

Asignatura: Electrónica de Potencia

Fecha: 26/05/14

Especialidad: GITI (Aut-Electrónica)

Publicación de preactas: 10/06/14

Revisión: 13/06/14

### PROBLEMA 1 (3.5 puntos)

Un sistema de transmisión de energía sin contacto se comporta como una fuente de intensidad senoidal, de amplitud  $I$  ( $I=1A$ ) y de frecuencia  $f$  ( $f=5MHz$ ). La energía que proporciona se inyecta a una carga cuyo equivalente eléctrico en cada ciclo de conmutación es una fuente de tensión constante,  $V_c$ . La carga está conectada a la fuente de intensidad mediante un rectificador monofásico controlado de doble onda, tal como se muestra en la figura 1.

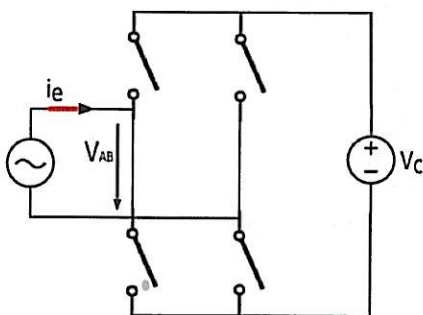


Fig. 1

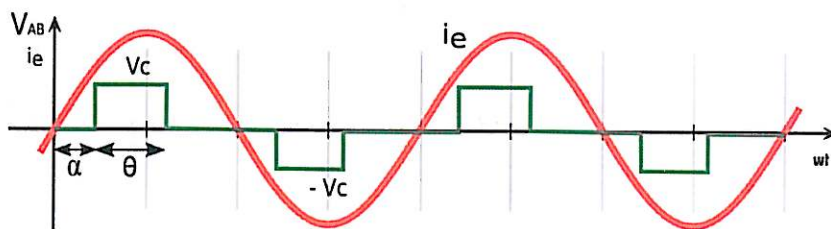


Fig. 2

El rectificador se controla mediante dos parámetros ( $\alpha$  y  $\theta$ ), de modo que las formas de onda de tensión e intensidad son las mostradas en la figura 2.

Se pide:

- Con  $\alpha = 0$ , calcular y representar gráficamente la potencia inyectada a la carga  $P(\theta)$ , en función del ángulo  $\theta$
- Con  $\theta = \pi$ , calcular y representar gráficamente la potencia inyectada a la carga  $P(\alpha)$ , en función del ángulo  $\alpha$
- Obtener la expresión de  $P(\alpha, \theta)$ , y calcular su valor para  $\alpha = \pi/4$  y  $\theta = \pi/2$
- La carga  $V_c$  se sustituye por un condensador  $C$  en paralelo con una resistencia  $R$  de  $10\Omega$ . Sabiendo que  $C$  es lo suficientemente grande como para que su tensión no varíe significativamente en un periodo, calcular el valor de su tensión, para  $\alpha = \pi/4$  y  $\theta = \pi/2$ .
- Calcular el Factor de Potencia (FP) y la distorsión armónica total (DAT) desde las bornas de la fuente de intensidad, para  $\alpha = \pi/4$  y  $\theta = \pi/2$
- Indicar qué tipo de dispositivo utilizaría como interruptores de potencia

### PROBLEMA 2 (3 puntos)

Un cicloconvertidor constituido por dos rectificadores trifásicos de doble onda (fig 1) se controla de modo que aplica a una carga R-L ( $R = 0.1\Omega$ ;  $L = 10mH$ ) una tensión cuyo valor medio tiene una evolución cuadrada, de amplitud 150V y frecuencia 1Hz (fig 2). El cicloconvertidor se alimenta desde una red trifásica de 50 Hz y 220/380 Vef.

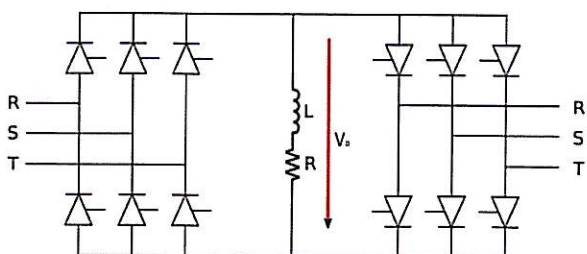


Fig. 1

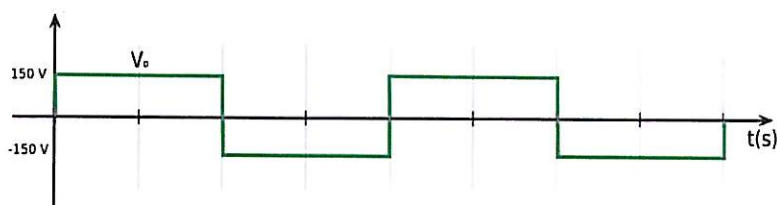


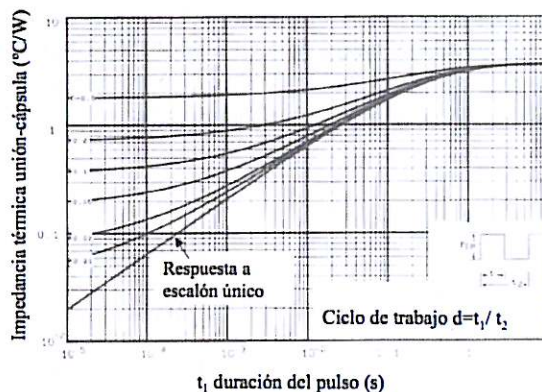
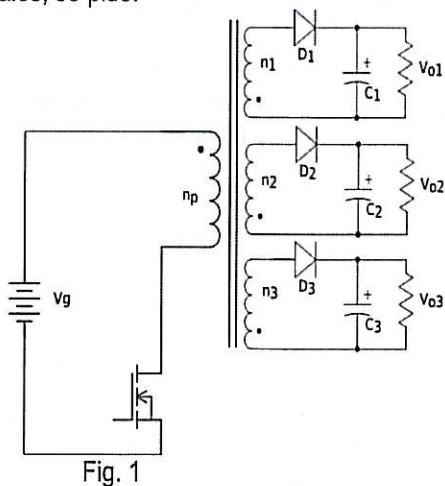
Fig. 2

Se pide:

- Calcular el ángulo de disparo de los tiristores de cada rectificador ( $\alpha_p, \alpha_n$ ) en función del tiempo
- Calcular y representar gráficamente la intensidad que circula por la carga, en escala de segundos
- Calcular la potencia activa consumida por la carga
- Calcular y representar gráficamente la tensión en la carga, en escala de ciclo de red, en el entorno de los 900ms (asumiendo que está en régimen permanente)
- Dibujar la tensión e intensidad por la fase R, en las condiciones del caso d)

### PROBLEMA 3 (3.5 puntos)

El convertidor Flyback multi-salida de la figura 1 trabaja en Modo de conducción Continuo (MCC). Asumiendo que todos los componentes son ideales, se pide:



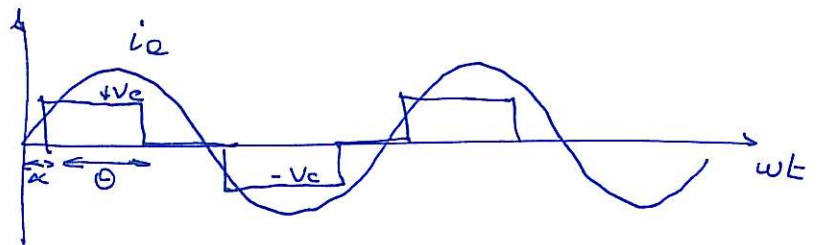
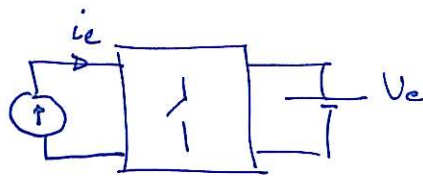
- Tensiones de salida  $V_{o1}$ ,  $V_{o2}$ ,  $V_{o3}$ , y las potencias entregadas sus respectivas cargas  $P_1$ ,  $P_2$ , y  $P_3$
- Calcular y representar gráficamente la intensidad por el devanado primario
- Calcular y representar gráficamente las intensidades por los devanados secundarios
- Sabiendo que la tensión de codo de todos los diodos es  $V_\gamma = 0,6V$  y su  $r_d = 0 \Omega$ , calcular  $P_{D1}$ ,  $P_{D2}$  y  $P_{D3}$
- Sabiendo que los 3 diodos son idénticos, que su impedancia térmica es la de la figura 2, y que van montados sobre un mismo disipador (despréciase la resistencia térmica encapsulado-radiador), se pide calcular su resistencia térmica, de modo que ningún semiconductor supere  $150^\circ C$  (la temperatura ambiente son  $25^\circ C$ )

Datos:

$n_p = 16$	$V_g = 24V$ ; $D = 40\%$ ; $f_s = 100kHz$
$n_1 = 5$	$R_1 = 1\Omega$
$n_2 = 12$	$R_2 = 24\Omega$
$n_3 = 48$	$R_3 = 160\Omega$
$L_{mp} = 96\mu H$	

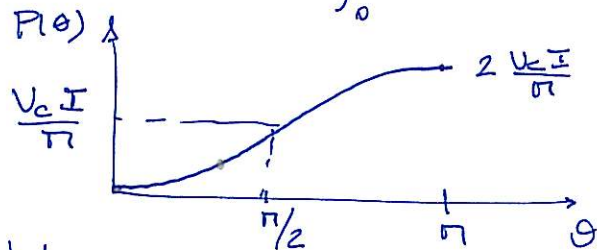


# PROBLEMA 1



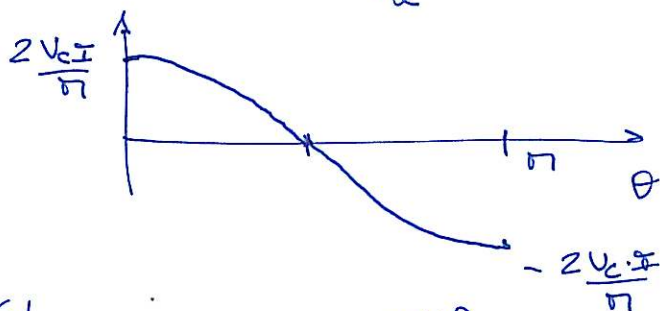
a)  $\alpha = 0$

$$P(\theta) = \frac{V_c}{\pi} \cdot \int_0^\theta I \cdot \sin \omega t \, d\omega t = \frac{V_c \cdot I}{\pi} \cdot [-\cos \omega t]_0^\theta = \frac{I \cdot V_c}{\pi} (1 - \cos \theta)$$



b)  $\theta = \pi$

$$P(\alpha) = \frac{V_c}{\pi} \int_\alpha^{\alpha+\pi} I \cdot \sin \omega t \, d\omega t = \frac{V_c I}{\pi} [-\cos \omega t]_\alpha^{\alpha+\pi} = \frac{2 V_c I \cdot \cos \alpha}{\pi}$$



c) 
$$P(\alpha, \theta) = \frac{V_c}{\pi} \int_\alpha^{\alpha+\theta} I \cdot \sin \omega t \, d\omega t = \frac{V_c \cdot I}{\pi} \cdot [-\cos \omega t]_\alpha^{\alpha+\theta} = \frac{V_c \cdot I}{\pi} \cdot [\cos \alpha - \cos(\alpha + \theta)]$$

Para  $\alpha = \frac{\pi}{4}$  y  $\theta = \frac{\pi}{2} \Rightarrow P = \frac{V_c \cdot I}{\pi} \cdot \left[ \frac{\sqrt{2}}{2} - \cos \frac{3\pi}{4} \right] = \frac{\sqrt{2} \cdot V_c I}{\pi}$

$= \sqrt{2}$

d) 
$$\frac{1}{R} = \frac{V_c^2}{R} \Rightarrow P = \frac{V_c^2}{R} = \frac{\sqrt{2} \cdot V_c \cdot I}{\pi} \Rightarrow V_c = \frac{R \cdot \sqrt{2} \cdot I}{\pi}$$

e) 
$$F.P = \frac{P}{S} = \frac{2'03}{S} = \frac{2'03}{V_{ef} \cdot I_{ef}} = \frac{2'03}{V_c \cdot I / \sqrt{2}} = 0'637$$

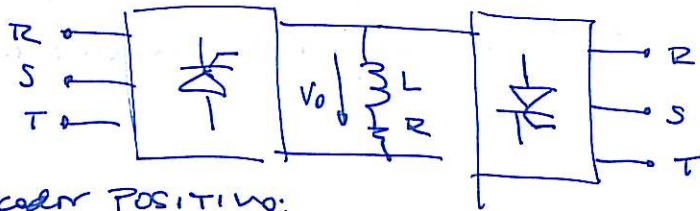
T.H.D = 
$$\sqrt{\frac{V_{ef}^2}{V_{c1}^2} - 1} = \sqrt{\frac{V_c^2 \cdot \pi^2}{4 \cdot 2'03 \cdot V_c^2} - 1} = \sqrt{\frac{\pi^2 - 8}{8}} = 0'483 = 48'3\%$$

$$V_{ef1} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot V_c$$

f) MOSFET.

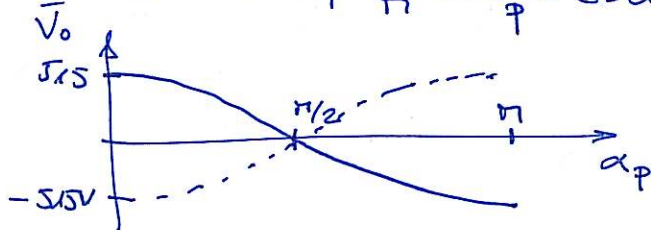


## PROBLEMA 2



a) Rectificador POSITIVO:

$$\bar{V}_0 = 2 \cdot V_p \cdot \frac{\pi}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{3} \cdot \cos \alpha = 2 \cdot 220\sqrt{2} \cdot \frac{3}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{3} \cdot \cos \alpha = \underline{515 \cdot \cos \alpha}$$

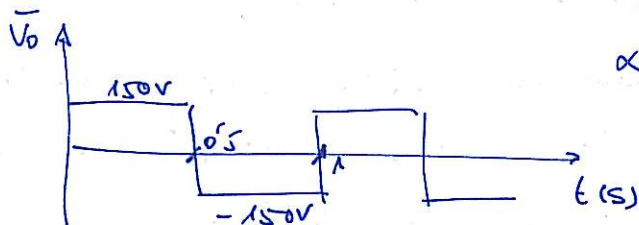


Rectificador NEGATIVO:

$$-\bar{V}_0 = 515 \cdot \cos \alpha_N \Rightarrow \bar{V}_0 = \underline{-515 \cdot \cos \alpha_N}$$

$$515 \cdot \cos \alpha_p = 150V \Rightarrow \alpha_p = \arccos \frac{150}{515} = \underline{73^\circ}$$

$$\alpha_N = \arccos -\frac{150}{515} = \underline{107^\circ}$$



$$\alpha_p = 73^\circ \quad \alpha_N = 107^\circ$$

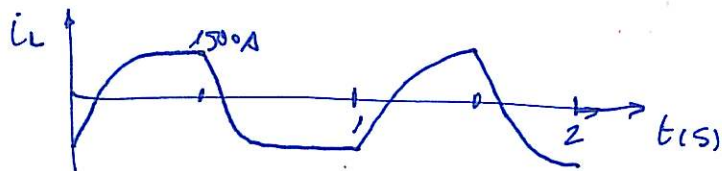
$$\alpha_N = 107^\circ \quad \alpha_p = 73^\circ$$

b)

$$L = 10 \text{ mH}$$

$$R = 0.1 \Omega$$

$$\frac{L}{R} = \frac{10}{0.1} \cdot 10^{-3} = 100 \cdot 10^{-3} = 100 \text{ ms} = \underline{0.1 \text{ s}}$$



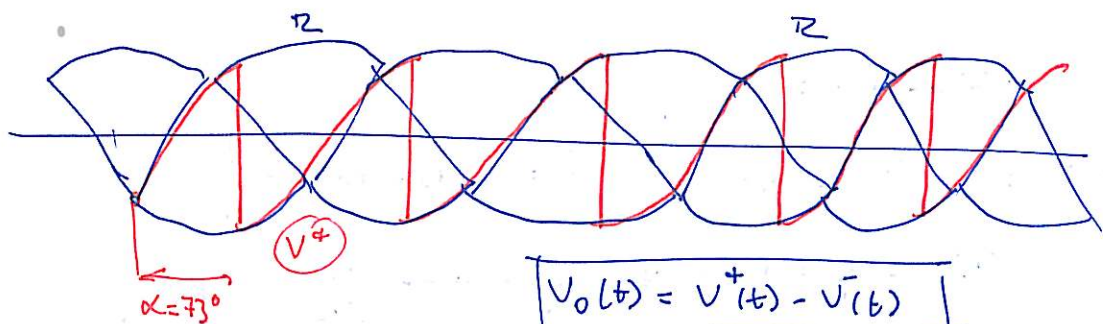
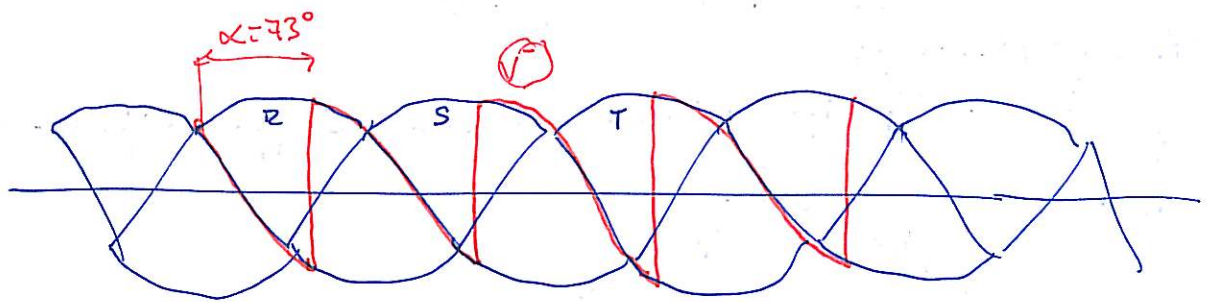
$$i_{L0} = \frac{150}{0.1} = \underline{1500 \text{ A}}$$

$$5\tau \approx 0.5 \text{ s}$$

c)

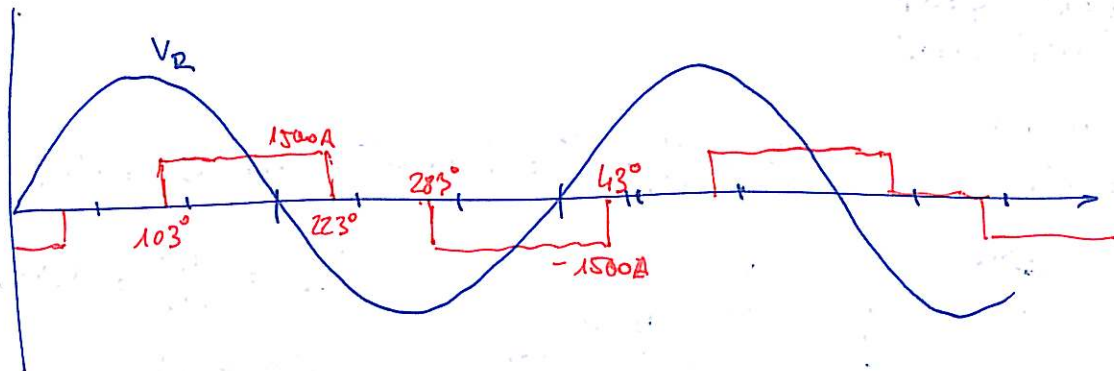
$$\begin{aligned} P(t) &= \frac{1}{T} \int i^2 R dt = \frac{1}{0.5} \cdot \int_0^{0.5} \left[ 1500(1 - 2e^{-t/\tau}) \right]^2 \cdot R dt \\ &= 2R \cdot \left[ \int_0^{0.5} 1500^2 dt + \int_0^{0.5} 1500 \cdot (-4e^{-t/\tau}) + \int_0^{0.5} 4e^{-2t/\tau} dt \right] \\ &= 2 \cdot R \cdot 1500^2 \cdot \left[ 0.5 + (4\tau \cdot e^{-t/\tau})_0^{0.5} - (2\tau \cdot e^{-2t/\tau})_0^{0.5} \right] = 2 \cdot R \cdot 1500^2 \cdot 0.3 \\ &= \underline{135 \text{ kW}} \end{aligned}$$

d)  $t = 900 \text{ ns} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} I_L \approx -1500 \text{ A} \\ V_o \approx -150 \text{ V} \end{array} \right\}$  conduce el rectificador negativo con  $\alpha_N = 73^\circ$



También se puede representar la tensión de línea rectificada y aplicar un ángulo de retraso  $\alpha_u = 73^\circ$  en la parte negativa, de modo que  $\bar{v}_0 = -150^\circ$ .

၄





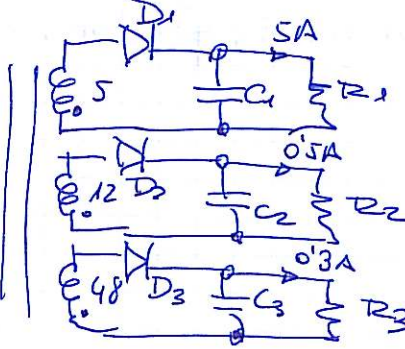
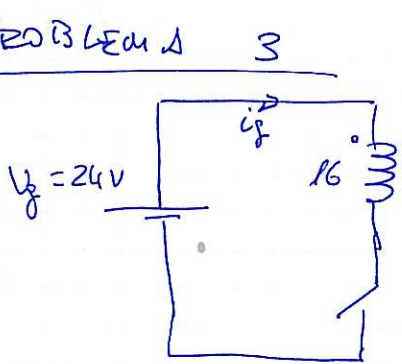


INDUSTRIALES  
ETSII | UPM

1º Apellido \_\_\_\_\_  
2º Apellido \_\_\_\_\_  
Nombre \_\_\_\_\_  
Nº de Matricula \_\_\_\_\_ Nº de Grupo \_\_\_\_\_  
Asignatura \_\_\_\_\_  
Especialidad \_\_\_\_\_  
Año de carrera \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

EJERCICIO \_\_\_\_\_  
Hoja nº \_\_\_\_\_  
CALIFICACIÓN \_\_\_\_\_

PROBLEMA 3



$V_{o1} = 5V \Rightarrow P_{o1} = 25W$

$V_{o2} = 12V \Rightarrow P_{o2} = \frac{12^2}{24} = 6W$

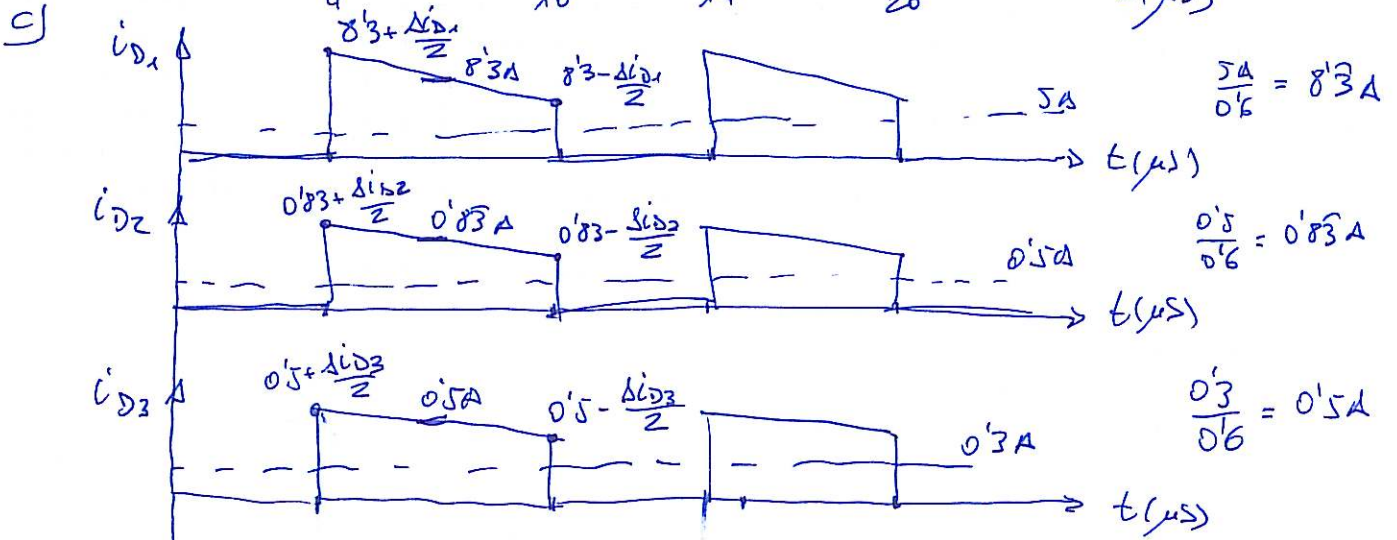
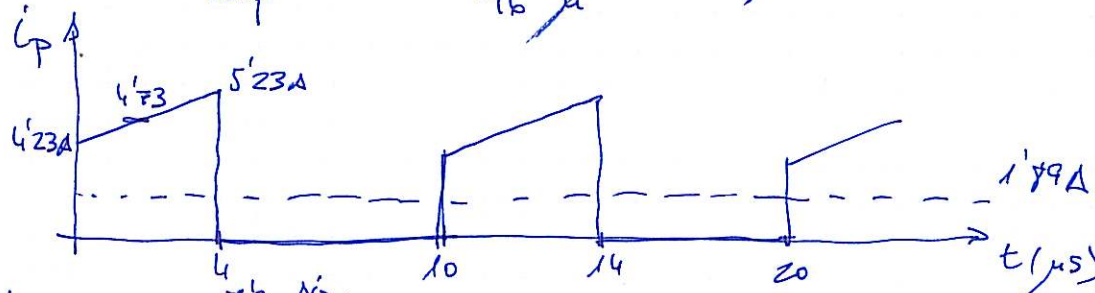
$V_{o3} = 48V \Rightarrow P_{o3} = \frac{48^2}{160} = 144W$

$P_g = 145.4W$

$V_{oj} = \frac{\eta_j}{n_p} \cdot \frac{\phi}{1-d} \cdot V_g = 24 \cdot \frac{0.4}{0.6} \cdot \frac{\eta_j}{16} = \eta_j$

$i_g = \frac{P_g}{V_g} = \frac{145.4}{24} = 1.89A \Rightarrow \frac{1.89}{0.4} \pm \frac{1A}{2} = \begin{cases} 5.23A \\ 4.23A \end{cases}$

$\Delta i_p = \frac{V_g}{L_{mp}} \cdot \Delta t = \frac{24}{96 \mu s} \cdot 0.4 \cdot 10 \mu s = 1A$



$n_1 \Delta i_{D1} + n_2 \Delta i_{D2} + n_3 \Delta i_{D3} = \Delta \phi \cdot R = -\Delta i_p \cdot n_1 = 16$

Superposición:  $\frac{\Delta \phi}{\pi f} = n_1 \Delta i_{D1} = n_2 \Delta i_{D2} = n_3 \Delta i_{D3} \Rightarrow \Delta i_{Dj} = \frac{16}{n_j} = (3.2A, 1.6A, 0.3A)$

$$d) P_{D1} = 0'6 \cdot I_{D1} = 0'6V \cdot 5A = 3W$$

$$P_{D2} = 0'6 \cdot I_{D2} = 0'6V \cdot 0'5A = 0'3W$$

$$P_{D3} = 0'6 \cdot I_{D3} = 0'6V \cdot 0'3A = 0'18W$$

$$P_T = 3'48W$$

$$T_{j1} = 25 + R_{sa} \cdot P_T + P_{D1} \cdot R_{jc} \Rightarrow R_{sa}^{máx} = \frac{150 - 25 - 3 \cdot 3'5^\circ C/W}{3'48}$$

$D_1$  es el diodo con mayor temperatura.

$$R_{sa}^{máx} = 32'9^\circ C/W$$