

CONVERTIDORES ELECTRÓNICOS DE POTENCIA DC-AC O INVERSORES: SEGUNDO PROBLEMA

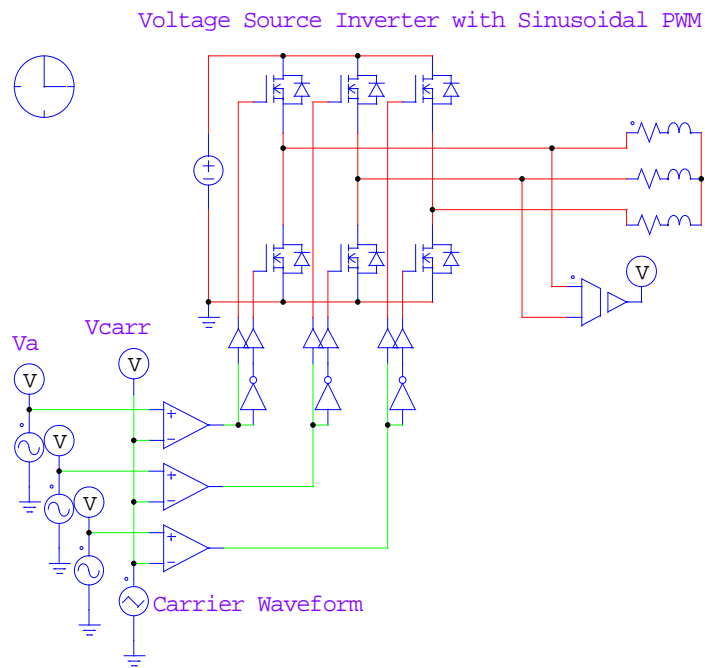
F. Javier Maseda

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA
SISTEMEN INGENIARITZA ETA AUTOMATIKA SAILA



SEGUNDO PROBLEMA

A.- El siguiente circuito inversor trifásico está conectado a una tensión de entrada continua de 750V, con un sistema de modulación PWM de 16kHz. La carga se puede considerar formada por una resistencia de 5Ω y 100mH. Se quiere que la tensión varíe en la salida entre 15 y 50 Hz de forma proporcional a la frecuencia. Siendo 50Hz la frecuencia nominal base de la carga, además a esta frecuencia se quiere obtener el máximo de tensión eficaz de salida a partir de la tensión continua de entrada. Calcular:



- Rango de variación de la tensión de fase de salida con la frecuencia.
- Indica cual es el índice de modulación en ambos casos.
- Calcular la corriente por la carga en ambos casos.
- ¿Qué conclusiones extraes de caso analizado?

B.- Hacer el mismo problema considerando un sistema de modulación six-step. Si no es posible, indica que condiciones que debe tener el sistema para poder realizar lo que se pide.

Nota: Utilizar las herramientas de simulación para apoyar aquellos cálculos que no se puedan realizar totalmente de forma manual. Indicar para que se ha utilizado PSIM, cómo y porqué.



Modulación PWM

A.- Para el siguiente circuito inversor trifásico con una tensión de entrada continua de 750V, un sistema de modulación PWM de 16kHz. La carga se puede considerar formada por una resistencia de 5Ω y 100mH. Se quiere que la tensión varíe en la salida entre 15 y 50 Hz de forma proporcional a la frecuencia. Siendo 50Hz la frecuencia nominal base de la carga, además a esta frecuencia se quiere obtener el máximo de tensión eficaz de salida a partir de la tensión continua de entrada. Calcular:

- Rango de variación de la tensión de fase de salida con la frecuencia.
- Indica cual es el índice de modulación en ambos casos.
- Calcular la corriente por la carga en ambos casos.
- ¿Qué conclusiones extraes de caso analizado?

- La carga tiene una frecuencia nominal de 50Hz que será a la que tengamos que someter a la carga a la tensión nominal. Como se quiere obtener el máximo de tensión posible a partir de la de entrada, en la frecuencia base consideramos un índice de modulación $m_a=1$.

$$(v_{AB})_1 = \sqrt{3}m_a \frac{V_{entrada}}{2} \text{sen } \omega_1 t = 0.866m_a V_{entrada} \text{sen } \omega_1 t = 0.886 \cdot 1 \cdot 750 \text{sen } \omega_1 t = 649.52 \text{sen } \omega_1 t$$

$$(V_{AB})_{1,rms} = \frac{649.52}{\sqrt{2}} = 459.28V$$

$$V_{a,rms} = \frac{459.28}{\sqrt{3}} = 265.2V$$

- Para mantener la proporción de tensión y frecuencia, nueva tensión debería ser en valor eficaz:

$$V_{15Hz} = \frac{V_{50Hz} \cdot 15}{50} = \frac{265.2 \cdot 15}{50} = 79.56V$$

Por lo que el índice de modulación debe ser:

$$\sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot 79.56 = \sqrt{3} \cdot m_a \frac{750}{2} \Rightarrow m_a = 0.3$$

- Vamos a comprobar el valor de la corriente de fase en ambos casos:

1.- 50Hz

$$Z = \sqrt{5^2 + (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0.1)^2} = 31.81\Omega$$

$$I_a = \frac{265.2}{Z} = 8.34A$$

2.- 15Hz

$$Z = \sqrt{5^2 + (2 \cdot \pi \cdot 15 \cdot 0.1)^2} = 10.67\Omega$$

$$I_a = \frac{79.56}{Z} = 7.5A$$

- Se aprecia que no es exactamente igual, pero tiende a mantenerse.



Modulación six-step

B.- Hacer el mismo problema considerando un sistema de modulación six-step. Si no es posible, indica que condiciones que debe tener el sistema para poder realizar lo que se pide.

- ❑ Con el sistema tal y como está es imposible, porque el sistema six-step no puede controlar el valor eficaz de la tensión de salida. Solo puede controlar la frecuencia.
- ❑ Por ello una forma de hacerlo sería controlar la tensión continua de entrada mediante un controlador DC-DC, por lo que el rango de variación de tensión de entrada sería:

1.- 50Hz

$$(v_{AB})_1 = \frac{2 \cdot \sqrt{3}}{\pi} V_{entrada} \text{sen } \omega_1 t = 826.99 \text{sen } \omega_1 t$$

$$(V_{AB})_{1,rms} = \frac{826.99}{\sqrt{2}} = 584.77V$$

$$V_{a,rms} = \frac{584.77}{\sqrt{3}} = 337.62V$$

Para mantener la proporción de tensión y frecuencia, nueva tensión debería ser en valor eficaz:

$$V_{15Hz} = \frac{V_{50Hz} \cdot 15}{50} = \frac{337.62 \cdot 15}{50} = 101.28V$$

Por lo que la nueva tensión continua de entrada debe ser:

$$\sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot 101.28 = \frac{2 \cdot \sqrt{3}}{\pi} V_{entrada} \Rightarrow V_{entrada} = 224.99V$$

Vamos a comprobar el valor de la corriente de fase en ambos casos:

1.- 50Hz

$$Z = \sqrt{5^2 + (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0.1)^2} = 31.81\Omega$$

$$I_a = \frac{337.62}{Z} = 10.61A$$

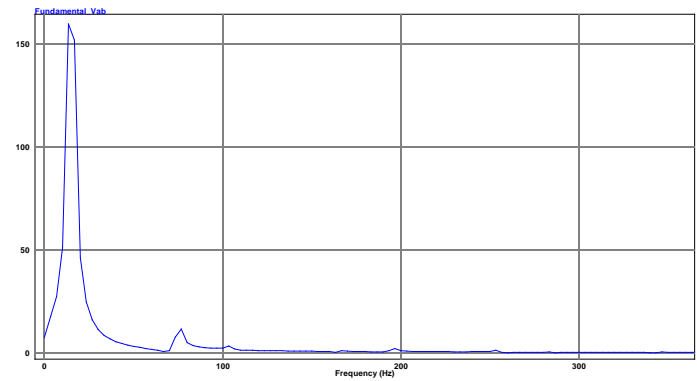
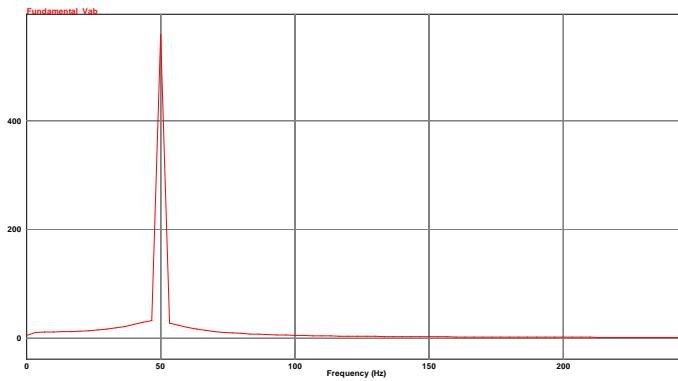
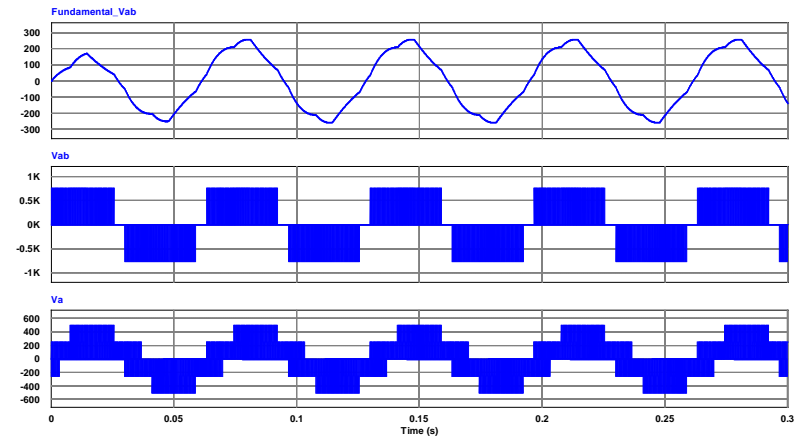
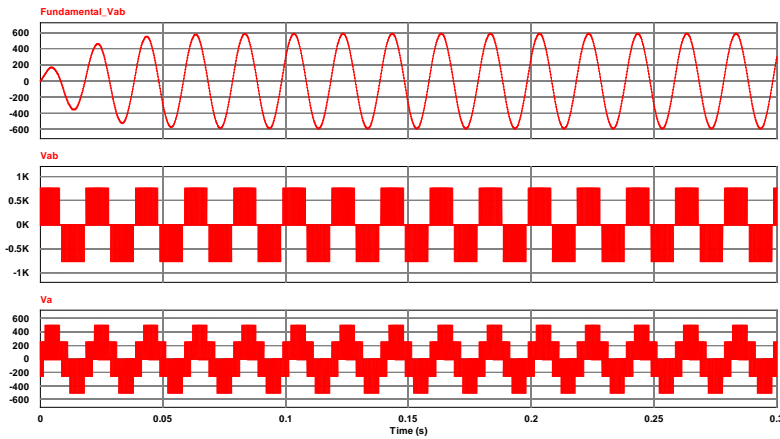
2.- 15Hz

$$Z = \sqrt{5^2 + (2 \cdot \pi \cdot 15 \cdot 0.1)^2} = 10.67\Omega$$

$$I_a = \frac{101.28}{Z} = 9.5A$$



Resultados gráficos PWM



$$(v_{AB})_1 = 649.52 \text{ sen } \omega_1 t$$

50Hz

$$(v_{AB})_1 = \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot 79.56 \text{ sen } \omega_1 t = 192 \text{ sen } \omega_1 t$$

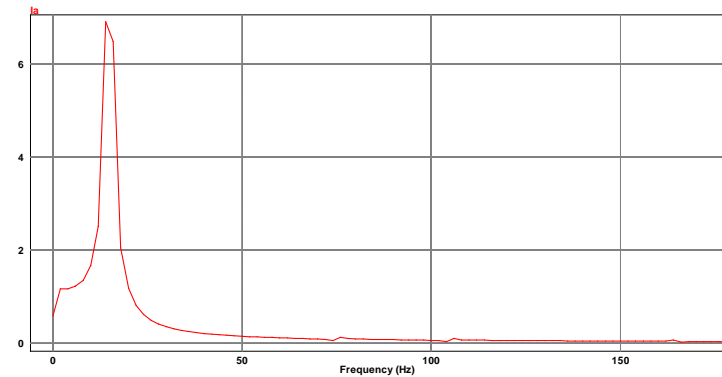
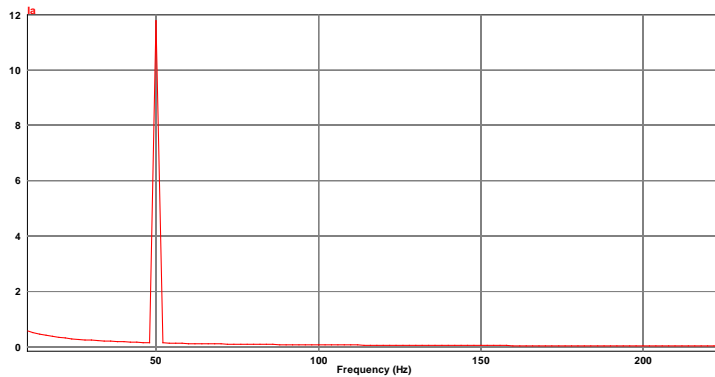
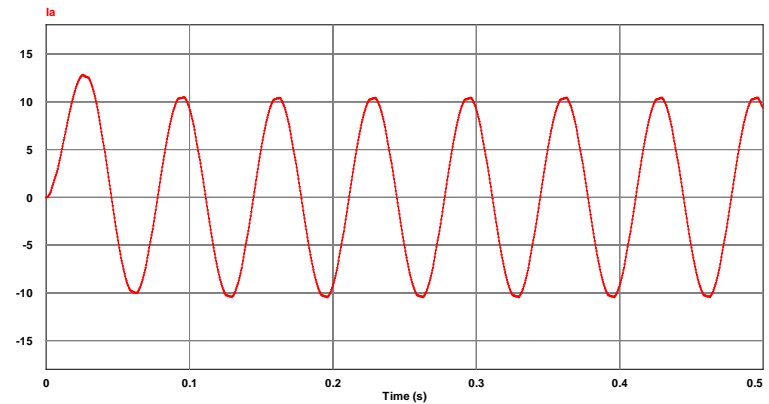
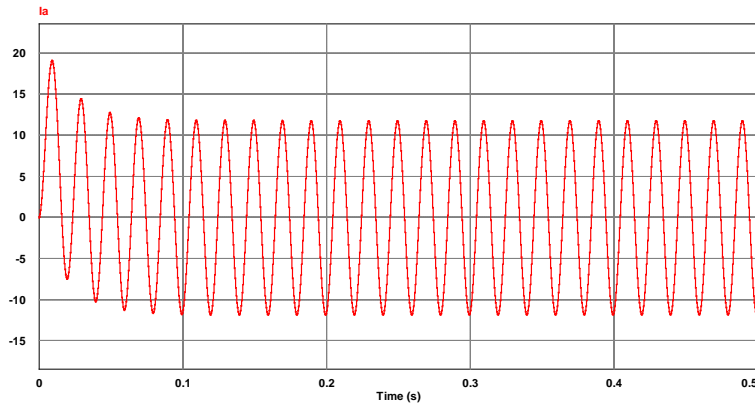
15Hz



Resultados gráficos PWM

50Hz

15Hz

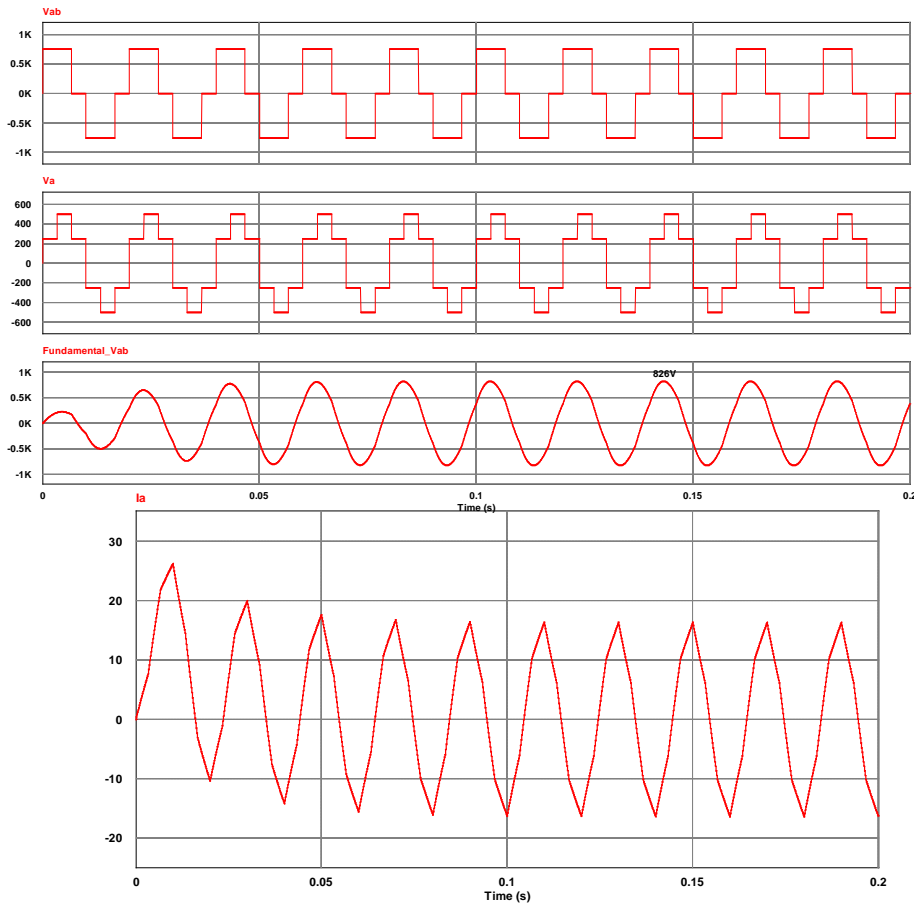


Se debe notar que aunque se ha variado la frecuencia, al variar la tensión de forma proporcional (a través del índice de modulación m_a), se ha mantenido la corriente por la carga

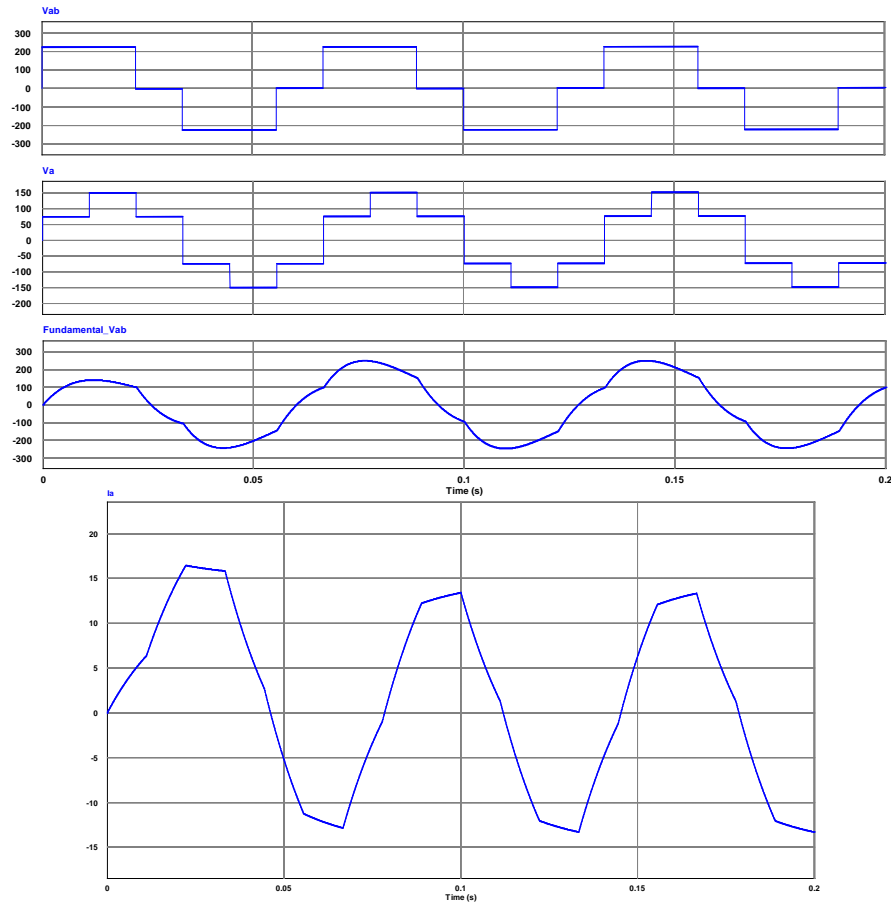


Resultados gráficos Six-step

50Hz



15Hz



Se debe notar que aunque se ha variado la frecuencia, al variar la tensión de forma proporcional (a través del índice de modulación m_a), se ha mantenido la corriente por la carga



Conclusiones

- El problema realizado muestra en el apartado A como existe la necesidad de ajustar la frecuencia y la tensión cuando existen cargas inductivas, como es por ejemplo el caso de máquinas de corriente alterna. En el caso de que la estrategia de modulación sea PWM, el parámetro para el ajuste será el índice de modulación m_a .
- Cuando la estrategia de modulación es la de impulso único, o Six-step, se debe recurrir al control de la tensión continua de entrada al inversor para conseguir el mismo objetivo.
- Como se ha podido ver en los problemas 1 y 2, la complejidad de análisis de muchas de las señales que se producen en los inversores hace obligatorio el uso de software de simulación para su estudio. En el caso de equipos industriales será necesaria instrumentación especializada: analizadores de espectros, voltímetros y amperímetros capaces de medir verdaderos valores eficaces, etc.

