

## **“Millora de la qualitat del senyal altern en convertidors PWM contínua-alterna mitjançant l’eliminació selectiva d’harmònics utilitzant la transformada de Walsh”**

<sup>1</sup>Jesús Vicente Rodrigo, <sup>2</sup>Inmaculada Martínez Teixidor, <sup>3</sup>Rafael Pindado Rico

<sup>1</sup>Dept. de Disseny i Programació de Sistemes Electrònics (jesus.vicente@upc.edu)

<sup>2</sup>Dept. de Disseny i Programació de Sistemes Electrònics (inmaculada.martinez@upc.edu)

<sup>3</sup>Dept. d’Enginyeria Electrònica (pindado@eel.upc.edu)

<sup>1,2</sup>Escola Politècnica Superior d’Enginyeria de Manresa

<sup>3</sup>Escola d’Enginyeria de Terrassa

### **1. Introducció.**

En electrònica de potència, una de les formes habituals de convertir energia és la utilització de circuits convertidors contínua-alterna (també anomenats inversors). Aquesta conversió es realitza generant polsos amb una amplitud fixa i una amplada variable (“pulse width modulation”). El problema que presenta aquest mètode es l’elevat nombre d’harmònics que es generen i que provoquen interferències electromagnètiques i pèrdues d’energia. En aquest treball es presenta un mètode per al càlcul dels angles de commutació d’un senyal PWM mitjançant equacions lineals depenents de l’amplitud de la fonamental, que eliminin de manera selectiva una certa quantitat d’harmònics. Així, aquests angles es poden calcular d’una forma més senzilla que amb altres tècniques de generació PWM programada.

### **2. Metodologia.**

La relació entre coeficients de Fourier i coeficients de Walsh és el punt de partida per a calcular els angles de commutació del senyal PWM i es pot expressar amb el següent producte de matrius:

$$\mathbf{G}^F = \mathbf{B} \mathbf{G}^W \quad (1)$$

La matriu  $\mathbf{G}^F$  és un vector columna de dimensió M, que conté els coeficients de Fourier corresponents als M primers harmònics imparells ( $A_{2k-1}$ ), la matriu  $\mathbf{G}^W$  és un vector columna de dimensió N, que comprèn els coeficients de Walsh corresponents a les N primeres funcions de Walsh d’ordre  $4n-3$  ( $W_{4n-3}$ ). Els elements de la matriu B relacionen els harmònics del senyal altern a generar, amb la descomposició en suma de funcions de Walsh del senyal PWM, i es calcula com s’indica a la bibliografia.

En realitat interessa determinar una relació entre els angles de commutació del senyal PWM i els coeficients de Fourier. En primer lloc s'expressa la matriu  $G^W$  en funció dels angles de commutació ( $\alpha_i$ ) que s'agrupen en la matriu columna  $\alpha$ :

$$G^W = C \alpha + D \quad (2)$$

on C i D són les matrius de les constants que relacionen cadascun dels coeficients de Walsh amb els angles de commutació, que només existeixen en uns intervals predefinitos en els quals s'ha subdividit el primer quart de període del senyal a generar. El càlcul dels elements de C i D es detalla a la bibliografia. Combinant (1) y (2) s'obté:

$$G^F = B C \alpha + B D = E \alpha + F \quad (3)$$

Finalment per trobar els angles de commutació es resol l'equació:

$$\alpha = E^{-1} (G^F - F) \quad (4)$$

Que dóna lloc a un sistema d'equacions lineals que expressen cada angle de commutació en funció de l'amplitud de la fonamental ( $A_1$ ) y dels harmònics ( $A_3, A_5, \dots$ ). Si forcem els harmònics a zero, per eliminar-los, i deixem la fonamental com a variable, s'haurà de comprovar el rang de regulació ( $A_1$  (min) ...  $A_1$  (max)) que es pot obtenir en funció dels intervals en els quals es generaran els angles de commutació.

### 3. Conclusions.

Com a mostra dels resultats obtinguts, en la figura 1 es representen els angles de commutació, en el primer quart de període, corresponents als intervals de commutació [2, 7, 11, 15]. L'espectre harmònic corresponent a la variació de la fonamental entre el mínim i el màxim es mostra en la figura 2. Es pot comprovar l'eliminació dels harmònics 3, 5 i 7.

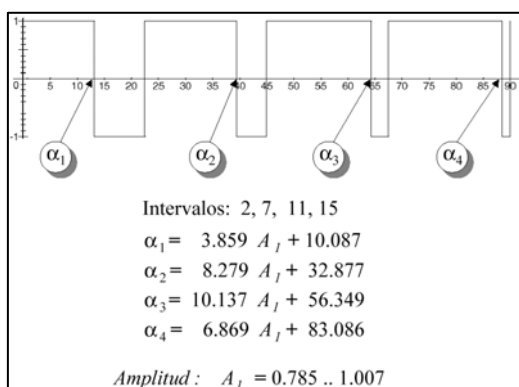


Figura 1. Angles de commutació

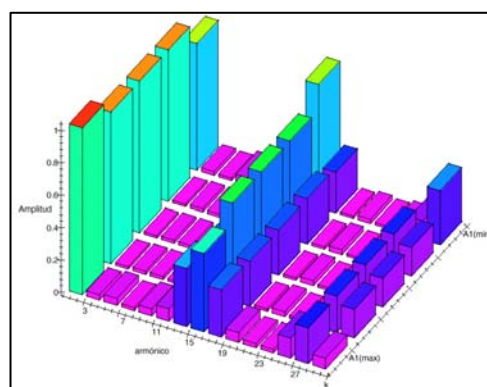


Figura 2. Espectre harmònic

No totes les combinacions d'intervals convergeixen en una solució. Per aquest motiu, s'han de calcular "off-line" els intervals amb solució per implementar a l'ordinador les equacions lineals que permetin obtenir la regulació de la fonamental més adequada per a l'aplicació.

#### **4. Bibliografia.**

- Beauchamp, K.G. Walsh functions and their applications. Academic Press. London. 1977.
- Liang, T.J. and Hoft,R.G. "Walsh function method of harmonic elimination". APEC '93. Eighth Annual Applied Power Electronics Conference and Exposition. Conference Proceedings 1993. IEEE, New York, NY, USA; 1993; 927 pp.; p.847-53. 1993.
- Siemens, K.H. and Kitai, R. "A nonrecursive equation for the Fourier transform of Walsh function". IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. vol.15, no.2; May 1973;
- J. Vicente, R. Pindado e I. Martínez. "Intervalos de existencia de los ángulos de conmutación para la eliminación armónica en convertidores PWM continua alterna mediante la transformada de Walsh". SAAEI'00. Terrassa, Septiembre 2000. pp. 179-182.