especialmente pensada para reducir la circulación de corriente en modo común en el

accionamiento presentada en este Capítulo. Se ha demostrado experimentalmente que empleando esta nueva modulación, a la que se ha denominado modulación RMC, se pueden conseguir atenuaciones del orden de 20dB respecto de la modulación vectorial clásica. Esto es muy significativo si se tiene en cuenta que no es necesario alterar físicamente el sistema: basta con cambiar únicamente el patrón de conmutación que suministra el modulador. El inconveniente que presenta la modulación RMC frente a la MVC es la significativa reducción del índice de amplitud máximo que se puede conseguir. En este Capítulo también se ha aplicado la metodología desarrollada en el Capítulo 3 para calcular el valor de la corriente en modo común que se propaga hacia la carga, con lo que se vuelve a demostrar la validez de la misma.

Con los resultados obtenidos se han cubierto los objetivos propuestos: arrojar un poco de luz sobre las perturbaciones conducidas generadas por los convertidores conmutados aportando una herramienta de simulación capaz de cuantificar los niveles de perturbación generados. Aunque este trabajo es sin duda un primer paso éste no es un tema cerrado. Todavía quedan varios aspectos que abordar y cambios que se pueden introducir para mejorar los modelos de este fenómeno. En el Apartado 6.2 se esbozan dichas mejoras y las líneas de trabajo para futuras investigaciones sobre el tema.

