

# ELECTRÓNICA DE POTENCIA

## RELACIÓN DE PROBLEMAS (5)

### PROBLEMA 34: Inversor en puente completo (onda cuadrada)

Se considera un inversor en puente completo con transistores bipolares de potencia como interruptores controlados y condensadores de entrada como elementos de estabilización de la tensión de alimentación. La carga que alimenta presenta un circuito equivalente formado por la asociación serie de una resistencia, de valor  $20 \Omega$ , y una inductancia, de valor  $50 \text{ mH}$ . Los transistores se controlan para generar una onda de tensión cuadrada de  $100 \text{ Hz}$  de frecuencia (siendo  $T$  su periodo), de manera que:

$$0 \leq t \leq T/2 \Rightarrow (T_A^+, T_B^-) \text{ ON}, (T_A^-, T_B^+) \text{ OFF}$$

$$T/2 \leq t \leq T \Rightarrow (T_A^+, T_B^-) \text{ OFF}, (T_A^-, T_B^+) \text{ ON}$$

- Dibujar cualitativamente la tensión en la carga.
- ¿Cuánto vale la tensión de alimentación del puente si el valor eficaz de la componente fundamental de la tensión en la carga es  $220 \text{ V}$ ?
- Si la corriente en la carga (a la frecuencia fundamental) presenta un valor eficaz de  $34,90 \text{ A}^2$  y puede despreciarse todos los armónicos de la serie de Fourier, calcular la potencia que consume la carga.
- Calcular la corriente media de las baterías (o condensadores de entrada),  $I_{Gm}$ .

### PROBLEMA 35: Inversor en puente completo (modulación PWM) (1)

Se dispone de un inversor en puente completo cuya tensión de alimentación es  $V_G = 500 \text{ V}$ , controlándose mediante modulación PWM sinusoidal cuyos datos son:

- Frecuencia fundamental:  $f_1 = 50 \text{ Hz}$
- Índice de modulación de amplitud:  $m_a = 0,6$
- Índice de modulación de frecuencia:  $m_f = 35$

Indicar qué tipo de modulación PWM se está llevando a cabo y obtener los valores eficaces correspondientes a los seis primeros armónicos de la tensión de salida,  $V_o$ . (Consultar la TABLA, en la página 5)

### PROBLEMA 36: **Inversor en puente completo (modulación PWM) (2)**

Un inversor en puente completo usa la técnica de modulación PWM bipolar para generar una tensión alterna cuyo armónico fundamental es de 100 Hz y se aplica a una carga inductiva (asociación serie resistencia-inductancia). La relación de modulación de frecuencia es  $m_f = 200$  y la relación de modulación de amplitud es  $m_a = 0,5$ . Suponiendo que los semiconductores son ideales:

a) Dibujar la forma de onda de la tensión de salida e indicar cómo se disparan los transistores IGBT del circuito.

b) Calcular y dibujar el primer armónico de la corriente por la carga, indicando por qué semiconductores circula.

(Datos:  $V_d = 400$  V;  $R = 20$   $\Omega$ ;  $L = 0,1$  H)

c) Se añade un condensador en serie a la carga objeto del problema, para mejorar el filtrado y la forma de la corriente de salida del inversor. Determinar el valor de este condensador, si se elige de forma que, a la frecuencia de conmutación  $f_s$ , el primer armónico de la tensión de salida llegue sin atenuación a la resistencia R.

### PROBLEMA 37: **Espectro de frecuencias**

La TABLA (página 5) muestra las amplitudes (valores de pico) de los armónicos de la tensión de salida, de un inversor en puente completo, normalizadas respecto a la tensión de continua de la entrada,  $V_d$  ( $V'_{o-h}/V_d$ , con  $h=f_h/f_1 \equiv$  orden del armónico h-ésimo respecto de la frecuencia del fundamental) en un inversor monofásico en puente completo con modulación PWM simple (tensión bipolar) válida para  $m_f \geq 9$  ( $m_f$  entero e impar) y  $m_a \leq 1$ . Se trabaja con  $f_1 = 50$  Hz y  $V_d = 540$  V.

Además, también se muestra la medida del ESPECTRO (página 4) (valores de pico nuevamente) de la tensión de salida de dicho inversor, una vez desnormalizados los valores de la tabla. Se representan las amplitudes (valores de pico reales) de la tensión fundamental ( $V'_{o-1}$ ) y de todos los armónicos presentes en dicha tensión de salida ( $V'_{o-h}$ ). Se pide:

-A tenor de lo mostrado en el ESPECTRO, indicar si se trata de PWM simple (tensión bipolar) o PWM doble (tensión unipolar).

-Indicar el índice de modulación de amplitud,  $m_a$ , empleado.

-Indicar el índice de modulación de frecuencia,  $m_f$ , elegido.

-Calcular el valor de pico de los armónicos 133-137 y de los armónicos 175-185, completando los recuadros del dibujo del ESPECTRO. Indicar igualmente las frecuencias que corresponden a estos armónicos.

Indicar la certeza o falsedad de las siguientes afirmaciones:

-El armónico más difícil de filtrar es el de 6750 Hz.

-Si  $m_a$  pasa a valer 0'2, el armónico más cercano al fundamental tiene una amplitud menor que para el resto de valores de  $m_a$  de la TABLA. En ese caso, la amplitud de ese armónico sería 8'64 V y su frecuencia 2150 Hz.

-Si aumenta la frecuencia de la señal triangular,  $f_s$ , se dificulta el filtrado de los armónicos.

-Si se aumenta  $m_a$  a 1, el armónico más cercano al fundamental es de mayor frecuencia (que para el caso de  $m_a=0'6$ ), por lo que más fácil de filtrar.

-Si aumento  $m_a$  a 0'8, disminuye el valor de pico del fundamental.

-Se coloca un filtro paso bajo para eliminar los armónicos existentes en la señal de salida del inversor. El armónico 95 (con  $m_a=0'6$ ) no necesita ser eliminado por dicho filtro (el filtro no necesita atenuar esa frecuencia).

-El valor eficaz de la tensión de salida filtrada es de 324 V.

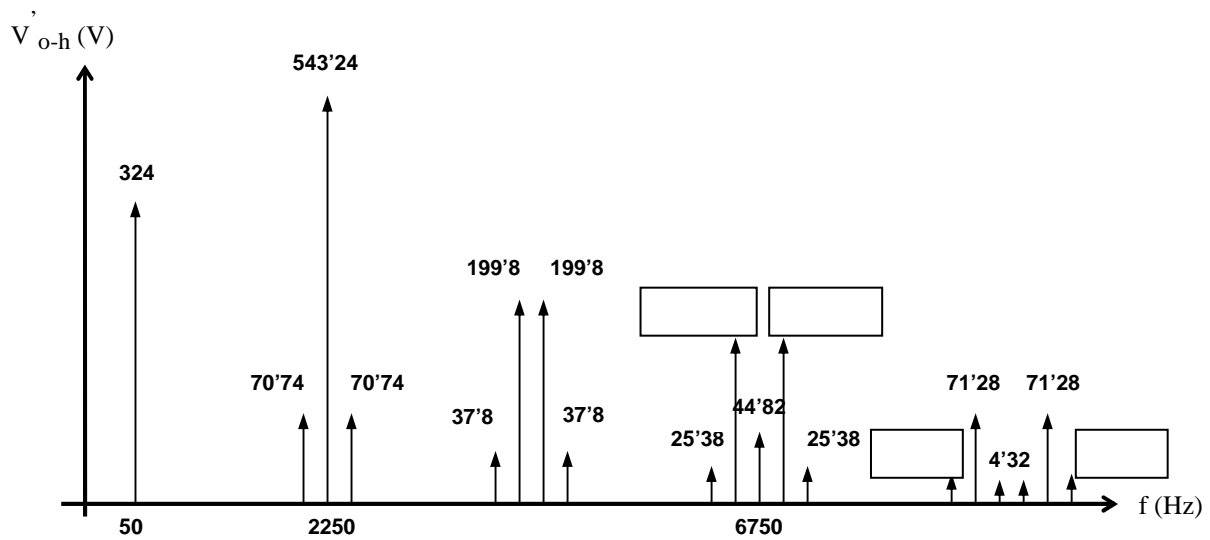
-Los armónicos 131 y 185 (con  $m_a=0'6$ ) deben ser atenuados por el filtro en un factor de 0'047 y 0'034 respectivamente.

Si, por motivos de diseño, se necesita trabajar con un valor de  $m_a \gg 1$ ,

-Se mejora la distorsión de la tensión de salida respecto a trabajar con  $m_a < 1$  (la señal de salida presenta menos componentes frecuenciales).

-Se consigue anular los armónicos impares de la tensión de salida.

-Aparecen armónicos de baja frecuencia (comparada con la frecuencia de conmutación de los transistores,  $f_s$ ), de frecuencia múltiplos del fundamental ( $3^{\text{er}}$ ,  $5^{\text{o}}$ ,  $7^{\text{o}}$  armónico, etc), de manera que se necesita un filtro mayor que en el caso de  $m_a < 1$ .



ESPECTRO

$h=f_h/f_1$	$m_a$				
	0'2	0'4	0'6	0'8	1
1	0'2	0'4	0'6	0'8	1
$m_f$	1'242	1'15	1'006	0'818	0'601
$m_{f\pm 2}$	0'016	0'061	0'131	0'220	0'318
$m_{f\pm 4}$	-----	-----	-----	-----	0'018
$2m_{f\pm 1}$	0'190	0'326	0'370	0'314	0'181
$2m_{f\pm 3}$	-----	0'024	0'071	0'139	0'212
$2m_{f\pm 5}$	-----	-----	-----	0'013	0'033
$3m_f$	0'335	0'123	0'083	0'171	0'113
$3m_{f\pm 2}$	0'044	0'139	0'203	0'176	0'062
$3m_{f\pm 4}$	-----	0'012	0'047	0'104	0'157
$3m_{f\pm 6}$	-----	-----	-----	0'016	0'044
$4m_{f\pm 1}$	0'163	0'157	0'008	0'105	0'068
$4m_{f\pm 3}$	0'012	0'070	0'132	0'115	0'009
$4m_{f\pm 5}$	-----	-----	0'034	0'084	0'119
$4m_{f\pm 7}$	-----	-----	-----	0'017	0'050

TABLA