

Esquema de conmutación para convertidores estáticos con eliminación de armónicos

Mendoza Horacio¹, Serrano Miguel², Kurtz Victor Hugo¹

¹Universida Nacional de Misiones- Facultad de Ingenieria

e-mail: mendoza@fiobera.unam.edu.ar, e-mail: kurtzv@fiobera.unam.edu.ar

²UFRGS-LAMEF

e-mail: mserrano@demet.ufrgs.br

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo presenta el proyecto e implementación de un esquema de conmutación para control de tensión en convertidores estáticos alimentados en tensión. El método se basa en el control de la tensión sintetizada por el convertidor por desplazamiento de fases, el cual permite eliminar armónicas de forma selectiva. En este trabajo son presentados resultados de simulación y resultados experimentales obtenidos en un prototipo construido en laboratorio.

Las técnicas más difundidas para el comando de convertidores de frecuencia son las que se engloban bajo el nombre de modulación por ancho de pulso (PWM - *Pulse Width Modulations*). Debido a los avances tecnológicos en cuanto a llaves electrónicas de potencia, microcontroladores y procesadores de señales digitales, (DSP - *Digital signal Processing*), esto permite la operación en frecuencias elevadas de estos convertidores [1]. La ventaja de trabajar a altas frecuencias (ultrasónicas) radica en la reducción de la distorsión armónica total así como también de emisiones acústicas y electromagnéticas. Además, la operación en alta frecuencia posibilita la reducción de tamaño y de costo de los filtros utilizados en rectificadores o inversores. Una cuestión no menor es la potencia de cálculo en tiempo real necesaria para la implementación del algoritmo de comando del inversor [2].

El objetivo de la elección de un esquema de conmutación pasa por la reducción de armónicos indeseados en el espectro de la tensión de salida sintetizada por el convertidor [3] y el criterio costo beneficio para una aplicación determinada [4]. El método de ondulación conocido también como *magicsin* [5], presenta un esquema que resulta simple de ser implementado en microcontroladores de bajo costo. Este esquema de conmutación es una variante de la técnica basada en el control de tensión por desplazamiento de fases [6] para lograr formas de ondas que, descompuestas en series de Fourier permite observar la amplitud de los armónicos presentes.

2. ANÁLISIS ESPECTRAL

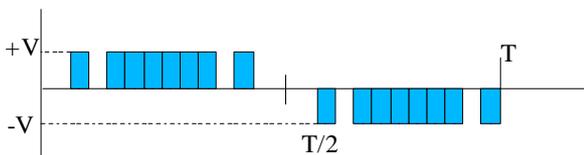


Figura 1: Forma de onda bajo analisis

En la Figura 1 se observa una de las señales [5], que se aplica al inversor, el esquema básico del circuito implementado se observa en la Figura 2 donde las señales que comandan el inversor son almacenadas en un microcontrolador. En la señal de la Figura 1 se observa que ésta tiene simetría de cuarto de onda impar por lo que su espectro solo contendrá armónicas impares, como se muestra en la Figura 3.

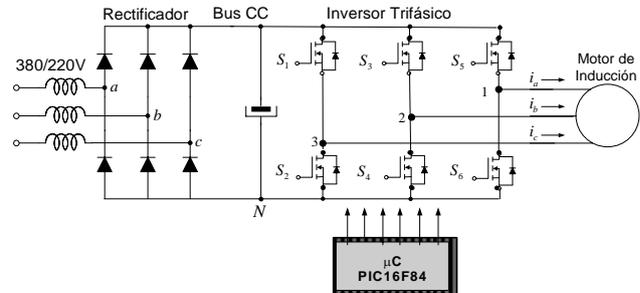


Figura 2: Circuito implementado en laboratorio

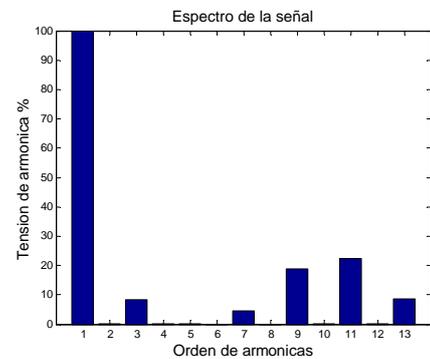


Figura 3: Espectro de la forma de onda bajo analisis

3. REDUCCIÓN DE ARMÓNICOS

La distorsión armónica total influye en la calidad de la onda de salida del convertidor, y las armónicas de mayor influencia son las de menor frecuencia, 2°, 4°, 5°, 7° y 9°. En este trabajo se minimiza las amplitudes espectrales de la tercera y la quinta armónica, y para ello es necesario analizar sólo un cuarto de onda de la señal [7], como se observa en la Figura 4:

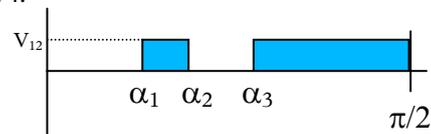


Figura 4. Analisis de la onda de salida del convertidor

La señal completa se forma con la imagen especular no invertida del cuarto de onda para conformar el semiperíodo y el segundo semiperíodo es la imagen especular invertida del primero [8]. La serie de Fourier para una onda cuadrada esta dado por:

$$V = \sum_{n=1,3,5..}^{\infty} B_n \text{sen}(n\omega t) \quad (1)$$

$$B_n = \frac{4V_s}{\pi} \frac{[-\cos(n\alpha_2) + \cos(n\alpha_1) + \cos(n\alpha_3)]}{n} \quad (2)$$

en donde para eliminar la tercera y la quinta armónica hacemos:

$$\begin{aligned} \cos(3\alpha_1) - \cos(3\alpha_2) + \cos(3\alpha_3) &= 0 \\ \cos(5\alpha_1) - \cos(5\alpha_2) + \cos(5\alpha_3) &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Para el sistema de ecuaciones se propuso que $\alpha_3 = 48^\circ$ y que los valores de α_1 y α_2 estén entre 0° y 90° con incrementos de 1° para reducir la cantidad de iteraciones a resolver. Para este caso $\alpha_1=23^\circ$ y $\alpha_2 = 39^\circ$. El análisis espectral dio como resultado lo que se observa en la figura 5. El efecto de adoptar valores múltiplos de 1° para los valores del resultado del sistema de ecuaciones es que la tercera y la quinta armónica no son nulas pero no exceden el 1,5 % de la fundamental.

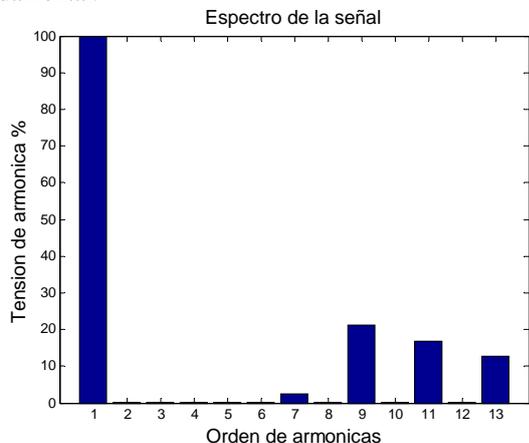


Figura 5. Espectro de la forma de onda de la Figura 1 con la eliminación de la 3ª y la 5ª armónica.

4. IMPLEMENTACIÓN DIGITAL

La implementación de estas formas de ondas en el microcontrolador se realizó mediante un diagrama de flujo como se muestra en la Figura 6. Los puertos de salida comandan los circuitos de disparo de las llaves semiconductoras y también se tiene en cuenta los desfases necesarios para gobernar el convertidor trifásico.



Figura 7. Convertidor estático implementado

5. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para la implementación del hard se utilizó el microcontrolador de la línea PIC 16F84 de Microchip, de bajo costo, y para las 6 llaves semiconductoras del inversor trifásico fueron seleccionados Mosfet de Potencia, en particular el IRF 840.

La carga seleccionada para el inversor es un motor asíncrono del tipo jaula ardilla de 1 HP de potencia. En la Figura 7 se observa el prototipo construido.

6. CONCLUSIONES

La técnica implementada proporciona una manera eficaz de reducir armónicos indeseados en la forma ondas aplicadas

convertidor aunque requiere resolver múltiples ecuaciones no lineales de manera simultánea, pero estos cálculos no se realizan en tiempo real de ejecución, los resultados se hallan mediante software de computadoras (PC) y estos resultados se almacenan en una memoria, es ahí donde resulta simple de implementar en microcontroladores de bajo costo.

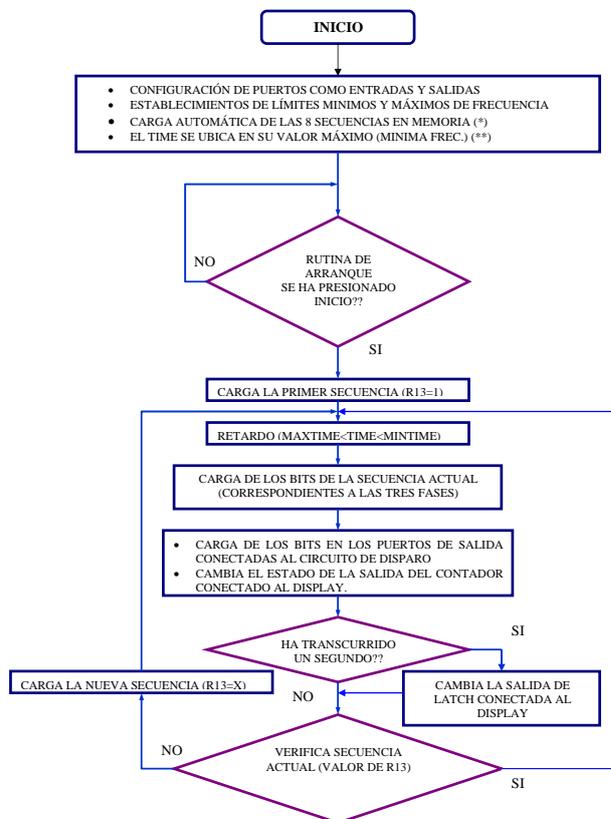


Figura 6. Diagrama de flujo implementado en el microcontrolador.

7. AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ing. Fernando Botterón, por su desinteresada colaboración en la revisión del presente trabajo.

REFERENCIAS

1. S.R.Bowes, S.Grewal and D.Holliday: *High frequency PWM technique for two and three level single-phase inverters*, Proc.IEE, 1975, 122, (1 I), pp. 181-191.
2. S.R.Bowes, *Advanced Regular-Sampled PWM control Techniques for Drives and Static Power Converter*. IEEE transactions on industry applications, vol 42 No 4, August 1995.
3. Joachim Holtz, *Pulsewidth Modulation – A Survey*. IEEE transactions on industry applications, vol 39 No 5, December 1992.
4. S.R.Bowes, *Advanced Regular-Sampled PWM control Techniques for Drives and Static Power Converter*.
5. www.tinaja.com
6. Muhammad H Rashid. *Electrónica de Potencia, circuitos dispositivos y aplicaciones*. Prentice Hall, ed 2. 1993, Pág. 387.
7. Prasad N Enjeti; Phoivos D. Ziogas; James F. Lindsay. *Programmed PWM Technique to Eliminate Harmonics: A critical evaluations*. IEEE transactions on industry applications, vol 26 No 2, March/April 1990.
8. Hwei, P Hsu: "Análisis de Fourier": (Addison Wesley Iberoamericana, ed. en Español); 1987