

## Problema 1 (6 puntos - 1,5 horas)

En la Figura 1 se representa un sistema de alimentación basada en un panel solar fotovoltaico, seguido de un convertidor CC/CC elevador y de un inversor monofásico que genera una tensión alterna. En este caso el convertidor CC/CC tiene como objetivo estabilizar la tensión del panel solar y generar una tensión constante de 400 V que alimente el inversor.

La potencia que consumirá el inversor oscila entre los 100 W y 200 W, en función de la carga, y la frecuencia de la tensión de salida es de 50 Hz. En función de las condiciones solares, el panel proporciona una tensión que variará entre 160 V y 250 V.

(3,5 puntos para los apartados 1-6)

Para el convertidor CC/CC y suponiendo modo de conducción continuo:

1. Calcule justificadamente la relación entre la tensión del panel  $V_{pv}$  y la del bus en función del ciclo de trabajo  $D$ . Calcule los valores máximo y mínimo del ciclo de trabajo según las condiciones solares.
2. Calcule justificadamente la expresión de la corriente media por el IGBT S1 y por el diodo D1, en función de la potencia entregada al inversor y del ciclo de trabajo. Indique el valor máximo de las corrientes medias en S1 y D1, dadas las condiciones de funcionamiento del panel y de la carga.

Cuando la potencia entregada es 200 W y la tensión del panel 160 V:

3. Calcule el rizado de corriente por la bobina L1.
4. Represente en estas condiciones, acotando de forma apropiada, las formas de onda de la tensión de disparo del IGBT S1, la tensión aplicada a la bobina L1, la corriente por la bobina L1, la tensión colector-emisor en el IGBT S1 y la corriente por el diodo D1.
5. Calcule las pérdidas en el convertidor y su rendimiento del convertidor, sabiendo que la tensión en saturación del IGBT S1 es  $V_{CESat} = 1,45 V$  y la caída directa del diodo D1 es  $V_d = 1,7 V$ .
6. Si el rendimiento del inversor es igual al 98%, calcule el rendimiento del sistema completo.

(2,5 puntos para los apartados 7-10)

Para el inversor:

7. Suponiendo un funcionamiento como inversor en onda cuadrada (sin modular), calcule el valor eficaz de la tensión de salida del inversor y la amplitud de su armónico fundamental.
8. Suponiendo una modulación PWM sinusoidal unipolar, indique el índice de modulación en amplitud para que el valor eficaz del primer armónico sea de 220 Vac.

Considere que se produce una avería en el convertidor CC/CC, de forma la inductancia L1 y el diodo D1 se pueden considerar como cortocircuitos y el interruptor S2 como un circuito abierto. Considerando las condiciones solares anteriormente descritas:

9. Calcule la máxima tensión eficaz que es capaz de proporcionar el inversor.
10. Calcule la variación del índice de modulación en amplitud para generar una tensión alterna a la salida del inversor de 110 Vac.

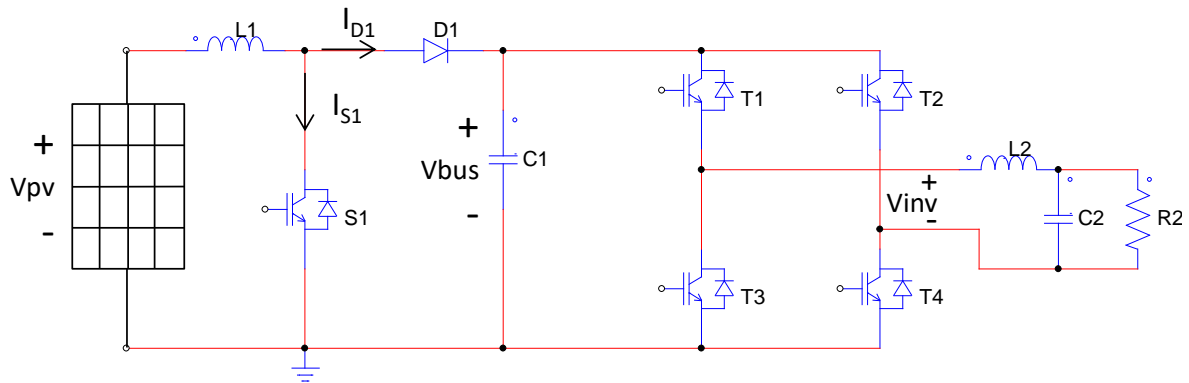


Figura 1

Datos: frecuencia de conmutación S1: 75 kHz;  $L1=1,5$  mH;  $C1=2$  mF

### Problema 2 (4 puntos)

Se trata de comparar los funcionamientos de tres circuitos rectificadores que alimentan la misma carga de  $10 \Omega$ .

Para el circuito de la Figura 2:

1. Calcule el valor medio de la tensión en la carga  $v_o$ , el valor eficaz del rizado de la tensión en la carga y la potencia consumida por la carga.
2. Despreciando el rizado de corriente por la bobina, dibuje las formas de onda correspondientes a la tensión de entrada  $v_g$ , tensión en el rectificador  $v_{rect}$ , tensión en la carga  $v_o$ , corriente por la entrada  $i_g$  y tensión ánodo-cátodo en uno de los tiristores.
3. Calcule el factor de potencia.

Para el circuito de la figura 3:

4. Calcule el valor medio de la tensión en la carga  $v_o$ . Determine el rizado de la tensión en la resistencia si  $C=10$  mF. Calcule la potencia consumida por la carga.
5. Dibuje las formas de onda correspondientes a la tensión de entrada  $v_g$ , la tensión en el rectificador  $v_{rect}$  y la corriente por la entrada  $i_g$ .

Para el circuito de la Figura 4, y considerando que la inductancia es tan grande que puede despreciarse el rizado de corriente por la misma:

6. Determine la expresión del valor medio de tensión en la carga en función del ángulo de disparo. Calcule el ángulo de disparo para que el valor medio de la tensión en la carga sea igual a 13,5 V. Calcule la potencia entregada por la fuente de tensión para ese ángulo de disparo.
7. Dibuje las formas de onda correspondientes a la tensión de entrada  $v_g$ , la tensión en el rectificador  $v_{rect}$  la corriente por la entrada  $i_g$  y tensión ánodo-cátodo en uno de los tiristores.

Comparando los circuitos rectificadores propuestos (Figura 2, Figura 3 y Figura 4):

8. Razone cuál de ellos tiene mayor factor de potencia.

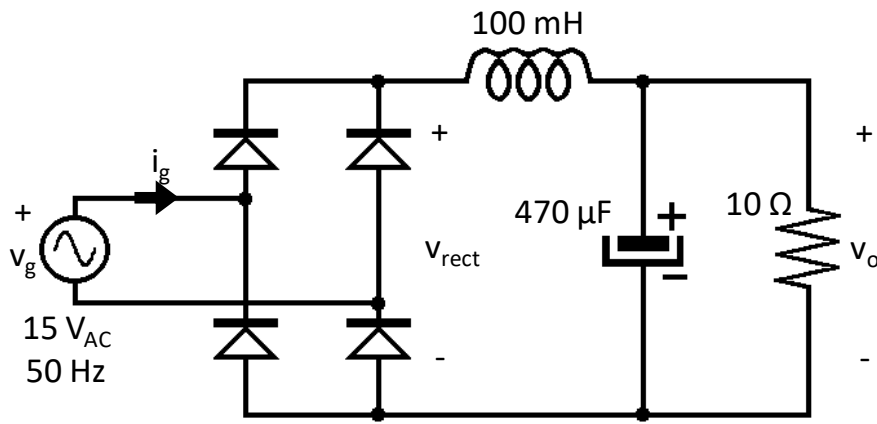


Figura 2

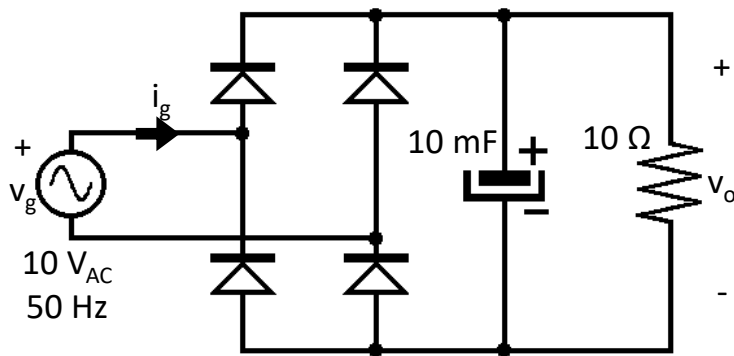


Figura 3

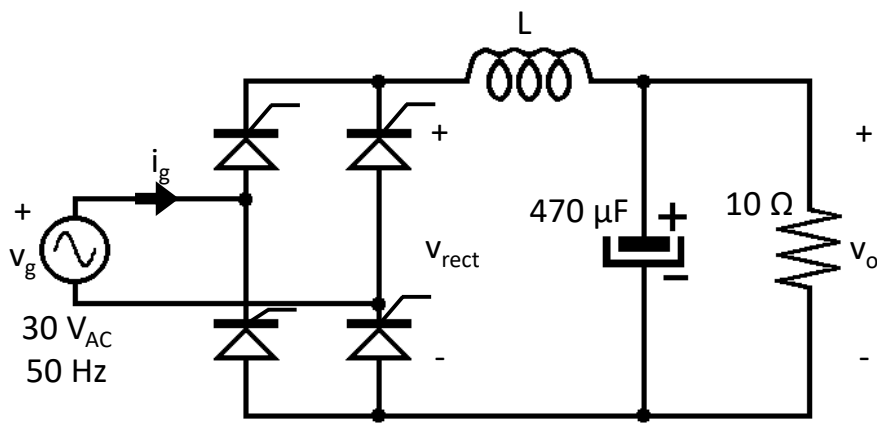
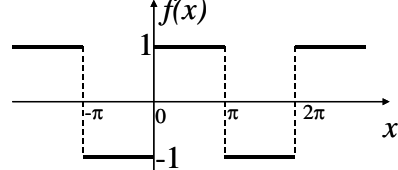
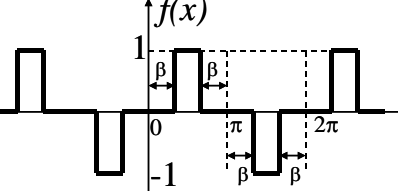
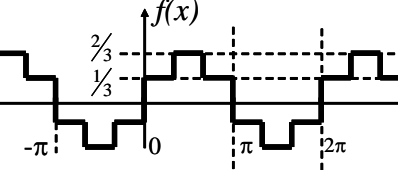
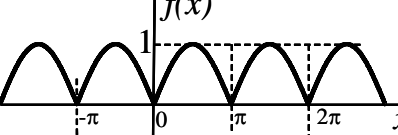


Figura 4

### Tabla de series de Fourier

$\frac{4}{\pi} \cdot \left( \frac{\text{sen}(x)}{1} + \frac{\text{sen}(3 \cdot x)}{3} + \frac{\text{sen}(5 \cdot x)}{5} + \dots \right)$	
$f(x) = \begin{cases} 0 \rightarrow 0 < x < \beta \\ 1 \rightarrow \beta < x < \pi - \beta \\ 0 \rightarrow \pi - \beta < x < \pi \end{cases}$ $\frac{4}{\pi} \cdot \left( \frac{\cos(\beta) \cdot \text{sen}(x)}{1} + \frac{\cos(3 \cdot \beta) \cdot \text{sen}(3 \cdot x)}{3} + \frac{\cos(5 \cdot \beta) \cdot \text{sen}(5 \cdot x)}{5} + \dots \right) = \sum_{n=\text{impar}} \frac{4}{\pi} \cdot \frac{1}{n} \cdot \cos(n \cdot \beta) \cdot \text{sen}(n \cdot x)$	
$f_n = \frac{2}{3\pi} \cdot \frac{1}{n} \cdot \left( 2 + \cos\left(n \cdot \frac{\pi}{3}\right) - \cos\left(n \cdot \frac{2\pi}{3}\right) \right)$ $n = 1, 5, 7, 11, 13, \dots$	
$f(x) =  \text{sen}(x)  \rightarrow -\pi < x < \pi$ $\frac{2}{\pi} - \frac{4}{\pi} \cdot \left( \frac{\cos(2 \cdot x)}{1 \cdot 3} + \frac{\cos(4 \cdot x)}{3 \cdot 5} + \frac{\cos(6 \cdot x)}{5 \cdot 7} + \dots \right)$	

### Tabla de amplitudes normalizadas, modulación PWM sinusoidal

Amplitudes normalizadas $V_n/V_{cc}$ para modulación PWM Sinusoidal Unipolar										
$m_a$	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$n=1$	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$n=2mf+1$	0,10	0,19	0,27	0,33	0,36	0,37	0,35	0,31	0,25	0,18
$n=2mf+3$	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,07	0,10	0,14	0,18	0,21
Amplitudes normalizadas $V_n/V_{max}$ para modulación PWM Sinusoidal Bipolar										
$m_a$	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$n=1$	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$n=mf$	1,27	1,24	1,20	1,15	1,08	1,01	0,92	0,82	0,71	0,60
$n=mf+2$	0,00	0,02	0,03	0,06	0,09	0,13	0,17	0,22	0,27	0,32
Amplitudes normalizadas $V_n/V_{cc}$ para tensión de línea, modulación PWM Sinusoidal trifásica										
$m_a$	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$n=1$	0,087	0,173	0,260	0,346	0,433	0,520	0,606	0,693	0,779	0,866
$n=mf+2$	0,003	0,013	0,030	0,053	0,0801	0,114	0,150	0,190	0,232	0,275
$n=2mf+1$	0,086	0,165	0,232	0,282	0,313	0,321	0,307	0,272	0,221	0,157

NOTA:  $V_{max}$  es el valor máximo de la tensión de salida del inversor