



CEIUPM

Centro de
Electrónica
Industrial

Electrónica de Potencia

Problemas

n.es

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



CEIUPM

Centro de
Electrónica
Industrial

Conceptuales

Problemas

n.es

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

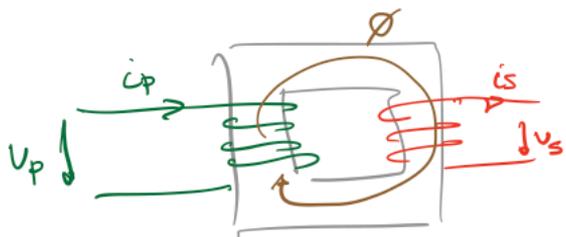
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



POLITÉCNICA

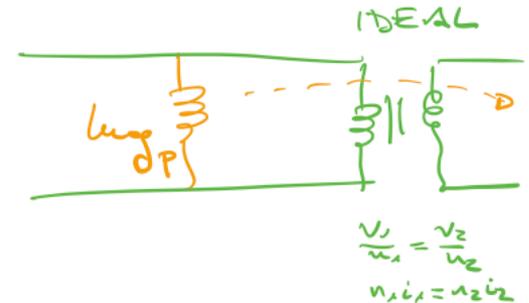
Transformador



$$L_{mp} = \frac{N_p^2}{R} \quad L_{ms} = \frac{N_s^2}{R}$$

con todos los devanados abiertos
nuevos ℓ , se comporta como
una bobina.

$$\sum n i = \phi \cdot R \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2} = \dots = \frac{d\phi}{dt} \\ \underbrace{n_1 i_1 - n_2 i_2}_{=0} + \underbrace{\sum n i}_{L_{mag}} = \phi \cdot R \end{array} \right.$$

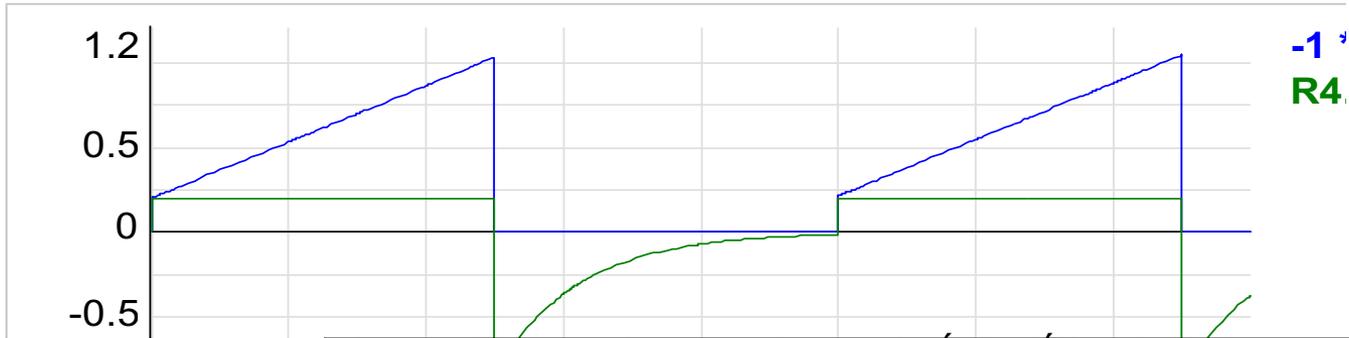
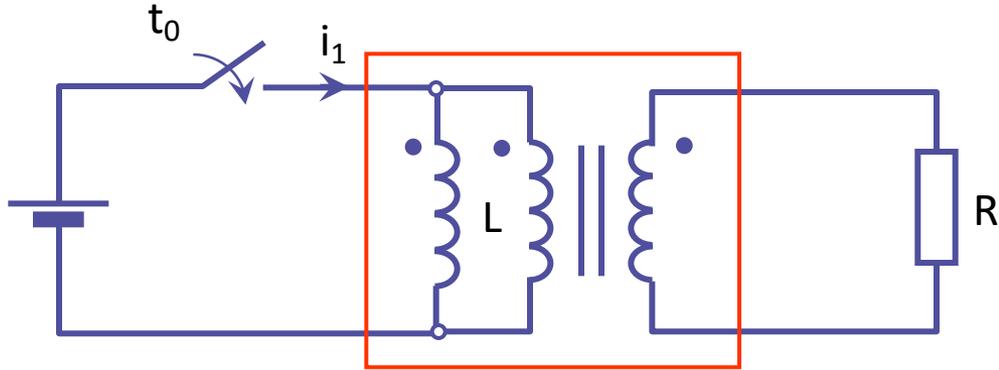


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

EJEMPLOS



Cartagena99

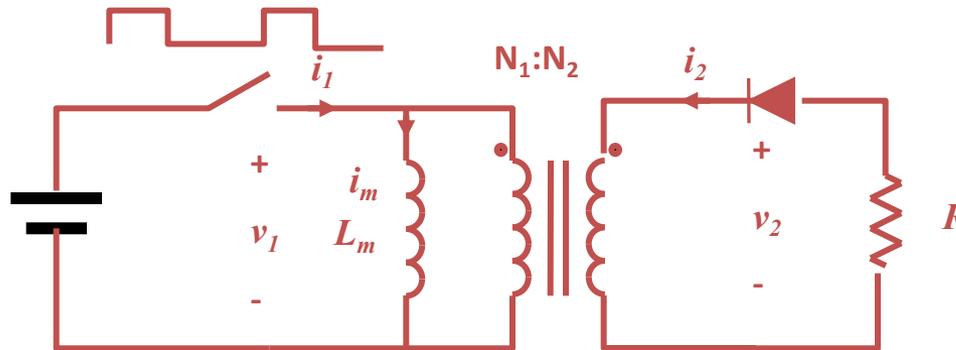
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Ejemplos

Determinar formas de onda



Calcular:
Pin

Cartagena99

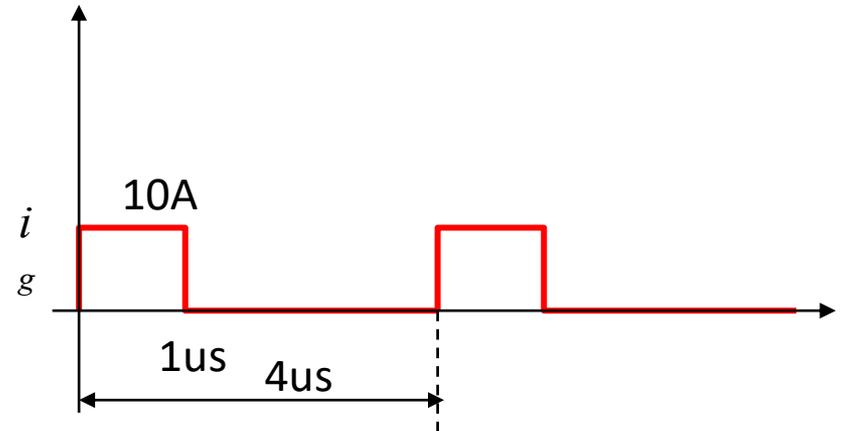
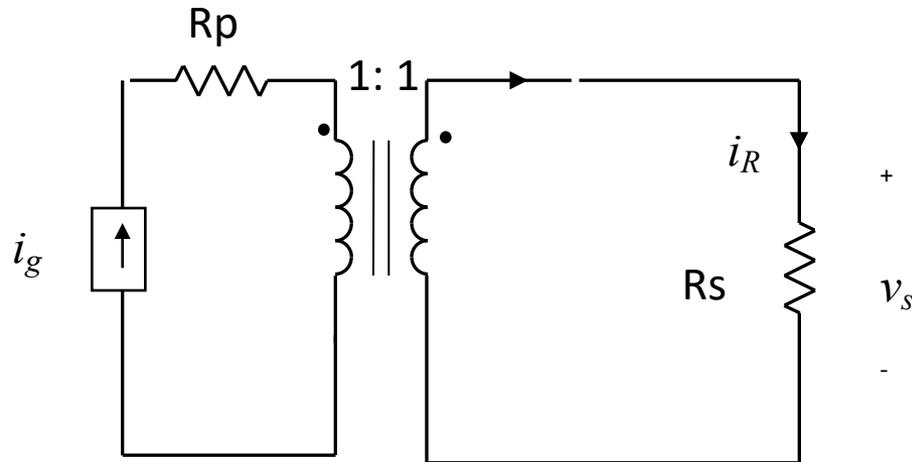
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Ejemplo

Datos:

- $L_{mag} = \infty$
- $R_p = 1 \text{ ohm}$
- $R_s = 2 \text{ ohm}$



Calcular

- Corriente por secundario

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Ejemplos

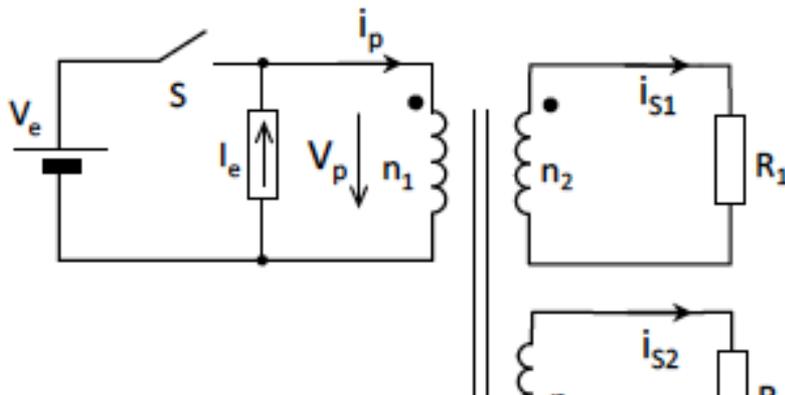
PROBLEMA 2. (2,5 pts)

El transformador de la figura tiene 2 devanados secundarios, conectados a sendas cargas R_1 y R_2 .

El interruptor S se controla con una señal de frecuencia $f_s=100\text{kHz}$ y ciclo de trabajo $d=0,4$.

Se pide calcular y representar gráficamente, en régimen permanente:

- Flujo en el transformador, $\phi(t)$.
- Tensión en el primario del transformador, $V_p(t)$.
- Intensidad en todos los devanados: $i_p(t)$, $i_{s1}(t)$, $i_{s2}(t)$.



Datos: $L_{m1}=20\mu\text{H}$ $R_1=R_2=200\Omega$
 $n_1=10$ $n_2=20$
 $I_e=1\text{A}$ $V_e=24\text{V}$

Cartagena99

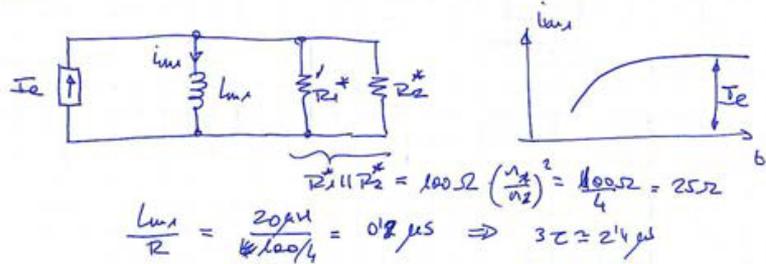
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

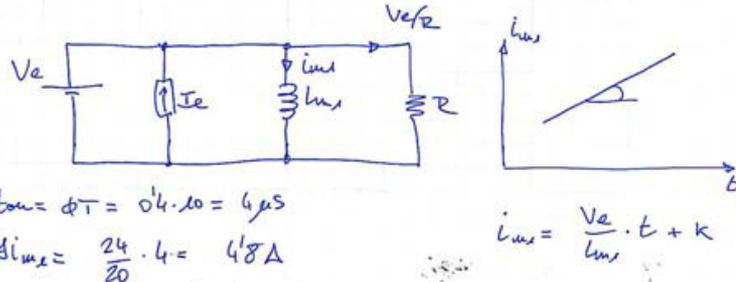
1er APELLIDO		EJERCICIO
2º APELLIDO		
NOMBRE		
Nº DE MATRÍCULA		HORA Nº
Nº DE GRUPO		
ASIGNATURA		CALIFICACIÓN
ESPECIALIDAD		
AÑO DE CARRERA		FECHA

PROBLEMA 2

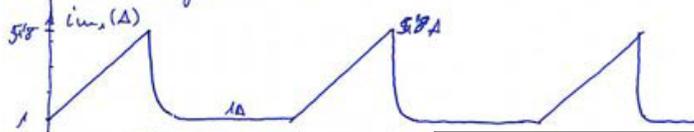
a) S abierto:



S cerrado:

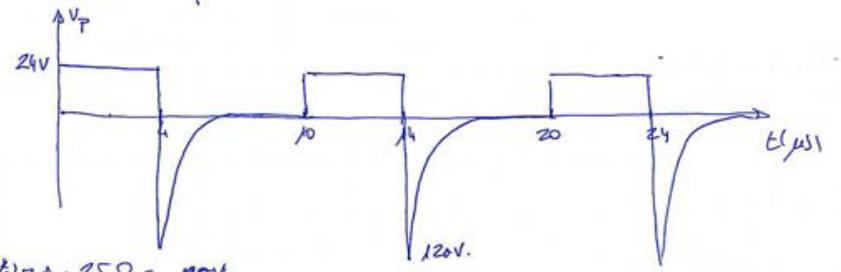


La intensidad magnetizante sera:

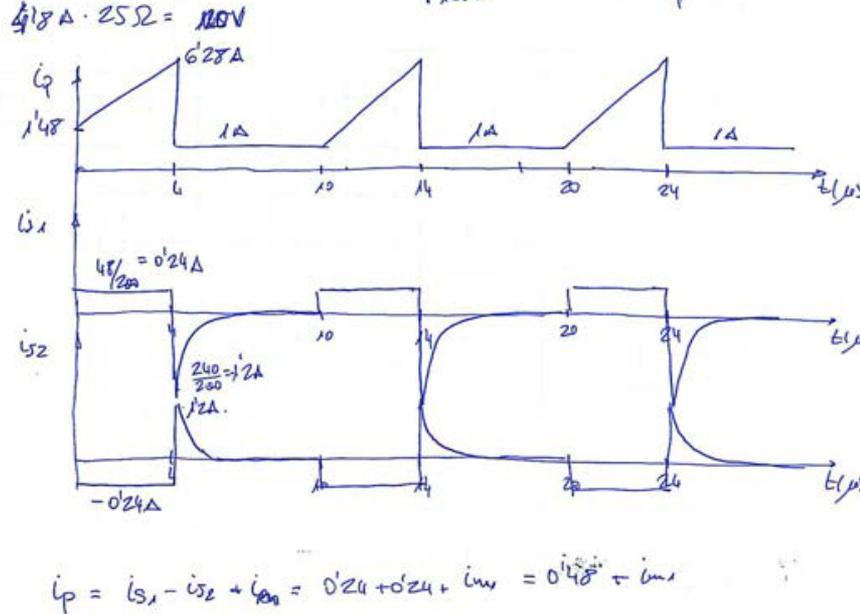


b)

Tensión V_p :



c)



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Ejemplos

PROBLEMA 1. (2.5 puntos)

En el circuito de la figura 1, la fuente de corriente I_{IN} inyecta una corriente periódica tal y como se muestra en la figura 2. Siendo el transformador ideal con inductancia magnetizante L_{MAG} , y, asumiendo que el condensador C es suficientemente grande como para considerar su tensión constante ($V_S=cte$), se pide:

- Valor de la tensión de salida V_S y valor medio de la corriente magnetizante i_{MAG} .
- Dibujar las formas de onda de la tensión del transformador v_{TR} y de las corrientes por los diodos i_{D1} , i_{D2} así como la corriente magnetizante, i_{MAG} .
- Calcular la potencia entregada o absorbida por cada una de las fuentes de energía, así como la potencia entregada a la carga resistiva R .

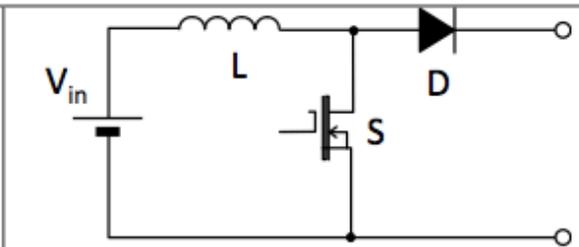
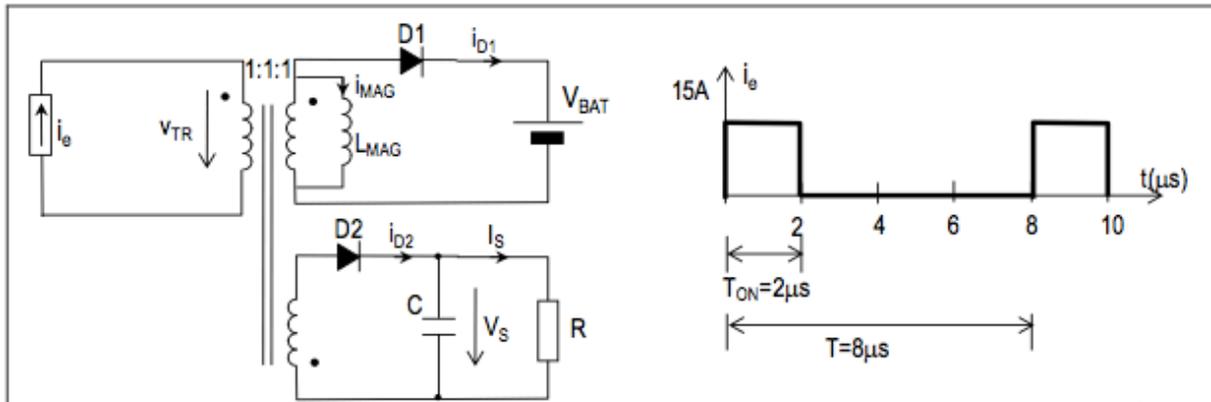


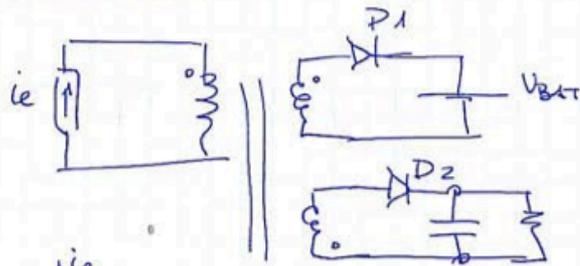
Figura 3

Cartagena99

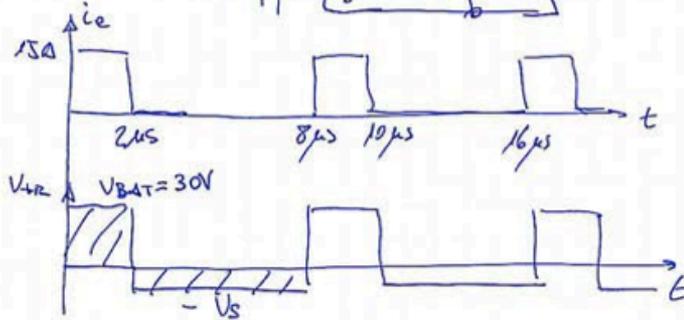
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

PROBLEMA 1



$V_s \rightarrow 3$
 $i_{D1} \rightarrow 5$
 $i_{D2} \rightarrow 5$
 $i_{mag} \rightarrow 2$
 $P \rightarrow 2$

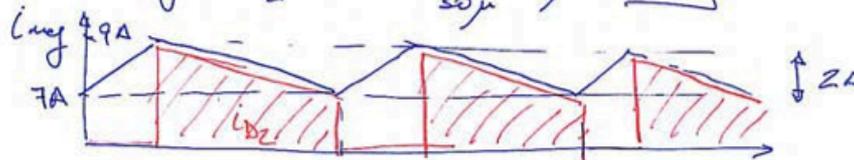


$$V_{BAT} \cdot 2 = V_s \cdot 2$$

$$\boxed{V_s = \frac{V_{BAT}}{3} = 10V}$$

$$\Rightarrow I_s = \frac{V_s}{R} = \frac{10}{5/3} = 6A$$

$$\Delta i_{mag} = \frac{V}{L} \cdot \Delta t = \frac{30}{30\mu} \cdot 2\mu = 2A$$



$$\bar{I}_{D2} = I_s = 6A$$

$$\frac{L^+ + L^-}{2} \cdot \frac{6}{8} = 6A \rightarrow \begin{cases} L^+ + L^- = 16 \\ L^+ - L^- = 2 \end{cases}$$

$$15 - 7 = 8A \quad 15 - 9 = 6A \quad 2L^+ = 18 \Rightarrow \boxed{L^+ = 9A} \Rightarrow \bar{L}_m = 8A$$

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70**

Cartagena99

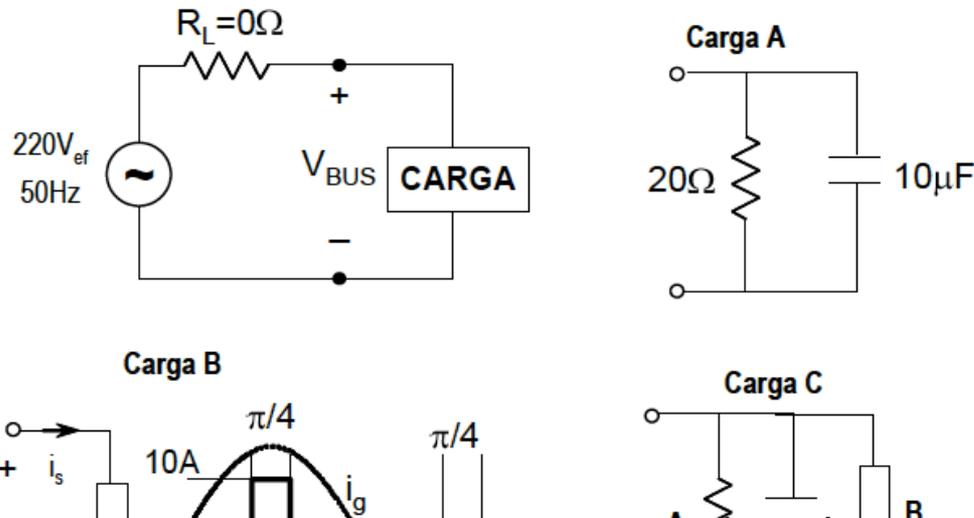
$$P_{V_{BAT}} = -V_{BAT} \cdot \bar{I}_{D1} = -30 \cdot 7 = -210W$$



PROBLEMA 2. (3 puntos)

Para los siguientes tipos de carga alimentados desde un generador de tensión alterna ideal, determinar:

- a) Potencia aparente manejada por el generador.
- b) Potencia media consumida por la carga
- c) Factor de potencia y distorsión armónica total de corriente.
- d) Suponiendo que $R_L=0,1\Omega$, y para la carga C, determinar la distorsión armónica de tensión en V_{BUS} (asumir que la corriente por la carga no se ve afectada por R_L).

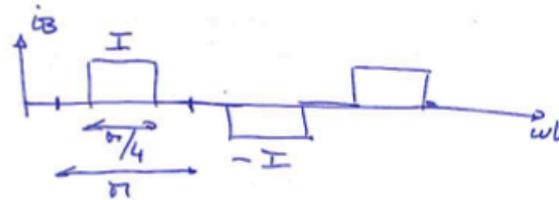
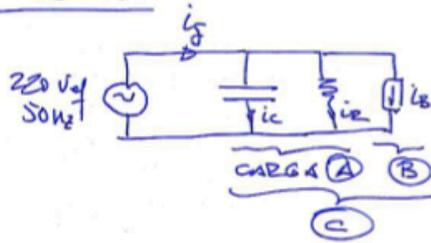


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

PROBLEMA



Fórmulas:

$$i_{B\text{ef}} = I \cdot \sqrt{d} = I \cdot \sqrt{\frac{\pi/4}{\pi}} = \frac{I}{2} = 5A$$

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) \cdot i(t) dt = V_0 I_0 + V_{\text{ref}} I_{\text{ref}} \cos \phi_r + \dots + V_{\text{ref}} I_{\text{ref}} \cos \phi_n$$

$$V_{\text{ef}}^2 = V_{\text{ref}}^2 + V_{\text{ze}}^2 + \dots \Rightarrow \sum_{n=2}^{\infty} V_{\text{ef}n}^2 = V_{\text{ef}}^2 - V_{\text{ref}}^2$$

$$F.P = \frac{P}{S}$$

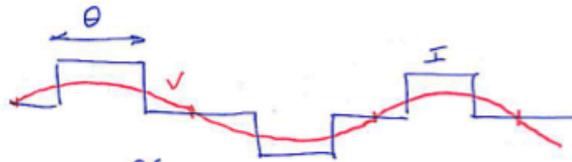
$$S = P + jQ = V_{\text{ef}} \cdot I_{\text{ef}}^*$$

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} = V_{\text{ef}} \cdot I_{\text{ef}}$$

$$\text{TWD} = \frac{\sqrt{I_{\text{ef}2}^2 + I_{\text{ef}3}^2 + \dots}}{I_{\text{ef}}}$$

$$= \sqrt{\frac{I_{\text{ef}}^2}{I_{\text{ef}}^2} - 1}$$

Cálculo del armónico n:



$$P = \frac{1}{T} \int_{-\theta/2}^{\theta/2} I \cdot V_p \cos \omega t d\omega t = V_0 I_0 + V_{\text{ref}} I_{\text{ref}} \cos \phi_r + \dots + V_{\text{ref}} I_{\text{ref}} \cos \phi_n$$

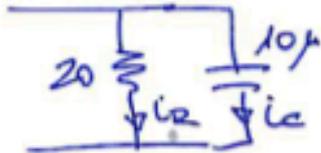
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

	i_{efg}	i_{efj}	$\sum \frac{1}{2} i_{efj}^2$	P (w)	S (VA)	F.P	THD
Carga (A)	$11 + j0'69$ $= 11'02 \angle 3'58^\circ$	$i_{efg} \equiv i_{efj}$	0	$\frac{220^2}{R} = 2420$	$220 \cdot 11'02$ $= 2424$	$\frac{P}{S} = \frac{2420}{2424}$ $= 0'998$	0
" (B)	5A	3'445	13'129	758	$220 \cdot 5$ $= 1100$	$\frac{758}{1100} = 0'69$	105%
" (C)	14'90	14'46	13'129	3178	$220 \cdot 14'9$ $= 3280$	$\frac{3178}{3280} = 0'97$	25%

Carga (A):



$$i_{efj} = \frac{220}{\sqrt{2}} = 11$$

$$i_{efg} = \frac{220}{11'02} = 220 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = j0'69$$

50 Hz

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Carga (B) :

$$I_{efB} = 10 \cdot \sqrt{\frac{\pi/4}{\pi}} = 5A$$

$$I_{efB} = \frac{I}{\sqrt{\pi}} \cdot 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin \frac{\pi}{8} = 3'445A$$

$$\left\{ \sum_{n=2}^{\infty} \frac{I_{ef}^2}{\sqrt{n}} = 5^2 - 3'445^2 = \underline{13'129} \right.$$

$$P = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi/8}^{\pi/8} I \cdot V_p \cdot \cos \omega t \, d\omega t = \frac{I \cdot V_p}{\pi} \cdot 2 \cdot \sin \frac{\pi}{8} = \frac{10 \cdot 220 \cdot \sqrt{2} \cdot 2 \cdot \sin \frac{\pi}{8}}{\pi} = \underline{758W}$$

$$F.P. = \frac{758}{220 \cdot 5} = \underline{0'69 = 69\%}$$

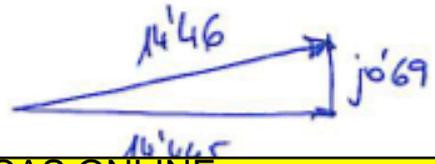
$$THD = \frac{\sqrt{13'129}}{3'445} = 1'05$$

Carga (C) :

$$P_c = P_A + P_B = 758 + 2420 = \underline{3178W}$$

$$\sum_{n=2}^{\infty} i_{efn}^2 = 13'129, \text{ igual que en B}$$

Primer armónico: $11 + 3'445j = 14'445 + j0'69$

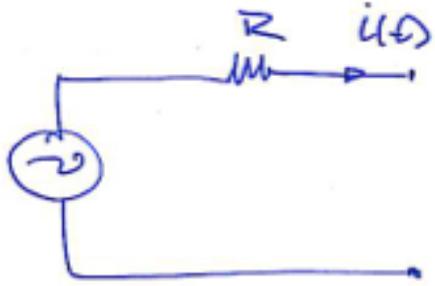


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

THD de v , causada $\sum_{n=2}^{\infty} i_{efn}^2$:



$$THD = \frac{\sqrt{\sum i_{efn}^2 \cdot R}}{V_{ef1}} = \frac{R}{V_{ef1}} \cdot \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} i_{efn}^2}$$

$$THD = \frac{0,1}{220} \cdot \sqrt{13,129} = 0,16\%$$

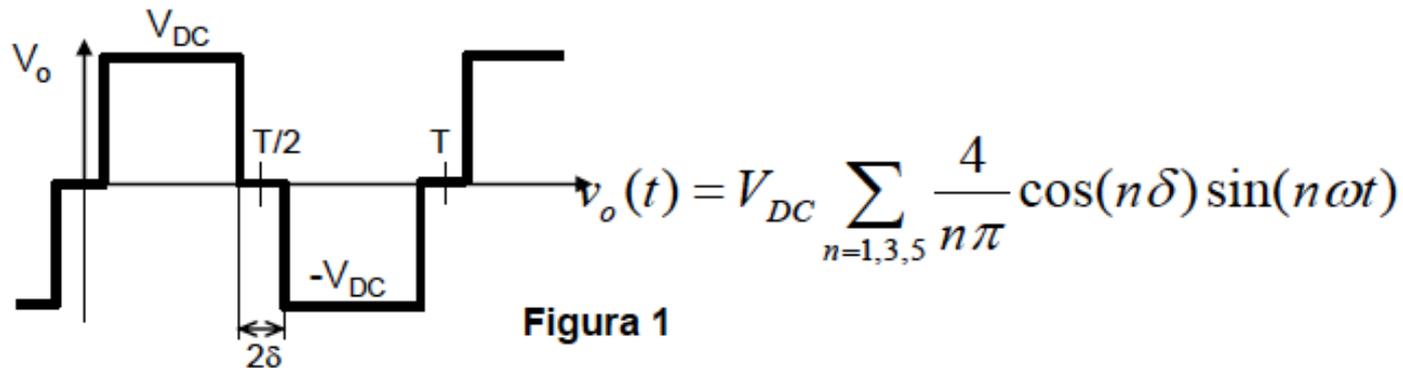
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

PROBLEMA 3. (2,5 ptos)

La descomposición en serie de Fourier de la forma de onda de la Figura 1 es la que se muestra a su derecha.



El circuito de la figura 2 representa un inversor no modulado que puede inyectar y absorber potencia de la red eléctrica. El inversor genera una tensión desfasada de un ángulo Φ respecto a la tensión de red, tal y como se muestra en la figura 3.

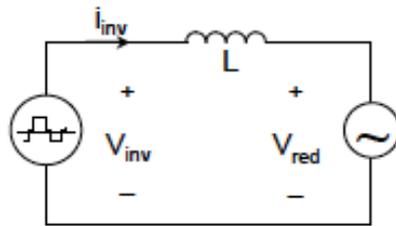


Figura 2

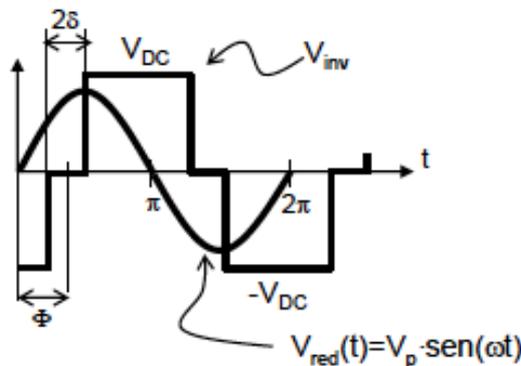


Figura 3

Datos:

$$L=2\text{mH}$$

$$\delta=37^\circ$$

$$\Phi=10^\circ$$

$$V_p=300\text{V}$$

$$V_{DC}=300\text{V}$$

$$f=50\text{Hz}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

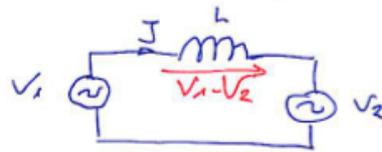
d) Factor de potencia en el lado de la red y factor de potencia en el lado del inversor (hasta 5º armónico).

e) El Diagrama de Serviciós de la Sociedad de la Información hasta el Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002,

Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.



FLUJO DE POTENCIA



$$J = \frac{V_1 - V_2}{j\omega L}$$

$$S_1 = V_1 \cdot J^* = V_1 \cdot \frac{V_1 - V_2}{-j\omega L} = -\frac{V_1^2}{j\omega L} + \frac{V_1 \cdot V_2}{j\omega L}$$

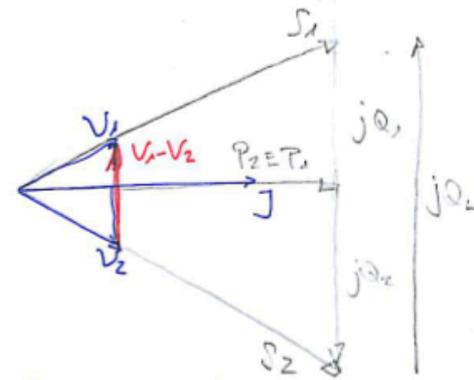
$$P_1 = P_2 = \operatorname{Re} \left\{ \frac{V_1 \cdot V_2^*}{j\omega L} \right\} = \frac{V_1 \cdot V_2}{\omega L} \cdot \cos(\phi_1 - \phi_2 - 90^\circ)$$

$$P_1 = \frac{V_1 \cdot V_2}{\omega L} \cdot \sin(\phi_1 - \phi_2) = P_2$$

$$Q_1 = \operatorname{Im} \left\{ j \frac{V_1^2}{\omega L} + \frac{V_1 \cdot V_2^*}{j\omega L} \right\}$$

$$Q_1 = \frac{V_1^2}{\omega L} + \frac{V_1 \cdot V_2}{\omega L} \cdot \sin(\phi_1 - \phi_2 - 90^\circ) = \frac{V_1^2}{\omega L} + \frac{V_1 \cdot V_2}{\omega L} \cdot \cos(\phi_1 - \phi_2)$$

Con un desfase tan grande las dos fuentes aportan reactiva a la L. Con un desfase menor, sería:

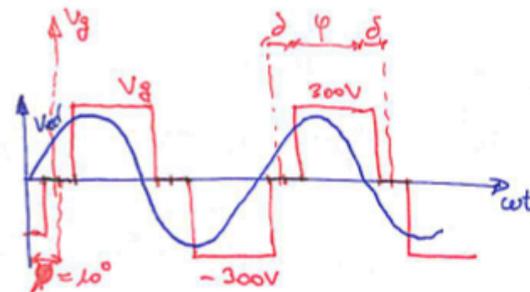
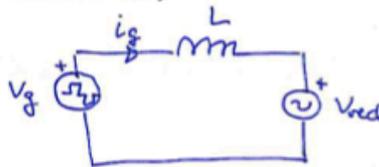


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

PROBLEMAS



origen de tiempos en $wt = 10^\circ$

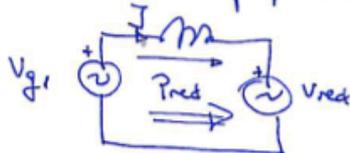
$$V_g = \left[\frac{4}{\pi} \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega t + \frac{4}{3\pi} \cdot \cos 3\delta \cdot \sin 3\omega t + \frac{4}{5\pi} \cdot \cos 5\delta \cdot \sin 5\omega t + \dots \right] \cdot 300$$

$$= \frac{4}{\pi} \sin \frac{\phi}{2} \cdot \sin \omega t + \frac{4}{3\pi} \cdot \sin \frac{3\phi}{2} \cdot \sin 3\omega t + \frac{4}{5\pi} \cdot \sin \frac{5\phi}{2} \cdot \sin 5\omega t + \dots$$

siendo $\phi = \pi - 2\delta \Leftrightarrow \delta = \frac{\pi - \phi}{2} \Rightarrow \cos \delta = \sin \frac{\phi}{2}$

La P va de la V más adelantada hacia la retrasada, por lo que sería mejor resolverlo con el desfase al revés (V_inversor adelantada respecto a v_red)

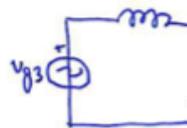
Aplicamos superposición para cada armónico:



$$V_{g1} = \frac{4}{\pi} \cos \delta \cdot 300 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$= 215.7 \text{ V}$$

$$V_{g1} = 215.7 \cdot \sqrt{2} = 305 \text{ V}$$



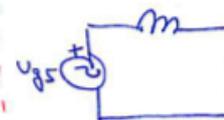
$$I_{ef3} = \frac{V_{g3ef}}{3\omega L}$$

$$= \frac{\frac{4}{3\pi} \cos 3\delta \cdot 300}{\sqrt{2} \cdot 3 \cdot 100\pi \cdot 2 \cdot 10^{-3}}$$

$$= \frac{\sqrt{2} \cos 3\delta \cdot 10^3}{3\pi^2} = \sqrt{171}$$

$P_3 = 0$

$I_{p3} = \sqrt{2} I_{ef3} = 24\sqrt{2}$



$$I_{ef5} = \frac{V_{g5ef}}{5\omega L}$$

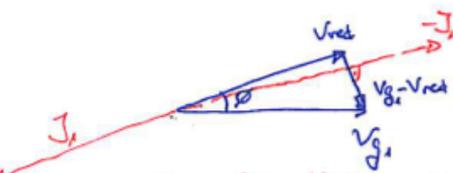
$$= \frac{\frac{4}{5\pi} \cos 5\delta \cdot 300}{\sqrt{2} \cdot 5 \cdot 100\pi \cdot 2 \cdot 10^{-3}}$$

$$= \frac{2\sqrt{2} \cdot \cos 5\delta \cdot 300}{5 \cdot \pi^2 \cdot 100 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}$$

$$= \sqrt{171}$$

$P_5 = 0$

$I_{p5} = \sqrt{2} I_{ef5} = 24\sqrt{2}$

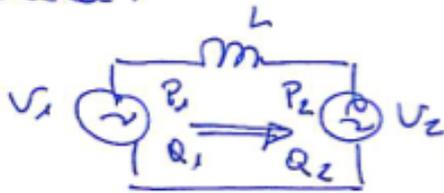


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

en general:



$$P_2 = \frac{V_1 \cdot V_2}{\omega L} \cdot \sin(\varphi_1 - \varphi_2) = P_1$$

$$Q_2 = \frac{V_1 \cdot V_2}{\omega L} \cdot \cos(\varphi_2 - \varphi_1) + \frac{V_2^2}{\omega L} \neq Q_1$$

d) Factor de Potencia

$$I_{ef}^2 = I_{ef1}^2 + I_{ef3}^2 + I_{ef5}^2 \Rightarrow I_{ef} = \sqrt{59'6^2 + 17'1^2 + 17'1^2} = 64'3$$

$$F.P._{red} = \frac{P}{V_{ef} \cdot I_{ef}} = \frac{12645}{\frac{300}{\sqrt{2}} \cdot 64'3} = 0'927$$

$$F.P._g = \frac{P}{V_{efg} \cdot I_{ef}} = \frac{12645}{300 \cdot \sqrt{1 - \frac{25}{11}} \cdot 64'3} = \frac{12645}{300 \cdot 0'767 \cdot 64'3} = 0'85$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



CEIUPM

Centro de
Electrónica
Industrial

Rectificación

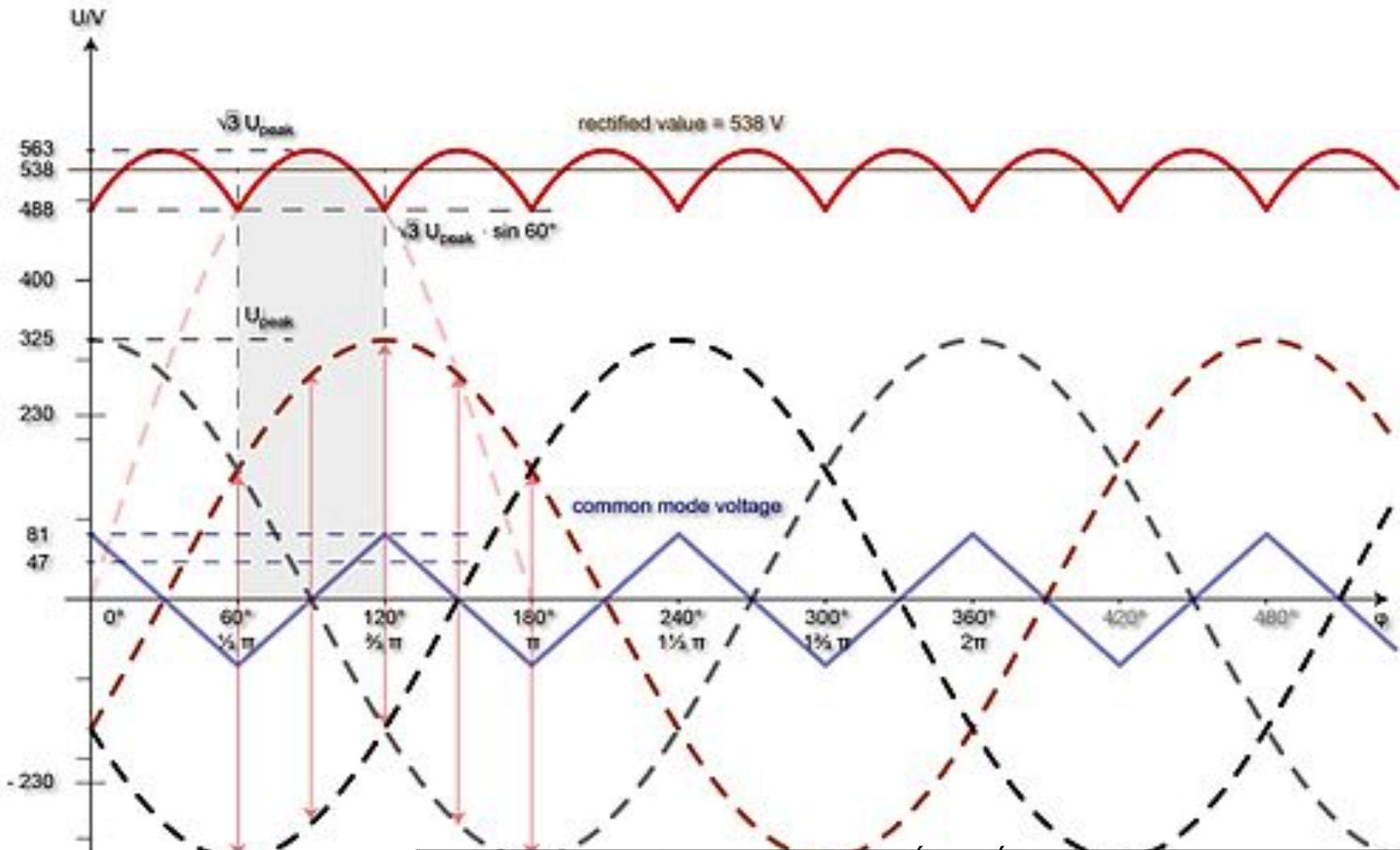
Problemas

n.es

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

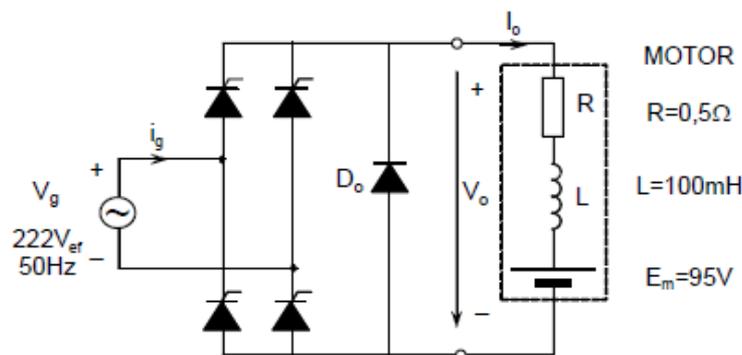
Cartagena99

Asignatura: Electrónica de Potencia (1194)
Especialidad: Automática y Electrónica
Fecha pre-actas: 6 de julio

Fecha: 16/06/2009
Convocatoria: Junio
Fecha revisión: 10 de julio

EJERCICIO 1. (3 puntos)

El rectificador controlado alimenta a un motor de continua cuyo equivalente eléctrico es el mostrado en la figura.



Se pide:

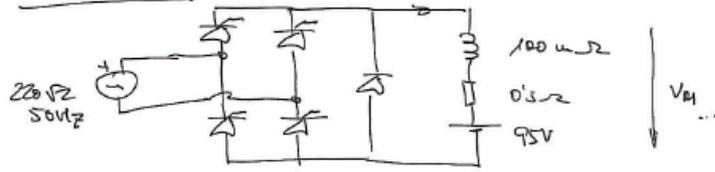
- Calcular el ángulo α para que la corriente por el motor sea de 10A.
- Representar la tensión de salida del rectificador, V_o , y la corriente de entrada del mismo, i_g , para el ángulo de disparo anterior.
- Calcular el factor de potencia y la distorsión armónica total.
- Asumiendo que la caída en el diodo D_o es de 2V, calcular su potencia disipada.
- Sabiendo que las impedancias térmicas del diodo son $R_{j-c} = 0,5^\circ\text{C/W}$ y $R_{j-a} = 25^\circ\text{C/W}$, la

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

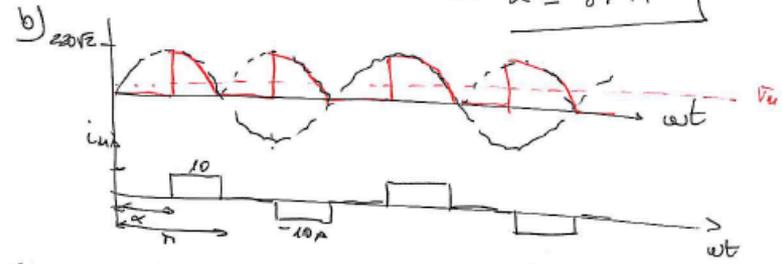
PROBLEMA 4



a)
$$I_u = 10 \text{ A} = \frac{\bar{V}_u - 95}{0.5} \Rightarrow \bar{V}_u = 100 \text{ V} =$$

$$\bar{V}_u = V_p \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} (1 + \cos \alpha) \Rightarrow \cos \alpha = \frac{100 \sqrt{2}}{220 \sqrt{2}} - 1 = 0.0097$$

$$\Rightarrow \alpha = 89.44^\circ$$



c)
$$F.P = \frac{P}{S} = \frac{100 \cdot 10}{220 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{1-\cos \alpha}}{\sqrt{2}}} \approx \frac{10 \cdot \sqrt{2}}{22} = 64\%$$

$$THD = \sqrt{\left(\frac{i_{ef}}{I_{ef}}\right)^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{7.07}{6.89}\right)^2 - 1} = 48.3\%$$

$$i_{ef} = 10 \cdot \sqrt{\frac{1-\cos \alpha}{2}} = \frac{10}{\sqrt{2}} = 7.07 \text{ A}$$

Cálculo del primer armónico de una señal ondulada:



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



Asignatura: Electrónica de Potencia (1194)

Especialidad: Automática y Electrónica

Fecha pre-actas: 4 de marzo

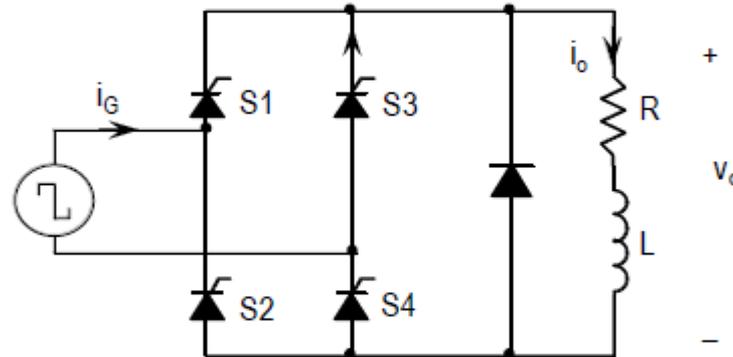
Fecha: 11/02/2009

Convocatoria: Febrero

Fecha revisión: 10 de marzo

EJERCICIO 1. (3 puntos)

Se estudia un rectificador monofásico controlado de doble onda con diodo de libre circulación. La tensión de alimentación es una tensión en onda cuadrada de amplitud $\pm 100\text{V}$ y 50Hz . La carga presenta una resistencia de 10Ω y un valor de autoinducción lo suficientemente grande para poder considerar constante la corriente de carga.



Determinar:

- Formas de onda de la tensión y de la corriente en la alimentación y en la carga para $\alpha=60^\circ$.
- Corriente media en la carga, en el diodo de libre circulación y en los tiristores para $\alpha=60^\circ$.
- Potencia activa suministrada por la alimentación y factor de potencia en la alimentación para

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

CEU LPM

SOLUCIÓN

Apartado 1)

Como la inductancia de la carga es de tal valor que la corriente de carga puede suponerse constante, las formas de onda de la tensión y de la corriente en la alimentación y en la carga se muestran en la Figura 4.24 para un ángulo de disparo α .

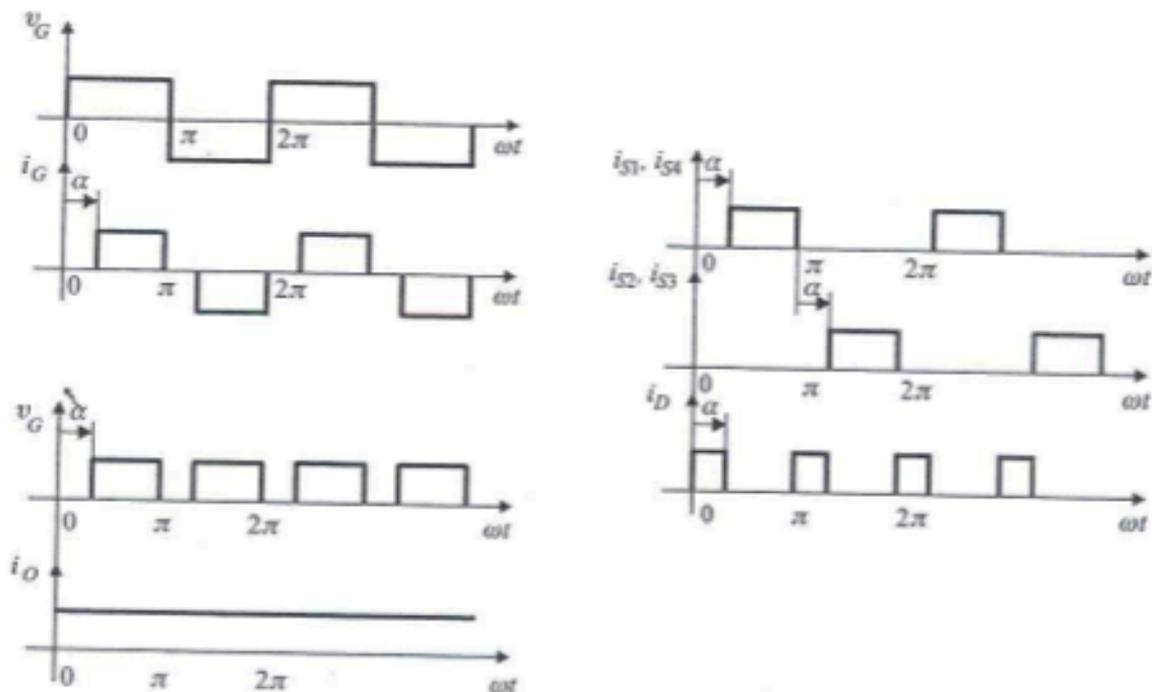


FIGURA 4.24.2
Formas de onda en el
rectificador.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Apartado 2)

En la Figura 4.24.2 se puede comprobar que la forma de onda de la corriente i_G presenta simetría de cuasiperíodo impar. Por tanto, para calcular sus armónicos (sólo términos impares en seno) resulta más cómodo hacer una traslación de ejes (a ejes de simetría impar), de manera que el punto medio del pulso positivo de i_G coincida con $\pi/2$. Ya que dicho pulso positivo tiene una duración $\pi - \alpha$, la corriente i_G presenta, referida a estos nuevos ejes, un tiempo muerto a cada lado del pulso con una duración $\alpha/2$. Teniendo en cuenta estas consideraciones e igualando a cero la expresión que determina el valor del término armónico de la serie de Fourier de la corriente de alimentación, se obtiene el valor del ángulo de disparo buscado que lo anula.

$$I_{G3} = \frac{2}{\pi} I_O \int_{\pi/2}^{\pi/2 + \pi/2} \sin 3\theta d\theta = 0,9 \frac{1}{3} I_O \cos \frac{3\alpha}{2} = 0 \Rightarrow \frac{3\alpha}{2} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{3} \quad (4.24.1)$$

Para este ángulo de disparo la corriente constante en la carga es determinada a partir del valor la tensión media de salida y del valor de la resistencia.

$$I_O = I_{Om} = \frac{V_{Om}}{R} = \frac{1}{R} \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_{GP} d\theta = \frac{V_{GP}}{R} \left(\frac{\pi - \alpha}{\pi} \right) = \frac{V_{GP}}{R} \left(\frac{\pi - \pi/3}{\pi} \right) = \frac{2V_{GP}}{3R} \quad (4.24.2)$$
$$I_O = \frac{2 \cdot 100 \text{ V}}{3 \cdot 10 \Omega} = 6,7 \text{ A}$$

Por tanto, la corriente media en el diodo de libre circulación es:

$$I_{Dm} = I_O \frac{\alpha}{\pi} = I_O \frac{\pi/3}{\pi} = I_O \frac{1}{3} = \frac{6,7 \text{ A}}{3} = 2,2 \text{ A} \quad (4.24.3)$$

Y la corriente media por cada uno de los cuatro tiristores será:

$$\frac{\pi - \alpha}{\pi} \quad \frac{\pi - \pi/3}{\pi} \quad \frac{1}{3} \quad 6,7 \text{ A}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

CELIUM

Apartado 3)

La potencia activa suministrada por la alimentación coincidirá con la consumida en la resistencia de carga, considerando que el resto de los elementos son ideales y no presentan pérdidas.

La potencia consumida por la resistencia es:

$$P_G = P_R = RI_O^2 = 10 \cdot 6,7^2 = 444 \text{ W} \quad (4.24.5)$$

El factor de potencia de la alimentación es el cociente entre la potencia activa suministrada y la potencia aparente, obtenida ésta como el producto del valor eficaz de la tensión y el de la corriente de alimentación. El valor eficaz de la tensión de alimentación es 100 V, mientras que el valor eficaz de la corriente de alimentación, calculado a partir de su forma de onda (Figura 4.24.2) con $\alpha = \pi/3$, es:

$$I_{Gef} = I_O \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}} = I_O \sqrt{\frac{2}{3}} = 6,7 \sqrt{\frac{2}{3}} = 5,4 \text{ A} \quad (4.24.6)$$

Finalmente, el factor de potencia en la alimentación resulta:

$$F_{PG} = \frac{P_G}{S_G} = \frac{P_G}{V_{Gef} I_{Gef}} = \frac{444}{100 \cdot 5,4} \approx 0,82 \quad (4.24.7)$$

Apartado 4)

La potencia activa suministrada por la componente fundamental es:

$$P_{G1} = V_{G1} \cdot I_{G1} \cos \varphi_1 \quad (4.24.8)$$

Atendiendo a las formas de onda de la tensión y de la corriente de alimentación es posible obtener los valores que intervienen en la expresión anterior. El valor eficaz de la componente fundamental de la tensión de alimentación (que es una onda cuadrada) será:

$$V_{G1} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot V_{Gp} = 0,9 \cdot 100 \text{ V} = 90 \text{ V} \quad (4.24.9)$$

el valor eficaz de la componente fundamental de la corriente de alimentación (que presenta una forma de onda semicuadrada) es:

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

π

(4.24.11)

Sustituyendo los valores anteriores en la expresión de la potencia activa de la componente fundamental

$$P_{G1} = 90,5 \cdot 5,2 \cos \frac{\pi}{6} \approx 405 \text{ W} \quad (4.24)$$

Por tanto, el porcentaje de potencia transmitido mediante la componente fundamental es:

$$\frac{P_{G1}}{P_G} \% = \frac{405}{444} 100 \approx 91\% \quad (4.24)$$

La potencia activa transmitida por el resto de los armónicos es:

$$P_{GH} = \sum_{h \neq 1} P_{Gh} = P_G - P_{G1} = 444 - 405 = 39 \text{ W} \quad (4.24)$$

La potencia reactiva total es:

$$Q_G = \sqrt{S_G^2 - P_G^2} = \sqrt{540^2 - 444^2} \approx 307 \text{ VAR} \quad (4.24)$$

La potencia reactiva de la componente fundamental resulta:

$$Q_{G1} = V_{G1} I_{G1} \sin \varphi_1 = 90,5 \cdot 5,2 \sin \frac{\pi}{6} \approx 234 \text{ VAR} \quad (4.24)$$

Cartagena99

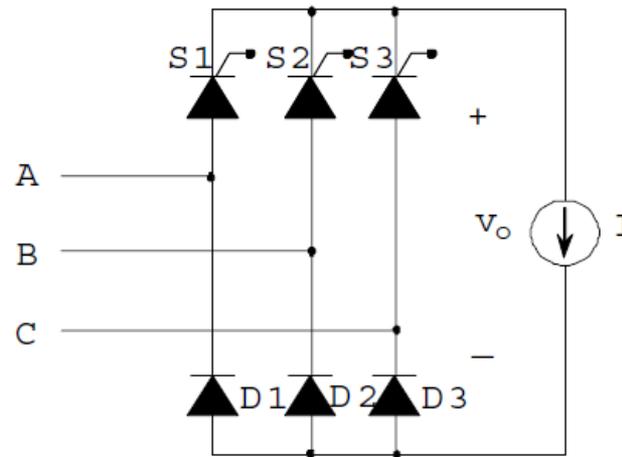
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

PROBLEMA 2. (2,5 puntos)

Se tiene el rectificador trifásico con puentes de tres tiristores y tres diodos, que se representa en la figura. La carga α a la que alimenta el rectificador se puede considerar representada por una fuente de corriente continua, I . Se pide:

- Justificar el rango de variación del ángulo de disparo de los tiristores.
- Para el ángulo de disparo $\alpha=30^\circ$, dibujar la forma de onda de tensión en la carga y obtener la expresión de su valor medio en función del ángulo de disparo α . Dibujar la corriente que circula por la fase A. Indicar en cada intervalo qué semiconductor conduce.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

PROBLEMA 2. (3 puntos)

Se desea cargar 4 baterías de 50V de tensión, siendo el equivalente eléctrico de cada una de ellas el mostrado en la figura 1: fuente de tensión de 50V (invariable) y resistencia de 2Ω . Para cargarlas totalmente, cada batería necesita 10 A·h.

Para cargar estas baterías se dispone del rectificador controlado, mostrado en la figura 2. Este rectificador se conecta a una red trifásica donde cada fuente tiene una amplitud de 300V (212V eficaces) y 50 Hz.

E-III
Febrero
2001

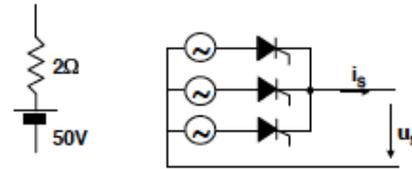
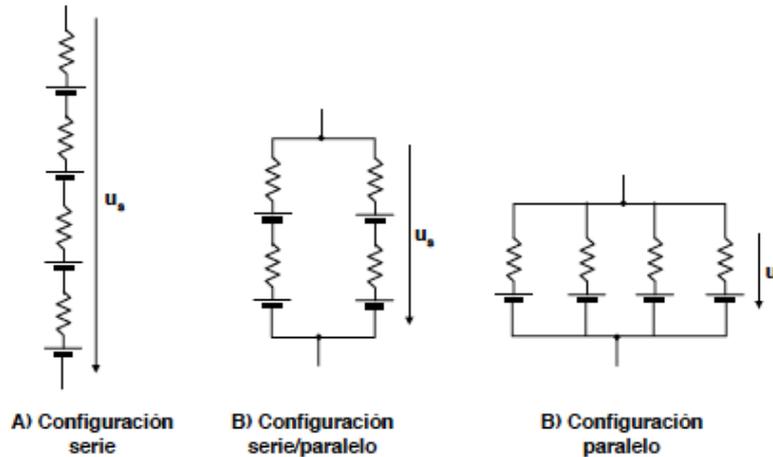


Figura 1

Figura 2

Para colocar las baterías, se prueban 3 configuraciones distintas (A, B y C) mostradas en la figura siguiente.



A) Configuración serie

B) Configuración serie/paralelo

C) Configuración paralelo

En cada una de las configuraciones, los tiristores del rectificador se disparan con un ángulo para

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

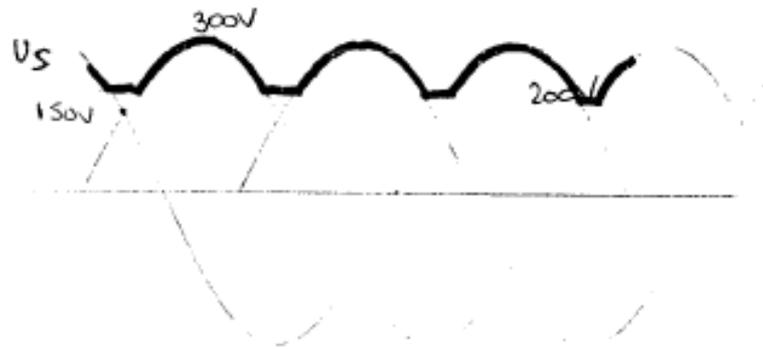
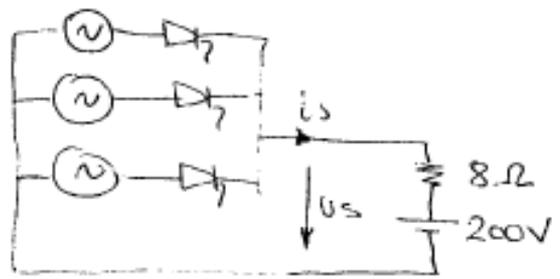
Cartagena99

CEUIDA c) Calcular la corriente máxima y media por cada batería.

P2

A) CONFIGURACION SERIE

E-III
Febrero
2001



$$\varphi = \arcsin \frac{200V}{300V} \approx 41^\circ$$

$$\alpha = \varphi - 30^\circ \approx 11^\circ$$

$$I_{MAX} = \frac{300 - 200}{8} = 12.5 A$$

$$I_{MED} = \frac{1}{T} \int_0^T i_s(t) dt = \frac{3}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi-\alpha} \left(\frac{300 \sin(\omega t) - 200}{8} \right) d(\omega t) = 6.6 A$$

Se necesitan 1h 31m para cargar las baterias.

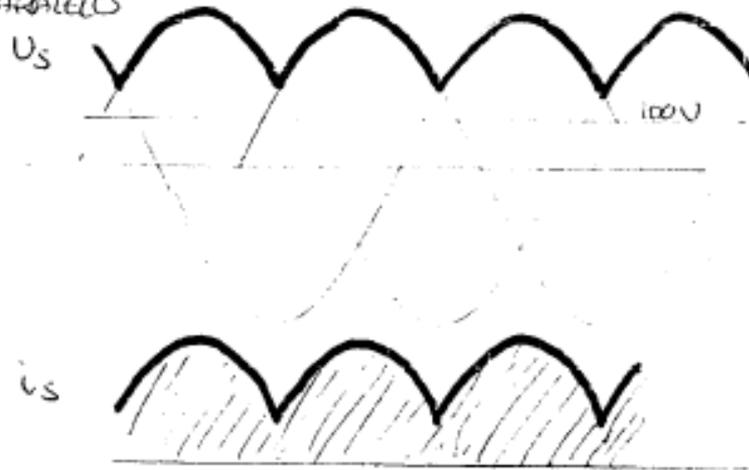
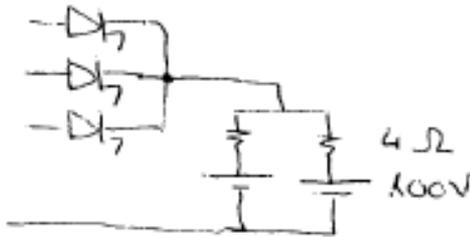
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



B) CONFIGURACION SERIE / PARALELO



$$\alpha = 0$$

$$i_{MAX} = \frac{300 - 100}{4} = 50 \text{ A}$$

$$U_{S, MED} = \frac{n E_P}{\pi} \text{sen } \frac{\pi}{n} \text{cos } \alpha = 248 \text{ V}$$

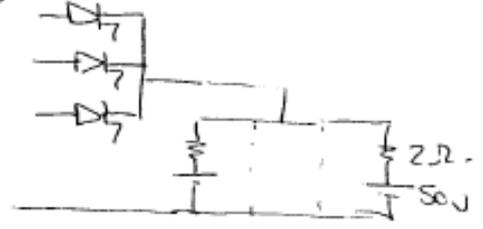
$$i_{MED} = \frac{U_{S, MED} - 100}{4} = 37 \text{ A}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

c) CONFIGURACION PARALELO

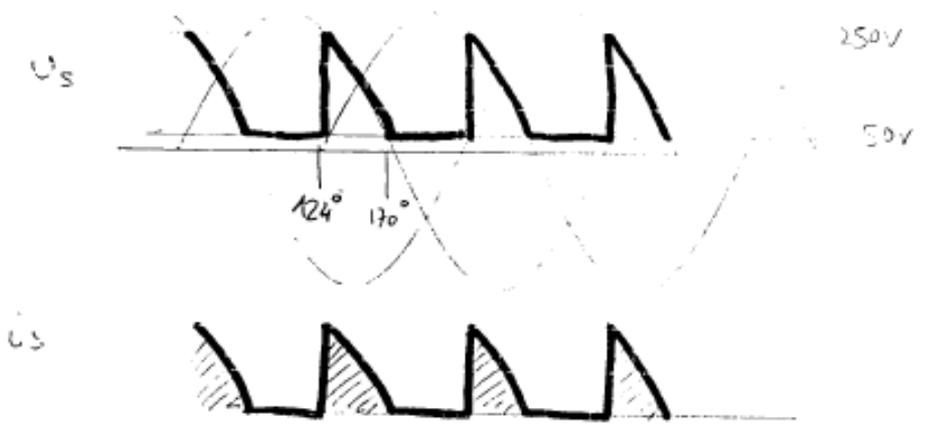


El problema con esta configuración es que en $\omega t = \pi/2$, la corriente por cada batería sería $125A > 100A$. Por tanto el ángulo deberá ser mayor que 60° para evitar esto.

$$I_{MAX} = 100 = \frac{U_{MAX} - 50}{2} \Rightarrow U_{MAX} = 250V$$

$$\varphi = \arcsin \frac{250V}{300V} \Rightarrow \varphi = 58^\circ$$

$$\Rightarrow \boxed{\varphi = 124^\circ} \Rightarrow \alpha = \varphi - 30^\circ = 94^\circ$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Asignatura: Electrónica de Potencia (1194)
Especialidad: Automática y Electrónica

Fecha: 10/09/2008
Convocatoria: Septiembre

Publicación de notas: 30/09/2008

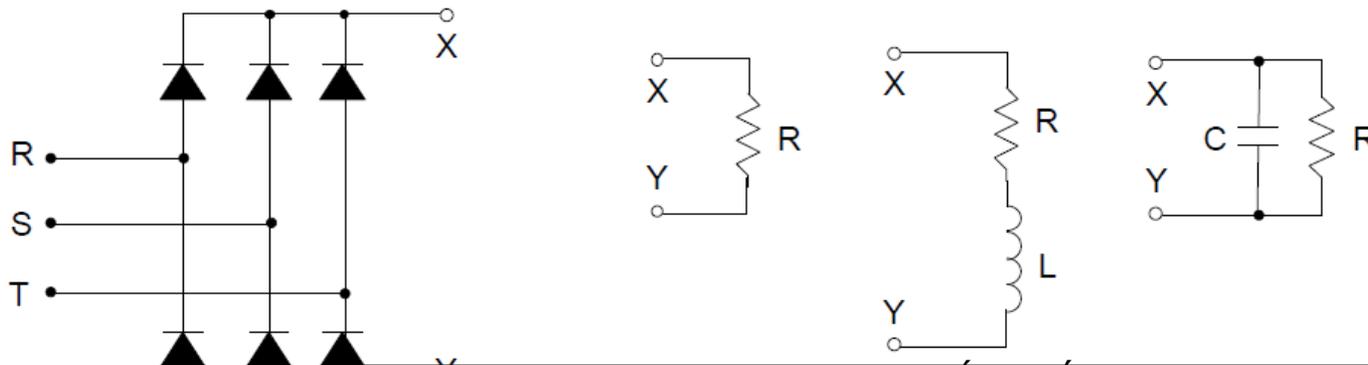
Revisión: 03/10/2008 a las 10:00 h.
Duración: 2 h. 30 m.

PROBLEMA 1. (2,5 puntos)

El rectificador trifásico de la figura se alimenta desde una fuente trifásica 220V/380V de valor eficaz y 50Hz de frecuencia. Entre los terminales (x, y) de salida se pueden conectar las cargas **A**, **B** o **C** de la figura.

Se pide para cada una de las cargas:

- Calcular y representar gráficamente la tensión u_e y la intensidad en la carga indicando su valor de pico y su valor medio, asumiendo el puente rectificador ideal.
- Lo mismo si los diodos presentan características reales. $V_f=1V$; $r_d=1\Omega$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



CEIUPM

Centro de
Electrónica
Industrial

DC/DC

Problemas

n.es

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

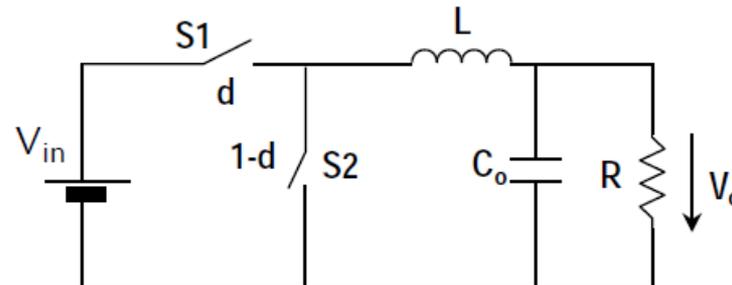
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



POLITÉCNICA

EJERCICIO 2. (2,5 puntos)

El convertidor CC/CC reductor (Buck) de la figura se controla variando el ciclo de trabajo “d” para tener una tensión de salida constante $V_o=5V$.



Se pide:

- Calcular el ciclo de trabajo “d” para un margen de variación de tensión de entrada $15V \leq V_{in} \leq 25V$.
- Calcular la potencia entregada a la carga (P_o) y la intensidad en la bobina (i_L).
- Dibujar las formas de onda de intensidad en $S1$ y $S2$ para $V_{in}=15V$, $V_{in}=20V$ y $V_{in}=25V$.
- Calcular las pérdidas en $S1$ y $S2$ para $V_{in}=15V$, $V_{in}=20V$ y $V_{in}=25V$, sabiendo que el equivalente eléctrico de $S1$ en conducción es $R_{on}=10m\Omega$ y el de $S2$ es $V_f=0,4V$.

Datos:

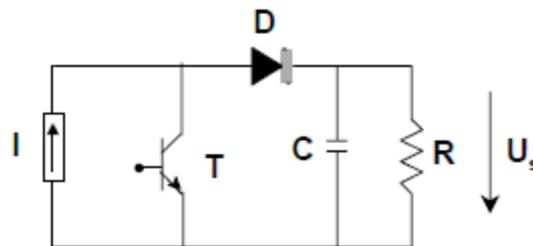
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Primer parcial 1998

1. En el convertidor de la figura, el transistor T trabaja con una frecuencia de conmutación f constante y con un ciclo de trabajo d . A la salida del convertidor se coloca una carga resistiva de valor R . Obtener, en función de I , R , C , d y f , las siguientes expresiones:
- Potencia de salida (asumir U_S constante).
 - Rizado (pico a pico) de la tensión de salida.
 - Indicar el valor máximo que pueden tomar las siguientes magnitudes:
 - Tensión en el transistor
 - Tensión en el diodo
 - Corriente media y eficaz en el transistor
 - Corriente media y eficaz en el diodo
 - Tensión de salida
 - Rizado de la tensión de salida



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Prueba de Evaluación Continua marzo 2014

Asignatura: Electrónica de Potencia (GITI)

Especialidad: Automática y Electrónica

Fecha: 31/03/2014

Convocatoria: Prueba de Evaluación Continua

PROBLEMA 1. (5 puntos)

Se dispone de un panel solar que genera $24V_{cc}$, y tiene una resistencia de salida de 1Ω . Se pretende entregar la máxima potencia posible a unas baterías de $48V_{cc}$, para lo que se conecta el panel a las baterías mediante un convertidor CC-CC de tipo "Elevador" (Boost)

Asumiendo todos los componentes ideales, y que los valores de L y C del convertidor CC-CC son suficientemente elevados como para que no cambien significativamente en un ciclo de conmutación su intensidad y su tensión, respectivamente, se pide:

- Obtener la ganancia del convertidor ($M=V_o/V_{in}$) en función del ciclo de trabajo $d=t_{on}/T$ del interruptor principal
- Calcular la tensión de entrada del convertidor CC-CC, V_{in} , indicando el valor del ciclo de trabajo para el que se produce.
- Representar gráficamente, para los valores anteriores, las formas de onda de la intensidad por la bobina y por

Cartagena99

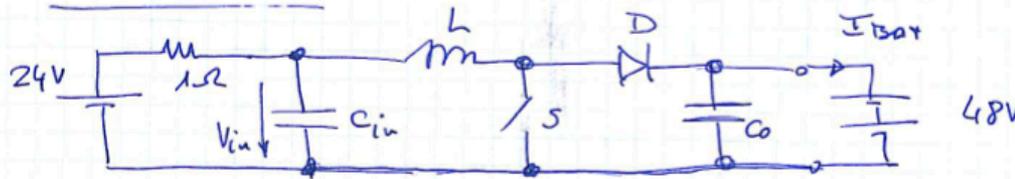
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Prueba de Evaluación Continua marzo 2014

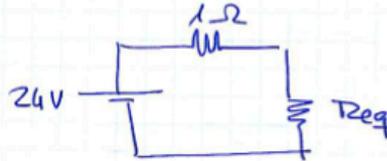
PROBLEMA 1



a) $V_{in} \cdot d = (V_o - V_{in})(1-d)$

$0 = V_o(1-d) - V_{in} \Rightarrow \boxed{\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1}{1-d}}$

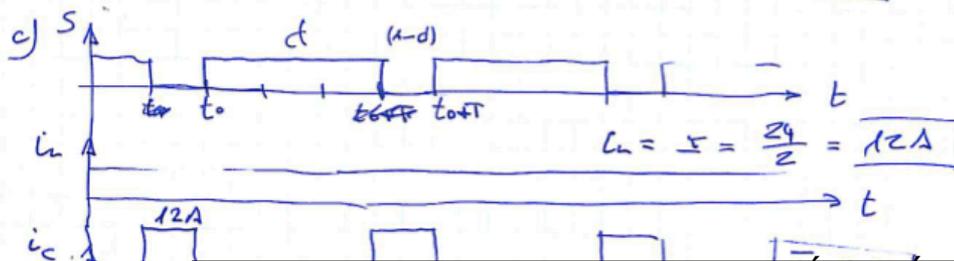
b)



Para $R_{eq} = 1\Omega \Rightarrow$ P_{in} en Reg.

$\Rightarrow \boxed{V_{in} = 12V}$

$\frac{48}{12} = \frac{1}{1-d} = 4 \Rightarrow \boxed{d = \frac{3}{4} = 75\%}$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

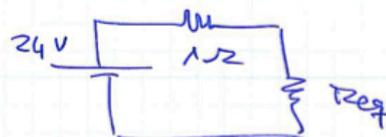
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Prueba de Evaluación Continua marzo 2014

Anejo:

* Potencia máxima; de entrada al convertidor, ya que $P_{in} = P_{out}$



$$P_{in} = \left(\frac{24}{(1+R_{eq})} \right)^2 \cdot I_{2eq}$$

Calculamos la R_{eq} que maximiza P_{in} :

$$\frac{dP_{in}}{dR_{eq}} = 0 = \frac{d}{dR_{eq}} \left[\frac{R_{2eq}}{(1+R_{eq})^2} \right]$$

$$\frac{(1+R_{eq})^2 - 2(1+R_{eq})}{(1+R_{eq})^4} = 0$$

$$1 + R_{eq}^2 + 2R_{eq} - 2 - 2R_{eq} = 0$$

$$R_{eq}^2 = 1 \Rightarrow \boxed{R_{eq} = 1}$$

* También podemos calcularlo maximizando P_{out} :

$$P_o = 48 \cdot I_D = 48 \cdot [I_L \cdot (1-d)]$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

CELRPM



PROBLEMA 1. (4 puntos)

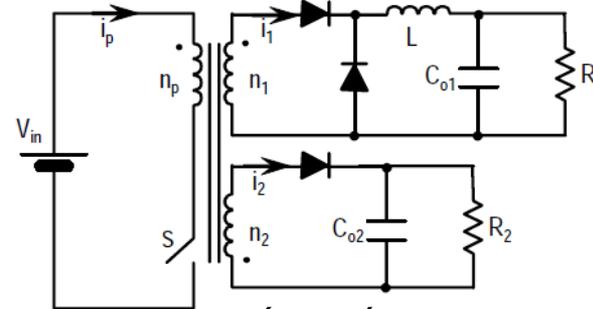
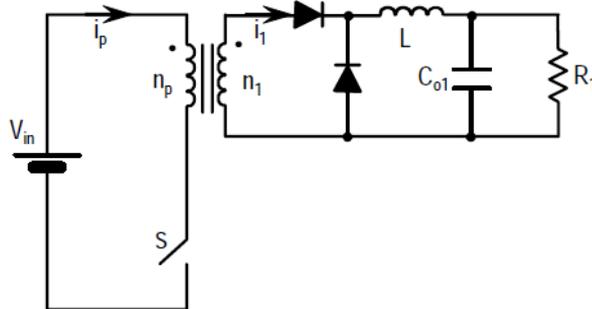
En el convertidor directo (forward) de la figura 1, considerando el transformador ideal y despreciando el rizado de tensión en el condensador de salida (C_{o1}), se pide:

- Calcular el valor mínimo de L para que el convertidor trabaje en modo de conducción continuo.
- Calcular la tensión de salida V_{o1} , en las condiciones de a).
- Representar gráficamente las intensidades que circulan por L y por R_1 .

Asumiendo ahora que el transformador tiene inductancia magnetizante, se añade al transformador un devanado adicional (figura 2) para generar una tensión auxiliar en el convertidor (V_{o2}) que alimente al circuito de control, que necesita 12V y consume 100mA.

Se pide:

- Calcular el resto de parámetros del transformador (R_{el} , n_2).
- Representar gráficamente las intensidades i_p , i_1 , i_2 y el flujo en el transformador.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Junio 2004

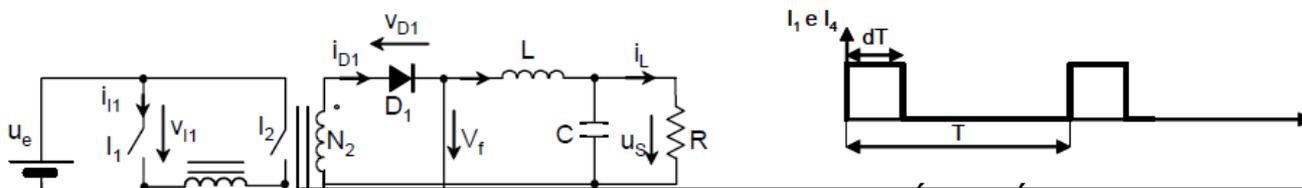
PROBLEMA 2. (4 puntos)

En el convertidor CC/CC de la figura, se supone que el transformador es ideal y que los elementos reactivos, inductancias y capacidades, son suficientemente grandes como para despreciar los rizados de corriente y tensión respectivamente. Siendo la frecuencia de conmutación 100kHz y sabiendo que los interruptores de primario se controlan con la ley indicada en la figura, se pide:

- Determinar de forma razonada la tensión de salida en función de la tensión de entrada y el ciclo de trabajo 'd'. ¿Cuál es el ciclo de trabajo que se necesita para regular la tensión de salida a 20V?
- Para el ciclo de trabajo del apartado anterior, dibujar la evolución de las señales i_{T1} , V_{T1} , V_{PRIM} , i_{D1} , i_{D2} , V_{D1} , V_f e i_L , indicando los valores principales.
- Razonar qué transistores utilizaría para realizar la función de los interruptores de primario y dibujar el convertidor.

Para considerar un modelo más real del transformador, se considera la inductancia magnetizante del mismo, siendo su valor 2mH vista desde primario. Considerando la inductancia magnetizante del transformador, se pide:

- Determinar, de forma razonada, el valor medio de la corriente magnetizante así como su rizado pico a pico.
- Dibujar las corrientes i_{T1} , i_{D1} , i_{D2} e i_L , teniendo en cuenta la corriente magnetizante.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

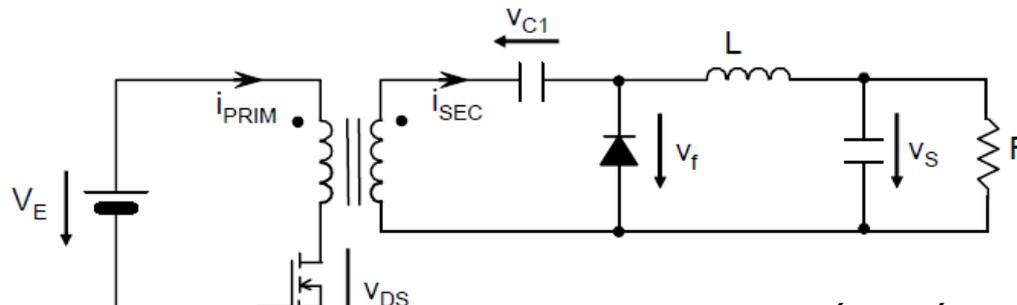
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Segundo parcial 2004

PROBLEMA 2. (2,5 puntos)

El circuito de la figura es un convertidor CC/CC conmutado. Suponiendo todos los elementos reactivos, inductancias y capacidades, suficientemente grandes como para despreciar los rizados, de corriente y de tensión respectivamente, se pide:

- Obtener de forma razonada la expresión del valor medio de v_s y v_{C1} en función del ciclo de trabajo 'd' y la tensión de entrada V_E .
- Valor medio de la corriente magnetizante así como el sentido de circulación.
- Dibujar la forma de onda de las señales i_{PRIM} , i_{SEC} , v_f y v_{DS} indicando los valores más significativos.
- En su opinión, la transferencia de energía en esta topología, ¿es de tipo "forward" o de tipo "flyback"? ¿Por qué?



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

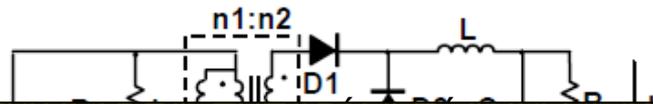
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Primer parcial 1998

1. El convertidor continua-continua de la figura es un *forward* (o convertidor directo) en el que se ha optado por quitar el tercer devanado del transformador (devanado desmagnetizador) para llevar a cabo la desmagnetización a través del diodo $D3$ y la resistencia R_D . La inductancia magnetizante del transformador L_M , vista desde el primario, vale 1mH y la frecuencia de conmutación del transistor f_c 100kHz . En este circuito todos los elementos se consideran ideales y los elementos reactivos del filtro L y C se pueden considerar suficientemente grandes..
 - a) Calcular el ciclo de trabajo del transistor (d) para obtener a la salida una tensión igual a 5V . Dibujar la corriente por $D1$, $D2$ y $T1$.
 - b) Dibujar la corriente por el diodo $D3$ y la tensión en $T1$. Calcular la R_D límite que asegura la desmagnetización del transformador.
 - c) Calcular la disipación de potencia en la resistencia R_D .
 - d) Obtener una expresión genérica que relacione la tensión máxima en el transistor $T1$ con el ciclo de trabajo máximo (teniendo en cuenta la R_D límite para cada ciclo de trabajo).
 - e) Indicar razonadamente qué otras posibles soluciones (aparte de variar el valor de R_D) pueden plantearse si se quisiesen conseguir ciclos de trabajo grandes. Indicar las consecuencias que tendrían.

Nota: Se supone que una ecuación de evolución exponencial decreciente alcanza su régimen permanente en un tiempo igual a 3τ .

Datos
 $U_e=50\text{V}$
 $I_{Tc}=5\text{V}$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Febrero 2008

Asignatura: Electrónica de Potencia (1194)
Especialidad: Automática y Electrónica

Fecha: 30/01/2008
Convocatoria: Febrero

Publicación de notas: 15/02/2008

Revisión: 22/02/2008

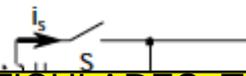
PROBLEMA 1. (2,5 puntos)

El convertidor CC/CC de la figura es del tipo Watkins-Johnson. Asumiendo todos los componentes ideales y el valor de C suficientemente grande como para despreciar su rizado de tensión en un ciclo de conmutación, se pide:

- Representar gráficamente la ganancia de tensión (V_o/V_{in}) , en modo de conducción continuo, en función del ciclo de trabajo.
- Calcular el ciclo de trabajo D para que $V_o=25V$.
- Calcular y representar gráficamente las intensidades por el interruptor y el diodo $(i_s(t)$ e $i_d(t))$ en dos ciclos de conmutación.
- Calcular y representar gráficamente la intensidad $i_{in}(t)$ y la potencia de entrada $P_{in}(t)$.
- Valorar cualitativamente el rendimiento del convertidor, comparándolo con otros convertidores CC/CC.

Datos

...



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

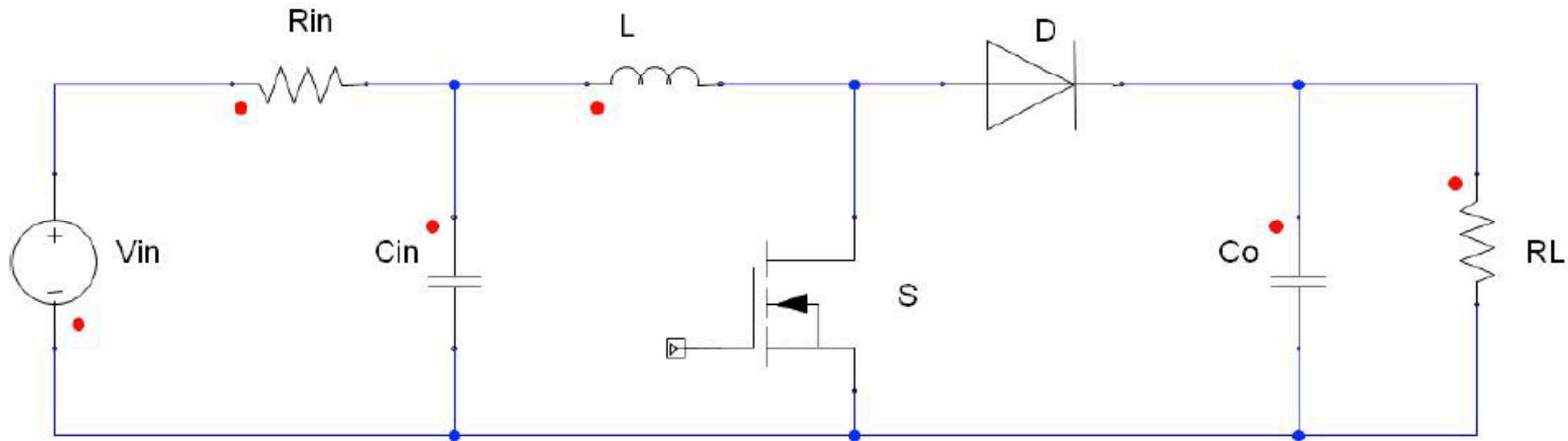
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

CE

Septiembre 2009

El circuito de la figura es un convertidor CC/CC elevador, que se alimenta desde una fuente de tensión continua ($V_g=48V$) que tiene impedancia de salida ($R_{in}=100m\Omega$).



Asumiendo todos los componentes ideales, y que los elementos reactivos tienen un valor suficientemente elevado como para despreciar el rizado en ellos a la frecuencia de conmutación, se pide:

- 1) Obtener las ecuaciones, y representar gráficamente en función del tiempo las tensiones en C_o y C_{in} , y las intensidades que circulan por R_{in} , C_{in} y S
- 2) Calcular y representar gráficamente la tensión de salida (V_o) respecto a la resistencia de carga (R_L), si ésta puede variar en el margen $1\Omega < R_L < 10\Omega$ para $d = 0,2$

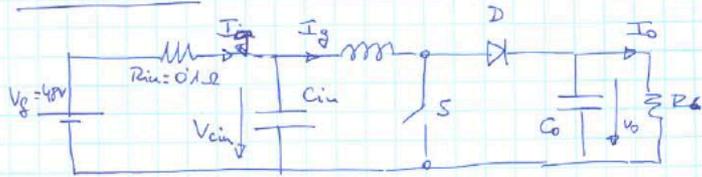
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

5) Calcular la tensión de salida máxima que se puede obtener en la carga, indicando para qué

EJERCICIO 3

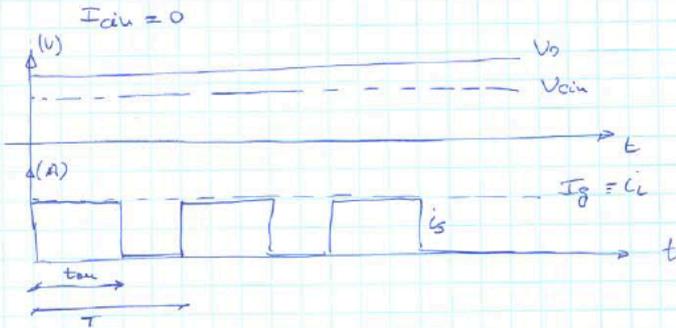


1) $V_o = V_{cin} \cdot \frac{1}{1-d}$

2) $V_{cin} = V_g - 0.1 \cdot I_g$

$V_{cin} \cdot I_g = \frac{V_o^2}{R_L}$

3 casos con 5 incógnitas.



1) $d = 0.2$

2) $1 \leq R_L \leq 10$

Nos quedan 3 ecs con 3 incógnitas.

$$V_o = \frac{384 R_L}{1 + \frac{32}{5} R_L} \Rightarrow V_o = \frac{V_{cin}}{0.8} = 1.25 \cdot V_{cin}$$

3) $V_o = 400 V$

2) $1 \leq R_L \leq 10$

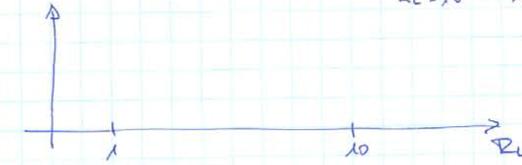
$$1-d = \frac{V_{cin}}{400} \Rightarrow d = 1 - \frac{V_{cin}}{400}$$

$$V_{cin} = 48 - 0.1 I_g$$

$$V_{cin} \cdot I_g = \frac{160.000}{R_L} \Rightarrow V_{cin}^2 - 48 V_{cin} + \frac{16.000}{R_L} = 0$$

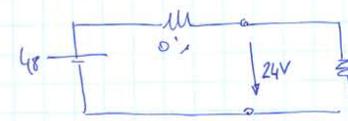
$R_L = 1 \rightarrow V_{cin} = 24 \rightarrow d = 0.94$

$R_L = 10 \rightarrow V_{cin} =$



4) P_{max}

2



$V_{cin} = 24 V$

$I_g = 240 A$

$P_{in} = P_o = \frac{24^2}{0.1} = 5760 W$

$$R_L \cdot I_g(1-d) = \frac{24}{1-d}$$

$$R_L \cdot (1-d)^2 = \frac{24}{240} = \frac{1}{10} \Rightarrow R_L = \frac{1}{10(1-d)^2}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



CEIUPM

Centro de
Electrónica
Industrial

Inversores

Problemas

n.es

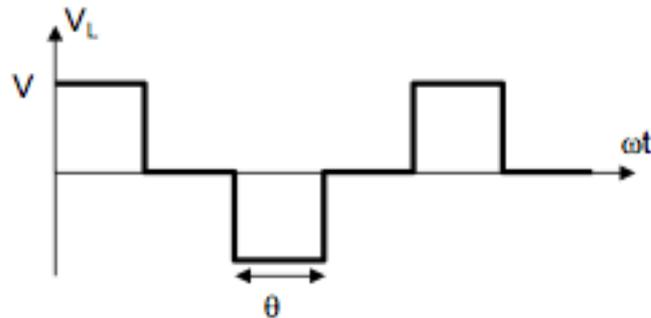
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

EJERCICIO 4. (2 puntos)

A una bobina de valor L se le aplica una tensión periódica como la representada en la figura, en la que varían θ y V , pero se mantiene constante el valor eficaz de tensión.



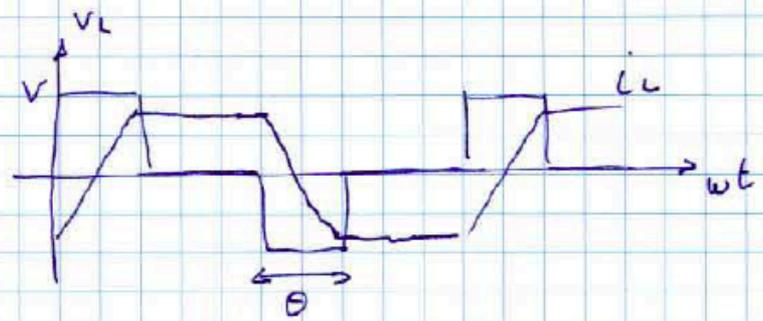
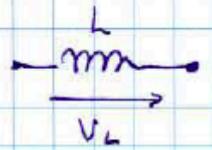
Se pide calcular el rizado de intensidad de la bobina (Δi_L) en función del valor del ángulo θ . Represente gráficamente esta función.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

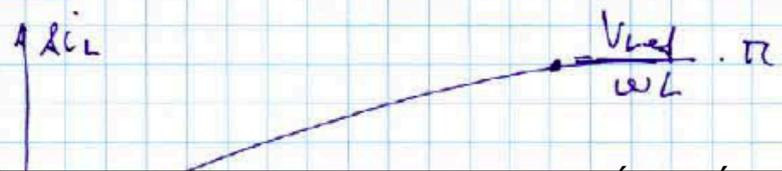
PROBLEMA 4



$$V_{Lef} = V \cdot \sqrt{\frac{\theta}{\pi}} \quad ; \quad u = L \frac{di}{dt} \rightarrow \Delta i = \frac{u}{L} \cdot \Delta t$$

$$\Delta i_L = \frac{V}{L} \cdot \frac{\theta}{\omega} = \frac{1}{\omega L} \cdot \theta \cdot \frac{V_{Lef}}{\frac{\theta}{\pi}} = \frac{V_{Lef}}{\omega L} \cdot \sqrt{\pi \cdot \theta}$$

Gráficamente:



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



Primer parcial 2002

Asignatura: Electrónica III (Electrónica de Potencia)
Especialidad: Automática y Electrónica

Examen: 1^{er} parcial
Fecha: 29 de enero de 2002

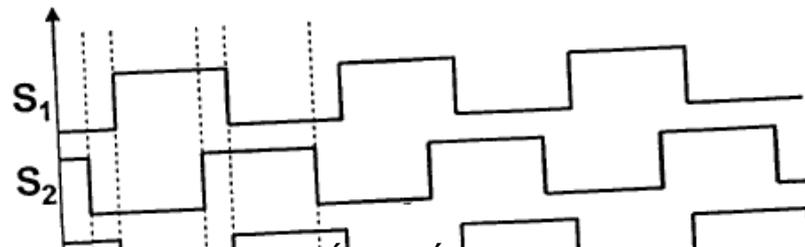
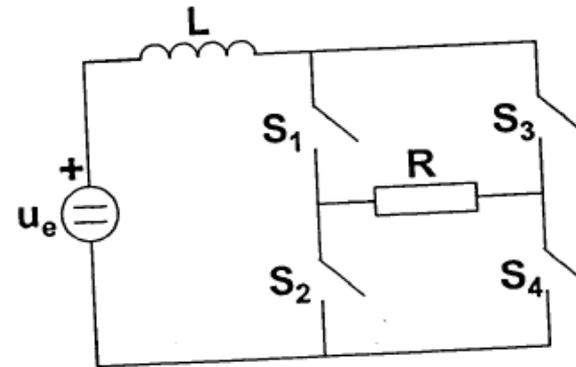
2,5 puntos

4

El inversor representado en la figura, gracias a la bobina L de valor muy elevado, se alimenta como si lo hiciera aproximadamente desde una fuente de corriente. Si se disparan los interruptores con las señales de control indicadas a una frecuencia de 50 Hz.

- Represente la forma de onda de la corriente en la carga
- Calcule la potencia entregada a la carga
- Calcule la corriente media y máxima por cada interruptor

DATOS: $u_e = 100 \text{ V}$; $R = 10 \Omega$



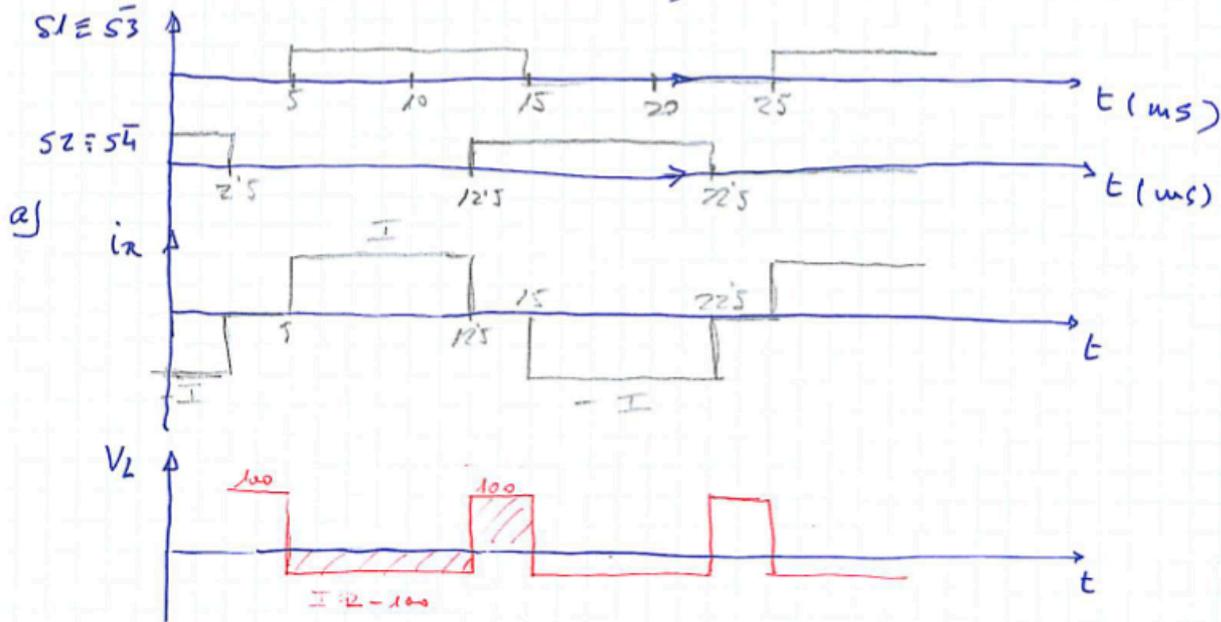
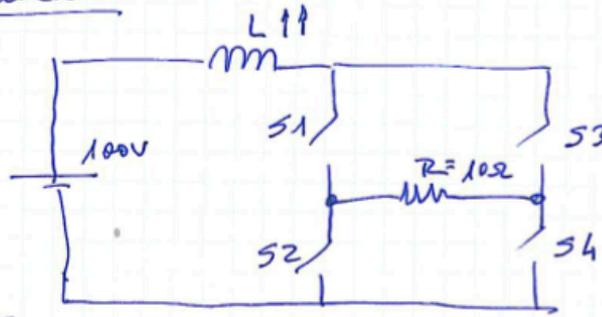
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

2,5 5 12,5 15 20

Solución:



$$7.5(I \cdot R - 100) = 2.5 \cdot 100$$

$$3(I - 10) = 10 \Rightarrow \boxed{I = 13\frac{1}{3} \text{ A}}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$I = 13\frac{1}{3} \text{ A} = I = 13\frac{1}{3} \text{ A}$

Enunciado. Problema 7.1

Un inversor monofásico en medio puente con carga resistiva $R = 5 \Omega$ (véase la Figura 7.1.1) está alimentado con V_G , siendo la frecuencia de conmutación: $f_s = 2050 \text{ Hz}$. Se pide:

- 1) En el caso de trabajar en onda cuadrada, rellenar una tabla que contenga los valores eficaces de la tensión de salida, $V_{O_{\text{nef}}}$ y de la corriente de salida, $I_{O_{\text{nef}}}$ para los cinco primeros armónicos.
- 2) A partir de los datos obtenidos en el apartado anterior, calcular la potencia disipada por la carga.
- 3) Calcular la tensión y corrientes de los IGBT que forman el medio puente.

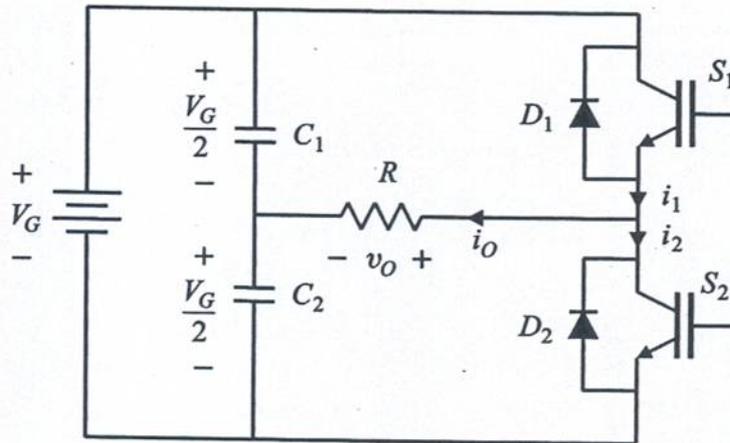


FIGURA 7.1.1 Inversor monofásico en medio puente que alimenta a una carga resistiva.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Solución. Problema 7.1

Apartado 1)

El valor eficaz del armónico fundamental de la tensión toma el valor:

$$V_{O1ef} = \frac{4}{\pi} \frac{V_G}{2\sqrt{2}} = 0,9 \frac{V_G}{2}$$

$$V_{on,ef} = V_p \frac{2\sqrt{2}}{n \cdot \pi} \cdot \text{sen}\left(n \frac{\theta}{2}\right)$$

Orden de armónico, n	$V_{On,ef}$	$I_{On,ef}$
1	337,5 V	67,5 A
3	112,5 V	22,5 A
5	67,5 V	13,5 A
7	48,21 V	9,642 A
9	37,5 V	7,5 A

Apartado 2)

Considerando como significativos los armónicos del apartado anterior, la potencia de la carga toma el valor:

$$P_O = \frac{(V_{O1ef})^2}{R} + \frac{(V_{O3ef})^2}{R} + \frac{(V_{O5ef})^2}{R} + \frac{(V_{O7ef})^2}{R} + \frac{(V_{O9ef})^2}{R} = 26,97 \text{ kW} \quad P_O = 375^2 / 5 = 28.125W$$

Apartado 3)

La tensión que soportan los IGBT cuando están conduciendo es:

$$v_{T_ON} = v_{CE,sat} \approx 0 \text{ V}$$

mientras que cuando están cortados toma el valor:

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

$v_{T_OFF} = 0$

Cartagena99

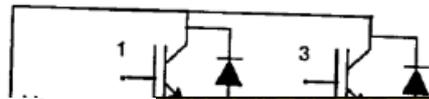
CELIUM

Problema

El circuito de la figura es un inversor monofásico controlado por ancho de pulso alimentado desde una fuente de tensión de 400V. La duración del pulso de tensión aplicado a la carga es de 120° y la frecuencia de conmutación de 10kHz.

Sabiendo que la carga consume una intensidad puramente senoidal, con un $\cos \varphi = 0,866$ respecto al armónico fundamental de la tensión aplicada, y una potencia activa de 2 kW, se pide:

- Dibujar los pulsos de disparo de puerta de los cuatro IGBT
- Dibujar la forma de onda de tensión e intensidad en la carga, acotando sus valores más significativos (especifique claramente el valor de pico de la intensidad).
- Dibujar la forma de onda de tensión e intensidad en todos los semiconductores de potencia.
- Calcular el valor medio y eficaz de la intensidad por cada uno de los dispositivos.
- Sabiendo que tanto los diodos como los IGBT presentan el mismo equivalente eléctrico en conducción (representado en la figura), y que las pérdidas por conmutación son despreciables, calcule las pérdidas en todos los dispositivos.
- Calcule si sería posible, y en caso afirmativo conveniente, sustituir los IGBT por MOSFET de $R_{DSon} = 100 \text{ m}\Omega$
- Comente brevemente qué repercusión tendría un incremento en el $\cos \varphi$ de la carga sobre las potencias activa y reactiva consumidas por la carga.



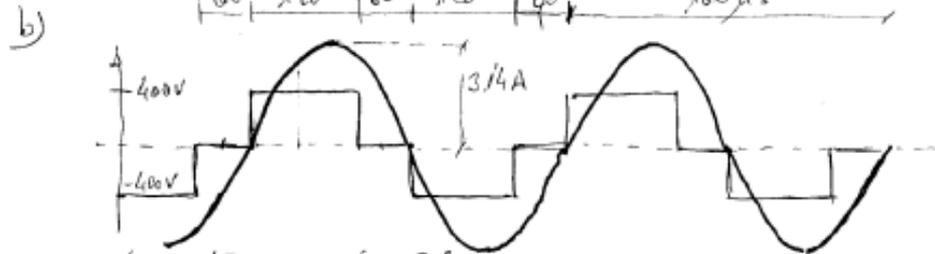
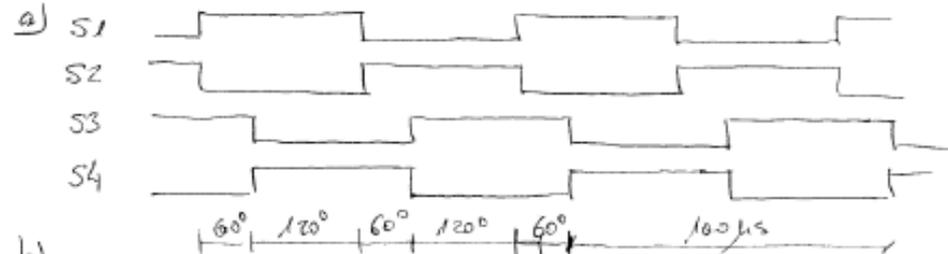
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

CELIUM

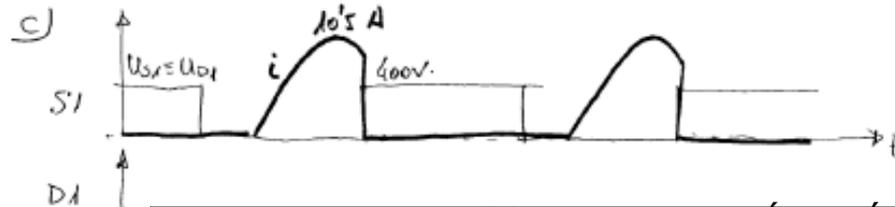
Problema



$$\cos \varphi = 0.866 \Rightarrow \varphi = 30^\circ$$

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} 400 \cdot I_p \cdot \sin \omega t \cos \omega t dt = 2 \text{ kW}$$

$$2 \text{ kW} = \frac{400 \cdot I_p}{\pi} \cdot \left[-\cos \omega t \right]_0^{2\pi/3} = \frac{400 I_p}{\pi} \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \right) \Rightarrow \boxed{I_p = 10.5 \text{ A}}$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Problema

$$d) \quad \bar{I}_{S1} = \frac{1}{2\pi T} \int_0^{2\pi/3} 10'5 \cdot \sin \omega t \, d\omega t = \frac{10'5}{2\pi T} [1 + \cos \frac{2\pi}{3}] = \frac{10'5 \cdot 3}{4\pi T}$$

$$\bar{I}_{S1} = 2'5A = \bar{I}_{S2}$$

$$i_{efS1} = \sqrt{\frac{1}{2\pi T} \int_0^{2\pi/3} 10'5^2 \sin^2 \omega t \, d\omega t} = \sqrt{\frac{10'5^2}{2\pi T} \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{2\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{4} \right]} = 4'7A$$

$$i_{efS1} = i_{efS2} = 4'7A \quad i_{efD1} = \sqrt{\frac{10'5^2}{2\pi T} \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{4} \right]}$$

$$\bar{I}_{D1} = \bar{I}_{D2} = \frac{10'5}{\pi} - 2'5 = 0'84A \quad i_{efD1} = i_{efD2} = 2'32$$

$$\bar{I}_{S4} = \bar{I}_{S3} = \frac{10'5}{\pi} = 3'3A$$

$$i_{efS4} = i_{efS3} = \frac{10'5}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 5'25A$$

$$\bar{I}_{D3} = \bar{I}_{D4} = i_{efD3} = i_{efD4} = 0$$

$$e) \quad P = \bar{I} \cdot U_{caden} + i_{ef} \cdot r_d = \bar{I} \cdot 10 + i_{ef} \cdot 10m\Omega$$

$$= \bar{I} + 0'01 i_{ef}$$

$$P_{S1} = P_{S2} = 2'547$$

$$P_{S3} = P_{S4} = 3'35$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$P_{D1} = P_{D2} = i_{ef}^2 \cdot R_{D1} = 4'7^2 \cdot 0'1 = 2'12W$$

$$P_{D3} = P_{D4} = 0$$

Cartagena99

CEI UPM

Enunciado. Problema 7.2.

En el circuito de la Figura 7.2.1, $R = 20 \Omega$ y $L = 50 \text{ mH}$. Los transistores se controlan para generar una onda de tensión cuadrada de 100 Hz de frecuencia (siendo T su periodo), de manera que:

$$0 \leq t \leq T/2 \Rightarrow S_1 \text{ ON}, \quad S_2 \text{ OFF}$$

$$T/2 \leq t \leq T \Rightarrow S_1 \text{ OFF}, \quad S_2 \text{ ON}$$

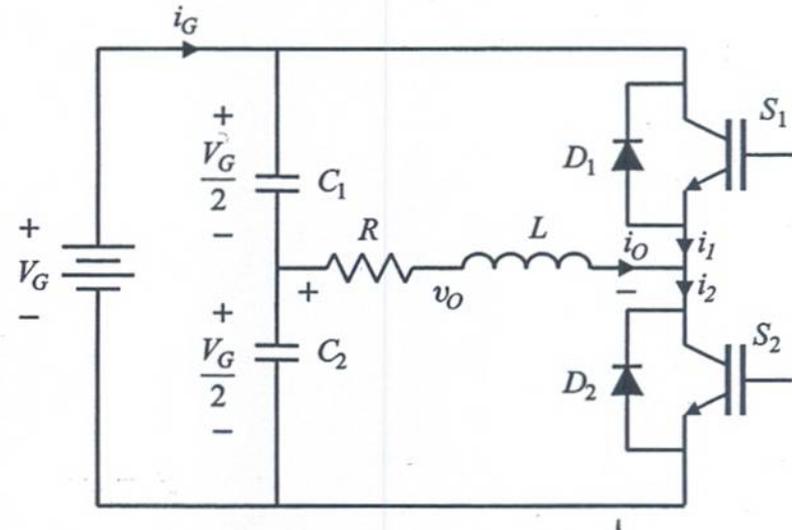


FIGURA 7.2.1 Inversor monofásico en medio puente que alimenta a una carga RL .

Se pide:

- 1) Dibujar, cualitativamente, la tensión y la corriente en la carga, i_o .
- 2) ¿Cuánto vale V_G si el valor eficaz de la componente fundamental de la tensión en la carga es 220 V?

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Solución. Problema 7.2

Apartado 1)

En la Figura 7.2.2 se representan las formas de onda de la tensión de salida del inversor, v_o , y de la corriente en la carga, i_o .

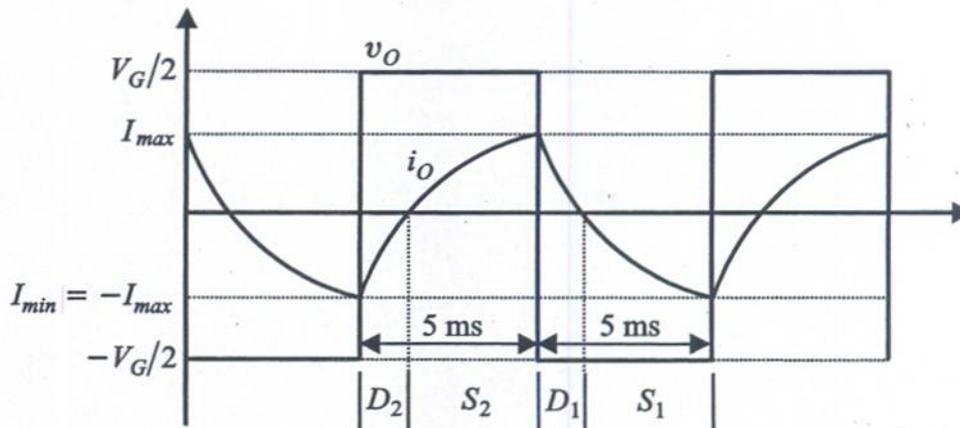


FIGURA 7.2.2 Formas de onda de la tensión de salida del inversor, v_o , y de la corriente en la carga, i_o .

El inversor aplica a la carga una forma de onda cuadrada, con ciclo de trabajo 0,5 y cuyos valores máximos coinciden con la tensión en los condensadores C_1 y C_2 . Cuando la carga RL recibe tensión continua positiva, su corriente crece de forma exponencial, con una constante de tiempo $\tau = L/R$, desde el valor I_{min} hasta el valor I_{max} .

Durante el intervalo en que tanto v_o como i_o son positivas, conduce el IGBT S_2 . A partir del instante en que

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Solución. Problema 7.2

Apartado 2)

La tensión v_O puede describirse matemáticamente mediante la serie de Fourier que se recoge en (7.2.1):

$$v_O(t) = \frac{4}{\pi} \frac{V_G}{2} \sum_{n=1,3,5,\dots} \frac{1}{n} \text{sen}(n\omega t) \quad (7.2.1)$$

Por lo tanto, el valor eficaz del armónico enésimo viene dado por (7.2.2):

$$V_{O_{nef}} = \frac{2V_G}{\pi\sqrt{2}} \frac{1}{n} \quad (7.2.2)$$

A partir de (7.2.2) se puede deducir el valor de V_G necesario para que el armónico fundamental tenga un valor eficaz de 220 V.

$$V_G = 220 \text{ V} \frac{\pi\sqrt{2}}{2} = 488,72 \text{ V} \quad (7.2.3)$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Solución. Problema 7.2

Apartado 3)

La potencia consumida en la carga viene dada por (7.2.4):

$$P = I_{Oef}^2 \cdot R \quad (7.2.4)$$

El valor eficaz de la corriente por la carga, puede calcularse aplicando el principio de superposición, ya que la carga RL es lineal. El valor eficaz de cada armónico de corriente puede obtenerse como el cociente entre el valor eficaz de cada armónico de la tensión v_o entre la impedancia que, a esa frecuencia presenta la carga RL . Este proceso se recoge en (7.2.5):

$$\begin{aligned} I_{Oef}^2 &= \sum_{n=1,3,5,\dots} I_{On}^2 \\ I_{On} &= \frac{V_{On}}{Z_n} \\ V_{On} &= \frac{2 \cdot V_G}{n\pi\sqrt{2}} \\ Z_n &= \sqrt{R^2 + (n\omega_1 L)^2} \end{aligned} \quad (7.2.5)$$

Sustituyendo los valores del enunciado se obtiene:

$$\begin{aligned} V_{O1} = 220 \text{ V} &\Rightarrow I_{O1} = \frac{220 \text{ V}}{\sqrt{20 \Omega^2 + (200 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 10^{-3} \Omega)^2}} = 5,9073 \text{ A} \Rightarrow I_{O1}^2 = 34,8965 \text{ A}^2 \\ V_{O3} = \frac{220 \text{ V}}{3} = 73,333 \text{ V} &\Rightarrow I_{O3} = \frac{73,333 \text{ V}}{\sqrt{20 \Omega^2 + (200 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 10^{-3} \Omega)^2}} = 0,7611 \text{ A} \Rightarrow I_{O3}^2 = 0,5793 \text{ A}^2 \end{aligned} \quad (7.2.6)$$

Comparando los valores eficaces del primer y tercer armónico, se deduce que la serie de Fourier puede ser truncada de manera que se considere únicamente el primer armónico. Por tanto, la potencia puede calcularse de forma aproximada por:

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

lo que supone un error de un 4,9%.

Solución. Problema 7.2

Apartado 4)

La potencia media que consume la carga, P_O , la suministran las baterías, P_G , ya que los condensadores no consumen potencia media. Esto se recoge en (7.2.8):

$$\begin{aligned}P_G &= P_O \\P_G &= V_G \cdot I_{Gm}\end{aligned}\tag{7.2.8}$$

por tanto, el valor de la corriente media que ceden las baterías, I_{Gm} , viene dado por (7.2.9):

$$I_{Gm} = \frac{P}{V_G} = \frac{697,9291 \text{ W}}{488,7171 \text{ V}} = 1,4281 \text{ A}\tag{7.2.9}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Solución. Problema 7.2

Apartado 5)

Según la Figura 7.2.2, las corrientes máximas en los diodos y los transistores son: $I_{Smax} = I_{max}$ e $I_{Dmax} = I_{max}$; de manera que el cálculo de las corrientes máximas en los semiconductores se reduce al cálculo de la corriente en la carga para $t = T/2$.

En cada semiperiodo, la corriente en la carga es una exponencial de valor inicial I_{min} (I_{max}) y valor final $V_G/2R$ ($-V_G/2R$). Por tanto,

$$i_O = \begin{cases} \frac{V_G}{2R} + \left(I_{min} - \frac{V_G}{2R}\right)e^{-t/\tau} & \text{para } 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \\ -\frac{V_G}{2R} + \left(I_{max} + \frac{V_G}{2R}\right)e^{-(t-T/2)/\tau} & \text{para } \frac{T}{2} \leq t \leq T \end{cases} \quad \left(\tau = \frac{L}{R} = 2,5 \text{ ms}\right) \quad (7.2.10)$$

Teniendo en cuenta que $I_{max} = -I_{min}$, y considerando las expresiones de i_O recogidas en (7.2.10) para cada semiciclo e igualándolas para el instante $t = T/2$, se obtiene el valor de I_{max} :

$$I_{max} = -I_{min} = \frac{V_G}{2R} \left(\frac{1 - e^{-T/2\tau}}{1 + e^{-T/2\tau}}\right) = \frac{488,7171 \text{ V}}{2 \cdot 20 \Omega} \left(\frac{1 - e^{-5/(2 \cdot 5)}}{1 + e^{-5/(2 \cdot 5)}}\right) = 9,305 \text{ A}$$

$$I_{Smax} = I_{Dmax} = 9,305 \text{ A} \quad (7.2.11)$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Enunciado. Problema 7.6

En el circuito de la Figura 7.6.1 se pretende conseguir una tensión, v_O , cuadrada de valor máximo 200 V. Esta tensión se aplicará sobre una carga RLC de 2 kW y $\cos \varphi = 0,8$ inductivo. Se puede suponer que la corriente i_O es sinusoidal pura, debido al efecto de filtrado que presenta la carga RLC .

Datos: IGBT: $V_{CE(sat)} = 0,3$ V, tensión colector emisor en saturación.

Diodos: $V_D = 0,3$ V, caída de tensión directa.

Se pide:

- 1) Valor de la tensión en la batería, V_G .
- 2) Dibujar las siguientes formas de onda:
 - Tensiones de control (nivel alto-nivel bajo) de los cuatro IGBT: S_1, S_2, S_3, S_4 .
 - Tensiones v_A, v_B y v_O .
 - Tensiones en los semiconductores, v_S .
 - Corriente de salida, i_O .
 - Corriente por los semiconductores i_S, i_D .
 - Corriente que cede la batería, i_G .
- 3) Dimensionar los semiconductores de la etapa de potencia. Para ello calcular:
 - Tensión máxima que deben bloquear, V_{max} .
 - Corriente media máxima que deben soportar.
 - Corriente de pico máxima que deben soportar.
- 4) Considerando todos los componentes ideales, calcular el valor medio de la corriente que cede la batería.
- 5) Si consideramos que el filtro es ideal, pero no así los semiconductores, y suponiendo que en éstos sólo existen pérdidas en conducción, calcular:
 - Pérdidas en conducción en cada IGBT.
 - Pérdidas en conducción en cada diodo.
 - Rendimiento del inversor.
 - Corriente media que cede la batería en estas condiciones.

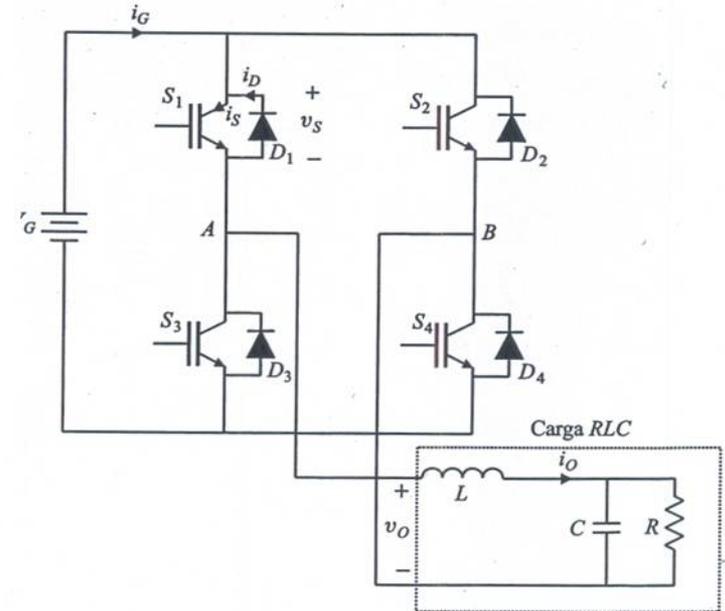


FIGURA 7.6.1 Inversor monofásico en puente que alimenta a una carga RLC .

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Solución. Problema 7.6

Apartado 1)

En este tipo de inversor, si se desprecian las caídas de tensión en los semiconductores, la tensión máxima aplicada a la carga coincide con la tensión continua que alimenta al puente. Por tanto:

$$V_G = 200 \text{ V}$$

Apartado 2)

Para generar, con un inversor monofásico en puente completo, una onda cuadrada que se aplique a la carga, es necesario disparar en cruz los IGBT. Por tanto, las señales de disparo S_1 y S_4 coinciden y las señales S_2 y S_3 son las complementarias de las anteriores (en el caso real deben incluirse tiempos muertos entre ellas). En cualquier estructura en puente, con ramas formadas por dos interruptores situados uno encima del otro, de forma que el superior se conecta a la alimentación y el inferior a masa, la tensión del punto intermedio de cada rama coincide en forma de onda con la tensión de disparo del interruptor que ocupa la posición superior. Por tanto, en este caso, la tensión v_A coincide (salvo por la escala) con la señal S_1 y la tensión v_B con la señal S_2 .

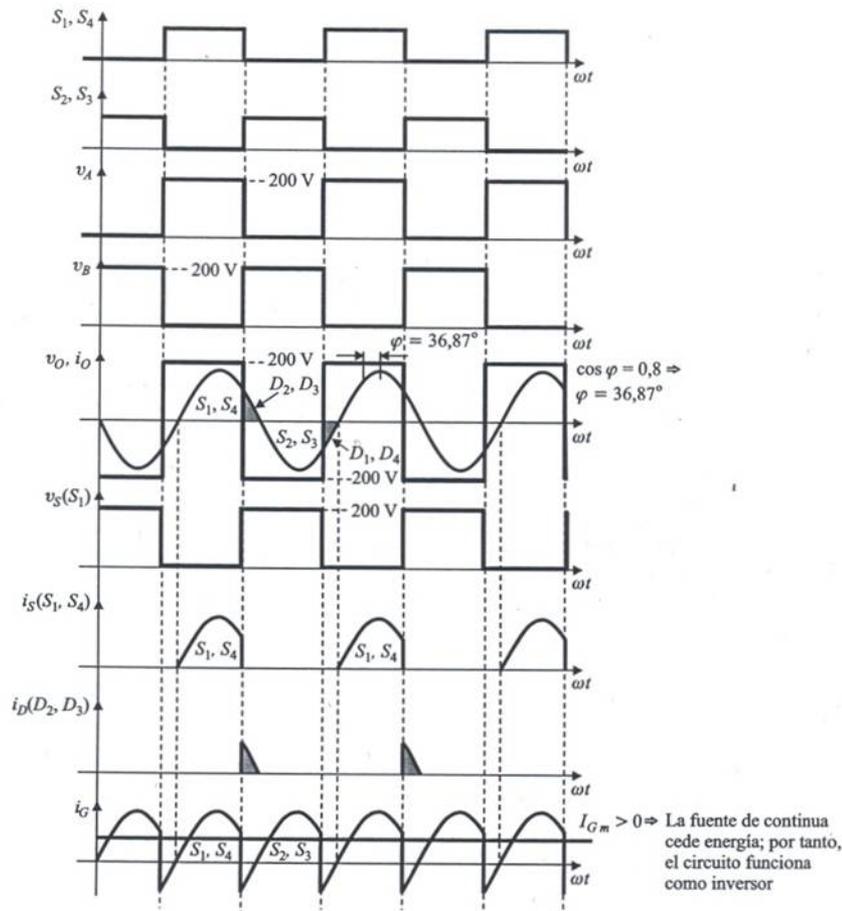
Cuando se aplica una tensión cuadrada a una carga, si ésta presenta una inductancia en serie, reducirá el valor de los armónicos de corriente que circulan por ella. En el caso que plantea el enunciado, el carácter inductivo de la carga es muy fuerte, y puede considerarse que la carga absorbe una corriente totalmente sinusoidal, que irá desfasada un ángulo φ respecto del primer armónico de la tensión:

$$\cos(\varphi) = 0.8 \Rightarrow \varphi = 36,87^\circ$$

El desfase de la corriente provoca la conducción de los diodos. Considerando el convenio de signos para la tensión y corriente de salida, v_O e i_O , que se muestra en la Figura 7.6.1, se cumple:

- $v_O > 0$ e $i_O > 0 \Rightarrow$ conducen S_1 y S_4 , (semiconductores que pueden aplicar tensión positiva a la carga y que permiten circular corriente en sentido positivo hacia la carga)
- $v_O < 0$ e $i_O > 0 \Rightarrow$ conducen D_2 y D_3
- $v_O < 0$ e $i_O < 0 \Rightarrow$ conducen S_2 y S_3
- $v_O < 0$ e $i_O < 0 \Rightarrow$ conducen D_1 y D_4

Por último, es importante destacar que la conducción de los IGBT siempre lleva asociada una corriente positiva cedida por la fuente de continua, mientras que la conducción de los diodos conlleva que la fuente absorbe corriente. Si la corriente media que cede la fuente es positiva ($I_{Gm} > 0$), la potencia que ésta cede será también positiva, y, por tanto, el convertidor funciona como inversor. Si, por el contrario, la corriente media de la fuente fuera negativa, el convertidor funcionaría como rectificador.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Solución. Problema 7.6

Apartado 3)

En primer lugar se calculará el valor máximo de la corriente de carga. Considerando que la corriente es sinusoidal pura, la potencia cedida a la carga viene dada por:

$$P = V_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 \quad (7.6.1)$$

donde:

V_1 valor eficaz del primer armónico de la tensión v_O .

I_1 valor eficaz del primer armónico de la corriente i_O .

φ_1 desfase entre el primer armónico de corriente respecto del primer armónico de tensión. En el caso del enunciado se cumple: $\varphi_1 = \varphi$.

En una onda cuadrada, la relación entre el valor eficaz del primer armónico y su valor máximo viene dada por:

$$V_1 = \frac{V_{max} \cdot 4}{\sqrt{2} \cdot \pi} = 180 \text{ V} \quad (7.6.2)$$

Por tanto, el valor de pico de la corriente por la carga I_{Op} se puede calcular a partir de (7.6.1) y (7.6.2):

$$I_{Op} = \sqrt{2} \cdot \frac{P}{\frac{V_{max} \cdot 4}{\sqrt{2} \cdot \pi} \cdot \cos \varphi} = \frac{\sqrt{2} \cdot 2 \text{ kW}}{200 \text{ V} \cdot 4 \cdot 0,8} = 19,64 \text{ A}$$

Una vez conocido el valor de pico de la corriente por la carga, I_{Op} , se pueden calcular los valores máximos de corriente que han de soportar los IGBT y diodos (véase la Figura 7.6.3).

Tensión máxima que deben bloquear ambos semiconductores:

$$V_{max} = 200 \text{ V}$$

Corrientes de pico máximas que han de soportar los semiconductores:

$$\text{IGBT: } I_{Smax} \geq I_{1p} = 19,64 \text{ A}$$

$$\text{DIODOS: } I_{Dmax} \geq I_{1p} \cdot \sin(180 - 30,87) = I_{1p} \cdot 0,6 = 11,78 \text{ A}$$

Corrientes medias máximas:

$$\text{IGBT: } I_{Sm} = \frac{1}{T} \int_0^T i_S(t) dt = \frac{I_{1p}}{2\pi} \int_0^{\pi-\varphi} \sin(\alpha) d\alpha = \frac{I_{1p}}{2\pi} (1 + \cos \varphi)$$

$$I_{Dm} = \frac{I_{1p}}{2\pi} (1 - \cos \varphi) \Rightarrow I_{Dm} = \frac{19,64 \text{ A}}{2\pi} (1 + 0,8) = 6,62 \text{ A}$$

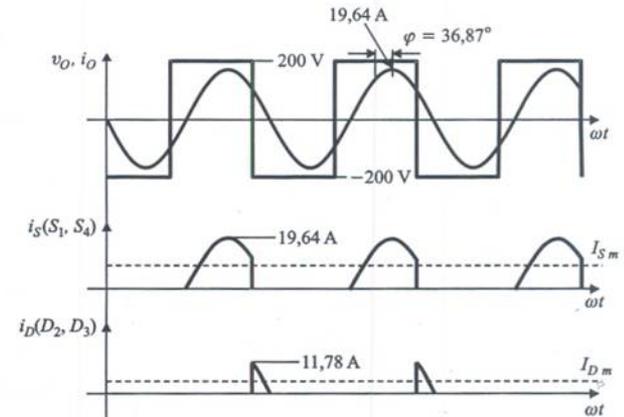


FIGURA 7.6.3 Formas de onda de corriente por los IGBT y diodos así como sus valores máximos.

$$\text{DIODOS: } I_{Dm} = \frac{1}{T} \int_0^T i_D(t) dt = \frac{I_{1p}}{2\pi} \int_{\pi-\varphi}^{\pi} \sin(\alpha) d\alpha = \frac{I_{1p}}{2\pi} (1 - \cos \varphi)$$

$$I_{Dm} = \frac{I_{1p}}{2\pi} (1 - \cos \varphi) \Rightarrow I_{Dm} = \frac{19,64 \text{ A}}{2\pi} (1 - 0,8) = 0,625 \text{ A}$$

Por tanto, se deben seleccionar unos semiconductores con unas características superiores a los valores máximos calculados:

- Tensión máxima: $V_{max} = 200 \text{ V}$
- Corriente media: IGBT: 5,62 A
DIODOS: 0,625 A
- Corriente de pico repetitivo: IGBT: 19,64 A
DIODOS: 11,78 A

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Solución. Problema 7.6

Apartado 4)

Potencia que cede la fuente:

$$P_G = V_G \cdot I_{Gm} \quad (7.6.3)$$

Potencia de salida:

$$P_O = 2 \text{ kW}$$

Como todos los componentes son ideales, realizando un balance de potencia entrada-salida, se tiene:

$$P_G = P_O \quad (7.6.4)$$

De las Ecuaciones (7.6.3) y (7.6.4) se deduce:

$$I_{Gm} = \frac{P_O}{V_G} = \frac{2000 \text{ W}}{200 \text{ V}} = 10 \text{ A}$$

Apartado 5)

Pérdidas en conducción en un IGBT:

$$P_{IGBT} = I_{Sm} \cdot V_{CE(sat)} = 5,62 \text{ A} \cdot 1,2 \text{ V} = 6,74 \text{ W}$$

Pérdidas en conducción en un diodo:

$$P_{DIODO} = I_{Dm} \cdot V_D = 0,625 \text{ A} \cdot 1,1 \text{ V} = 0,687 \text{ W}$$

Pérdidas totales en conducción:

$$P_T = 4 \cdot P_{IGBT} + 4 \cdot P_{DIODO} = 4 \cdot 6,74 \text{ W} + 4 \cdot 0,687 \text{ W} = 30 \text{ W}$$

Rendimiento:

$$\eta = \frac{P_O}{P_O + P_T} = \frac{2000}{2030} \cdot 100 = 98,5\%$$

El rendimiento obtenido resulta muy elevado, ya que sólo se han considerado pérdidas en conducción y no en conmutación. Cuando se utilizan IGBT como interruptores de potencia, las pérdidas en conmutación resultan mayoritarias si la frecuencia de conmutación supera el rango de los kHz.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Problema 7.13

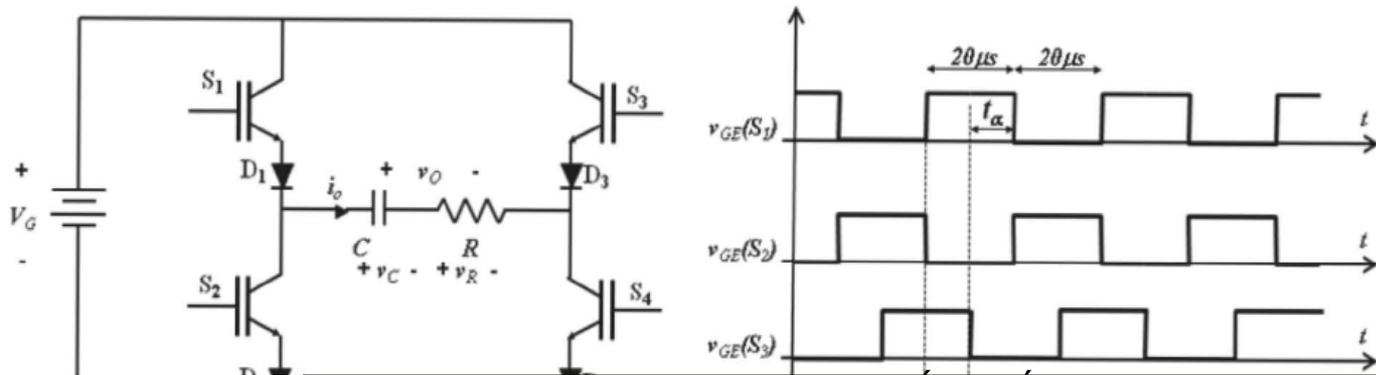
PROBLEMA 3. (3 puntos)

El inversor de la figura 1 está formado por cuatro IGBT y cuatro diodos. Los IGBT son controlados por las señales indicadas en la figura 2. Teniendo en cuenta que la carga está formada por una resistencia y un condensador, se pide:

- Indicar el nombre de la topología de potencia y del método de control.
- Forma de onda acotada de la tensión v_o y la corriente i_o , para un $\alpha=120^\circ$, en régimen permanente.
- Períodos de conducción de cada semiconductor.

Datos: $V_G=311$ $R=10\Omega$ $C=4,7\mu F$

Considerar los semiconductores ideales.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

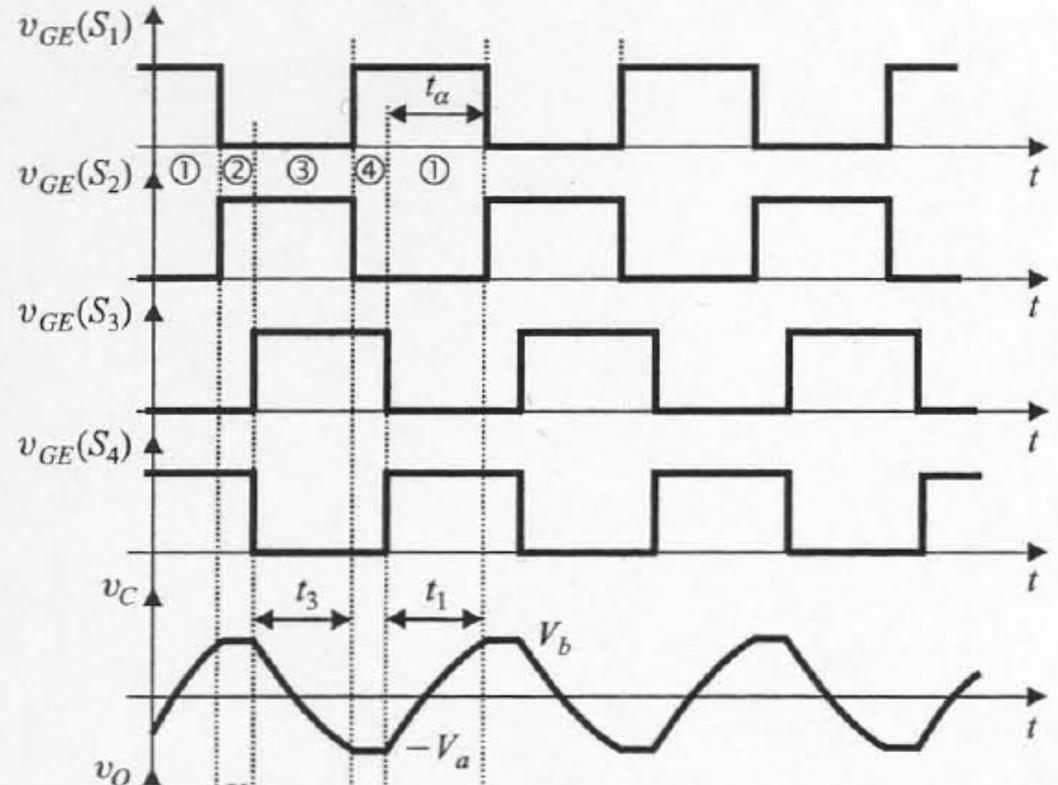
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Problema 7.13

SOLUCIÓN

Apartado 1)

Inversor monofásico en puente completo, en fuen fase desplazada).



Apartado 4)

A la vista de la corriente i_o mostrada en la Figura 7.13.3, se observa que solamente hay corriente por la ca

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

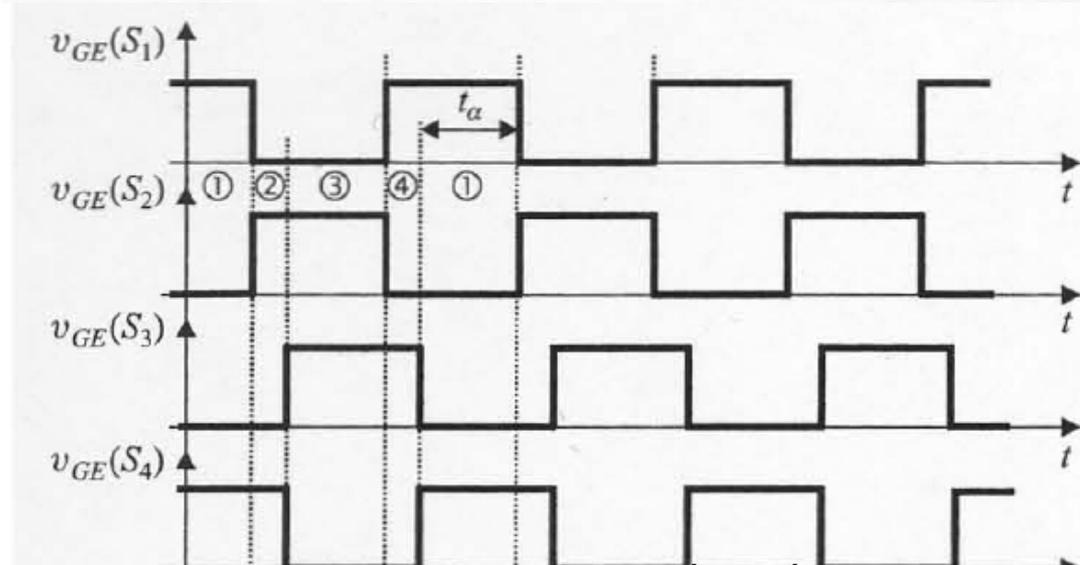
el intervalo (3).

Problema 7.13

Apartado 4)

A la vista de la corriente i_O mostrada en la Figura 7.13.3, se observa que solamente hay corriente por la carga y la fuente de entrada en los intervalos ① y ③. Por tanto, para este caso particular:

- S_1, S_4, D_1 y D_4 conducen cuando $V_{GE}(S_1)$ y $V_{GE}(S_4)$ están a nivel alto al mismo tiempo, es decir durante el intervalo ①.
- S_2, S_3, D_2 y D_3 conducen cuando $V_{GE}(S_2)$ y $V_{GE}(S_3)$ están a nivel alto al mismo tiempo, es decir durante el intervalo ③.



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

CEU-IPM

Problema 7.19

PROBLEMA 7.19 El inversor de la Figura 7.19.1 emplea la técnica PWM bipolar para generar una tensión alterna cuyo armónico fundamental es de 100 Hz y se aplica a una carga inductiva. El índice de modulación de frecuencia es $m_f = 200$ y el índice de modulación de amplitud $m_a = 0,5$. Suponiendo que los semiconductores del circuito son ideales:

- 1) Dibujar la forma de onda de la tensión de salida e indicar cómo se disparan los IGBT del circuito.
- 2) Calcular y dibujar el primer armónico de la corriente por la carga, indicando por qué semiconductores circula.

$$V_G = 400 \text{ V}; \quad R = 20 \ \Omega; \quad L = 0,1 \text{ H}$$

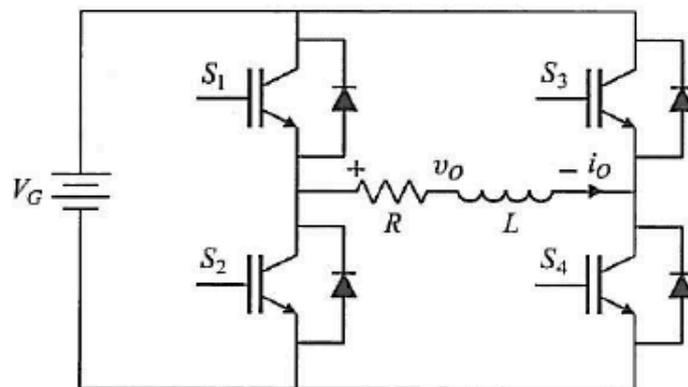


FIGURA 7.19.1 Inversor monofásico en puente completo que alimenta a una carga RL .

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Problema 7.19

SOLUCIÓN

Apartado 1)

De forma aproximada, la tensión de salida, v_O , es la indicada:

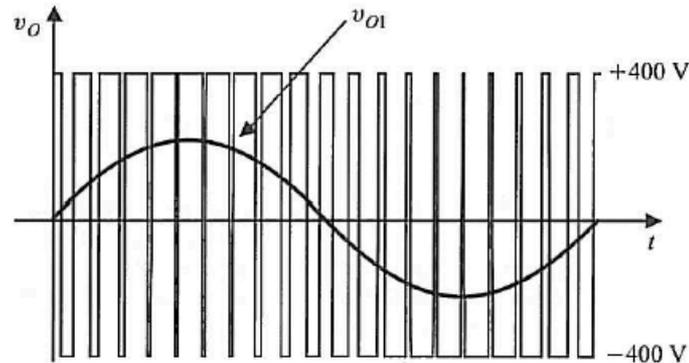


FIGURA 7.19.2 Tensión de salida del inversor, v_{O1} , primer armónico de la tensión de salida, v_{O1p} .

La amplitud del primer armónico de la tensión de salida se puede calcular a partir de m_a , de forma que:

$$V_{O1p} = V_G \cdot m_a = 400 \text{ V} \cdot 0,5 = 200 \text{ V}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Problema 7.19

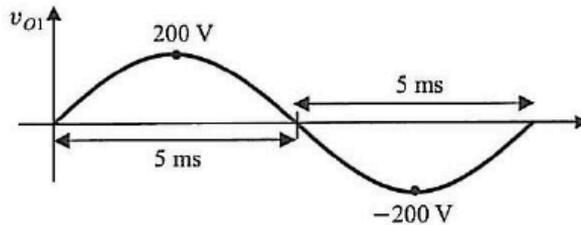


FIGURA 7.19.3 Primer armónico de la tensión de salida, v_{O1} .

Los IGBT se disparan por parejas, de modo que el disparo de los transistores S_1 y S_4 produce una v_O positiva (en valor instantáneo), mientras que S_2 y S_3 producen v_O negativa. La secuencia de disparo de estas dos parejas se obtiene en el circuito de control a partir de la comparación de una referencia sinusoidal de 100 Hz de frecuencia y una señal triangular de frecuencia m_f veces la frecuencia de la sinusoidal (en este caso de 20 kHz). La evolución de los disparos es tal que el valor medio de V_O va describiendo la senoide anteriormente dibujada.

Apartado 2)

La impedancia de la carga a 100 Hz es:

$$Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} = \sqrt{20^2 + (2\pi \cdot 100)^2 \cdot 0,1^2} \approx 66 \Omega$$

por tanto, el valor de pico del primer armónico de la corriente será:

$$I_{O1p} = \frac{V_{O1p}}{Z} = \frac{200 \text{ V}}{66 \Omega} = 3 \text{ A}$$

y el desfase:

$$\varphi = \arctg \frac{\omega L}{R} = \arctg \frac{2\pi \cdot 100 \cdot 0,1}{20} = 72^\circ$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

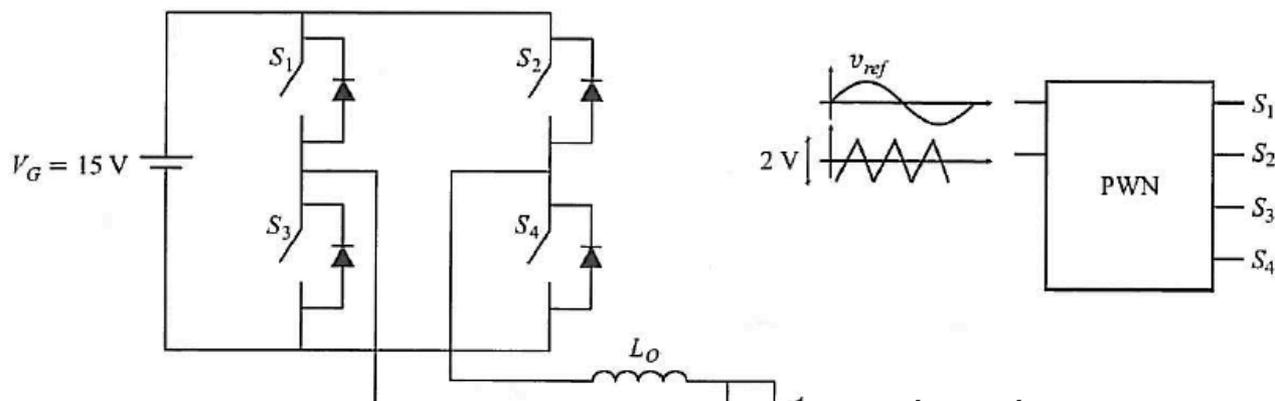
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Problema 7.20

PROBLEMA 7.20 Se quiere diseñar un amplificador de audio clase D (inversor monofásico con conmutación bipolar, véase la Figura 7.20.1). La carga de dicho amplificador son bafles cuyas impedancias, en el rango de frecuencia a amplificar, se pueden considerar resistivas de 4-8 Ω . Dicho amplificador ha de ser capaz de reproducir señales en el rango de frecuencias de 20 Hz-20 kHz. La frecuencia de conmutación se ha elegido de 300 kHz, llegando a un compromiso entre su influencia en la calidad de la señal de salida y las pérdidas en los MOSFET. Se pide:

- 1) Diseñar el filtro LC de salida de forma que los armónicos de la frecuencia de conmutación de salida tengan una atenuación de 40 dB y que el factor de calidad máximo del filtro cargado con el baffle sea de $1/\sqrt{2}$.
- 2) Si la tensión de alimentación del inversor es de 15 V, determinar cuál es la máxima potencia que puede dar el filtro sin distorsionar (supóngase señal audio sinusoidal de 1 kHz).
- 3) Si la referencia de la señal de audio es de $v_{ref}(t) = 1,2 \cdot \sin(2\pi \cdot 1 \text{ kHz} \cdot t)$, determinar:
 - 3.1) Forma de onda de tensión a la salida.
 - 3.2) Potencia de salida.
 - 3.3) Distorsión armónica total.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

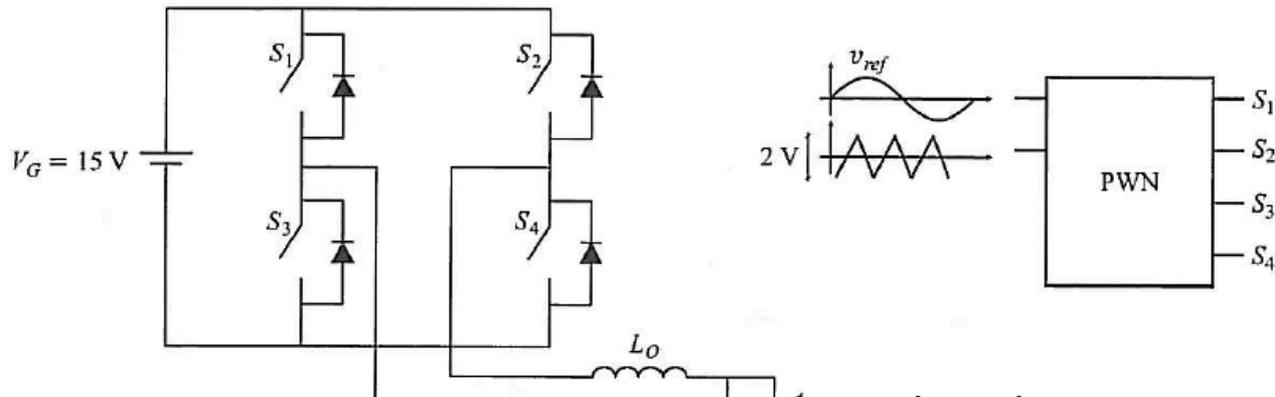
Cartagena99

CEU LPM

Problema 7.20

PROBLEMA 7.20 Se quiere diseñar un amplificador de audio clase D (inversor monofásico con conmutación bipolar, véase la Figura 7.20.1). La carga de dicho amplificador son bafles cuyas impedancias, en el rango de frecuencia a amplificar, se pueden considerar resistivas de 4-8 Ω . Dicho amplificador ha de ser capaz de reproducir señales en el rango de frecuencias de 20 Hz-20 kHz. La frecuencia de conmutación se ha elegido de 300 kHz, llegando a un compromiso entre su influencia en la calidad de la señal de salida y las pérdidas en los MOSFET. Se pide:

- 1) Diseñar el filtro LC de salida de forma que los armónicos de la frecuencia de conmutación de salida tengan una atenuación de 40 dB y que el factor de calidad máximo del filtro cargado con el baffle sea de $1/\sqrt{2}$.
- 2) Si la tensión de alimentación del inversor es de 15 V, determinar cuál es la máxima potencia que puede dar el filtro sin distorsionar (supóngase señal audio sinusoidal de 1 kHz).
- 3) Si la referencia de la señal de audio es de $v_{ref}(t) = 1,2 \cdot \sin(2\pi \cdot 1 \text{ kHz} \cdot t)$, determinar:
 - 3.1) Forma de onda de tensión a la salida.
 - 3.2) Potencia de salida.
 - 3.3) Distorsión armónica total.



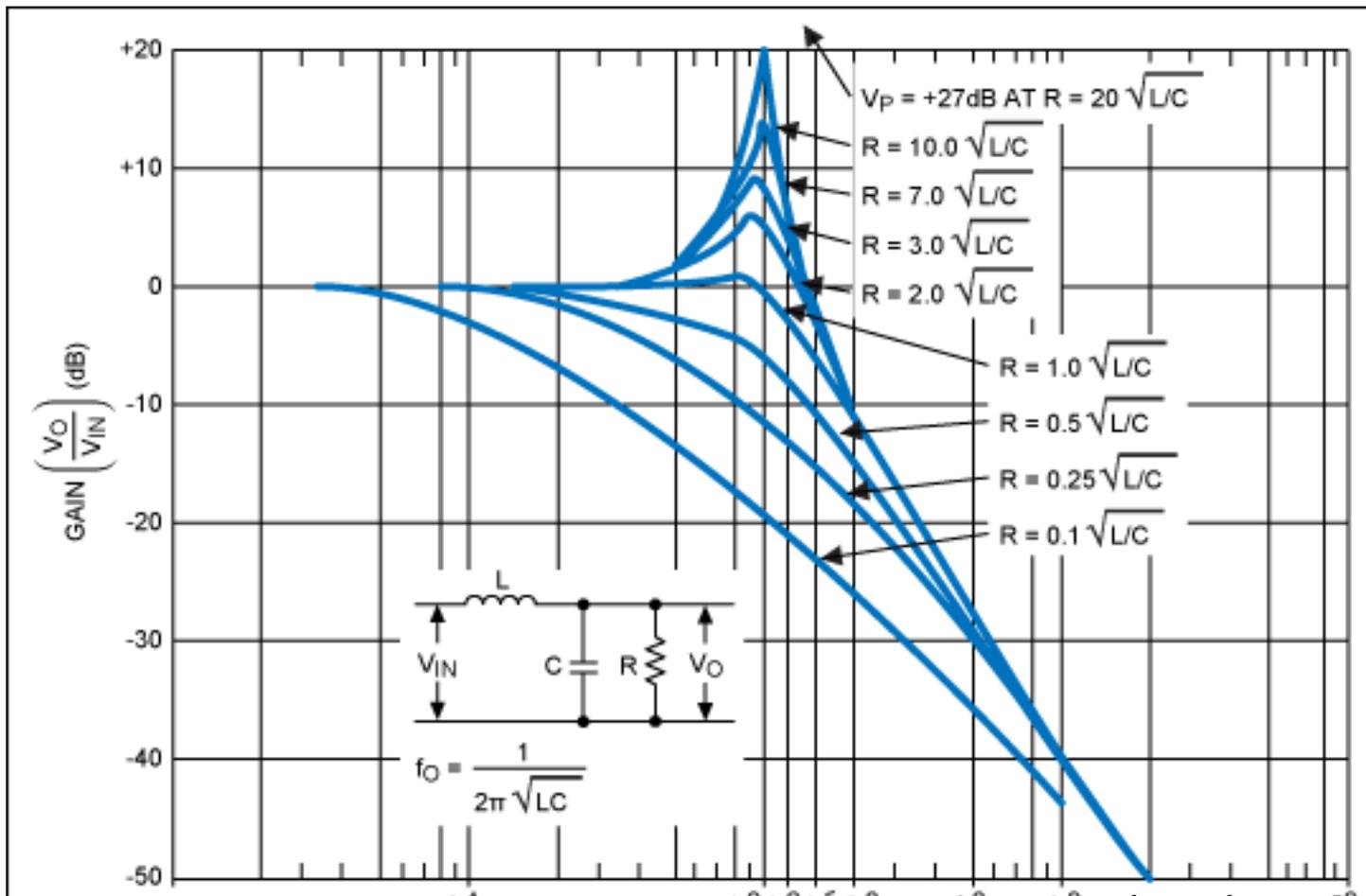
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

CELIUM

Problema 7.20



$$Q = \frac{R}{Z_o}$$

$$Z_o = \sqrt{\frac{L_o}{C_o}}$$

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{L_o C_o}}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Problema 7.20

SOLUCIÓN

Apartado 1)

Factor de calidad:

$$Q = \frac{R}{Z_o} \quad , \quad Q_{max} = \frac{R_{max}}{Z_o} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad , \quad Z_o = \sqrt{2}R_{max} = 11,3 \, \Omega$$

siendo $Z_o = \sqrt{\frac{L_o}{C_o}}$.

Para atenuar 40 dB a 300 kHz, la frecuencia de resonancia del filtro tiene que ser 30 kHz ya que el filtro cae con pendiente 40 dB/dec:

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{L_o C_o}} = 2\pi \cdot 30 \text{ kHz}$$

$$L_o = \frac{Z_o}{\omega_o} = 60 \, \mu\text{H} \quad ; \quad C_o = \frac{1}{\omega_o \cdot Z_o} = 468 \text{ nF}$$

Apartado 2)

La máxima potencia de salida sin distorsionar se obtiene para modulación en amplitud igual a unidad:

$$v_{ref} = V_{iri} \cdot \text{sen}(\omega t):$$

$$v_o(t) = V_G \frac{v_{ref}}{V_{iri}}(t) = V_G \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$\propto (V_G)^2$$

$$\propto (V_G)^2$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Problema 7.20

Apartado 3)

Si $v_{ref} = 1,2 \cdot \text{sen}(2\pi \cdot 1 \text{ kHz} \cdot t)$

$$v_O(t) \begin{cases} V_G \frac{v_{ref}(t)}{V_{tri}} & \text{para } v_{ref}(t) \leq V_{tri} \\ V_G & \text{para } v_{ref}(t) \geq V_{tri} \text{ se produce sobremodulación} \end{cases}$$

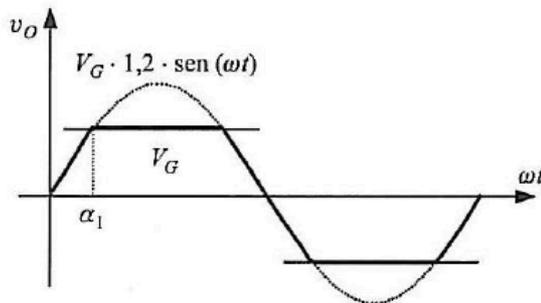


FIGURA 7.20.2 Tensión de salida cuando se produce sobremodulación $v_{ref}(t) \leq V_{tri}$.

El ángulo a partir del cual se distorsiona la tensión de salida puede calcularse como sigue:

$$\alpha_1 = \arcsen\left(\frac{1}{1,2}\right)$$

El valor eficaz de la tensión de salida para estas condiciones viene dado por:

$$V_{Oef}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_O^2(\omega t) d\omega t = \frac{1}{2\pi} V_G^2 \cdot 4 \left[\int_0^{\alpha_1} V_{ref}^2 \text{sen}^2(\omega t) d\omega t + \int_{\alpha_1}^{\pi/2} d\omega t \right] = 0,613 V_G^2$$

El valor del primer armónico de tensión será:

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

$$DAT = \frac{V_{Oef}}{V_G} = \sqrt{\left(\frac{V_{Oef}}{V_G}\right)^2 - 1} = \sqrt{0,613 - 1} = 7,38\%$$



CEIUPM

Centro de
Electrónica
Industrial

Reguladores de CA

Monofásicos

n.es

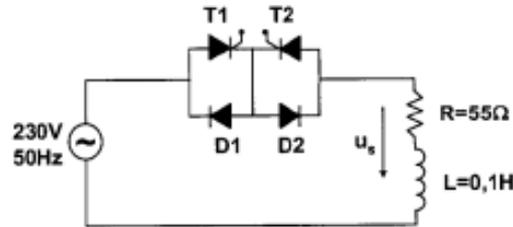
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Problema

CUESTIÓN 2. (2 puntos)



Los tiristores del regulador de la figura se disparan con un ángulo de retraso de 60° respecto al paso por cero de la tensión de red. Se pide:

- Dibujar la forma de onda de tensión y corriente en la carga.
- Indicar la máxima tensión inversa y directa soportada por los tiristores.

$$\varphi = \arctg \frac{\omega L}{R} = 29,7^\circ \approx 30^\circ$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

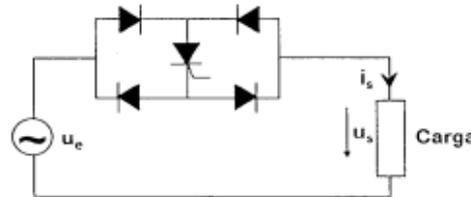
Problema

PROBLEMA 3. (2 puntos)

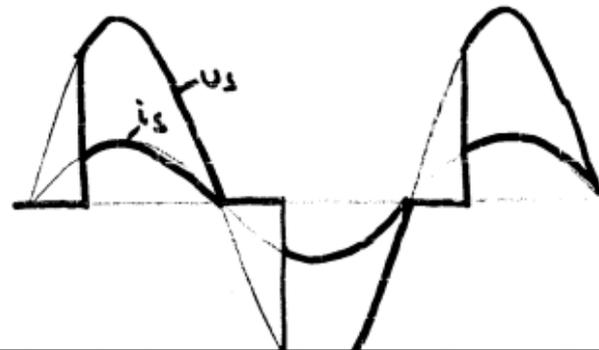
En el regulador de alterna de la figura, dibujar la tensión y la corriente en la carga para un ángulo de disparo $\alpha=60^\circ$ en los siguientes casos:

a) Carga resistiva pura.

b) Carga R-L siendo $\text{arctg} \frac{\omega L}{R} = 30^\circ$



a)



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

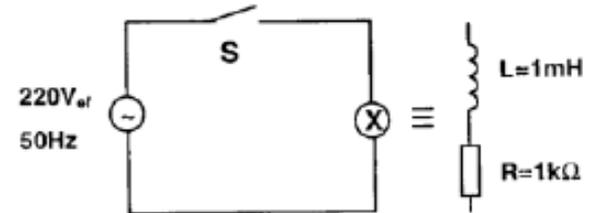
CEIUPM

Problema

CUESTION 4

El regulador de alterna de la figura alimenta una bombilla cuyo equivalente es una resistencia ($R=1k\Omega$) en serie con una inductancia ($L=1mH$). Se pide:

- Calcular el ángulo de retardo α en el disparo del interruptor S para que la potencia entregada sea de 30W.
- Dibuje las formas de onda de tensión e intensidad en la carga.
- ¿Qué dispositivo utilizaría como interruptor?



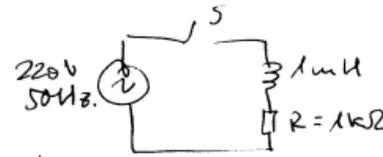
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Problema

QUESTION 4



Calculamos la constante de tiempo:

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{1\text{mH}}{1\text{k}\Omega} = 1\mu\text{s} \ll 10\text{ms}, \text{ que es el semiperíodo de la tensión}$$

Podemos asumir que el transitorio que se produce en cada conexión de S es despreciable en el tiempo.

$$P = \frac{U_{ef}^2}{R} = 30\text{W} \Rightarrow U_{ef}^2 = 30 \cdot 1\text{k} = 30.000 \text{ V}^2$$

$$U_{ef} = 173,2$$

$$U_{ef}^2 = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (220 \cdot \sqrt{2} \cdot \text{sen } \omega t)^2 d\omega t$$

$$= \frac{220^2 \cdot 2}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} d\omega t$$

$$= \frac{220^2}{\pi} \cdot \left[(\pi - \alpha) + \frac{\text{sen } 2\alpha - \text{sen } 2\pi}{2} \right] = 30.000$$

$$(\pi - \alpha) + \frac{\text{sen } 2\alpha}{2} = 1,947$$

$$\text{sen } 2\alpha = -2,38 + 2\alpha \Rightarrow \alpha \approx 78,9^\circ$$

aproximadamente:

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



CEIUPM

Centro de
Electrónica
Industrial

Cicloconvertidores

Problemas

n.es

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Enunciado. Problema 5.14

Diseñar un cicloconvertidor monofásico mediante tiristores, que duplique el periodo ($T=20$ ms) de la tensión de entrada (v_G) aplicada sobre una carga resistiva. El ángulo de disparo de todos los tiristores debe ser el mismo y de valor constante 30° . Indicar:

- 1) El circuito eléctrico del cicloconvertidor.
- 2) Forma de onda de la tensión aplicada a la carga R .
- 3) Las señales de disparo de todos los tiristores.
- 4) Valor eficaz de la tensión en la carga R .

Datos:

$$v_G = V_{Gp} \cdot \text{sen}(\omega t); \quad V_{Gp} = 220\sqrt{2} \text{ V}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Solución. Problema 5.14

Apartado 1)

El circuito eléctrico del cicloconvertidor monofásico-monofásico, Figura 5.14.1, está compuesto por dos bloques rectificadores de onda completa conectados en antiparalelo. El rectificador que forma el convertidor positivo (aplica tensión positiva a la carga), está compuesto por los tiristores S_1 - S_4 , y el rectificador que forma el convertidor negativo (aplica tensión negativa a la carga), está compuesto por los tiristores S_5 - S_8 .

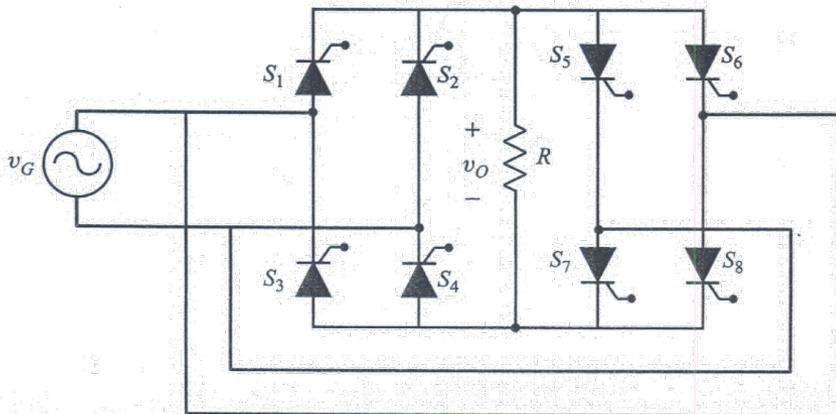


FIGURA 5.14.1 Detalle del cicloconvertidor monofásico-monofásico.

Apartado 2)

La tensión aplicada sobre la carga resistiva se muestra en la Figura 5.14.2. Como se puede apreciar, la frecuencia de la tensión aplicada sobre la carga es la mitad que la de entrada, o lo que es equivalente, el periodo de la tensión aplicada sobre la carga es el doble, 40 ms, que el periodo de la tensión de entrada, 20 ms.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Convertidor positivo Convertidor negativo

Cartagena99

CEIUPM



Solución. Problema 5.14

Apartado 3)

Para conseguir una frecuencia de salida mitad que la de entrada, es necesario disparar los tiristores con la secuencia adecuada. En la Figura 5.14.3 se muestra la secuencia de disparo que se debe emplear en este cicloconvertidor.

En el primer semiperiodo la tensión de entrada es positiva y la de salida también debe ser positiva; por tanto, debemos disparar dos de los tiristores del convertidor positivo, en este caso S_1S_4 . En el segundo semiperiodo la tensión de entrada es negativa y la de salida debe ser positiva; de nuevo debemos disparar dos de los tiristores del convertidor positivo, en este caso S_2S_3 . En el tercer semiperiodo la tensión de entrada es positiva y la de salida debe ser negativa; en este caso será necesario disparar dos tiristores del convertidor negativo, en concreto S_5S_8 . Finalmente, en el cuarto semiperiodo la tensión de entrada es negativa y la de salida debe ser negativa; por tanto, será necesario disparar dos de los tiristores del convertidor negativo, en este caso S_6S_7 . A partir del quinto semiperiodo se repite la secuencia de disparo descrita.

Apartado 4)

Dado que la definición de valor eficaz viene dada por la raíz cuadrada de la integral de la señal elevada al cuadrado (área) distribuida durante un periodo, esto nos permite realizar el cálculo del valor eficaz mediante la tensión de un semiperiodo, ya que las tensiones al cuadrado de todos los semiperiodos son iguales:

$$V_{Oef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (V_{Gp} \text{sen } \omega t)^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{4\pi} \int_\alpha^\pi (V_{Gp} \text{sen } \omega t)^2 d(\omega t)} = V_{Gp} \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_\alpha^\pi \text{sen}^2 \omega t d(\omega t)} =$$

$$= V_{Gp} \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_\alpha^\pi (1 - \cos 2\omega t) d(\omega t)} = V_{Gp} \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\omega t - \left(\frac{1}{2} \text{sen } 2\omega t \right) \right]_\alpha^\pi} =$$

$$= V_{Gp} \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\pi - \alpha - \frac{1}{2} (\text{sen } 2\pi - \text{sen } 2\alpha) \right]}$$

$$V_{Oef} = V_{Gp} \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\pi - \alpha + \frac{\text{sen } 2\alpha}{2} \right]}$$

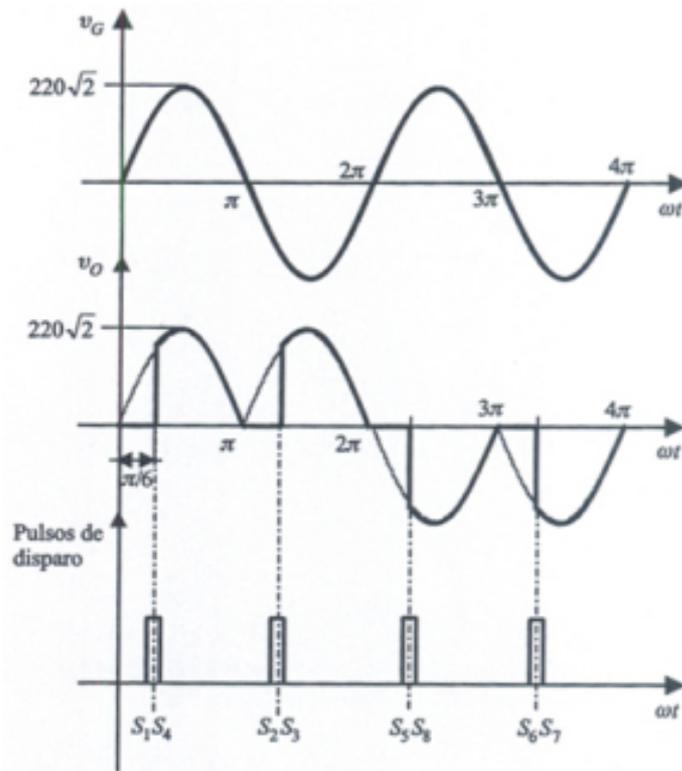


FIGURA 5.14.3 Secuencia del pulsos de disparo aplicados al cicloconvertidor.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Enunciado. Problema 5.16

Se desea mover, de forma lenta y controlada, un motor síncrono monofásico, de tensión nominal 150 V, que presenta una impedancia compuesta por $R = 1,5 \Omega$ y $L = 55 \text{ mH}$. Para ello se dispone de un cicloconvertidor trifásico formado por puentes de tiristores y conectado a la red trifásica de 230/400 V, como el de la Figura 5.16.1. Se desea aplicar señales alternas de frecuencia entre 3 y 11 Hz.

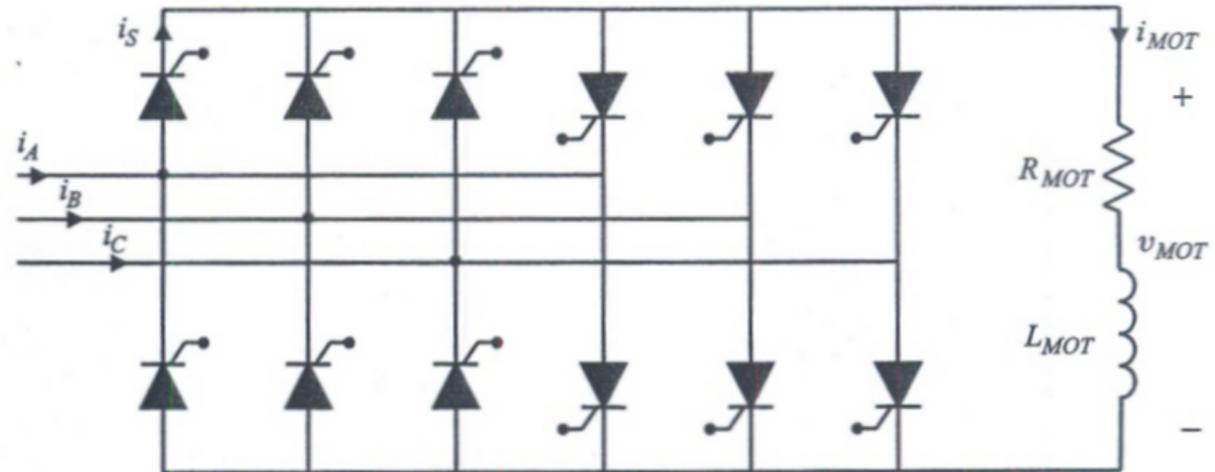


FIGURA 5.16.1 Cicloconvertidor trifásico-monofásico.

Calcular, para las dos velocidades extremas:

- 1) El ángulo de disparo.
- 2) La corriente eficaz por el motor.
- 3) La potencia en el motor.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Solución. Problema 5.16

Las ecuaciones para el análisis de este problema provienen de *Variable frequency AC motor drive systems*, de David Finney, Ed. Peter Peregrinus, Ltd., 1988, y de *Power Converter Circuits*, William Shepherd y Li Zhang, Ed. Marcel Dekker, Inc., 2004.

El conjunto cicloconvertidor más motor presenta un comportamiento que se puede entender, bien mediante el comportamiento dinámico del motor, que se describe mediante el deslizamiento, o bien desde el comportamiento de todo el conjunto, que se presenta en la fuente de energía (la red eléctrica) como el factor de potencia. En general, es asumible que el rizado de tensión de la onda aplicada al motor es menor que el valor del armónico fundamental de la tensión, y, por tanto, es despreciable.

Apartado 1)

Para establecer el ángulo de disparo de los tiristores es necesario tener en cuenta que se desea mantener el valor eficaz del armónico fundamental de la onda de tensión aplicada al motor para ambas frecuencias, Figura 5.16.2. El ángulo de disparo se relaciona con la tensión eficaz aplicada al motor (V_{MOTef}) y la tensión de la red por las siguientes ecuaciones:

$$\sqrt{2} \cdot V_{MOTef} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_{ANef} \sqrt{2} \cos \alpha = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} \frac{V_{ABef} \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cos \alpha$$

Luego, para las dos frecuencias extremas que es necesario obtener, el valor del ángulo de disparo de los tiristores es el mismo y tiene un valor de:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{\pi\sqrt{2}V_{MOTef}}{3\sqrt{3}V_{ANef}\sqrt{2}}\right) = \arccos\left(\frac{\pi 150}{3\sqrt{3} 230}\right) = 66,78^\circ$$

v_{AB} v_{AC} v_{BC} v_{BA} v_{CA} v_{CB} $v_{MOT,1er}$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Solución. Problema 5.16

Apartado 2)

La impedancia que presenta el motor, frente al armónico fundamental, viene dada por:

$$|Z_{MOT}| = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

Para 3 Hz:

$$|Z_{MOT}| = \sqrt{1,5^2 + (2 \cdot \pi \cdot 3 \cdot 55 \cdot 10^{-3})^2} = 1,8234 \Omega$$

Para 11 Hz:

$$|Z_{MOT}| = \sqrt{1,5^2 + (2 \cdot \pi \cdot 11 \cdot 55 \cdot 10^{-3})^2} = 4,0866 \Omega$$

Por tanto, la corriente eficaz, correspondiente al primer armónico en el motor, valdrá:

Para 3 Hz:

$$I_{MOTef} = \frac{V_{MOTef}}{|Z_{MOT}(3 \text{ Hz})|} = \frac{150 \text{ V}}{1,8234 \Omega} = 82,264 \text{ A}$$

Con un deslizamiento (para el motor) de:

$$\cos \varphi_{3\text{Hz}} = \frac{R_{MOT}}{|Z_{MOT}(3 \text{ Hz})|} = \frac{1,5 \Omega}{1,8234 \Omega} = 0,8226 \text{ en atraso}$$

Para 11 Hz:

$$I_{MOTef} = \frac{V_{MOTef}}{|Z_{MOT}(11 \text{ Hz})|} = \frac{150 \text{ V}}{4,0866 \Omega} = 36,7053 \text{ A}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Solución. Problema 5.16

Apartado 3)

Para establecer la potencia obtenida en el motor es necesario tener en cuenta el $\cos \varphi$ como deslizamiento, luego:

$$P_{MOT} = V_{MOT_{ef}} \cdot I_{MOT_{ef}} \cdot \cos \varphi$$

Para 3 Hz:

$$P_{MOT_{ef}} = 150 \text{ V} \cdot 82,264 \text{ A} \cdot 0,8226 = 10,15 \text{ kW}$$

Para 11 Hz:

$$P_{MOT_{ef}} = 150 \text{ V} \cdot 36,7053 \text{ A} \cdot 0,3671 = 2.021,17 \text{ W}$$

Apartado 4)

La corriente de fase de entrada al conjunto cicloconvertidor y motor, suponiendo que sea aportada equilibradamente entre las tres fases, vale para $f = 3 \text{ Hz}$:

$$I_{AN_{ef}}(3 \text{ Hz}) = \frac{I_{MOT_{ef}}(3 \text{ Hz})}{\sqrt{3}} = \frac{82,264 \text{ A}}{\sqrt{3}} = 47,495 \text{ A}$$

y para $f = 11 \text{ Hz}$, vale:

$$I_{MOT_{ef}}(11 \text{ Hz}) = 36,7053 \text{ A}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Solución. Problema 5.16

Apartado 5)

La corriente eficaz que circula por el conjunto de los dos tiristores que forman una de las dos ramas que se conecta a cada fase vale, para $f = 3$ Hz:

$$I_{\text{tiristor ef}}(3 \text{ Hz}) = \frac{I_{ANef}(3 \text{ Hz})}{\sqrt{2}} = \frac{47,495 \text{ A}}{\sqrt{2}} = 33,584 \text{ A}$$

y para $f = 11$ Hz:

$$I_{\text{tiristor ef}}(11 \text{ Hz}) = \frac{I_{ANef}(11 \text{ Hz})}{\sqrt{2}} = \frac{21,192 \text{ A}}{\sqrt{2}} = 14,985 \text{ A}$$

Apartado 6)

El factor de potencia que presenta el conjunto cicloconvertidor-motor, considerando únicamente el armónico fundamental, se obtiene, para este caso, de la siguiente ecuación:

$$F_P = \cos \varphi = \frac{P_{\text{CONJUNTO}}}{3 \cdot V_{ANef} \cdot I_{ANef}} = \frac{P_{\text{MOT}}}{3 \cdot V_{ANef} \cdot I_{ANef} \cdot \eta_{\text{CONJUNTO}}}$$

Luego el factor de potencia para 3 Hz es:

$$F_P = \cos \varphi = \frac{10,15 \text{ kW}}{3 \cdot 230 \text{ V} \cdot 47,495 \text{ A} \cdot 0,87} = 0,3560 \text{ en atraso}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



CEIUPM

Centro de
Electrónica
Industrial

Térmicos

Problemas

n.es

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



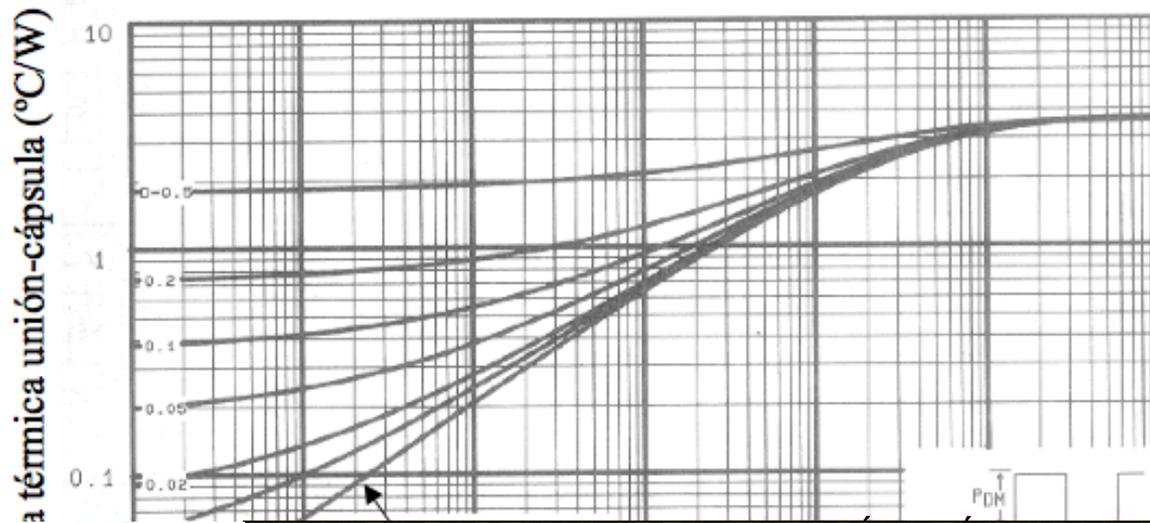
POLITÉCNICA

CUESTIÓN 1. (2 puntos)

Un transistor MOSFET que presenta una resistencia en conducción de valor $R_{DS(ON)}=100m\Omega$, se coloca en un circuito de manera que, cuando conduce, lleva una corriente igual a 10A. La impedancia térmica unión-cápsula de este transistor se muestra en la figura. La resistencia térmica del radiador sobre el que va montado, presenta un valor $R_{RA}=5^{\circ}C/W$. La temperatura ambiente es de $30^{\circ}C$.

Calcular, para los casos siguientes, la temperatura máxima que alcanza la unión del semiconductor:

- El transistor lleva pulsos de corriente de 10kHz y ciclo de trabajo 0,1.
- El transistor conduce de forma permanente.
- El transistor conduce corriente con una frecuencia de 1Hz y ciclo de trabajo 0,1.
- En el transistor se produce un único pulso de corriente de 1ms de duración cada 10 minutos de funcionamiento.



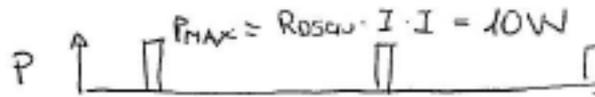
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

① $R_{DS(on)} = 100 \text{ m}\Omega$
 $I = 10 \text{ A}$
 $R_{\theta RA} = 5^\circ \text{C/W}$
 $T_A = 30^\circ \text{C}$

a) $d = 0.1$ y $f_c = 10 \text{ kHz}$



$P_{MAX} = 10 \text{ W}$ $P_{MED} = 1 \text{ W}$

$$T_U = T_A + R_{\theta RA} \cdot P_{MED} + Z_{\theta JA} \cdot P_{MAX}$$

duración del pulso $\cdot \frac{0.1}{T} = 10^{-5} \Rightarrow Z_{\theta JA} \approx 0.4^\circ \text{C/W}$

$$T_U = 30 + 5 \cdot 1 + 0.4 \cdot 10 = 39^\circ \text{C}$$

También puede hacerse, al ser alta frecuencia así:
 $T_U = T_A + P_{MED}(R_{\theta RA} + R_{\theta JC})$
 $T_U = 30 + 1(5 + 3.5) = 38.5^\circ \text{C}$

b)

$$T_U = T_A + P_{MAX}(R_{\theta RA} + R_{\theta JC})$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

c) $P_{MED} = 1W$ $P_{MAX} = 10W$

Duración pulso $\frac{0.1}{T} = 0.1s. \Rightarrow Z_{\theta JA} \approx 2^{\circ}C/W$

$$T_U = T_A + R_{\theta RA} \cdot P_{MED} + Z_{\theta JC} \cdot P_{MAX}$$

$$T_U = 30 + 5 \cdot 1 + 2 \cdot 10 = 55^{\circ}C$$

d)

El fabricante, que presenta una gran inercia térmica, está a temperatura ambiente y a que la potencia media disipada es muy baja. Por tanto, la temperatura en la unión vendrá dada por la impedancia térmica a escalón único:

$$T_U = T_A + Z_{\theta JC} \cdot P_{MAX} = 30 + 0.2 \cdot 10 = 32^{\circ}C$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

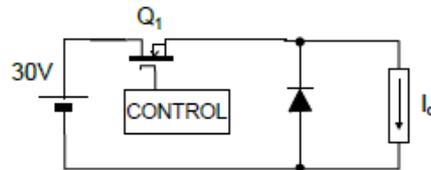
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

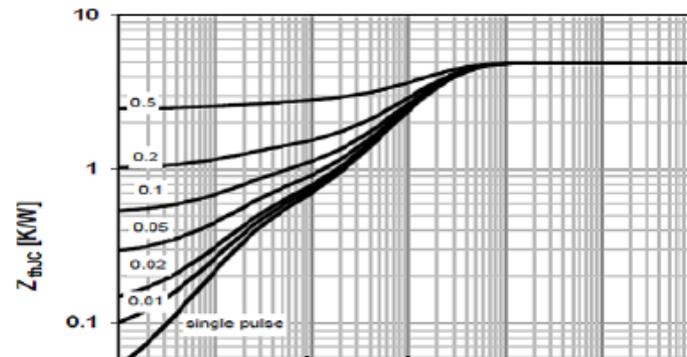
EJERCICIO 1. (2,5 ptos)

En el circuito de la figura, la carcasa del MOSFET se encuentra a 75°C, se pide calcular:

- Corriente de salida máxima, I_{o1MAX} , cuando Q_1 está encendido siempre.
- Corriente de salida máxima, I_{o2MAX} , si Q_1 está conmutando con $D=0.1$ y $F_s=100kHz$
- Corriente de salida máxima, I_{o3MAX} , si Q_1 está conmutando con $D=0.1$ y $F_s=10kHz$
- Representar la temperatura de la unión, $T_j(t)$ en los dos casos anteriores de forma aproximada, indicando su valor medio y valor de pico.
- Para el caso a), Si el MOSFET está conectado al radiador mediante mica, determinar la impedancia térmica del radiador-ambiente para que su temperatura sea de 75°C cuando el ambiente está a 50°C.



$Z_{thJC} = f(t_p)$
parameter: $D = t_p / T$

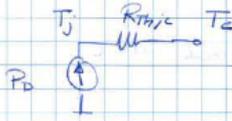


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

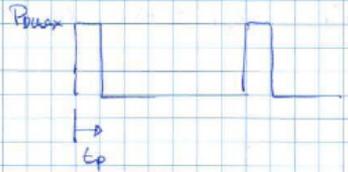
EJERCICIO 1

a) 
$$T_J = T_c + R_{thjc} \cdot P_D$$

$$P_D = P_{reson} \cdot I_{o2}^2$$

$$I_{o2max} = \sqrt{\frac{T_{Jmax} - T_c}{R_{thjc} \cdot P_{reson}}} = 38,7 A //$$

b) $f_s = 100 kHz \rightarrow T_s = 10 \mu s \rightarrow t_p = D \cdot T_c = 1 \mu s$

 GRÁFICA

$Z_{thjc} (D=0,1; 1 \mu s) = 0,55 \text{ } ^\circ C/W$

$T_{Jmax} = T_c + R_{thjc} \cdot P_{max}$

$\hookrightarrow I_{o2max2} = \sqrt{\frac{T_{Jmax} - T_c}{Z_{thjc} \cdot P_{reson}}} = 117 A //$

c) $f_s = 10 kHz \rightarrow T_s = 100 \mu s \rightarrow t_p = 10 \mu s$

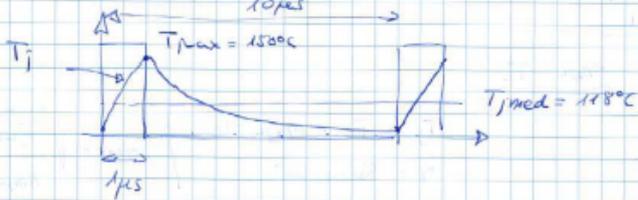
GRÁFICA $Z_{thjc} (D=0,1, t_p=10 \mu s) = 0,7 \text{ } ^\circ C/W$

$I_{o2max3} = \sqrt{\frac{T_{Jmax} - T_c}{Z_{thjc} \cdot P_{reson}}} = 103 A //$

d) d1) $P_{o2max2} = P_{reson} \cdot I_{o2max2}^2 = 136 W$

$P_{med2} = D \cdot P_{o2max2} = 13,6 W$

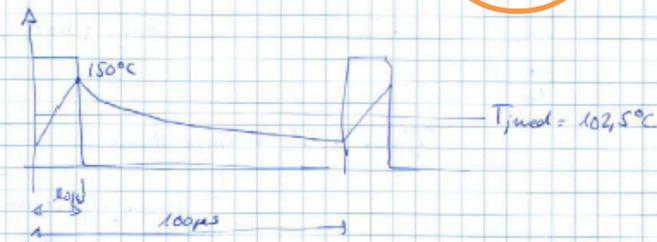
$T_{Jmed} = \frac{P_{med} \cdot R_{thjc}}{10 \mu s} + T_c = \frac{13,6 \cdot 5 \text{ } ^\circ C/W}{10 \mu s} + 50 \text{ } ^\circ C = 118 \text{ } ^\circ C$



d2) $P_{o2max3} = P_{reson} \cdot I_{o2max3}^2 = 107 W$

$P_{med3} = D \cdot P_{o2max3} = 10,7 W$

$T_{Jmed} = \frac{P_{med} \cdot R_{thjc}}{10 \mu s} + T_c = \frac{10,7 \cdot 5 \text{ } ^\circ C/W}{10 \mu s} + 50 \text{ } ^\circ C = 102,5 \text{ } ^\circ C$





Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$R_{rad} = 0,66 \text{ } ^\circ C/W$



Junio 2010

Asignatura: Electrónica de Potencia
Especialidad: IAEI
Preactas: 22 de junio de 2010

Fecha: 15/06/2010
Convocatoria: Junio
Revisión: 24 de junio de 2010

EJERCICIO 1. (2,5 pts)

Se quiere diseñar un circuito para limitar la corriente en el arranque de un circuito con un super-condensador (SC), para ello se utiliza el circuito mostrado en la figura. Se pide:

a) Calcula la potencia máxima en la carga que puede aguantar un MOSFET encendido.

Se desean analizar las siguientes estrategias de arranque (asúmase $P_{\text{carga}} = 0\text{W}$ y $v_o(0)=0$)

b) El circuito de control ajusta la tensión V_{GS} de los MOSFETs de forma que la corriente máxima de salida, i_o , es de 10 A

b.1) Determinar el tiempo requerido de carga y represente V_o , V_{DS} y la potencia disipada en los MOSFETs, P_{MOS}

b.2) Determinar cuántos MOSFETs son necesarios para que el circuito aguante térmicamente. Asúmase que la tensión en el super-condensador es 0 V para el cálculo.

b.3) Si la temperatura de la carcasa, T_{case} , fuese de 25°C, ¿cuántos MOSFETs serían necesarios?

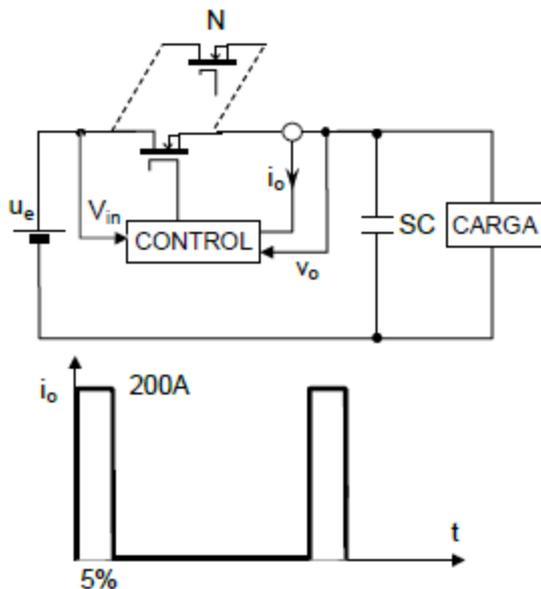
c) El circuito de control conmuta de forma periódica los MOSFETs con frecuencia de 50 kHz y ciclo de trabajo del 5% y limita la corriente máxima de salida, i_o a 200 A (ver figura)

c.1) Determinar el tiempo requerido de carga y represente V_o , V_{DS} y la potencia disipada en

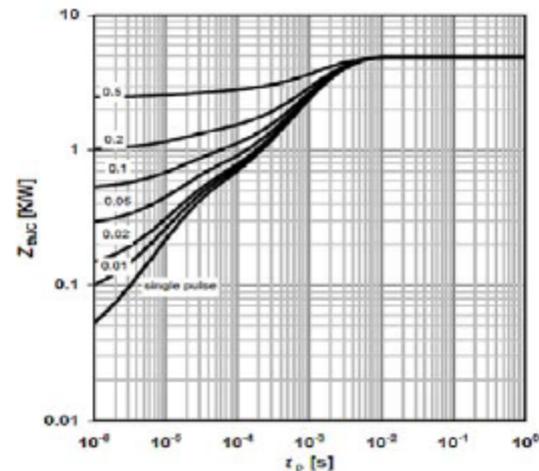
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



$Z_{thJC} = f(t_p)$
parameter: $D = t_p/T$



Datos: $V_{in}=32V$; $SC=10F$; $R_{DS(on)} = 10 \text{ m}\Omega$; $T_{jmax}=125^\circ\text{C}$; $T_{case} = 75^\circ\text{C}$

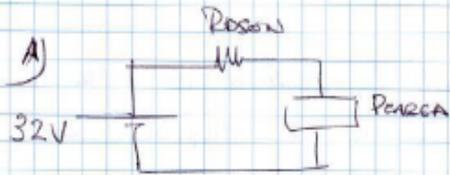
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Solución

Ejercicio 1



$$T_j' = T_{case} + R_{th} \cdot P_{mos}$$

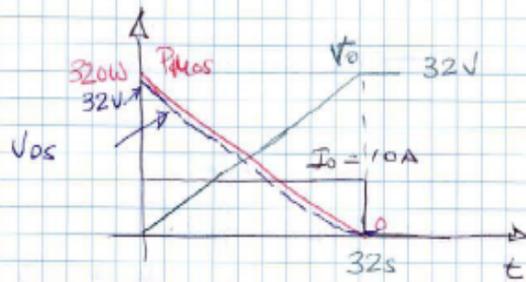
$$P_{mos} = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{50}{5} = 10W$$

$$P_{mos} \cdot I_0^2 = 10W \Rightarrow I_0 = \sqrt{\frac{10W}{0.01}} = 31,6 A$$

$$P_{carca} = 32V \cdot I_0 = 1012W$$

$$A.1) V_c = \frac{1}{C} \int_0^t i dt \Rightarrow 32V = \frac{1}{C} I_0 t \Rightarrow$$

$$t_{carga} = \frac{32 \cdot C}{I_0} = \frac{32 \cdot 10}{10} = 32 \text{ seg}$$



$$V_{os} = V_{in} - I_0$$

B.3) Si $T_{case} = 25^\circ C$ $\Delta T_{max} = 100^\circ C$

$$P_{mos} = \frac{\Delta T_{max}}{R_{th}} = \frac{100}{5} = 20W$$

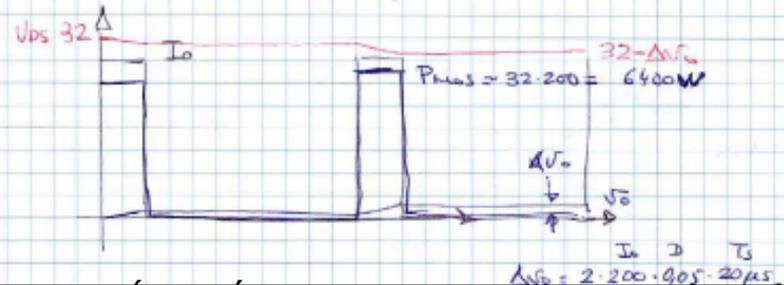
Ahora cada MOSFET puede disipar el doble luego hacen falta 16 MOSFETS

E) En este caso en el la corriente es pulsante hay que tener en cuenta la impedancia térmica transitoria

$$E.1) \langle I_0 \rangle = 200 \cdot D = 10A \quad T_s = 20\mu s$$

luego el tiempo de carga será el mismo

$$t_{carga} = \frac{32V \cdot 10F}{\langle I_0 \rangle} = 32 \text{ seg}$$



B.2) Al iniciar $P_{mos} = 20W$

$R_{th} = 5^\circ C/W$ (tabla)

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



CEIUPM

Centro de
Electrónica
Industrial

Asociación de Semiconductores

Problemas

n.es

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

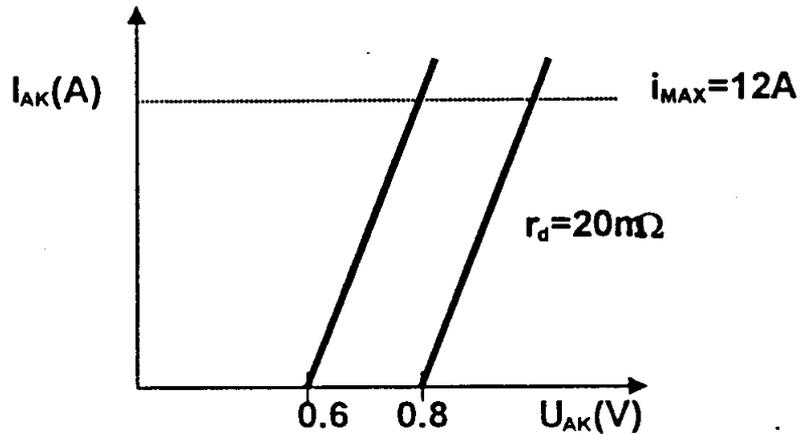


POLITÉCNICA



C
Co
El
In

En la rama de un circuito se colocan 2 diodos en paralelo para llevar una corriente total de valor 20A. Las curvas características máxima y mínima correspondientes a los diodos elegidos se muestran en la figura.



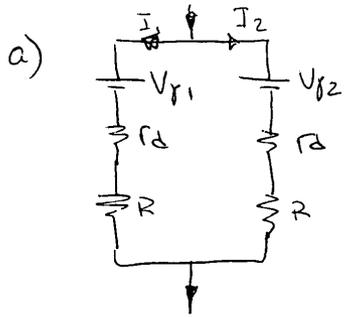
Se pide:

- a) Calcular la resistencia de equalización necesaria que asegura la no destrucción de los diodos.
- b) Calcular, para el peor caso de distribución de corriente, la potencia que disipa cada diodo y las resistencias de equalización.
- c) Si se conectasen tres diodos en paralelo (en lugar de dos), calcular si sería necesario colocar resistencias de equalización.

n.es

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
- - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



$$\begin{cases} V_{g1} + (r_d + R) I_1 = V_{g2} + (r_d + R) I_2 \\ I_1 + I_2 = I_{TOT} \end{cases}$$

Con $I_{TOT} = 20A$, $V_{g1} = 0.6V$, $V_{g2} = 0.8V$, $r_d = 0.02 \Omega$

Con $R = 0$ $I_1 = 15A$

$I_2 = 5A \Rightarrow$ hay que equalizar.

$$R = \frac{\Delta V_g}{2I - I_{TOT}} - r_d = \frac{P}{I} = 30 m\Omega$$

$I = 12$

b)



$$P_{D1} = 0.6 \cdot 12 + 0.02 \cdot 12^2 = 10.08 W$$

$$P_{D2} = 0.8 \cdot 8 + 0.02 \cdot 8^2 = 7.68 W$$

$$P_{R1} = 0.03 \cdot 12^2 = 4.32 W$$

$$P_{R2} = 0.03 \cdot 8^2 = 1.92 W$$

c) Sin R; el peor caso es 2 datos $V_{g \max}$ y $V_{g \min}$:

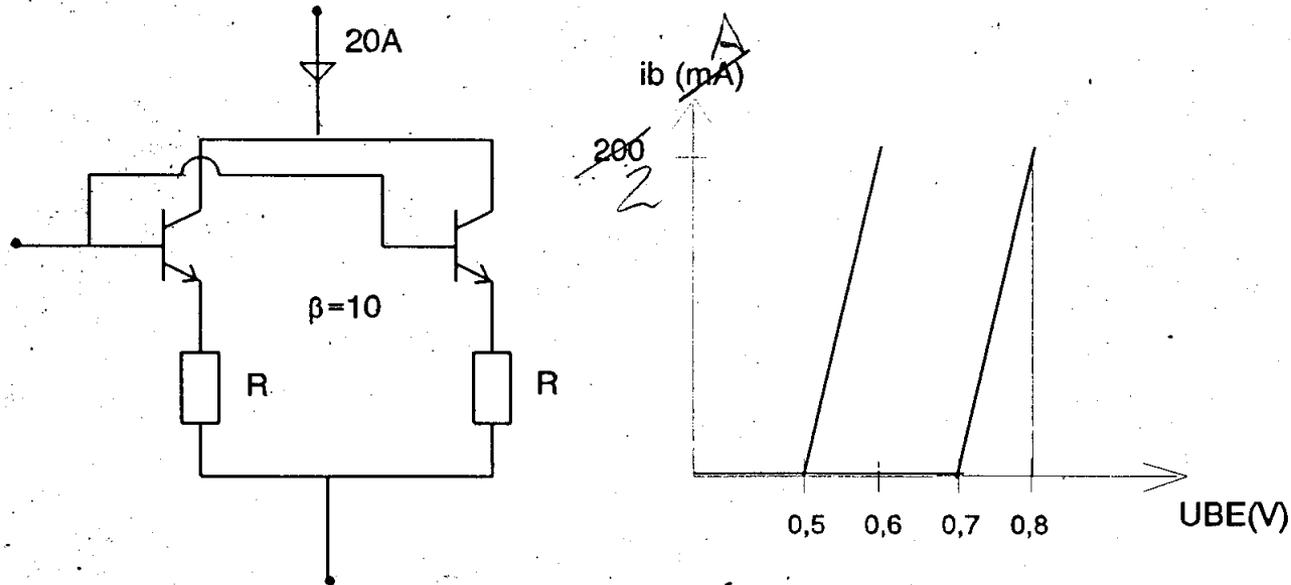
$$V_{g \min} + r_d I_{\max} = V_{g \max} + r_d I_{\min} \quad || \quad V_{g \min} = 0.6 \quad V_{g \max} = 0.8 \quad r_d = 0.02$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

4. Se desea conectar dos transistores bipolares en paralelo, para conducir una intensidad máxima de 20A, tal y como se muestra en la figura 1. Las curvas características de los transistores se encuentran entre las mostradas de la figura 2.



Se pide:

- Calcular el valor de R , si queremos limitar la intensidad máxima en cada transistor a 15A.
- Justificar cómo afectan los diferentes parámetros de los dispositivos y las

Cartagena99

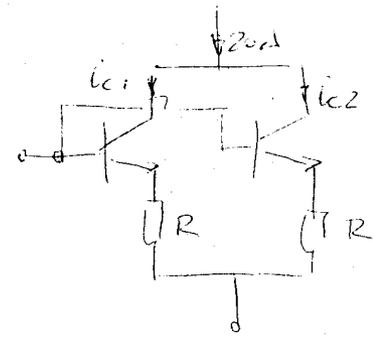
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

7. a)

Al estar en paralelo, se debe cumplir:

$$\left\{ \begin{aligned} i_{c1} + i_{c2} &= 20 \text{ A} \\ U_{BE1} + \frac{\beta+1}{\beta} \cdot i_{c1} \cdot R &= U_{BE2} + \frac{\beta+1}{\beta} \cdot i_{c2} \cdot R \end{aligned} \right.$$



y de las gráficas, obtenemos:

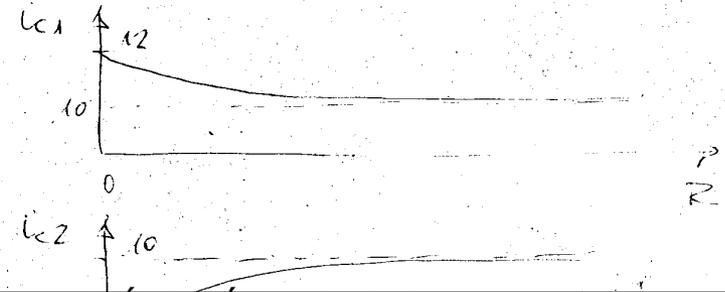
$$\left\{ \begin{aligned} U_{BE1} &= 0.5 + \frac{0.05}{\beta} i_{c1} \quad (3) \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} U_{BE2} &= 0.7 + \frac{0.05}{\beta} i_{c2} \quad (4) \end{aligned} \right.$$

sustituyendo (1), (3) y (4) en (2) obtenemos:

$$i_{c1} = \frac{12 + 220 R}{1 + 22 R}$$

$$i_{c2} = \frac{8 + 220 R}{1 + 22 R}$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

pero nunca llega a 10A por lo que no hace falta R.

- 3 b) * Cuanto mayor $R \uparrow \Rightarrow$ mayor equalización
 * Cuanto menor $I_{c\max}$ del circuito \Rightarrow $\left. \begin{array}{l} \text{más potencia disipada. (P)} \\ \text{menor valor de R para equalizar} \\ \text{menor P.} \end{array} \right\}$
 * Cuanto menor $I_{c\max} \Rightarrow$ $\left. \begin{array}{l} \text{mayor } R \\ \text{mayor potencia disipada.} \end{array} \right\}$
- * Cuanto más próximas estén las curvas características de entrada (U_b, U_{oe}):
- mejor equalización
 - menor $R \Rightarrow$ menor potencia disipada.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



CEIUPM

Centro de
Electrónica
Industrial

Conmutaciones

Problemas

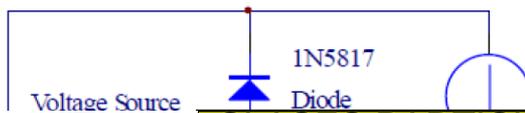
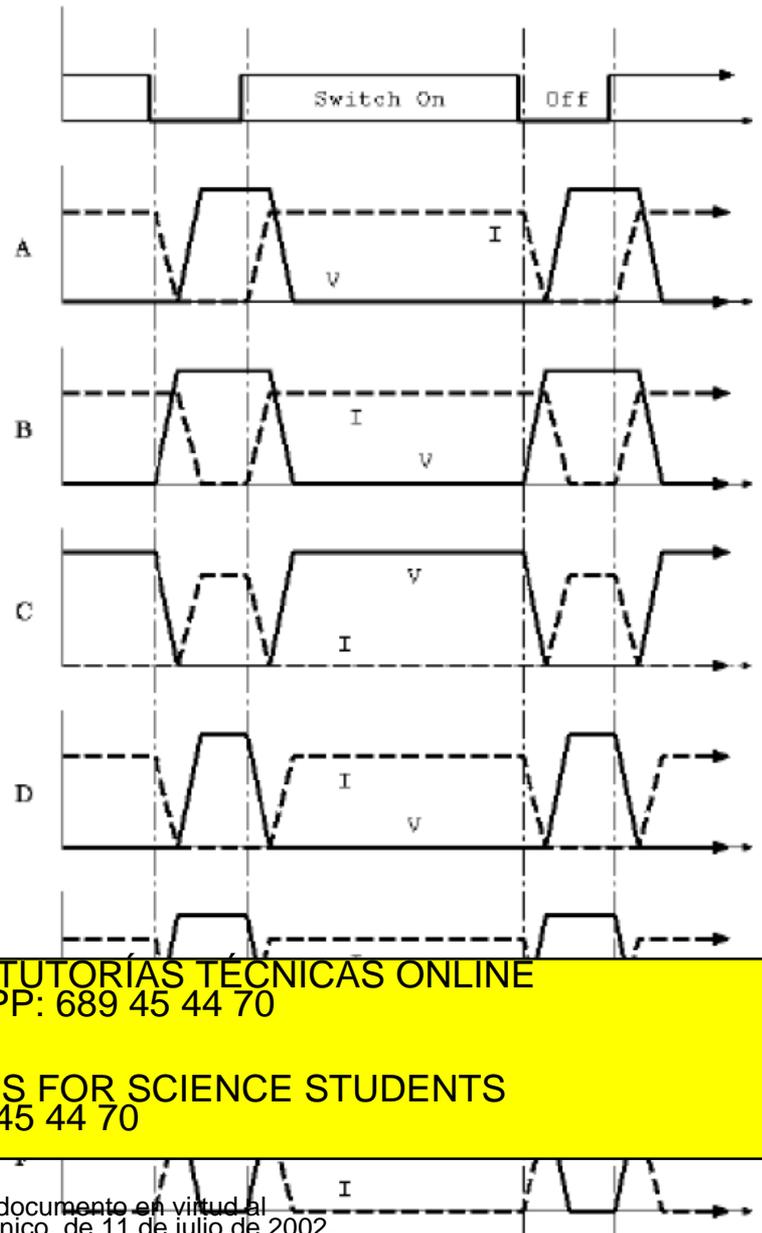
n.es

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- En la figura se muestra un diagrama de un circuito inductivo enclavado. La fuente de tensión es de 5V, y la corriente de carga es de 3A. La frecuencia de conmutación es de 100kHz y el ciclo de trabajo del 75%. Los tiempos de subida y bajada de tensión son de 500 ns. El diodo es un diodo Schottky. De las formas de onda mostradas (continua tensión y discontinua corriente) cuál de ellas representa:
 - a. Formas de onda del MOSFET
 - b. Formas de onda del diodo
 - c. Calcular pérdidas de conmutación en el diodo
 - d. Calcular pérdidas de conmutación en el MOSFET
 - e. Indique por qué para esta aplicación es mejor un diodo Schottky (dos razones). ¿Qué otro tipo de diodo se podría utilizar?



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

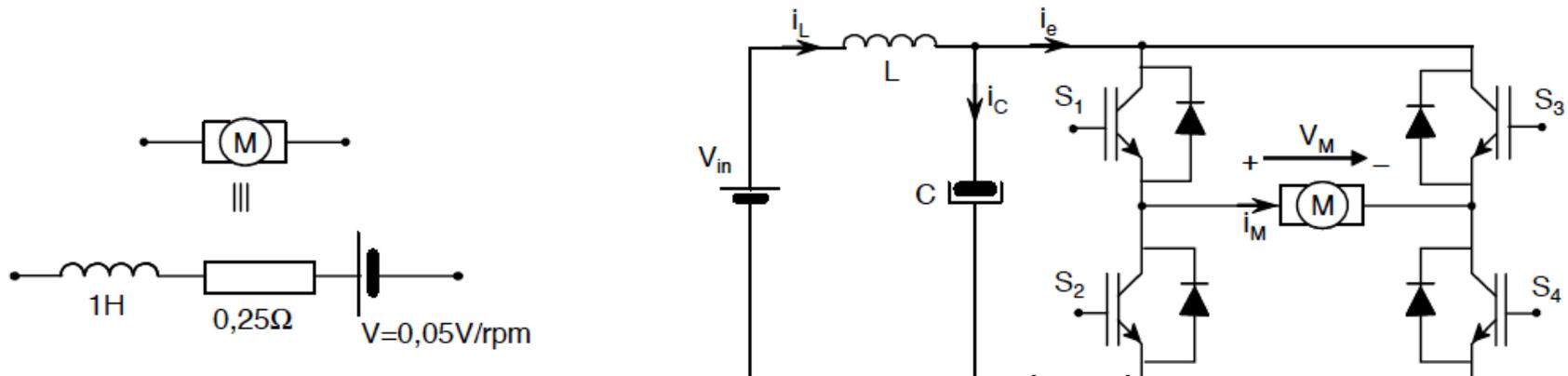
Cartagena99

PROBLEMA 2. (4 puntos)

Un vehículo propulsado por un motor eléctrico de CC, representado en la figura 1, se desplaza con velocidad constante, consumiendo una potencia de $P_o=20kW$. El motor gira con $\omega=1000rpm$.

El motor se alimenta desde un convertidor en puente completo, en el que S_1 tiene la misma señal de gobierno que S_4 . Asimismo S_2 y S_3 también comparten señal de gobierno. La frecuencia de conmutación es de 50kHz.

El convertidor recibe la energía desde una fuente de tensión continua de 200V, a través de un filtro LC, en el que el rizado de intensidad por la bobina puede considerarse despreciable.



Cartagena99

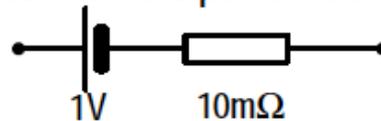
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cont´d

Se pide:

- Calcular y representar gráficamente las señales de gobierno de los interruptores de puente.
- Calcular y representar gráficamente las señales $V_M(t)$, $i_M(t)$, $i_e(t)$, $i_c(t)$, $i_{D3}(t)$.
- Calcular el valor de C de modo que su rizado de tensión sea inferior a $2V_{pp}$.
- Calcular la impedancia térmica del disipador de S_1 , en caso necesario, sabiendo que su



equivalente en conducción es en conmutación.

y que se pueden despreciar las pérdidas

$$\theta_{jc} = 0,1^{\circ}\text{C/W} \quad \theta_{cs} = 0^{\circ}\text{C/W} \quad \theta_{ja} = 5^{\circ}\text{C/W} \quad T_{a_{\max}} = 50^{\circ}\text{C} \quad T_{j_{\max}} = 150^{\circ}\text{C}$$

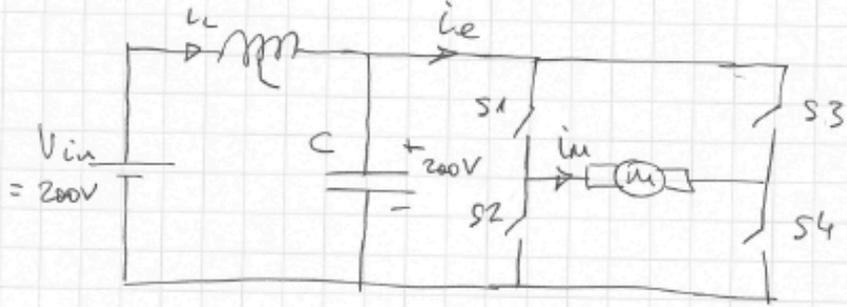
- Si el motor sólo trabaja en las condiciones descritas, proponga el convertidor más simple posible para alimentar el motor, y represente gráficamente $V_m(t)$, $i_M(t)$, $i_e(t)$, $i_c(t)$.
- Calcular el nuevo valor de C para mantener su rizado de tensión en $2V_{pp}$.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

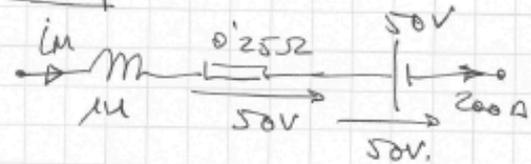
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



$P_0 = 20 \text{ kW} \Rightarrow i_L = 100 \text{ A}$

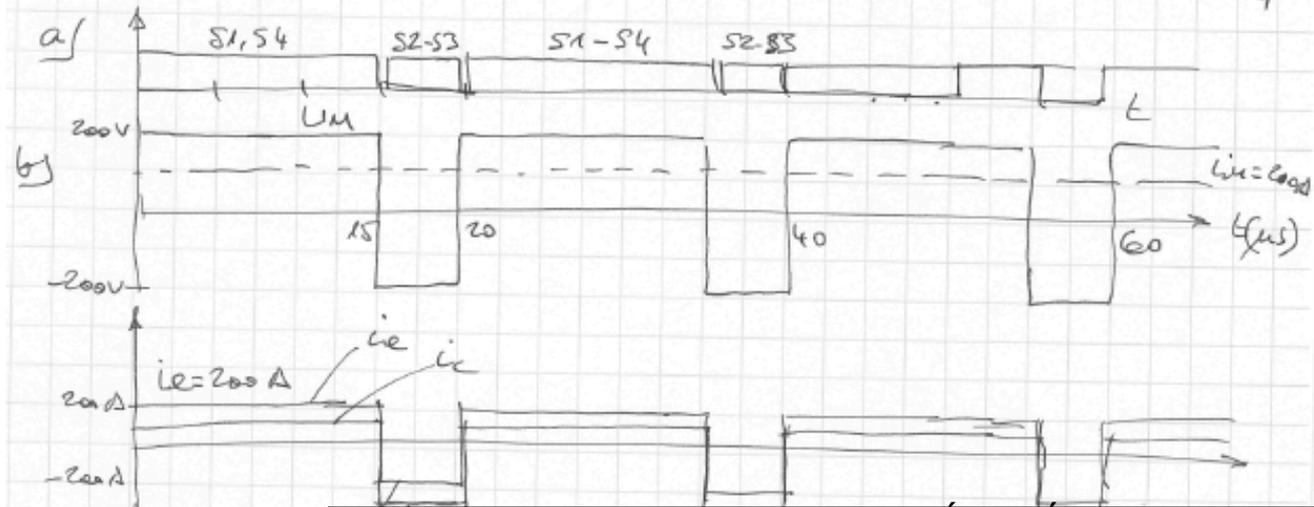
$i_M \cdot 50 \text{ V} + i_M^2 \cdot 0.25 = 20 \cdot 10^3$

$i_M^2 + 200 i_M - 80 \cdot 10^3 = 0 \Rightarrow i_M = 200 \text{ A}$



$U_M = 100 \text{ V}$

$200 \cdot d - 200 (1-d) = 100 \Rightarrow d = 3/4$



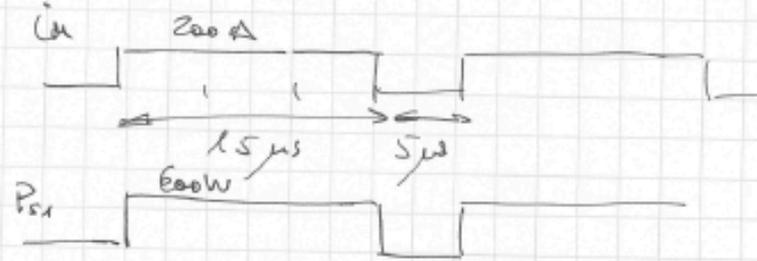
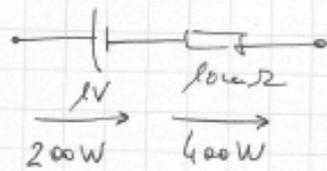
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

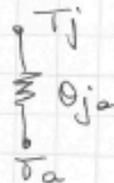


d)



$$\bar{P}_{sx} = 600 \cdot \frac{3}{4} = 450W$$

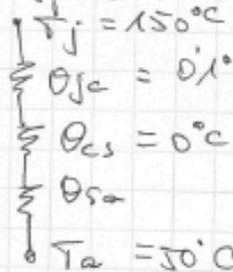
sin disipador:



$$\Delta T = \bar{P}_{sx} \cdot \theta_{ja} = 450W \cdot 5 \frac{^\circ C}{W} = 2250^\circ C !!$$

hace falta disipador.

Con disipador:

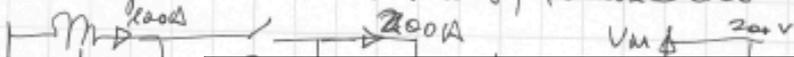


$$\Delta T = 450 \cdot 0.1 = 45^\circ C$$

$$\Delta T_{max} = 55^\circ C = 450 \cdot \theta_{sa}$$

$$\theta_{sa} = \frac{55}{450} = \frac{11}{90} = 0.122 \frac{^\circ C}{W}$$

e) Si sólo gira en un sentido, realizando T en un sólo sentido:



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



CEIUPM

Centro de
Electrónica
Industrial

Thank you for your attention....

José A. Cobos

Ja.cobos@upm.es

n.es

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cei-upm.es

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



POLITÉCNICA