Evaluación del control predictivo basado en el modelo aplicado a compensadores estáticos utilizando convertidores multiniveles Puente-H en cascada

Leonardo David Comparatore Franco¹

RESUMEN

Objetivo: El presente trabajo evalúa la eficacia de nuevos enfoques de control predictivo basados en frecuencia de conmutación fija aplicado a compensadores estáticos utilizando convertidores multiniveles Puente-H en cascada enfocados en la mejora de la calidad de la potencia eléctrica a través de simulaciones, proporcionando un análisis comparativo con una técnica de control predictivo convencional basada en frecuencia de conmutación variable.

Las estimaciones de crecimiento en el escenario energético del Paraguay, según el Balance Energético Nacional 2015, publicado (en septiembre de 2016) por el Vice Ministerio de Minas y Energías (VMME) revelan que el sector residencial registró un crecimiento de 3,5% en el índice de consumo de energía eléctrica residencial por habitante. El gran crecimiento del consumo de energía eléctrica y el alto índice de pérdidas en las redes de transmisión y distribución, con un crecimiento del 5,5% durante el año 2015 con respecto al año 2014, está generando una saturación acentuada en forma creciente, de la capacidad de los sistemas de transmisión eléctrica con que se cuentan en la actualidad, siendo la demanda de energía eléctrica cada vez mayor y pudiendo su disponibilidad deficitaria desacelerar el actual crecimiento económico del Paraguay. En este contexto, en los últimos años viene repitiéndose uno de los principales problemas del sistema eléctrico, los cortes de servicio debido a picos de consumo masivo superiores a la energía disponible. Estos picos de consumo son fundamentalmente provocados por el funcionamiento simultáneo de todos los sistemas de refrigeración de una misma zona geográfica debida a las conocidas olas de calor en verano, ocasionando graves consecuencias a nivel social, provocando importantes pérdidas y un gran trastorno en la vida cotidiana. La solución aparentemente obvia sería generar más energía mediante la instalación de nuevas centrales, sin embargo, la tendencia mundial muestra que tanto o más importante como el incrementar la producción energética, es la adopción de esquemas de uso eficiente y racional de esta, promoviendo medidas de sustitución y modernización de equipos apoyando la incorporación de nuevas tecnologías específicas y con mayores niveles de eficiencia. Entre las muchas técnicas de compensación, el

1. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

E-mail: leocompa@gmail.com

DOI: 10.26885/rcei.foro.2017.178

compensador estático (STATCOM, del inglés *Static Compensator*) se encuentra como una solución factible para proporcionar un control preciso y flexible para mitigar las perturbaciones y mejorar efectivamente la calidad de la energía. De todas las topologías multinivel más utilizados en las aplicaciones STATCOM, el convertidor multinivel basado en una conexión en cascada de celdas puente-H (CHB, del inglés *Cascade H-Bridge*), es la elección más destacada para el flujo de potencia reactiva y el control de armónicos en el sistema de red de transmisión. Objetivo: Análisis teórico, evaluación e implementación de estrategias de control en tiempo discreto basadas en el control predictivo aplicados a un compensador estático basado en convertidores multiniveles Puente-H en cascada, enfocados en la mejora de la calidad de la potencia eléctrica.

Material y Método: Para lograr el objetivo propuesto, el presente trabajo divide la investigación en dos etapas complementarias, siguiendo una metodología de desarrollo gradual de las tareas a ser realizadas, documentando debidamente el trabajo y los resultados obtenidos. Las características principales de los dos ámbitos complementarios a ser abordados en el marco del presente trabajo, engloban los siguientes puntos:

1. *Modelado del compensador estático basado en convertidores multiniveles puente-H en cascada:* En este punto del trabajo se pretende modelar un compensador estático basado en convertidores multiniveles Puente-H en cascada trifásicos de tres cables, capaz de compensar (simultánea y/o individualmente) los problemas asociados a la calidad de red. En este contexto, se propone el uso de la herramienta de modelado computacional *MatLab/Simulink*.
2. *Análisis y evaluación:* El segundo punto que aborda este trabajo se centra en el análisis y la evaluación de nuevas estrategias de control aplicadas al compensador estático basado en convertidores multiniveles Puente-H en cascada trifásicos de tres cables, enfocadas en el aumento de la eficiencia y la mejora de la calidad de la potencia eléctrica. En este contexto, se pretende evaluar el alcance de las estrategias de control de tipo predictivo.

Resultados: El error cuadrático medio (MSE, del inglés *Mean Square Error*), entre la corriente de referencia y el valor real de la corriente, y la distorsión armónica total (THD, del inglés *Total Harmonic Distortion*), de la corriente de la red eléctrica se han utilizado como índices de calidad de rendimiento para comparar cuantitativamente la eficiencia de los controladores abordados y propuestos en ese trabajo. El valor del parámetro MSE obtenido con la técnica de control predictivo *convencional* da un valor de 0.5955 A. El MSE se reduce aproximadamente en 74.3% (de 0.5955 A a 0.1531 A) para el caso del control predictivo con modulación por ancho de pulso en el espacio de estados de conmutación con conmutador de estados redundantes. El valor del parámetro THD obtenido con la técnica de control predictivo *convencional* da un valor de 8.63%. El THD se reduce aproximadamente en 71.5% (8.63 % a 2.46 %) para el caso del control predictivo propuesto. El control predictivo *propuesto* presenta una ondulación y un proceso de carga/descarga de los capacitores aceptables.

Conclusiones: Según los resultados presentados, se concluye que la técnica de control propuesta presenta mejores prestaciones que la técnica de control predictivo convencional en lo que se refiere a los índices de calidad utilizados (parámetros MSE y THD) y el balance de tensiones en los capacitores.

Palabras clave: compensadores estáticos, convertidor multinivel puente-H en cascada, control predictivo basado en el modelo, frecuencia de conmutación fija.

REFERENCIAS

- Administración Nacional de Electricidad. (sf). *Línea de Transmisión 500 kV CH Yacyreta – Ayolas - Villa Hayes*. Recuperado de <http://www.ande.gov.py/documentos/ANALISISAMBIENTALYSOCIALPR-L1058.pdf>
- Comité Nacional de Eficiencia Energética. (2014). *Plan nacional de eficiencia de la República de Paraguay*. Recuperado de <http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/eficiencia/PNEE-CNEE%20%20FINAL.pdf> RESULTADOS
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. Vice Ministerio de Minas y Energías. (2016). *Balance Energético Nacional 2015*. Recuperado de <http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/balance2015/Balance%20Energetico%20Nacional%202015.pdf>