Aspectos de la implementación de controladores PI para filtros activos de potencia

Implementation aspects of PI controllers for active power filters

Raúl Terán-González, Javier Pérez-Ramírez y José Beristáin-Jiménez

Instituto Tecnológico de Sonora, Depto. De Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Avenida Antonio Caso, 2266, Villa ITSON, C.P. 85130

DOI: http://dx.doi.org/10.6036/9424

Los filtros activos de potencia (FAP) han mostrado ser una buena opción para mejorar el factor de potencia (PF) y mitigar la THD de corriente en la red eléctrica (ver Figura 1). El funcionamiento del FAP involucra dos tareas principales: regular el voltaje de cd y controlar la corriente de compensación. El cumplimiento de estas tareas requiere de un controlador en cascada, mismo que se muestra en la Figura 1, el cual consta de dos lazos de control: un lazo externo para la regulación del voltaje de cd y un lazo interno para el control de la corriente de compensación.

Se han utilizado y reportado diversos algoritmos de control en los FAPs, tales como: control repetitivo [1], control basado en pasividad [2], entre otros. En [3] se centra la atención sobre la estructura más sencilla de los controladores reportados, los controladores Proporcional-Integral (PI). Se parte de la firme idea de que los controladores PI pueden hacer que un FAP logre un buen desempeño si estos son sintonizados de forma adecuada. En este caso la finalidad de la nota técnica es presentar los detalles más importantes de la implementación con la que se validó experimentalmente la metodología de sintonización de los PI presentada en [3].

La Fig. *2* muestra el sistema con el que se realizaron las pruebas experimentales del FAP, cuyos elementos se pueden comparar con los de la Figura 1. Para la implementación se utilizó el módulo de prototipado rápido dSPACE1104. Dos aspectos muy importantes son los que se van a resaltar en la implementación del filtro activo: la reducción de ruido en las variables sensadas y el retardo en el tiempo de procesamiento en tiempo real al ejecutar el algoritmo de control.

Con la finalidad de reducir el ruido inducido por fenómenos electromagnéticos y por la inductancia del cable coaxial, se agregó un condensador C_f colocado en cada uno de los conectores justo en la

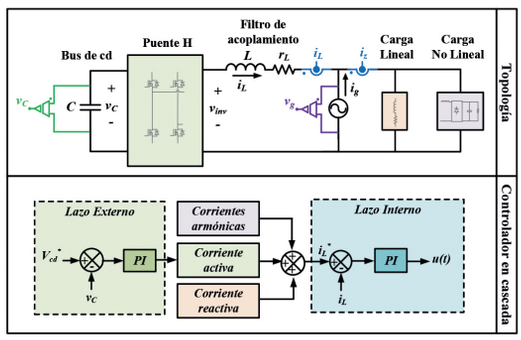


Fig. 1 Filtro activo de potencia monofásico interconectado a la red eléctrica y su esquema de control en cascada

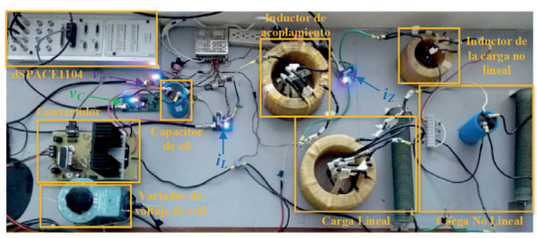


Fig. 2 Sistema experimental del FAP

unión de cada cable coaxial con el conector BNC (que llega a la dSPACE1104), formando un filtro pasa-bajas junto con la resistencia equivalente (R_{th}) que corresponde a la impedancia vista en el lugar donde se conecta dicho capacitor. Para ubicar la frecuencia de corte del filtro se tomó en cuenta el teorema del muestreo de *Nyquist*, en este caso la frecuencia de muestreo fue de 9600 Hz, y la frecuencia de corte se ubicó a 2400 Hz, la resistencia de Thevenin estimada fue de R_{th}=6kΩ, por lo que el valor del condensador utilizado quedó como sigue:

$$C_f = \frac{1}{2\pi f_c R_{th}} = 1.1052\times10^{-8} F$$

Con el fin de contrarrestar el retardo de procesamiento al generar la señal de control, y aprovechando que la señal de corriente es periódica, se emuló un adelanto de la corriente de referencia. Este adelanto en realidad es un retraso de N-1 muestras, donde N es el número de muestras por cada periodo de la corriente de referencia. Con esto se logra generar la señal de control justo en el instante que es requerida. Esto dio muy buenos resultados ya que los armónicos de corriente y la potencia reactiva en la red eléctrica permanecen estables por un buen número de ciclos del voltaje de la red eléctrica.

Una de las contribuciones más relevantes presentadas en [3] es la propuesta de modelado del FAP utilizando funciones de transferencia en la cual se basa la principal contribución que consiste en el método de sintonización. El atractivo de este método de sintonización es su sencillez y consistencia para distintas condiciones de operación, ya que considera los parámetros más importantes del sistema, tales como el voltaje eficaz (V_{rms}) de la red eléctrica, las capacidades de transferencia de potencia del convertidor (asociadas al filtro de acoplamiento *L*) y el periodo de muestreo del dispositivo digital con el que es implementado. De esta manera, y considerando que los aspectos de implementación tales como el ruido inducido y la compensación del tiempo de procesamiento son correctamente abordados, el método de sintonización es capaz de adecuarse a las condiciones propias de la red en donde sea implementado.

REFERENCIAS

[1] T. Zou, H. Geng, and K. Wang, "Optimized harmonic detecting and repetitive control scheme for shunt active power filter in synchronous reference frame," 2016 IEEE 8th Int. Power Electron. Motion Control Conf. IPEMC-ECCE Asia 2016, pp. 680–684, 2016.

[2] H. Komurcugil, "Improved passivity-based control method and its robustness analysis for single-phase uninterruptible power supply inverters," IET Power Electron., vol. 8, no. 8, pp. 1558–1570, 2015.

[3] TERÁN-GONZÁLEZ, Raúl Antonio De Jesús, PEREZ-RAMIREZ, Javier, BERISTÁIN-JIMÉNEZ, José Antonio et al. TUNING METHODOLOGY FOR PI CONTROLLERS IN ACTIVE POWER FILTERS. DYNA Energía y Sostenibilidad, Enero-Diciembre 2019, vol. 8, no. 1, [11 p.]. DOI: http://dx.doi.org/10.6036/ES9229

AGRADECIMENTOS

Se agradece al Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) por los fondos proporcionados a través de los programas PROFAPI y PFCE para el desarrollo del proyecto.