

Normas de examen

- El alumno debe dejar bien visible sobre la mesa una identificación válida (carné de la escuela, DNI...).
- No se pueden usar libros ni apuntes y, por tanto, una vez empezado el examen, no deben quedar a la vista.
- Se pueden usar calculadora y material de dibujo. No está permitido compartir las herramientas de cálculo.
- Los ejercicios han de realizarse en orden y se recogerán al finalizar el tiempo asignado a cada uno de ellos.
- No se admitirán soluciones hechas a lápiz. La tinta roja sólo podrá usarse para las gráficas.

Ejercicio 1

(1 punto, 15 minutos)

En el rectificador trifásico no controlado de la figura 1 se estropea el diodo D2, quedando en circuito abierto.

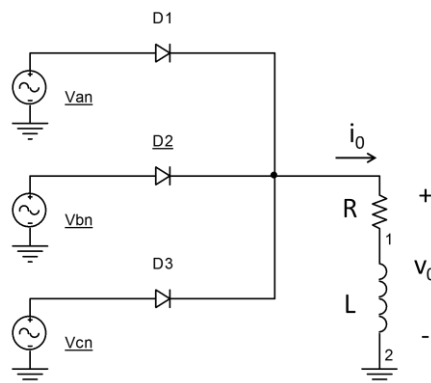
Se pide representar gráficamente la tensión v_0 , durante 40ms, y calcular el valor medio de la corriente i_0 para:

- Carga resistiva pura ($L=0H$).
- Carga muy inductiva ($L \rightarrow \infty$).

Datos:

$$f=50\text{Hz}; R=10\Omega$$

$$v_{an}(t)=100\text{sen}(\omega t) \text{ [V]}$$

**Figura 1.****Ejercicio 2**

(3 puntos, 30 minutos)

El rectificador controlado de la figura 2 es alimentado por la onda cuadrada de tensión representada en la figura 3.

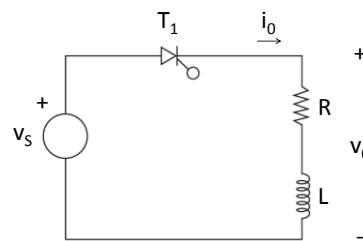
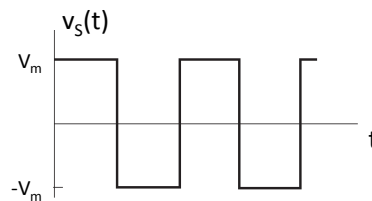
Se pide determinar las formas de onda de v_0 e i_0 y sus valores medios (V_0 e I_0), para los siguientes casos:

- Carga resistiva pura ($L=0$).
- Carga RL.
- Carga RL con diodo de libre circulación. Compare los resultados con los obtenidos en el apartado (a).

Datos:

$$V_m=100\text{V}; \alpha=T/4$$

$$f=50\text{Hz}; R=5\Omega; L=100\text{mH};$$

**Figura 2.****Figura 3.**

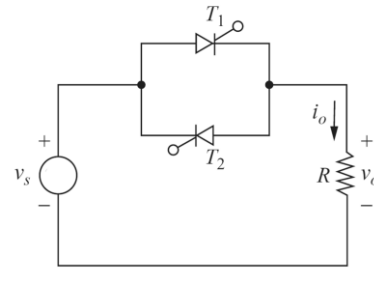
Ejercicio 3

(2 puntos, 20 minutos)

El regulador de alterna de la figura 4 es alimentado con una tensión alterna cuadrada como la de la figura 3.

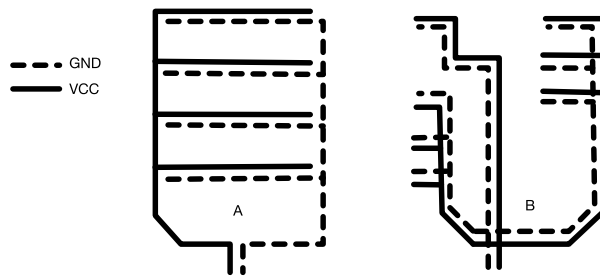
Se pide determinar, en función de α y V_m :

- La forma de onda de la tensión $v_o(\omega t)$.
- El valor eficaz de la tensión v_o .
- La potencia disipada en la resistencia R , y sus valores máximo y mínimo.
- El factor de potencia visto por la fuente v_s .

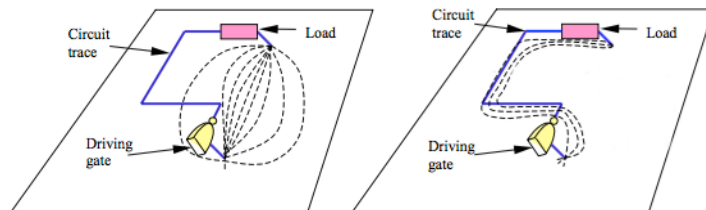
**Figura 4.****Ejercicio 4**

(2 puntos, 20 minutos)

- A. (0,5 puntos) La figura 5 presenta dos posibles implementaciones de un circuito que contiene dos pistas, Vcc y GND. Indique cual es más recomendable desde el punto de vista de CEM y razónelo.

**Figura 5.**

- B. (0,5 puntos) La figura 6 presenta dos posibles retornos de señal a través de un plano de masa situado en la cara posterior de la PCB. Comente de qué tipo de señales se trata en cada caso y explique la causa.

**Figura 6.**

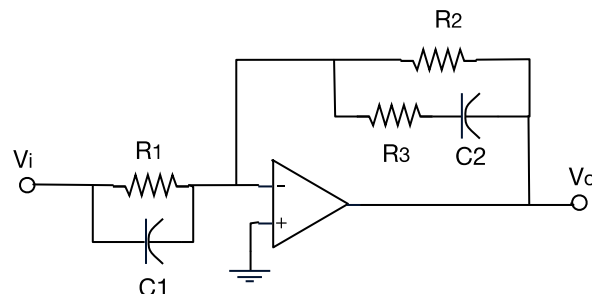
- C. (1 punto) Describir cómo es el comportamiento de un A.O. real en función de la frecuencia.

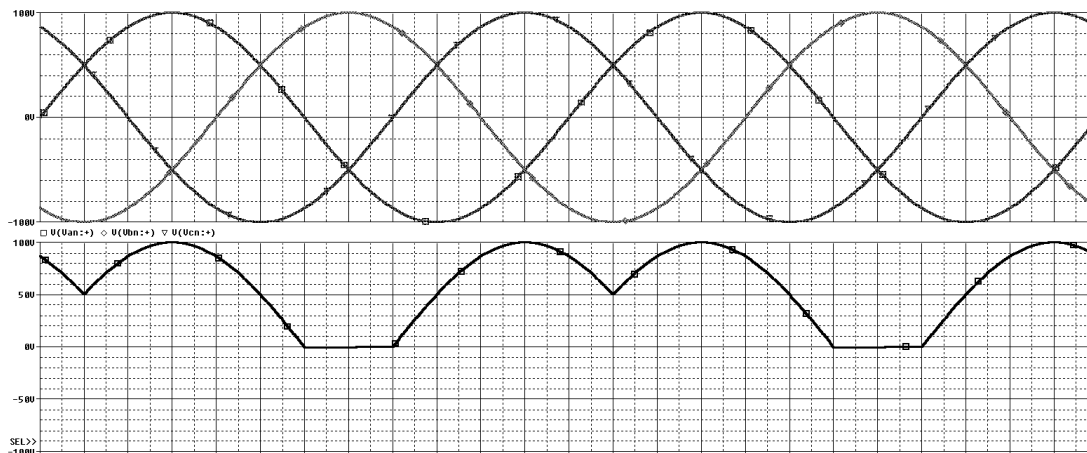
Ejercicio 5

(2 puntos, 20 minutos)

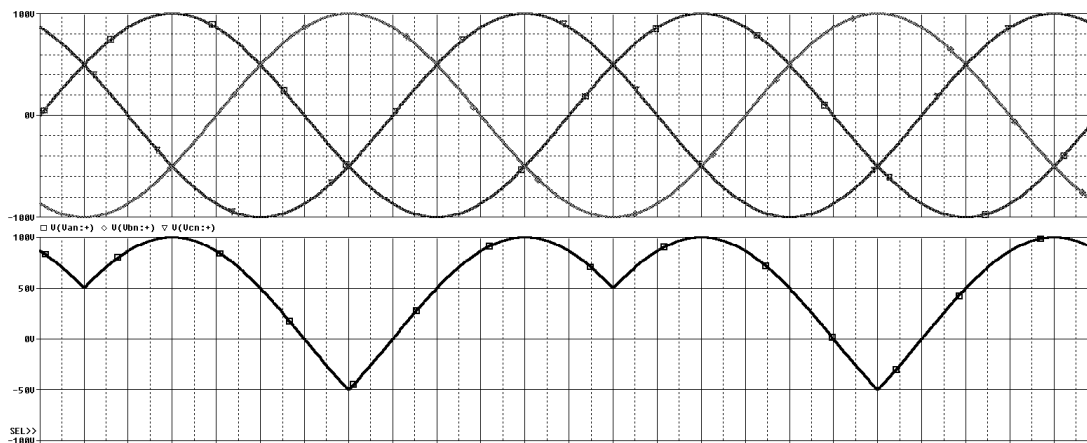
Se desea implementar un regulador PD con el circuito de la figura 7. Se pide:

- Usando las ecuaciones de los cuadripolos del anexo 1, razonar las relaciones que debe haber entre los componentes pasivos del circuito para que dicho circuito se comporte como un regulador PD.
- Obtener la función de transferencia de forma razonada indicando el valor de los parámetros K , t_d .
- Indicar como se ajustarían los valores de K , t_d . ¿Existe alguna limitación?

**Figura 7.**

Ejercicio 1**a.**

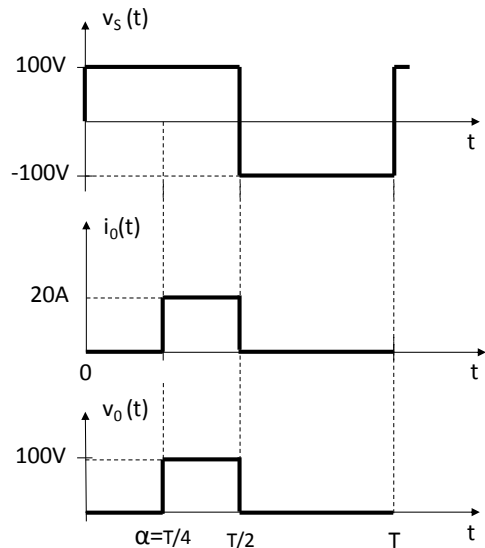
$$I_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_0 d\omega t = \frac{1}{2\pi R} \int_0^{2\pi} v_0 d\omega t = \frac{2}{2\pi R} \int_{\pi/6}^{\pi} V_m \sin(\omega t) d\omega t = \frac{V_m}{\pi R} [-\cos(\omega t)]_{\pi/6}^{\pi} = \frac{V_m}{\pi R} \left[\frac{\sqrt{3}}{2} + 1 \right] = 5,94^a$$

b.

$$I_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_0 d\omega t = \frac{1}{2\pi R} \int_0^{2\pi} v_0 d\omega t = \frac{2}{2\pi R} \int_{\pi/6}^{7\pi/6} V_m \sin(\omega t) d\omega t = \frac{V_m}{\pi R} [-\cos(\omega t)]_{\pi/6}^{7\pi/6} = \frac{V_m}{\pi R} \left[\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \right] = 5,51A$$

Ejercicio 2**a. Carga resistiva**

$$T = 1/f = 20ms \quad \alpha = T/4 = 5ms$$



$$V_o = \frac{1}{T} \int_0^T v_o(t) dt = \frac{1}{20} [100 \cdot 5] = 25V$$

$$I_o = \frac{V_o}{R} = \frac{25}{5} = 5A$$

b. Carga RL

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{100}{5} = 20ms$$

Intervalo $0 < t < \alpha$:

$$i_o = 0 \quad v_o = 0$$

Intervalo $\alpha < t < T/2$

$$i_o = i_f + [i_i - i_f] \cdot e^{-\frac{-(t-\alpha)}{\tau}} = \frac{V_m}{R} + \left[0 - \frac{V_m}{R} \right] \cdot e^{-\frac{-(t-\alpha)}{\tau}} = \frac{V_m}{R} \left[1 - e^{-\frac{-(t-\alpha)}{\tau}} \right]$$

$$i_m = i_o(t = 10ms) = \frac{100}{5} \left[1 - e^{-\frac{-(10-5)}{20}} \right] = 4,424A$$

$$v_o = 100V$$

Intervalo $T/2 < t < t_1$

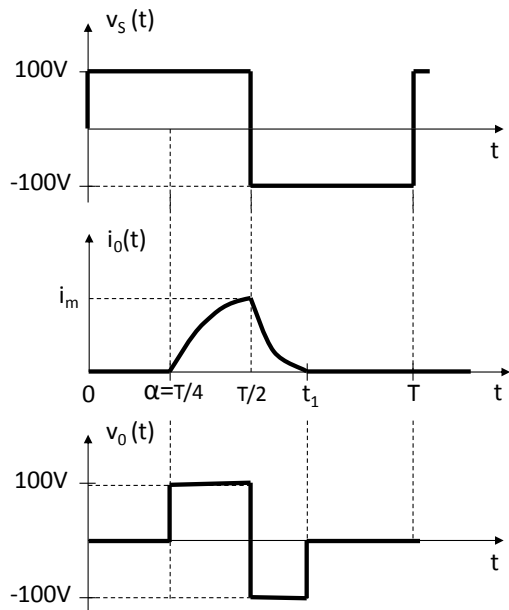
$$i_o = i_f + [i_i - i_f] \cdot e^{-\frac{-(t-10)}{\tau}} = -\frac{V_m}{R} + \left[i_m + \frac{V_m}{R} \right] \cdot e^{-\frac{-(t-10)}{\tau}} = -20 + 24,424 \cdot e^{-\frac{-(t-10)}{\tau}} [A]$$

$$i_o(t=t_1)=0 \Rightarrow t_1=14ms$$

$$v_o = -100V$$

Intervalo $t_1 < t < T$

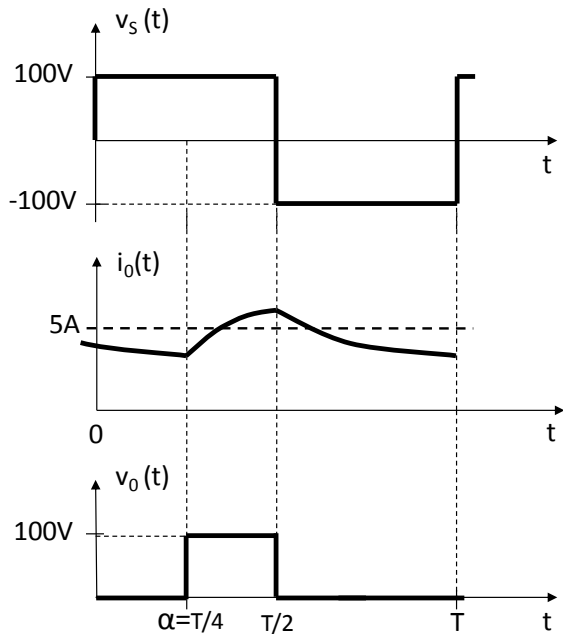
$$i_o = 0 \quad v_o = 0V$$



$$V_o = \frac{1}{T} \int_0^T v_o(t) dt = \frac{1}{20} [100 \cdot 5 - 100 \cdot 4] = 5V$$

$$I_o = \frac{V_o}{R} = \frac{5}{5} = 1A$$

c. Carga RL con diodo de libre circulación



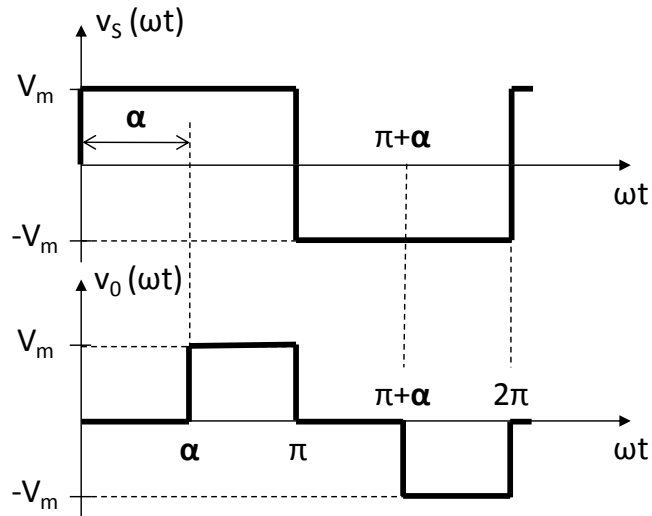
$$V_o = \frac{1}{T} \int_0^T v_o(t) dt = \frac{1}{20} [100 \cdot 5] = 25V$$

$$I_o = \frac{V_o}{R} = \frac{25}{5} = 5A$$

Se obtienen los mismos valores medios que en el caso de carga resistiva pura.

Ejercicio 3

a.



b.

$$V_{0,ms}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o(t)^2 dt = \frac{1}{2\pi} \cdot 2 \cdot \int_{\alpha}^{\pi} V_m^2 dt = \frac{V_m^2}{\pi} [\pi - \alpha] \Rightarrow V_{0,ms} = V_m \sqrt{\left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right)}$$

c.

$$P_R = \frac{V_{0,ms}^2}{R} = \frac{V_m^2}{\pi R} [\pi - \alpha]$$

$$P_{R,max} = P_R(\alpha = 0) = \frac{V_m^2}{R}$$

$$P_{R,min} = P_R(\alpha = \pi) = 0$$

d.

$$FP = \frac{P_R}{V_{ms} \cdot I_{ms}} = \frac{I_{0,ms}^2 \cdot R}{V_m \cdot I_{0,ms}} = \frac{I_{0,ms} \cdot R}{V_m} = \frac{V_{0,ms}}{V_m} = \sqrt{\left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right)}$$

Ejercicio 4

- A. (0,5 puntos) La figura 5 presenta dos posibles implementaciones de un circuito que contiene dos pistas, Vcc y GND. Indique cual es más recomendable desde el punto de vista de CEM y razónelo.

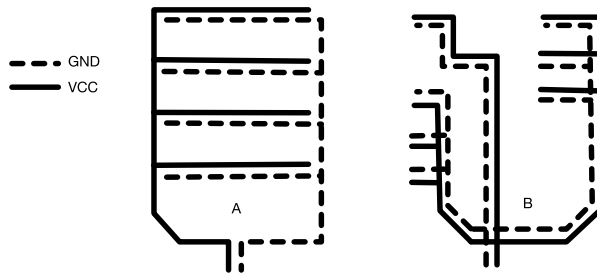


Figura 5.

- B. (0,5 puntos) La figura 6 presenta dos posibles retornos de señal a través de un plano de masa situado en la cara posterior de la PCB. Comente de qué tipo de señales se trata en cada caso y explique la causa.

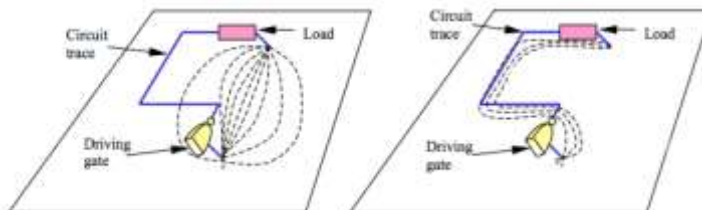


Figura 6.

- C. (1 punto) Describir cómo es el comportamiento de un A.O. real en función de la frecuencia.

Solución

Ver transparencias de clase y apuntes de teoría.

Ejercicio 5

Se desea implementar un regulador PD con el circuito de la figura 7. Se pide:

1. Usando las ecuaciones de los cuadripolos del anexo 1, razonar las relaciones que debe haber entre los componentes pasivos del circuito para que dicho circuito se comporte como un regulador PD.
2. Obtener la función de transferencia de forma razonada indicando el valor de los parámetros K, t_d .
3. Indicar como se ajustarían los valores de K, t_d . ¿Existe alguna limitación?

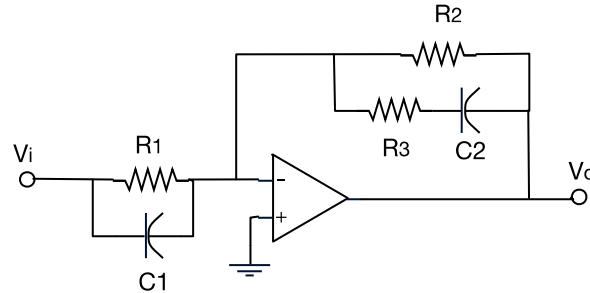


Figura 7.

Solución

Se trata de una estructura inversora formada por los cuadripolos C5 (Y1) y C7 (Y2). Por tanto, la función de transferencia será:

$$\frac{Y_1}{Y_2} = -\frac{-\frac{1 + sR_1C_1}{R_1}}{-\frac{1 + s(R_2 + R_3)C_2}{R_2(1 + sR_3C_2)}} = -\frac{R_2(1 + sR_1C_1)(1 + sR_3C_2)}{R_1 s(R_2 + R_3)C_2}$$

Para que nos quede una función de transferencia de un PD:

$$F(s) = 1 + sT_d$$

Debemos anular algunos términos. Haciendo, por ejemplo:

$$R_1 = R_2 + R_3$$

$$C_1 = C_2 = C$$

nos queda:

$$F(s) = \frac{Y_1}{Y_2} = -\frac{R_2}{R_1}(1 + sR_3C_2)$$

De esta manera identificamos los parámetros pedidos:

$$K = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$T_d = R_3C$$

Los parámetros se ajustarían fijando C y ajustando las resistencias mediante potenciómetros.

Las limitaciones vienen dadas por las restricciones aplicadas. Al variar R2 para ajustar la K, implica la modificación de R3 y consecuentemente Td. Además, el valor de K siempre será <1, pues $K = (R_1 - R_3)/R_1$.