

Asignatura: Electrónica Industrial (202)

Especialidad: Ing.Eléctrica 4ºGITI

Fecha: 13/1/2016

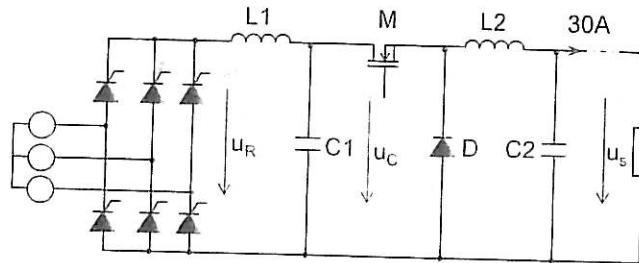
Publicación de preactas: 27/1/2016

Revisión: 2/2/2016

Duración del examen: 1 h. 45 m.

PROBLEMA 1.

El circuito de la figura consta de un rectificador controlado y un convertidor continua-continua. El rectificador se conecta a una red alterna y genera una tensión continua igual a 300V en el condensador intermedio $C1$. El convertidor dc-dc reduce la tensión a 100V en el condensador $C2$ para alimentar una carga que demanda 30A constantes.


Cuestión 1. Sobre el rectificador (3,5 puntos)

El rectificador se conecta a una red trifásica de 230V eficaces fase-neutro (y $230\sqrt{3}$ eficaces de tensión de línea) y 50Hz. Presenta una bobina de alisamiento ($L1$) de gran valor que obliga a que la corriente sea constante. El ángulo de disparo de los tiristores (α) es tal que la tensión en el condensador $C1$ es igual a 300V.

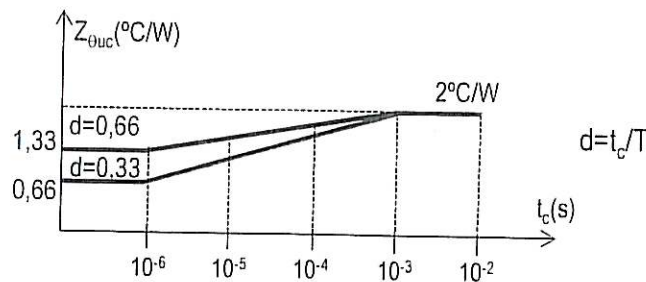
- 1.a. Calcular el ángulo de disparo de los tiristores (α)
- 1.b. Dibujar, de forma aproximada, la tensión u_R .
- 1.c. Dibujar la corriente por una de las fases del generador.
- 1.d. Calcular el factor de potencia.
- 1.e. Si los tiristores presentan una caída de tensión en conducción constante e igual a 1,5V, calcular las pérdidas de potencia en los tiristores.
- 1.f. Calcular el radiador necesario para los tiristores si todos ellos se montan sobre el mismo. Para 50Hz, desde el punto de vista térmico, considerar la hipótesis de baja frecuencia.

Datos: $T_A=30^\circ\text{C}$ $T_{U,\text{MAX}}=130^\circ\text{C}$ $R_{\theta UC}=0,5^\circ\text{C/W}$ $R_{\theta CR}=0^\circ\text{C/W}$

Cuestión 2. Sobre el convertidor dc-dc (3,5 puntos)

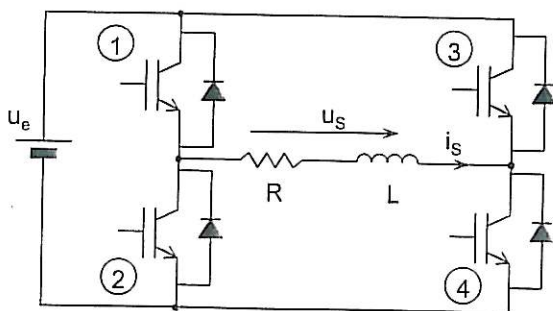
Este convertidor toma su energía del condensador $C1$ y regula su ciclo de trabajo para que en la salida haya siempre 100V. La bobina $L2$ es suficientemente grande para considerar su corriente constante. En un primer momento se pueden considerar los semiconductores ideales. La frecuencia de conmutación del MOSFET M es de 50kHz.

- 2.a. Calcular el ciclo de trabajo del convertidor.
- 2.b. Dibujar la corriente por el condensador $C1$ y calcular el valor de la capacidad para que su rizado de tensión sea de 1V pico a pico
- 2.c. Por otro lado, también se quiere que $C1$ sea grande para que almacene suficiente energía para alimentar a la carga con ausencia de red alterna. Calcular $C1$ para que el convertidor sea capaz de mantener la tensión de salida durante 2 segundos.
- 2.d. Calcular las pérdidas de potencia en los semiconductores en condiciones normales:
 - Diodo: $V_f=0,5V$ y $r_d=0\Omega$
 - MOSFET: $R_{dson}= 200m\Omega$
- 2.e. Calcular el radiador que necesita el transistor MOSFET si su impedancia térmica transitoria es la que se indica en la figura. $T_{U,MAX}=130^\circ C, T_A=30^\circ C$



PROBLEMA 2. (3 puntos)

El inversor en puente completo de la figura se controla mediante la técnica PWM unipolar para alimentar a una carga RL con una tensión alterna cuyo componente fundamental es de 50Hz. La potencia activa consumida por la carga a esta frecuencia es de 25kW.



Datos

- $U_e = 750V$
- $F_{fundamental} = 50Hz$
- $L = (1/100)H$
- $R = \pi\sqrt{3}\Omega$

- a) Calcular el índice de modulación de amplitud (m_a).
- b) Dibujar, de forma aproximada, la tensión u_s , su armónico fundamental e i_s .
- c) Calcular, de forma aproximada, cuál sería la máxima potencia activa que se podría entregar a la carga, aunque se pierda calidad en la onda alterna. Dibujar u_s e i_s en este caso.

1

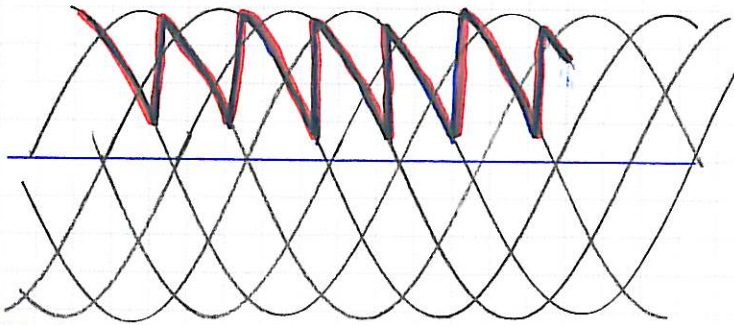
1.a) El rectificador debe dar un valor medio de tensión igual a 300V. Al tener L1 un valor alto, éste funciona con carga muy inductiva.

$$U_{s, MED} = \frac{DEP}{\pi} \operatorname{sen} \frac{\pi}{\lambda} \cdot \cos \alpha \Rightarrow \frac{6 \cdot 230 \sqrt{3} \sqrt{2}}{\pi} \operatorname{sen} \frac{\pi}{6} \cdot \cos \alpha = 300$$

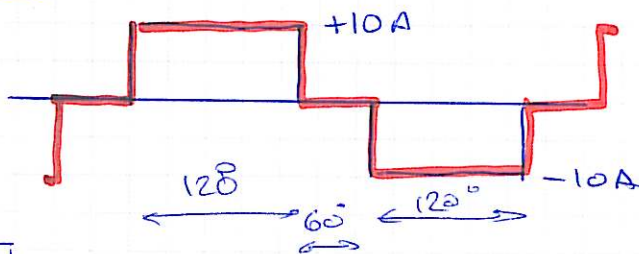
$$\Rightarrow \boxed{\alpha = 56^\circ}$$

1.b

U_R.



1.c



$$I_{MAX} = 10 \text{ A}$$

$$I_{EFF} = 8,16 \text{ A}$$

1.d

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{U_c \cdot I_{L1}}{3 U_{ef} \cdot I_{ef}} = \frac{300 \cdot 10}{3 \cdot 230 \cdot 8,16} = 0,53$$

1.e

En todo momento hay 2 tiristores conduciendo. Por tanto la potencia disipada instantánea es:

$$P = 2 \times 1,5 \times 10 = 30 \text{ W}$$

en promedio cada tiristor disipa 5W

1.f

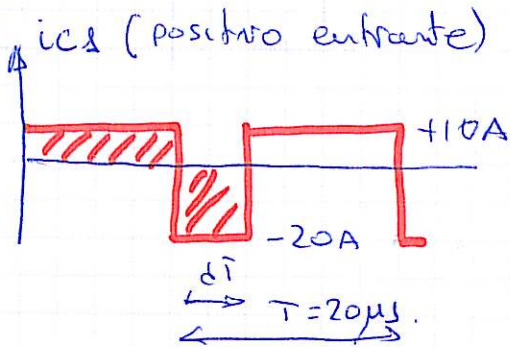
$$T_U = T_A + \underset{\substack{\uparrow \\ 30 \text{ W}}}{P_{RAD}} \cdot R_{ORA} + \underset{\substack{\uparrow \\ \text{en B.F. hay que considerar } P_{MAX} (15 \text{ W})}}{P_{TIR, MAX}} \cdot R_{OVC}$$

$$\Rightarrow R_{ORA} = 3^\circ \text{C/W}$$

2) 2.a) Se trata de un convertidor reductor. Por tanto:

$$U_s = U_e \cdot d \quad d = \frac{U_s}{U_e} = \frac{100}{300} = \frac{1}{3}$$

2.b)



por la ley de conservación de la energía.

$$I = C \frac{\Delta U_C}{\Delta t} \Rightarrow C = \frac{I \cdot \Delta t}{\Delta U_C}$$

$$C = \frac{20 \cdot \frac{1}{3} 20 \cdot 10^{-6}}{1} = 133 \mu\text{F}$$

2.c) Si el rectificador deja de aportar energía, el condensador C1 empieza a descargarse. Este podrá seguir dando energía a la carga hasta que su tensión baje por debajo de 100V.

$$E_C = \frac{1}{2} C U^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} E_i = \frac{1}{2} C \cdot 300^2 \\ E_f = \frac{1}{2} C \cdot 100^2 \end{array} \right. \quad \Delta E = E_i - E_f$$

$$\Delta E = P \cdot t = U_s \cdot I_s \cdot t = 100 \cdot 30 \cdot 2 = 6000 \text{ J}$$

$$\frac{1}{2} C (300^2 - 100^2) = 6000 \Rightarrow C = 0,15 \text{ F}$$

2.d)

$$P_{\text{DIODO}} = V_f \cdot I_{\text{MED}} + r_d \cdot I_{\text{EF}}^2 = 0,5 \cdot 30 \cdot \frac{2}{3} = 10 \text{ W}$$

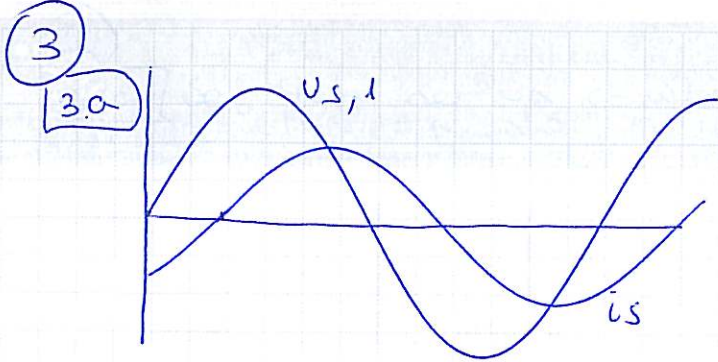
$$P_{\text{MOSFET}} = R_{\text{DS(on)}} \cdot I_{\text{EF}}^2 = 0,2 \cdot (30 \sqrt{\frac{1}{3}})^2 = 60 \text{ W}$$

2.e)

$$T_U = T_A + P_{\text{MED}} \cdot R_{\text{DRA}} + P_{\text{MAX}} \cdot Z_{\text{thJC}}(d, t_c) \rightarrow 0,33 \rightarrow 6,6 \mu\text{s}$$

$$130 = 30 + 60 \cdot R_{\text{DRA}} + 180 \cdot \frac{1^\circ\text{C/W}}{\text{Aprox}}$$

$$\Rightarrow R_{\text{DRA}} = -23^\circ\text{C/W} \Rightarrow \text{No existe radiador}$$



$$P = U_{s,EF} \cdot I_{s,EF} \cdot \cos \varphi$$

$$\varphi = \arctg \frac{\omega L}{R} = \arctg \frac{2\pi \cdot 50 \cdot \frac{1}{100}}{\pi \sqrt{3}} = 30^\circ$$

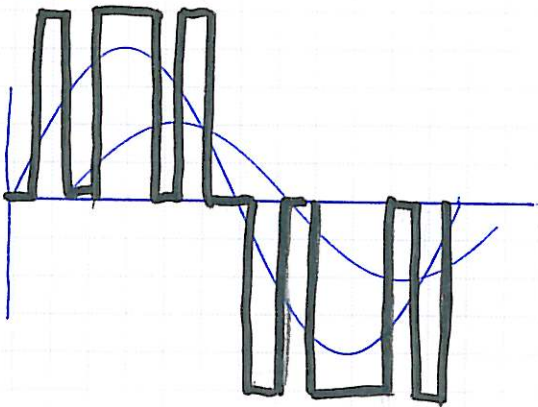
$$P = \frac{(U_{s,EF})^2}{Z} \cos \varphi = 25 \text{ kW} \Rightarrow$$

$$U_{s,EF} = 425,8 \text{ V} \quad (U_{s,pico} = 602 \text{ V})$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = 2 \pi$$

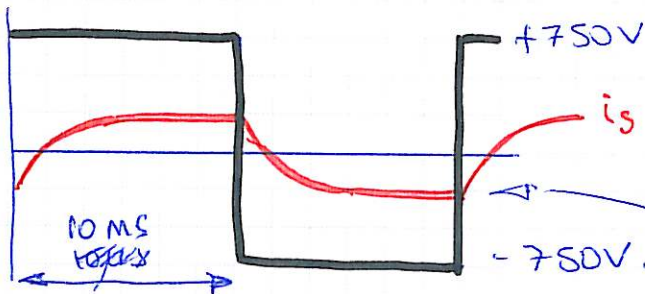
$$Ma = \frac{U_{s,pico}}{U_e} = \frac{425,8 \sqrt{2}}{750} \approx 0,8$$

3b



3c

Esto correspondería con un caso de sobremodulación máxima.



$$Z = \frac{L}{R} = 1,8 \text{ ms}$$

$$\frac{750 \text{ V}}{\pi \sqrt{3} \Omega} = 138 \text{ A}$$

Si se despreciase la parte inicial del transitorio que se produce tras cada conmutación, la potencia activa sería:

$$P \approx \frac{U_e^2}{R} = \frac{750^2}{\pi \sqrt{3}} = 103 \text{ kW}$$

La potencia real será menor.