

LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA: IMPLEMENTACIÓN DE UN INVERSOR EN PUENTE COMPLETO Y CON DISTINTAS TÉCNICAS DE MODULACIÓN POR ANCHURA DE PULSO.

R. GARCÍA, J. CASTELLÓ, E. NAVARRO, S. CASANS

Laboratorio de Electrónica Industrial e Instrumentación (L.E.I.I.). Departamento de Ingeniería Electrónica. Universitat de València. 46100 Burjassot – Spain

En el presente trabajo se expone la práctica realizada en la asignatura de Electrónica de Potencia y que versa sobre el análisis y funcionamiento de un inversor en la configuración de puente completo, con distintas técnicas de modulación por anchura de pulso. Para cada una de estas técnicas de modulación se estudia la calidad de la forma de onda que se obtiene a la salida, en términos de su contenido en armónicos.

1. Introducción

En el presente trabajo se expone la experiencia llevada a cabo en el laboratorio de la asignatura troncal "Introducción a la Electrónica de Potencia" impartida por el departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Valencia para la titulación de Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones (Sistemas Electrónicos).

En esta práctica se analiza el funcionamiento de un inversor en la configuración de puente completo, con distintas técnicas de modulación por anchura de pulso. Para cada una de estas técnicas de modulación se estudia la calidad de la forma de onda que se obtiene a la salida, en términos de su contenido en armónicos.

El esquema del puente completo es el que se indica en la figura 1, donde el disparo de los MOSFETs se realiza mediante el integrado IR2110. Cabe destacar que para disponer de la máxima modularidad, el módulo de potencia y el de control se han implementado en placas separadas. La placa de potencia ya ha sido utilizada por el alumno en una práctica previa, para implementar un troceador en clase E, que se utilizaba para controlar la velocidad de un motor de continua.

En la placa de control, se han implementado las siguientes técnicas de control basadas en una modulación de la anchura de pulso:

- Modulación de un solo ancho de pulso.
- Modulación de varios anchos de pulso.
- Modulación senoidal del ancho de pulso del tipo unipolar.
- Modulación senoidal modificada del ancho de pulso (del tipo bipolar).

2. Implementación práctica.

Se han integrado las cuatro técnicas de modulación en un único PCB, cuyo diagrama eléctrico se muestra en la figura 2. Se han añadido unos jumpers que permiten cambiar la configuración del circuito de control. En la TABLA I se especifica la posición de cada uno de estos jumpers para las distintas técnicas de modulación a implementar.

La placa de control dispone de dos conectores: J1 para la alimentación simétrica (± 15 V) de la circuitería de control y J2 para la inyección de la señal portadora (señal triangular). La señal moduladora (senoidal) es de frecuencia fija, se genera internamente y su amplitud se varía con un potenciómetro con la finalidad de poder variar el índice de modulación en amplitud. Se

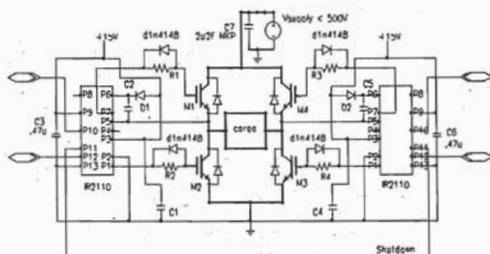


Figura 1: Esquemático de la placa de potencia (puente en H).

Para estudiar la calidad de la tensión obtenida a la salida se necesita conocer su descomposición en armónicos y determinar la distorsión armónica total de la señal y el factor de distorsión. Pero el problema que se nos planteaba era que no disponíamos de analizadores de armónicos y los osciloscopios del laboratorio no implementan la función matemática FFT. La solución más económica que se nos ocurrió fue crear un programa en VisualC para la captura de datos vía RS-232 y que llamamos CAPTURE_WAVEFORM. Para

reducir, de esta forma, el número de equipos utilizados: un osciloscopio, una fuente de alimentación simétrica y un único generador de funciones.

Para estudiar la calidad de la tensión obtenida a la salida se necesita conocer su descomposición en armónicos y determinar la distorsión armónica total de la señal y el factor de distorsión. Pero el problema que se nos planteaba era que no disponíamos de

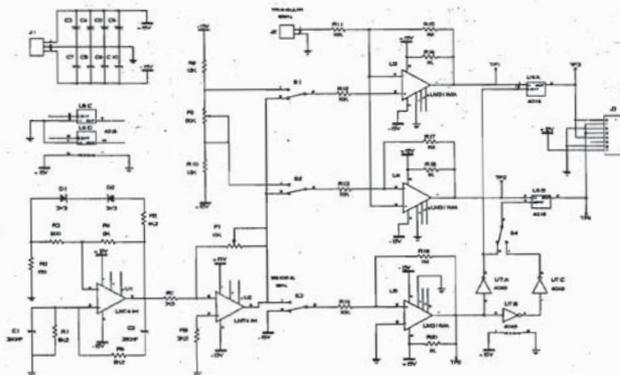


Figura 2: Diagrama eléctrico placa de control.

la captura de esta forma de onda se utiliza uno de los puertos COM del PC y no se requiere tarjeta de adquisición de datos. Los osciloscopios de prácticas son los TDS210 y TDS220 con salida GPIB y RS-232.

TABLA1: Posición de los interruptores para cada tipo de modulación

	Un pulso por semiperiodo	Varios pulsos por semiperiodo	Modulación senoidal (unipolar)	Modulación senoidal (bipolar)
S1	1	1	2	2
S2	1	1	2	2
S3	1	2	2	1
S4	2	1	1	2

Se ha aprovechado el conocimiento que el alumno dispone de MatLab para generar una función que represente el espectro de la señal y que calcule tanto la distorsión armónica total como el factor de distorsión. Parámetros estos últimos necesarios para realizar la comparación entre las 4 técnicas de control implementadas.

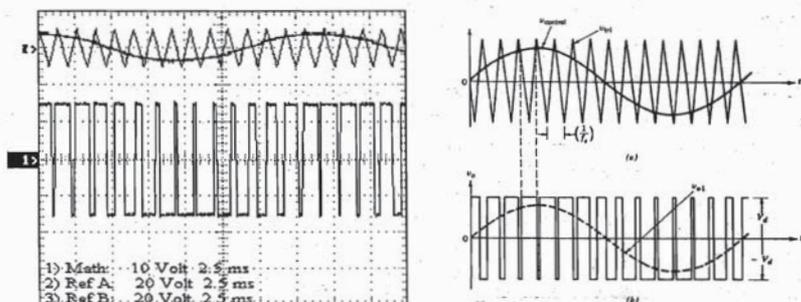


Figura 3: Modulación senoidal del ancho de pulso del tipo bipolar (teórico y experimental)

La estructura del guión de la práctica que el alumno debe cumplimentar es equivalente para las 4 técnicas de control. Básicamente empieza con los cálculos de la frecuencia de la portadora y amplitud de la moduladora para conseguir los índices de modulación en amplitud y frecuencia que se piden en la práctica. Ajustados estos valores, se pide al alumno que observe y capture las formas de onda a la salida del control (TP3 y TP4 de la figura 3), así como a la salida del puente completo (medida diferencial). También debe realizar medidas del valor eficaz de la tensión en la carga para distintos valores del índice de modulación en amplitud y realizar una comparación con los valores teóricos.

Finalmente se le pide que realice el desarrollo en serie de Fourier de la onda de salida del puente completo, utilizando las funciones de MatLab previamente definidas. También debe calcular la distorsión armónica total y el factor de distorsión, con las funciones DAT y FactorD, previamente definidas en MatLab. Como conclusión final, el alumno debe realizar

una comparación entre las 4 técnicas de control estudiadas, analizando los resultados obtenidos en DAT y FactorD.

3. Resultados.

En este apartado presentamos los resultados que se obtienen para el caso de una modulación sinusoidal del ancho de pulso del tipo unipolar para $m_f = 15$ y $m_a = 0.8$, siendo la frecuencia de la senoide de 50 Hz. En la figura 3 se presenta la forma de onda que se observa a la salida del puente completo. El espectro de la señal que se obtiene es el que se muestra en la figura 4a, similar al que se espera teóricamente (figura 4b). Además se observa que como m_f es impar, únicamente nos aparecen armónicos de orden impar. La distorsión armónica total es de 1.55 y el factor de distorsión de 0.0078.

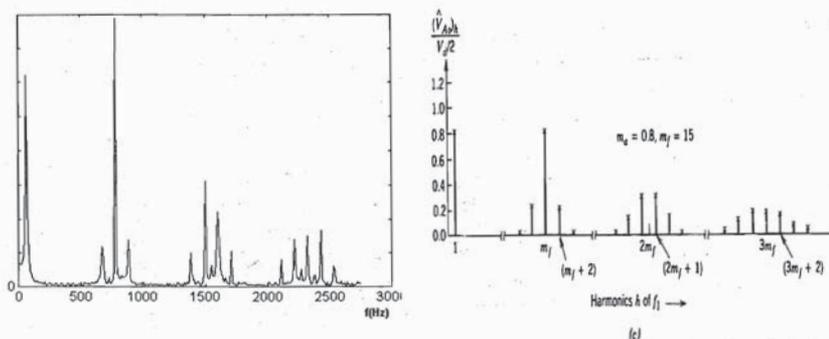


Figura 4: Espectro de salida para una modulación sinusoidal del ancho de pulso del tipo bipolar: $m_a = 0.8$, $m_f = 15$ (teórico y experimental).

4. Conclusiones

Cabe destacar la ventaja de integrar en una única placa las 4 técnicas de control PWM, antes mencionadas, lo que permite que el alumno pueda ver fácilmente las ventajas que van introduciendo cada una de ellas.

El estudio de la calidad de la señal se realiza, de forma más económica, sin necesidad de disponer de analizadores de armónicos. Únicamente se necesita un osciloscopio con salida RS-232, un PC y no se requiere tarjeta GPIB.

Referencias

- [1] Muhammad H. Rashid, "Electrónica de potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones". Segunda Edición, Prentice Hall.