EC4179

Rectificadores No Controlados

Problema 1

Rectificador de media onda con carga R-L

3.4. Un rectificador de media onda tiene un generador de 120 V rms a 60 Hz y una carga R-L con $R = 10\ \Omega$ y $L = 10$ mH. Determine

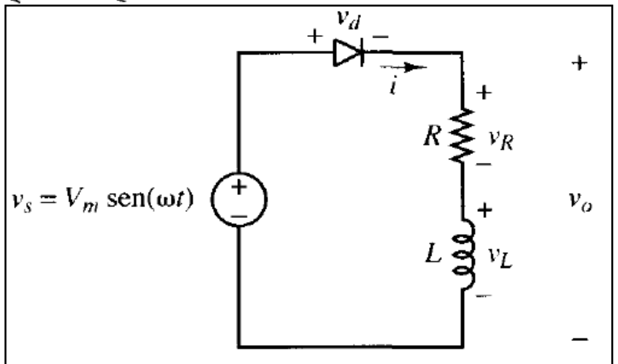
(a) Una expresión para la corriente de carga.
(b) La corriente media.
(c) La potencia absorbida por la resistencia.
(d) El factor de potencia. Compruebe sus respuestas con una simulación de PSpice utilizando un modelo de diodo ideal.

- Ecuaciones para el caso de carga R-L

$$i(\omega t) = \begin{cases} \dfrac{V_m}{Z}\,\text{sen}\,(\omega t - \theta) + \dfrac{V_m}{Z}\,(\text{sen}\,\theta) e^{-\omega t/\omega\tau} & \text{para} \quad 0 \leqslant \omega t \leqslant \beta \\ 0 & \text{para} \quad \beta \leqslant \omega t \leqslant 2\pi \end{cases}$$

$$\text{donde } Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2},\ \theta = \tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right), \quad \text{y} \quad \tau = \frac{L}{R}$$

$$\text{sen}\,(\beta - \theta) + \text{sen}\,(\theta) e^{-\beta/\omega\tau} = 0$$



(a)

Resolución

$$Z = \sqrt[2]{R^2 + (\omega L)^2} = \sqrt[2]{10^2 + (377 * 10m)^2} = 10{,}69$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{\omega L}{R} = \tan^{-1}\frac{377*10m}{10} = 0{,}3605\, rad \quad ; \qquad \tau = \frac{L}{R} = \frac{10m}{10} = 1\, ms$$

$$i(\omega t) = \frac{120\sqrt{2}}{10{,}69}\left[\sin(\omega t - 0{,}3605) + \sin(0{,}3605)\, e^{\frac{-\omega t}{0{,}377}}\right]$$

$$\sin(\beta - 0{,}3605) + \sin(0{,}3605) e^{\frac{-\omega t}{0{,}377}} = 0 \Rightarrow \beta = 3{,}5021\, rad$$

$$I = \frac{120\sqrt{2}}{2\pi * 10{,}69}\int_0^{3{,}5021}\left[\sin(\omega t - 0{,}3605) + \sin(0{,}3605)\, e^{\frac{-\omega t}{0{,}377}}\right] d\omega t = 5{,}227\ [A]$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{120^2.2}{2\pi * 10{,}69^2}\int_0^{3{,}5021}\left[\sin(\omega t - 0{,}3605) + \sin(0{,}3605)\, e^{\frac{-\omega t}{0{,}377}}\right]^2 d\omega t} = 8{,}035\ [A]$$

$$P_R = Irms^2.R = 645{,}56\ [W] \quad \Rightarrow \quad FP = \frac{P}{S} = \frac{Irms^2.R}{Vrms.Irms} = \frac{645{,}56}{120.8{,}035} = 0{,}67$$

Problema 2

Rectificador de media onda con carga RL-generador

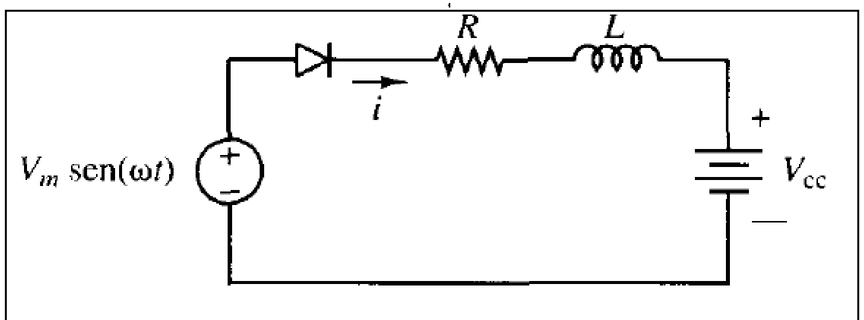
3.8. El rectificador de media onda de la Figura 3.5a utiliza un generador de alterna de 240 V rms a 60 Hz. La carga está formada por una inductancia, una resistencia y un generador de continua conectados en serie, cuyos valores son: $L = 100$ mH, $R = 10\ \Omega$ y $V_{cc} = 100$ V. Determine

(a) La potencia absorbida por el generador de tensión continua.
(b) La potencia absorbida por la resistencia.
(c) El factor de potencia.

- Ecuaciones para el caso de carga R-L con generador

$$i(\omega t) = \begin{cases} \dfrac{V_m}{Z}\operatorname{sen}(\omega t - \theta) - \dfrac{V_{cc}}{R} + Ae^{-\omega t/\omega\tau} & \text{para} \quad \alpha \leqslant \omega t \leqslant \beta \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$A = \left(-\frac{V_m}{Z}\operatorname{sen}(\alpha - \theta) + \frac{V_{cc}}{R}\right) e^{\alpha/\omega\tau}$$



(a)

Resolución

$$Z = 39\ ;\ \theta = 1{,}3115\, rad\ ;\ \tau = 0{,}01\, s$$

$$\alpha = \sin^{-1}\frac{100}{240\sqrt{2}} = 0{,}2991\, rad\ \ ;\ \ \beta = 4{,}033\, rad$$

$$A = -\frac{240\sqrt{2}}{39}\left[\sin(0{,}2991 - 1{,}3115) + \frac{100}{10}\right] e^{\frac{0{,}2991}{3{,}77}} = 18{,}81$$

$$i(\omega t) = \frac{240\sqrt{2}}{39}\sin(\omega t - 1{,}3115) - \frac{100}{10} + 18{,}81 e^{\frac{-\omega t}{3{,}77}}$$

$$I = \frac{1}{2\pi}\int_{0{,}2991}^{4{,}033} i(\omega t)\, d\omega t = 2{,}6112\ [A]$$

$$Irms = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_{0{,}2991}^{4{,}033} i^2(\omega t)\, d\omega t} = 3{,}96\ [A]$$

$$Pcc = Vcc.I = 261{,}12\ [W]\ \ ;\ \ P_R = Irms^2.R = 156{,}81\ [W]$$

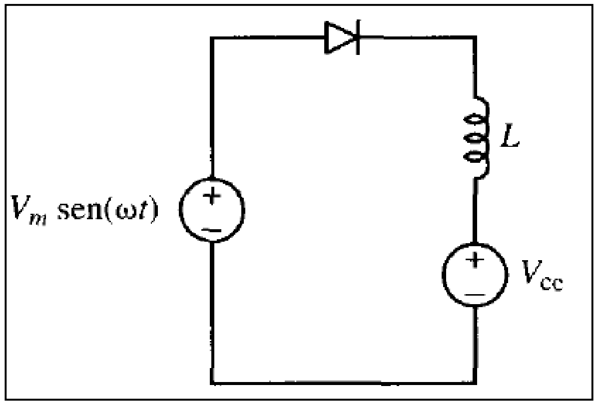
$$FP = \frac{P}{S} = \frac{156.81 + 261{,}12}{240.9{,}4634} = 0{,}1840$$

Problema 3

3.10. El rectificador de media onda de la Figura 3.6 utiliza un generador de alterna de 120 V rms a 60 Hz. La carga está formada por una inductancia y un generador de continua conectados en serie con $L = 75$ mH y $V_{cc} = 48$ V. Determine la potencia absorbida por el generador de tensión continua.

- Ecuaciones para el caso de carga inductor - generador

$$i(\omega t) = \begin{cases} \dfrac{V_m}{\omega L}(\cos\alpha - \cos\omega t) + \dfrac{V_{cc}}{\omega L}(\alpha - \omega t) & \text{para} \quad \alpha \leqslant \omega t \leqslant \beta \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$



Resolución

$$\alpha = \sin^{-1}\frac{48}{120\sqrt{2}} = 0{,}2868\, rad \;\; ; \;\; \beta = 4{,}4827\, rad$$

$$i(\omega t) = \frac{120\sqrt{2}}{377 * 75m}(\cos 0{,}2868 - \cos \omega t) + \frac{48}{377 * 75m}(0{,}2868 - \omega t)$$

$$I = \frac{1}{2\pi}\int_{0{,}2868}^{4{,}4827} i(\omega t) d\omega t = 2{,}66\ [A]$$

$$Irms = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_{0{,}2868}^{4{,}4827} i^2(\omega t) d\omega t} = 3{,}8273\ [A]$$

$$Pcc = Vcc.I = 127{,}87\ [W] \;\; ;$$

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{127{,}87}{120.3{,}8273} = 0{,}1840$$

Problema 4

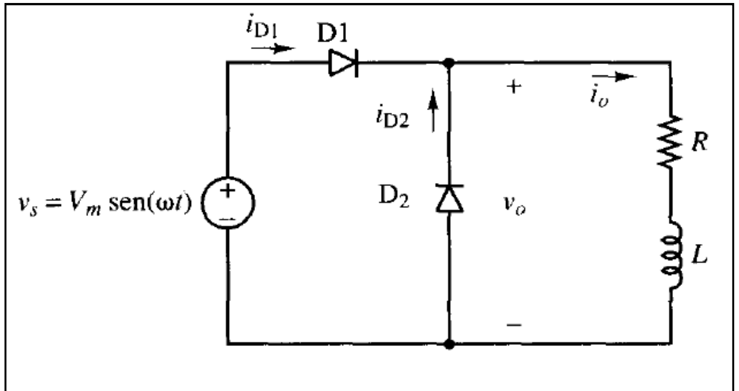
Diodo de libre circulación

3.13. El rectificador de media onda con un diodo de libre circulación (Figura 3.7a) utiliza una $R = 12\ \Omega$, $L = 30$ mH. El generador es de 120 V rms a 60 Hz.

(a) A partir de la serie de Fourier de la onda sinusoidal rectificada de media onda que aparece en la carga, determine la componente continua de la corriente.

$$i_1(\omega t) = Ae^{\frac{-\omega t}{\omega\tau}} + \frac{V_m}{Z}\sin(\omega t - \theta)\ ;\ 0 \leq \omega t < \pi$$

$$i_2(\omega t) = i_1(\pi)e^{\frac{-(\omega t - \pi)}{\omega\tau}}\ ;\ \pi \leq \omega t < 2\pi$$



(a)

Resolución

$$|Z| = |12 + j.377.30m| = 16{,}49\ [\Omega]$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{377 * 30m}{12} = 0{,}756\, rad$$

$$i_1(\pi) = 7{,}07e^{\frac{-\pi}{0{,}9425}} + \frac{170}{16{,}49}\sin(\pi - 0{,}756) = 7{,}325\ [A]$$

$$i_2(2\pi) = 7{,}325e^{\frac{-(2\pi-\pi)}{0{,}9425}} = 0{,}2613\ [A]$$

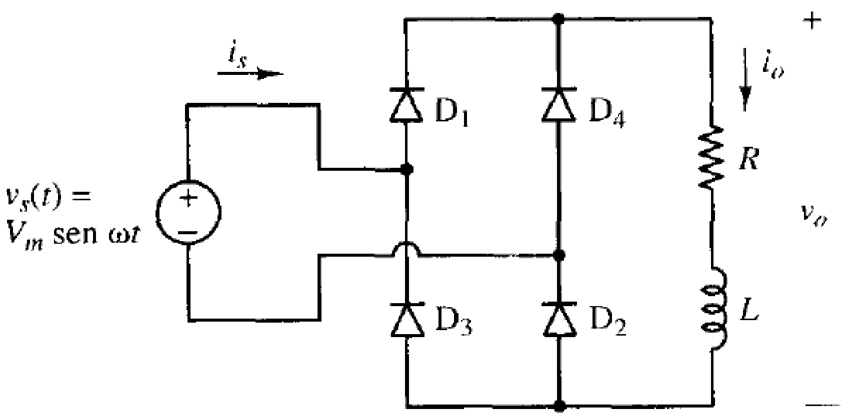
$$i_{1\,max} = i_1(2{,}26) = 10{,}93\ [A]$$

$$\Delta i = i_{1\,max} - i_2(2\pi) = 10{,}67\ [A]$$

Problema 5

4.9. La tensión del rectificador de onda completa de la Figura 4.3a es $v_s(\omega t) = 170 \operatorname{sen} \omega t$ V, $R = 4\ \Omega$, $L = 20$ mH, $V_{cc} = 60$ V y $\omega = 2\pi 60$ rad/s. Determine

(a) La potencia absorbida por el generador de continua.
(b) La potencia absorbida por la resistencia.
(c) El factor de potencia.
(d) Estime la variación pico a pico de la corriente de carga considerando únicamente el primer término de alterna de la serie de Fourier para la corriente.



(a)

$$v_o(\omega t) = V_0 + \sum_{n=2,4\ldots}^{\infty} V_n \cos(n\omega t + \pi)$$

donde $$V_0 = \frac{2V_m}{\pi}$$

y $$V_n = \frac{2V_m}{\pi}\left(\frac{1}{n-1} - \frac{1}{n+1}\right).$$

Resolución

$$V_0 = \frac{2.V_m}{\pi} = \frac{2.170}{\pi} = 108{,}23\ [V]$$

$$I_0 = \frac{V_0 - V_{cc}}{R} = \frac{108{,}23 - 60}{4} = 12{,}06\ [A]$$

$$Pcc = I_0.V_{cc} = 723{,}45\ [W]$$

$$V_2 = 72{,}15\ [V]\ ;\ \ V_4 = 14{,}43\ [V]\ ;\ \ V_6 = 6{,}18\ [V]$$

$$Z_n = R + jn\omega L\ ;$$

$$I_2 = \frac{V_2}{|4 + j.2.377.20m|} = \frac{72{,}15}{15{,}6} = 4{,}62\ [A]\ ;\ \ I_4 = 0{,}4743\ [A]\ ;\ \ I_6 = 0{,}1361\ [A]$$

$$I_{rms} = \sqrt{12{,}06^2 + \frac{4{,}62^2}{2} + \frac{0{,}4743^2}{2} + \frac{0{,}1361^2}{2} + \cdots} = 12{,}5\ [A]$$

Resolución

$$P_R = Irms^2.R = 12{,}5^2.4 = 624{,}95\ [W]$$

$$S = Vrms.Irms = \frac{170}{\sqrt{2}}.12{,}5 = 1502{,}6\ [\mathrm{VA}]$$

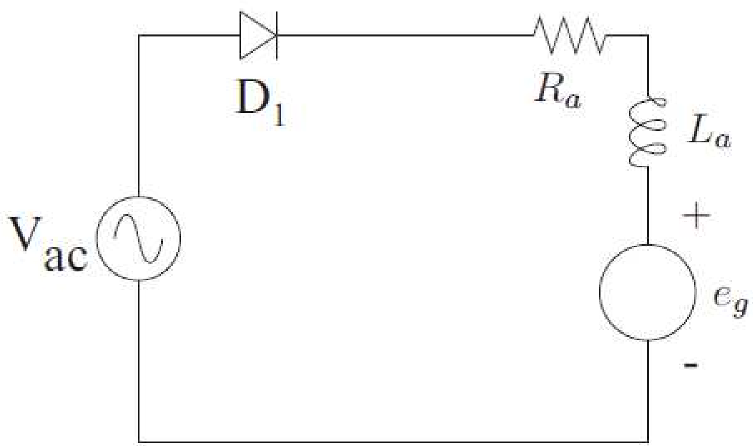
$$P = P_R + P_{cc} = 624{,}95 + 723{,}45 = 1348{,}4\ [\mathrm{W}]$$

$$\Delta I = 2.I_2 = 9{,}24\ [A]$$

Problema 6

Considere el circuito mostrado en la siguiente figura, donde V_{ac}=120 V_{rms} @ 60 Hz, R_a=6 Ω, L_a=120 mH. Se pide:

1. Calcular de forma analítica el valor de e_g que hace funcionar el circuito en la frontera de operación entre los modos continuo y discontinuo.



Resolución

$$|Z| = |6 + j.377.120m| = 45{,}63\ [\Omega]$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{377 * 120m}{6} = 1{,}439\ rad$$

$$i(\omega t) = \frac{120\sqrt{2}}{45{,}63}\sin(\omega t - 1{,}439) - \frac{e_g}{6} + Ae^{\frac{\omega t}{7{,}54}}$$

Para t>>τ

$$i(\omega t) = \frac{170}{45{,}63}\sin(\omega t - 1{,}439) - \frac{e_g}{6}$$

En la frontera entre modo continuo y discontinuo se cumple que:

$$i(\alpha) = \frac{170}{45{,}63}\sin(\alpha - 1{,}439) - \frac{e_g}{6} = 0 \text{ donde } \alpha = \sin^{-1}\left(\frac{e_g}{170}\right)$$

Resolviendo obtenemos:

$$e_g = -22{,}35\ [V]$$

Problemas propuestos