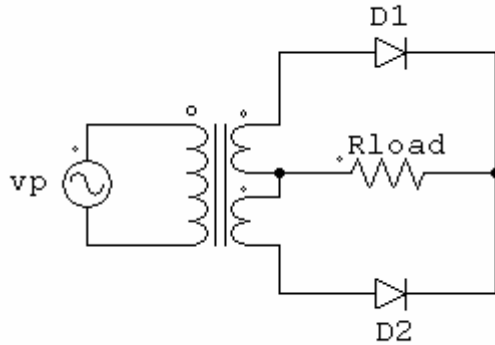


## Electrónica de Potencia

### Problemas Tema 3

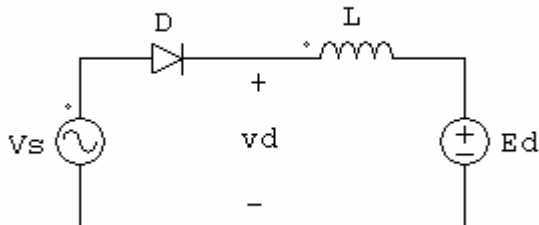
**Problema 1** En el rectificador de la siguiente figura, la carga es resistiva y de valor R determinar:  $v_p = \sqrt{2}V_s \text{sen}(wt)$

- El rendimiento.
- El factor de forma.
- El factor de rizado.
- El factor de utilización del transformador.
- El pico inverso de tensión en el diodo D1.



Solución: a)  $\eta=81\%$  b)  $FF=111\%$ , c)  $RF=48.2\%$  d)  $TUF=57.32\%$ , e)  $V_{INV}=2.82V_s$

**Problema 2** En el circuito de la figura,  $V_s=120V$  a una frecuencia de 50 Hz,  $L=100mH$  y  $E_d=150V$ . Calcular y dibujar la corriente  $i$  junto con  $v_s$ .



Solución:  $wt_1=62.11^\circ$ ,  $wt_2=117.89^\circ$ ,  $wt_3=145.7^\circ$

**Problema 3** En el rectificador monofásico de la figura con  $L_s=0$  e  $I_d=10$  A, calcular la potencia media(activa) consumida por la carga.

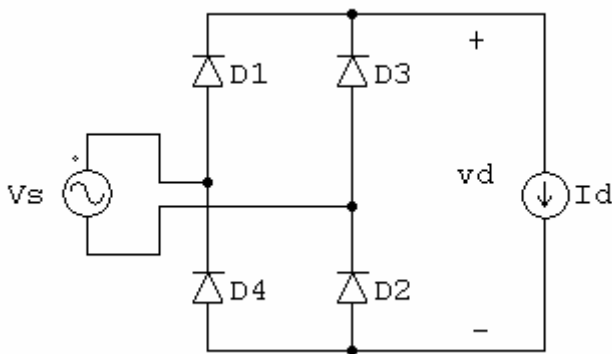
- a) Si  $v_s$  es senoidal con  $V_s=120$ V, 50 Hz  
 b) Si  $v_s$  tiene la forma de onda pulsada

$$0 < \omega t < 60^\circ \rightarrow V_s = 0$$

$$60 < \omega t < 180^\circ \rightarrow V_s = 200$$

$$180 < \omega t < 240 \rightarrow V_s = 0$$

$$240 < \omega t < 360 \rightarrow V_s = -200$$

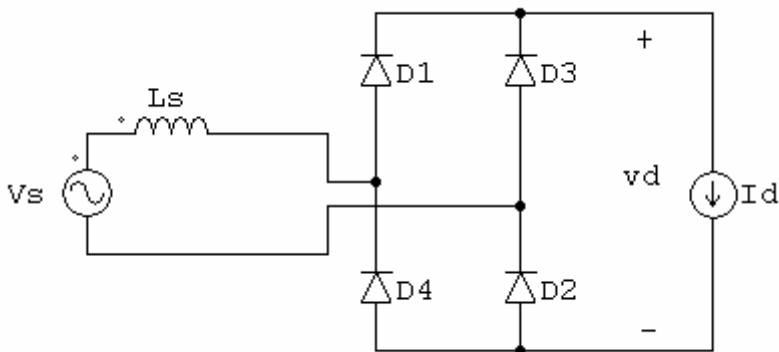


Solución: a)  $P=1080.3$ W b)  $P=1333.3$ W

**Problema 4** En el rectificador monofásico de la figura anterior obtener el valor medio y eficaz de la corriente que circula por un diodo, en función de  $I_d$ .

Solución:  $I_{Media}=I_d/2$ ;  $I_D=I_d/\sqrt{2}$

**Problema 5** En el rectificador monofásico de la figura,  $V_s=120$ V a 50Hz,  $L_s=1$ mH e  $I_d=10$ A. Calcular el ángulo de conmutación  $\mu$ , la tensión media en la carga  $V_d$ , y la potencia media entregada a la carga  $P_d$ . ¿Cual es el porcentaje de caída de tensión, en la tensión media en la carga  $V_d$ , debido a  $L_s$ ?

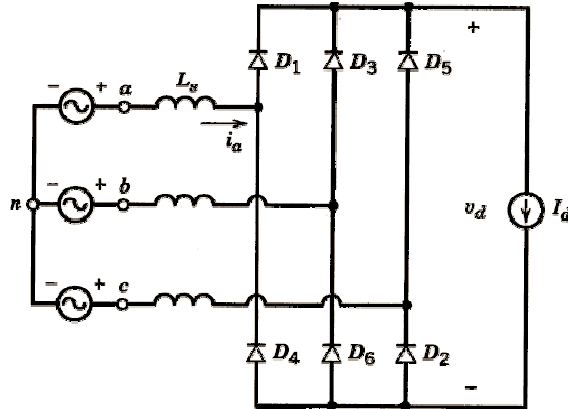


Solución:  $\mu=15.63^\circ$ ,  $V_d=106$ V,  $P_d=1060$ W,  $\Delta V_d=1.85\%$ .

**Problema 6** En el rectificador trifásico de la figura.

a) Obtener la expresión de  $\mu$  (ángulo de conmutación).

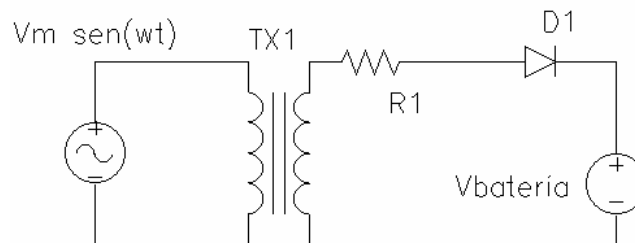
b) Para  $V_{LL}=208\text{V}$ ,  $60\text{Hz}$ ,  $L_S=2\text{mH}$  e  $I_d=10\text{A}$ , obtener las pérdidas de la tensión media debidas a la conmutación.



**Solución:** a)  $\cos(\mu) = 1 - \frac{2\omega L_S I_d}{\sqrt{2}V_{LL}}$  b)  $7.2\text{V}$

**Problema 7** El rectificador de la figura puede usarse como un cargador de baterías. La alimentación es la red monofásica convencional y el transformador tiene una relación de transformación 3.5:1. Si la batería es de 12 V y 100 Ah determina:

- El ángulo de conducción del diodo.
- El valor de R para que el valor medio de la corriente de carga de 5 A.
- La potencia consumida en la resistencia.
- La potencia entregada a la batería.
- La tensión máxima que debe soportar el diodo.



**Solución:**  $\mu=7.76^\circ$ ,  $R=4.51\Omega$ ,  $P_R=302\text{W}$ ,  $P_{BAT}=60\text{W}$ ,  $V_{MAX}=100.9\text{V}$

**Problema 8** Diseña los diodos de un rectificador trifásico de media onda que, desde la red trifásica convencional, alimenta una carga resistiva de  $1\Omega$ .

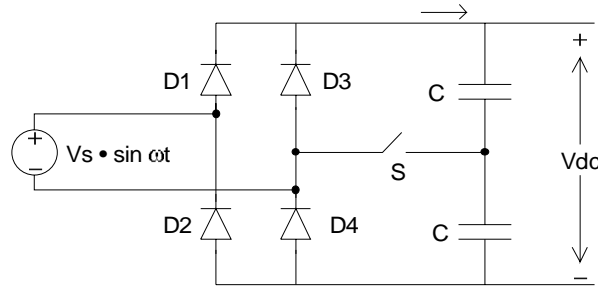
**Solución:**  $V_{max}=538\text{V}$ ,  $I_{max}=311\text{A}$

**Problema 9** Diseña el puente de diodos de un rectificador trifásico con la fuente conectada en estrella que, desde la red trifásica, alimenta una carga de 50 A.

Solución:  $V_{\max}=538V$ ,  $I_{\max}=50A$

**Problema 10.** La figura siguiente representa un circuito doblador de tensión. Este circuito suele utilizarse para permitir que un determinado dispositivo, por ejemplo un electrodoméstico, pueda funcionar a conectado a dos tensiones alternas diferentes, 110V y 220 V por ejemplo.

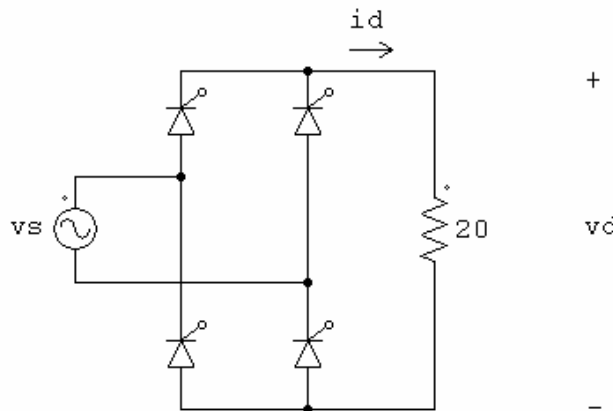
- (a) Si el conmutador está abierto, dibuja el circuito equivalente y calcula  $V_{dc}$ .  
 (b) Repite (a) en el caso de que el conmutador esté cerrado.  
 (c) ¿Para que voltaje  $V_{dc}$  debe ser diseñado el equipo alimentado por este circuito?



Solución: a)  $V_{dc}=110V$  o  $220V$ . b) a)  $V_{dc}=220V$  o  $440V$  c)  $V_{dc}=220V$

**Problema 11.** El rectificador controlado de la figura presenta una tensión eficaz de entrada de 120V 60Hz. El ángulo de disparo es de  $40^\circ$ . Determinar:

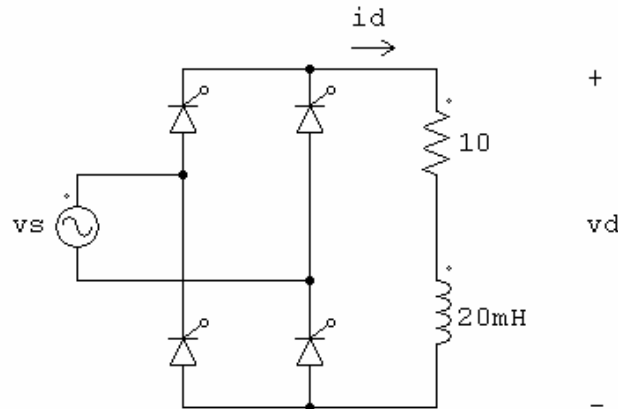
- a) La corriente media en la carga  
 b) La potencia absorbida en la carga  
 c) Factor de potencia del rectificador.



**Solución:** a)  $I_d=4.77A$  b)  $P=672.88W$  c)  $FP=0.96$

**Problema 12.** El rectificador controlado de la figura presenta una tensión eficaz de entrada de 120V 60Hz. El ángulo de disparo es de  $60^\circ$ . Determinar:

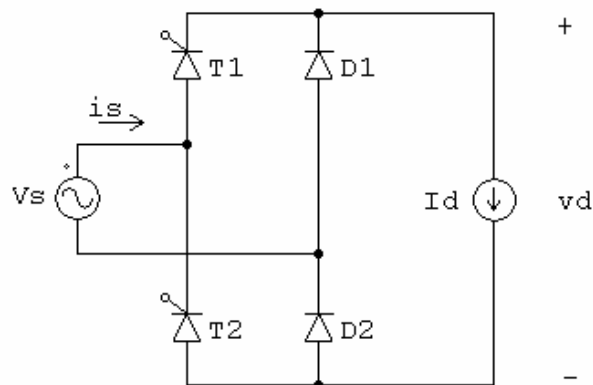
- La expresión de la corriente en la carga
- La corriente media de carga (el ángulo de extinción ha de ser calculado mediante cálculo numérico  $\beta=3.78\text{rad}$ )
- La potencia absorbida en la carga



**Solución:** a)  $i=13.55\text{sen}(\omega t-0.646)-21.2\text{exp}(-\omega t/0.754)$  b)  $I_d=7.05\text{A}$ , c)  $P=697\text{W}$

**Problema 13.** Considerar el rectificador monofásico semicontrolado de la figura, con  $v_s$  senoidal. En él se pide:

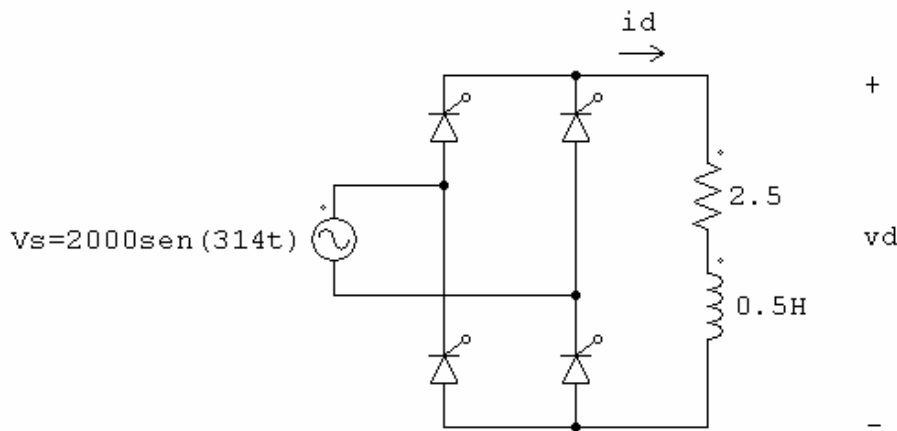
- Dibujar las formas de onda  $v_s$ ,  $i_s$  y  $v_d$ , identificando los dispositivos en conducción en cada intervalo, para diferentes valores de  $\alpha$ :  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $135^\circ$ .
- Calcular el factor de desplazamiento  $\phi_1$ , el factor de potencia PF, la distorsión total armónica THD, para cuando la tensión media de continua cumple la siguiente expresión:  $V_d=0.5V_{d0}$ , siendo  $V_{d0}$  la tensión media de continua con  $\alpha=0$ .
- Repetir el apartado b) con el rectificador totalmente controlado.
- Comparar los resultados b) y c)



**Solución:** b)  $\phi_1=45^\circ$ ,  $\text{FP}=0.636$ ,  $\text{THD}=48\%$  c)  $\phi_1=60^\circ$ ,  $\text{FP}=0.45$ ,  $\text{THD}=48\%$

**Problema 14.** Las aplicaciones de resonancia magnética y los reactores de fusión por confinamiento magnético, entre otros, requieren el control preciso de grandes campos magnéticos. Los campos magnéticos son generados por grandes corrientes que atraviesan bobinas modelizadas por una inductancia en serie con una resistencia (imán). La figura siguiente muestra un esquema simplificado de esta aplicación. Determina:

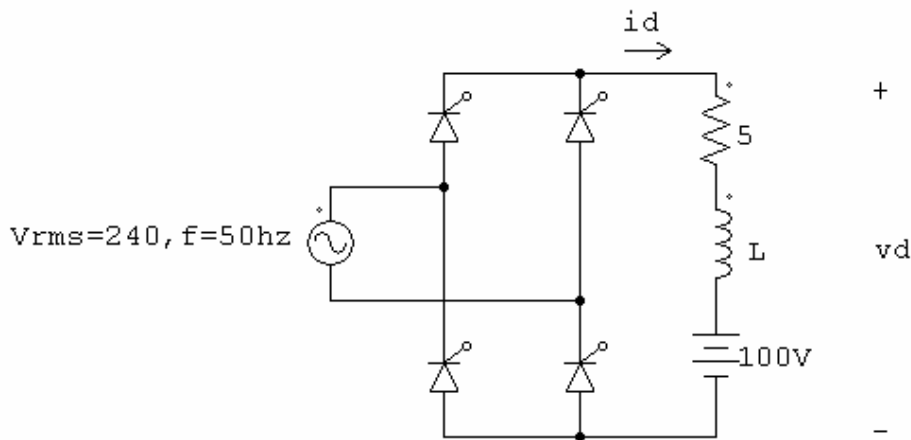
- El ángulo de disparo para una corriente por el imán de 400 A.
- El ángulo de disparo que, desde ese valor de corriente, descarga el imán lo más rápido posible (para descargarlo lo más rápido posible debemos poner entre sus extremos la tensión media menor posible).
- El tiempo que tarda el imán en desmagnetizarse.



**Solución:** a)  $38.2^\circ$ , b)  $180^\circ$ , c)  $t = 0.116$  s

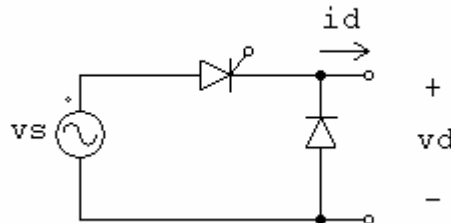
**Problema 15.** El rectificador controlado de la figura alimenta una carga que puede considerarse de corriente constante. Determina:

- El ángulo de disparo que hace que la potencia absorbida por el generador de continua sea de 1000 W.
- Un valor razonable para la bobina de forma que se verifique la suposición del enunciado (que la carga es una fuente de corriente constante).



**Solución:** a)  $46.01^\circ$ , b)  $L=1\text{H}$

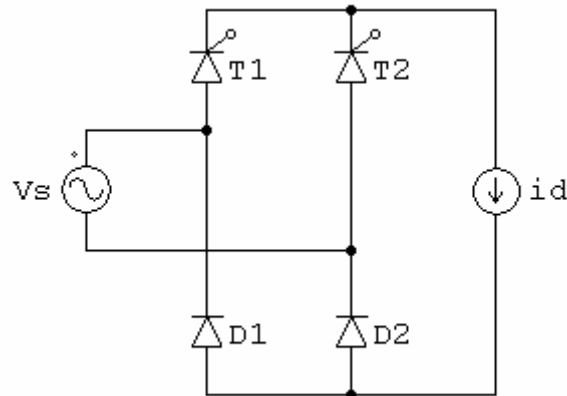
**Problema 16.** Calcula  $\langle v_d \rangle = f(\alpha)$  para en circuito de la figura. ¿Puede este circuito presentar inversión?



**Solución:** a)  $V_d = \frac{\sqrt{2}V_s}{2\pi}(1 + \cos(\alpha))$

**Problema 17.** Considerar el rectificador monofásico semicontrolado de la figura, con  $v_s$  senoidal. En el se pide:

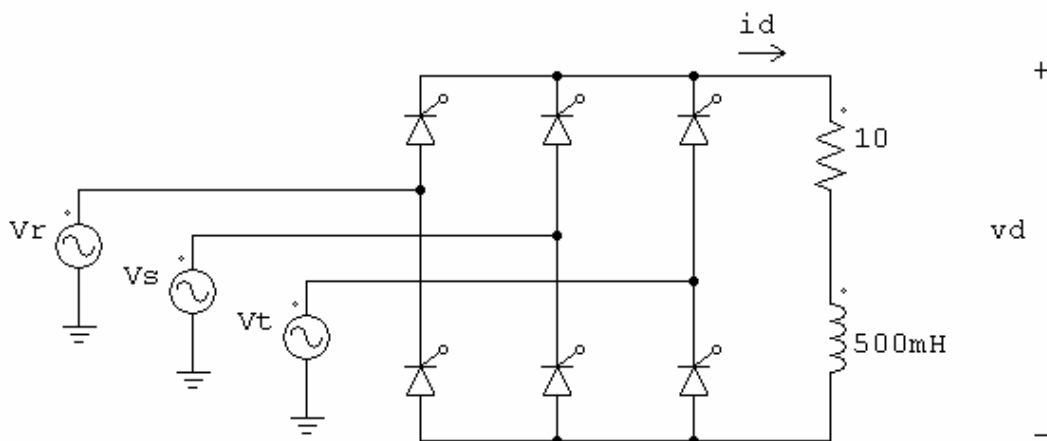
- Dibujar las formas de onda  $v_s$ ,  $i_s$  y  $v_d$ , identificando los dispositivos en conducción en cada intervalo.
- Calcular el valor medio de la tensión de salida  $V_d$
- Calcular el factor de potencia FP.
- ¿Puede este circuito trabajar como inversor?



**Solución:** a)  $V_d = \frac{\sqrt{2}V_s}{\pi}(1 + \cos(\alpha))$  c) FP=0.636, d) No

**Problema 18.** Un rectificador trifásico controlado presenta una tensión eficaz de línea de 480V a 60Hz. La carga está formada por una resistencia en serie con una bobina tal como se muestra en la figura.

- Determinar el ángulo de disparo necesario para producir una corriente media de 50A en la carga.
- Calcular la potencia (activa) disipada por la carga en esta situación.
- Determinar el Factor de potencia del rectificador.



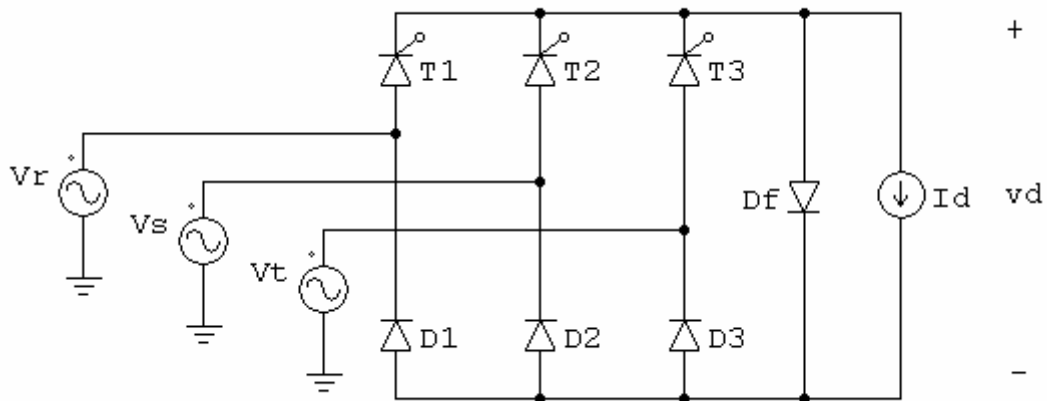
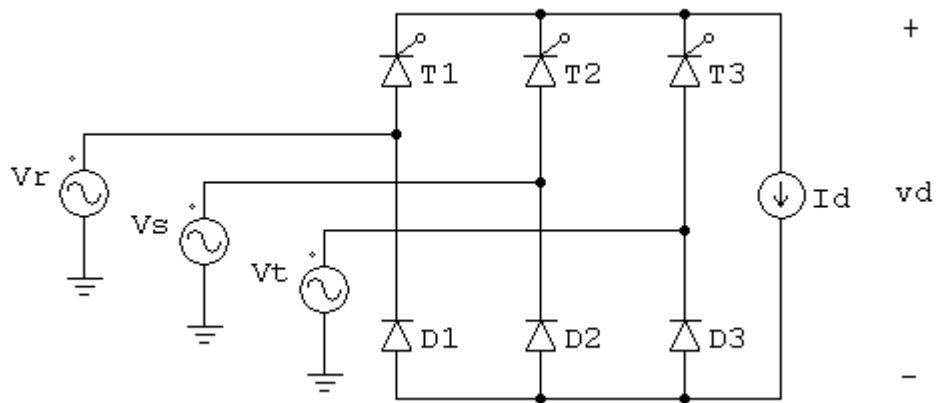
**Solución:** a)  $\alpha=39.5^\circ$  b)  $P= 25\text{KW}$  c) FP=0.7365

**Problema 19.** Considerar los rectificadores trifásicos semicontrolados de la figura.

- Calcular el ángulo de disparo para que  $V_d=0.5V_{do}$ , siendo  $V_d$  la tensión de continua a la salida del rectificador para un ángulo de disparo cualquiera y  $V_{do}$  la tensión de continua a la salida del rectificador para un ángulo de disparo igual



- a) Dibujar las formas de onda de  $v_d$ , identificando en cada momento los semiconductores que están en conducción.
- b) Factor de desplazamiento de fase (DPF)
- c) Factor de potencia (PF)
- d) Distorsión armónica de la corriente de fuente (THD)
- e) Comprobar los resultados con el rectificador totalmente controlado con  $V_d=0.5V_{do}$ .



**Solución:** a)  $\alpha=90^\circ$  b)  $\phi_1=45^\circ$  c)  $FP=0.55$  d)  $THD=80.3\%$  e)  $\alpha=60^\circ$   $\phi_1=60^\circ$   $FP=0.477$   $THD=31.08\%$

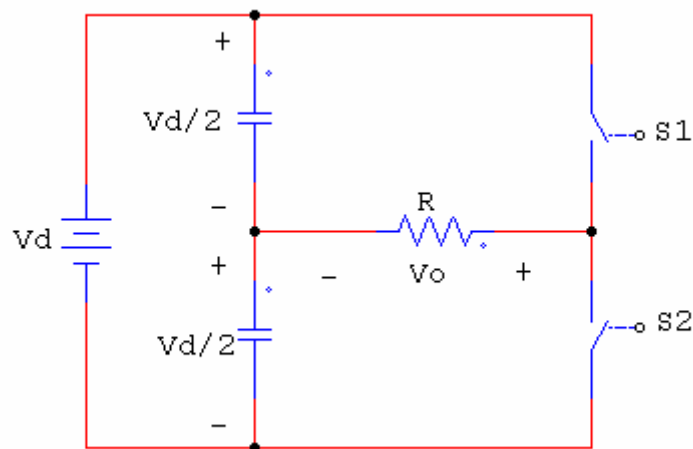
**Problema 20.** Calcula el factor de potencia, el factor de distorsión y el factor de desplazamiento de un rectificador controlado de 6 pulsos con las fuentes en estrella y carga de corriente constante, en función del ángulo  $\alpha$ .

**Solución:**  $\phi_1 = \alpha$   $FP = 0.955 \cos(\alpha)$   $THD = 31.08\%$

**Problema 21.** Un inversor monofásico realizado con un medio puente de onda cuadrada, como el de la figura, tiene una carga resistiva de  $R=2,4\Omega$ , siendo la tensión de alimentación de continua  $V_d=48V$ , determinar:

- El valor eficaz de la componente fundamental para la tensión de salida,  $V_{o1}$ .
- La potencia consumida por la carga,  $P$ .
- El valor medio y máximo de la intensidad que circula en por un interruptor.
- El valor máximo de tensión inversa que ha de soportar un interruptor.
- El factor de distorsión armónica de la intensidad aplicada a la carga.

Solución: a)  $V_{o1}=21.6V$  b)  $P=240W$  c)  $I_{max}=10A$   $I_{media}=5A$  d)  $V_{max}=48V$ , e)  $THD=48.43\%$



**Problema 22.** Un inversor monofásico en puente completo de onda cuadrada tiene una carga resistiva  $R=2,4\Omega$ , siendo la tensión de alimentación de continua  $V_d=48V$ , determinar:

- El valor eficaz de la componente fundamental para la tensión de salida,  $V_{o1}$ .
- La potencia consumida por la carga,  $P$ .
- El valor medio y máximo de la intensidad que circula en por un interruptor.
- El valor máximo de tensión inversa que ha de soportar un interruptor.
- El factor de distorsión armónica de la intensidad aplicada a la carga.

Solución: a)  $V_{o1}=43.21V$  b)  $P=960W$  c)  $I_{max}=20A$   $I_{media}=10A$  d)  $V_{max}=48V$ , e)  $THD=48.43\%$

**Problema 23.** Un inversor monofásico en puente completo tiene un esquema de conmutación que genera una onda cuadrada de frecuencia  $60Hz$ , la carga conectada es de naturaleza R-L ( $R=10\Omega$ ,  $L=25mH$ ) siendo la tensión de alimentación de continua  $V_d=100V$ , determinar:

- Expresión para la corriente de la carga.
- Potencia absorbida por la carga.

c) Corriente media en la fuente de continua.

Solución: a)

$$i_0(t) = 10 - 19.31e^{-t/0.0025} \quad 0 \leq t \leq \frac{1}{120}$$

$$i_0(t) = -10 + 19.31e^{-(t-0.00835)/0.0025} \quad \frac{1}{120} \leq t \leq \frac{1}{60}$$

b) P=441W c) Is=4.41A

**Problema 24.** Para el inversor del ejemplo anterior, calcular las amplitudes de los términos de la serie de Fourier tanto para la tensión como para la corriente en la carga. A partir de estos términos calcular la potencia absorbida en la carga y la distorsión armónica total de la tensión y la intensidad de salida:

Solución:

n	fn(Hz)	Vn(V)	Zn(Ω)	In(A)	Pn(W)
1	60	127.3	13.7	9.27	429.3
3	180	42.5	30	1.42	10
5	300	25.5	48.2	0.53	1.4
7	420	18.2	66.7	0.27	0.37
9	540	14.1	85.4	0.17	0.14

P=441w, THD<sub>v</sub>=48.3%, THD<sub>i</sub>=16.7%

**Problema 25.** Rediseñar el inversor de los ejercicios 12.3 y 12.4 para tener un factor de distorsión armónica de la intensidad de salida menor al 10%. La amplitud de la corriente a la frecuencia fundamental debe de seguir siendo igual a 9.27A.

Solución: Vd=116V, α=30°, THD<sub>i</sub>=6.6%.

**Problema 26.** Un inversor monofásico en puente completo de onda cuadrada alimenta una carga R-L-C ( R=10Ω, L=31.5mH, C=112μF). La frecuencia de la onda cuadrada de salida es de 60Hz siendo la tensión continua de alimentación Vd=220V. Se pide:

- Expresar la corriente que circula por la carga en serie de Fourier (Truncar a partir del 5º Armónico).
- Calcular el valor eficaz de la corriente que circula por la carga.
- Calcular la distorsión armónica de la corriente que circula por la carga.
- Calcular la potencia disipada en la carga.

Solución:

a)  $i_0(t) = 18,1\text{sen}(377t+49,74^\circ)+3,169\text{sen}(3\cdot 377t-70,16^\circ)+0,49\text{sen}(5\cdot 377t-79,62^\circ)$

b)  $I_{o1}=12.79^a$

c) THD=18.1%

d) P=1687.4W

**Problema 27.** Se utiliza un puente inversor de onda completa para generar una tensión de 60Hz en bornas de una carga R-L serie, usando PWM Bipolar. La entrada de continua del puente es de 100V, el índice de modulación de amplitud  $m_a=0.8$  y el índice de modulación de frecuencia  $m_f=21$ . La carga tiene una resistencia  $R=10\Omega$  y  $L=20mH$ . Calcular:

- La amplitud de la componente de 60Hz de la tensión de salida y la corriente de la carga.
- La potencia absorbida por la resistencia de carga.
- El factor de distorsión armónica de la corriente de la carga.

Datos:

Coefficientes de Fourier normalizados  $V_h/V_d$  para PWM Bipolar:

	$m_a = 1$	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
$n=1$	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
$N=m_f$	0.60	0.71	0.82	0.92	1.01	1.08	1.15	1.20	1.24	1.27
$N=m_f \pm 2$	0.32	0.27	0.22	0.17	0.13	0.09	0.06	0.03	0.02	0.00

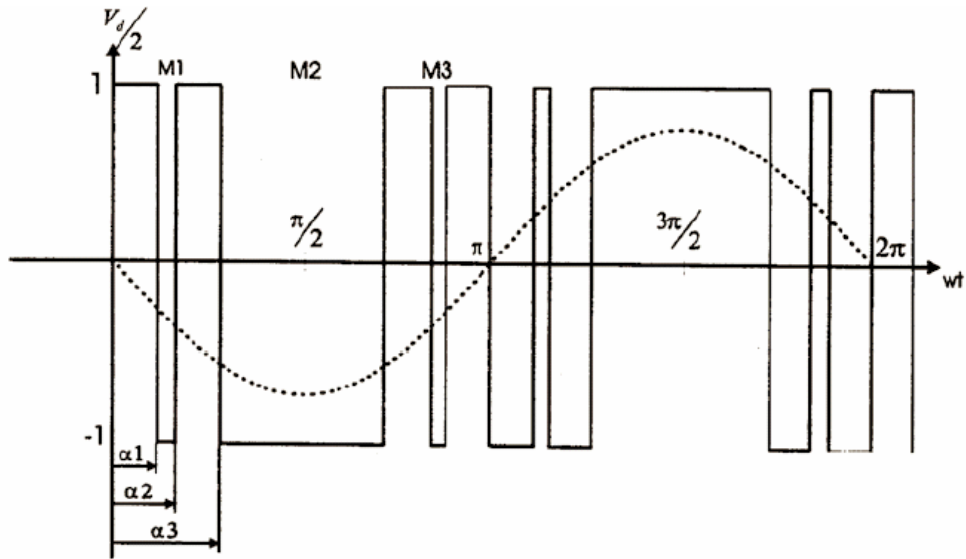
Solución:

a)  $I_1=6.39A$  b)  $P=205.5W$  c)  $THD=8.7\%$

**Problema 28.** Un inversor Trifásico de onda cuadrada tiene una carga resistiva, equilibrada y conectada en estrella. Dibujar las siguientes formas de onda:

- Tensión en la fase A ( $v_{AN}$ ).
- Intensidad de la fase A  $i_A$ .
- Intensidad de entrada al inversor ( $i_d$ )
- Repetir los apartados a y b suponiendo que la carga es puramente inductiva.

**Problema 29.** Obtener la expresión para determinar los coeficientes de Fourier, en la forma de onda de la figura. Dicha forma de onda se obtiene de la cancelación programada del quinto y el séptimo armónico. Demostrar que para  $\alpha_1=0$ ,  $\alpha_2=16.27^\circ$  y  $\alpha_3=22.06^\circ$ , el quinto y el séptimo armónico son eliminados y el valor máximo de la componente fundamental de la tensión de salida del inversor es  $0.594V_d$



Solución:

- $i_o(t) = 18,1 \text{sen}(377t + 49,74^\circ) + 3,169 \text{sen}(3 \cdot 377t - 70,16^\circ) + 0,49 \text{sen}(5 \cdot 377t - 79,62^\circ)$
- $I_{o1} = 12,79^a$
- $\text{THD} = 18,1\%$
- $P = 1687,4 \text{W}$