

Solución propuesta

Apartado 1

Estrategia de control correspondiente a la figura 2:

Mediante la tabla de las series de Fourier obtenemos la expresión del primer armónico de la tensión de la línea V_{AB} . Para seleccionar la forma de onda adecuada se ha representado en la Figura 2 la forma de onda de la tensión V_{AB} .

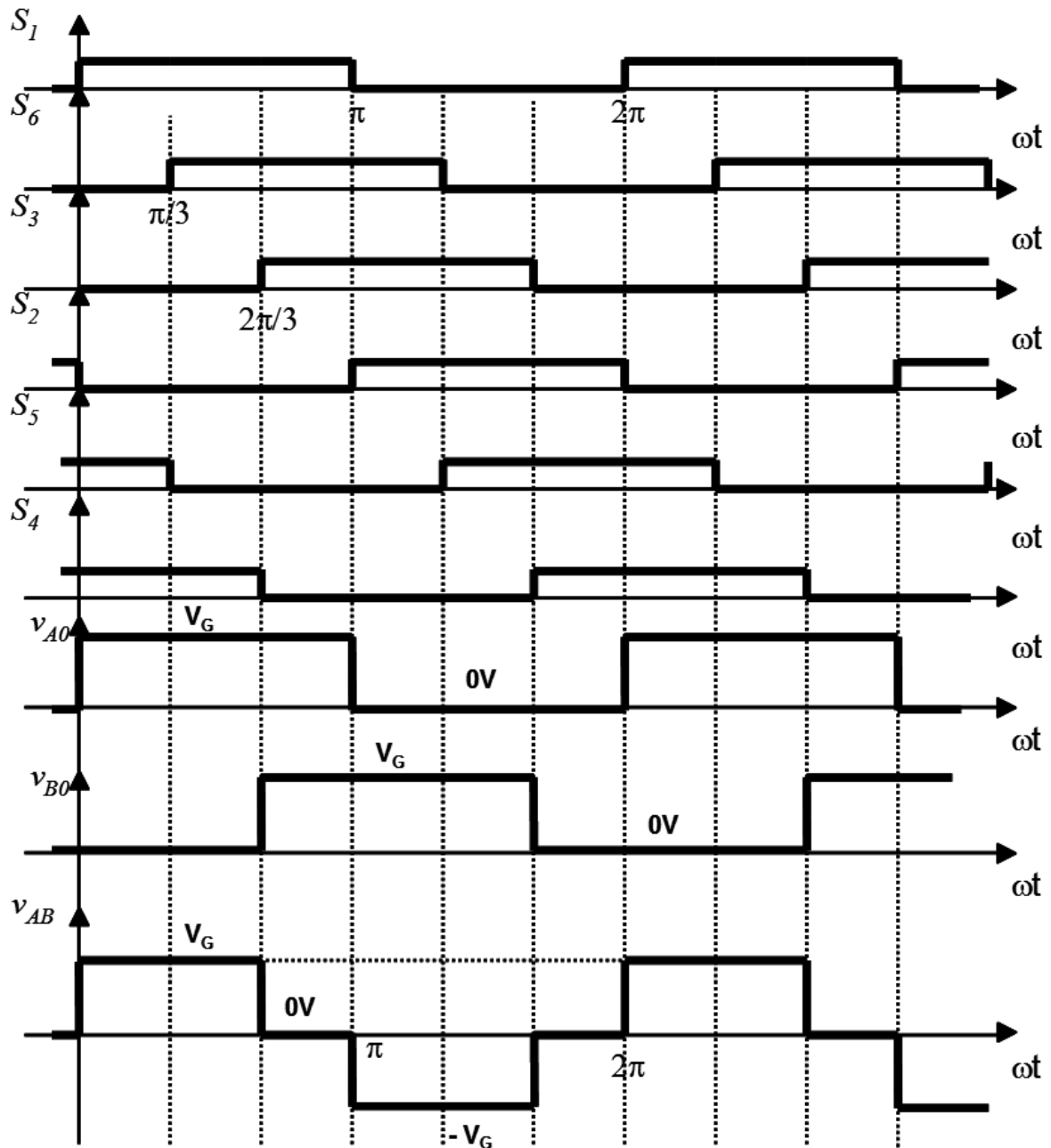


Figura 2

El valor eficaz del primer armónico viene dado por:

$$V_{AB1ef} = \frac{4}{\pi} \cdot V_G \cdot \cos 30^\circ \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Por lo tanto para obtener el valor pedido:

$$V_G = \frac{400 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi}{4 \cdot \cos 30^\circ} = 513 \text{ V}$$

Modulación PWM sinusoidal:

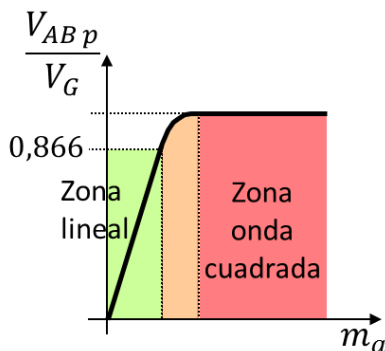
De la tabla de modulación PWM sinusoidal trifásica con $m_a = 0,8$ obtenemos que el valor eficaz del primer armónico es:

$$V_{AB\ 1\ ef} = 0,693 \cdot V_G / \sqrt{2}$$

Por lo tanto para obtener el valor pedido:

$$V_G = \frac{400 \cdot \sqrt{2}}{0,693} = 816,3 \text{ V}$$

El resultado es lógico teniendo en cuenta que la estrategia de control de la figura P2, es un caso particular de la modulación PWM sinusoidal, en concreto se corresponde con la zona denominada de onda cuadrada. Con la modulación PWM en la zona de onda cuadrada se obtienen mayores valores del primer armónico de tensión que en la zona lineal para el mismo valor de la tensión de entrada V_G .



Apartado 2

Para el cálculo de la DAT de la corriente de carga, tenemos que determinar el valor de los distintos armónicos de corriente:

$$DAT = \frac{\sqrt{\sum_{n=2} I_{L\ n\ ef}^2}}{I_{L\ 1\ ef}}$$

Los armónicos de la corriente i_L se pueden determinar directamente a través de los armónicos de la tensión de línea y de la impedancia de la carga. Para cada armónico de corriente su valor eficaz viene determinado por la expresión:

$$I_{L\ n\ ef} = V_{AB\ n\ ef} / |Z(f_n)|$$

Donde:

$$|Z(f_n)| = \sqrt{R^2 + (2\pi \cdot n \cdot f \cdot L)^2}$$

Obtenemos el valor eficaz de los 3 primeros armónicos de la tensión de línea V_{AB} de la misma forma que en el apartado 1:

Estrategia de control correspondiente a la Figura 2

Para esta estrategia, se cumple:

$$V_{AB\ n\ ef} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{\cos 30^\circ}{n} \cdot \frac{V_G}{\sqrt{2}}$$

n	$f_n = n \cdot f$	$V_{AB\ n\ ef}$	$ Z(f_n) $	$I_{L\ n\ ef}$
1	50	400	10,48	38,16
3	250	80	18,62	4,3
7	350	557,14	24,16	2,37

Por tanto la DAT es:

$$DAT = \frac{\sqrt{4,3^2 + 2,37^2}}{38,16} = 12,9\%$$

Modulación PWM sinusoidal:

Para esta estrategia se cumple:

$$V_{AB\ n\ ef} = k_n \cdot \frac{V_G}{\sqrt{2}}$$

Donde k_n es el parámetro que se obtiene de la tabla de modulación PWM sinusoidal trifásica

n	$f_n = n \cdot f$	k_n	$V_{AB\ n\ ef}$	$ Z(f_n) $	$I_{L\ n\ ef}$
1	50		400	10,48	38,16
19	950	0,19	109,6	60,52	1,81
23	1150	0,19	109,6	72,94	1,5

Por tanto la DAT es:

$$DAT = \frac{\sqrt{1,81^2 + 1,5^2}}{38,16} = 6,2\%$$

Es un resultado lógico, ya que con modulación PWM sinusoidal en la zona de onda cuadrada aparecen armónicos de baja frecuencia (frecuencia de la moduladora) y la distorsión de la corriente es mayor que en la zona lineal donde los armónicos sólo son de alta frecuencia (frecuencia de la portadora).

Apartado 3

Para calcular la potencia en la carga, hay que sumar la potencia que se cede a cada una de las fases. Sólo la parte resistiva de la carga consume potencia, por lo tanto:

$$P = 3 \cdot (R \cdot I_{L\ ef}^2)$$

donde $I_{L\ ef}^2$ viene dado por:

$$I_{L\ ef}^2 = \sum_{n=1}^{\infty} I_{L\ n\ ef}^2$$

Por último para determinar el valor medio de la corriente que proporciona la fuente se realiza un balance de potencia. La potencia suministrada a la carga (P) por la fuente debe ser igual a la potencia suministrada por la fuente (P_G) ya que todos los semiconductores son ideales.

$$P_G = P = V_G \cdot \bar{i}_G \Rightarrow \bar{i}_G = P/V_G$$

Con las expresiones anteriores se calculan los valores para cada una de las estrategias de control:

<u>Estrategia de control Figura 2:</u>	<u>Modulación PWM sinusoidal:</u>
$I_{L\,ef}^2 = 38,12^2 + 4,3^2 + 2,37^2 = 1480$ $P = 3 \cdot 10 \cdot 1480 = 44,4 \text{ kW}$ $\bar{i}_G = \frac{44,4 \cdot 10^{-3}}{513} = 87 \text{ A}$	$I_{L\,ef}^2 = 38,12^2 + 1,8^2 + 1,5^2 = 1462$ $P = 3 \cdot 10 \cdot 1462 = 43,86 \text{ kW}$ $\bar{i}_G = \frac{43,86 \cdot 10^{-3}}{816} = 54 \text{ A}$

Apartado 4:

Para la estrategia de la figura 2 con una tensión de 400V de continua, se obtiene un valor eficaz del primer armónico:

$$V_{AB\,1\,ef} = \frac{4}{\pi} \cdot V_G \cdot \cos 30^\circ \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 311,9 \text{ V}$$

El valor eficaz máximo del primer armónico con modulación PWM sinusoidal en zona lineal se obtiene para $m_a = 1$.

$$V_{AB\,1\,ef} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 0,866 \cdot 400 = 245 \text{ V}$$

Por lo tanto no es posible obtener con modulación PWM sinusoidal en zona lineal el mismo valor eficaz que con la estrategia de la figura 2.