Ejercicios

Gestión Electrónica de la Energía Eléctrica

T5 – Rectificadores e inversores

Máster Universitario en Ingeniería de la Energía

ETSI Minas y Energía

Hugo Torres Orejudo

Noviembre 2026

Elaborado con IA a partir del material de la asignatura. Material no oficial.

Versión v1.0

Diez problemas graduados (puntuación orientativa; suma 10 puntos). Convenios: tensiones y corrientes eficaces salvo que se indique pico; desfase de cada armónico $\varphi_n = \varphi_{v,n} - \varphi_{i,n}$ (positivo si la corriente se retrasa); THD (DAT) referida al fundamental; $FP = P/S$. Los apartados de condensador de filtro (Problemas 2 y 3) son **[COMPLEMENTO]**. Resolución completa en `GEEE_T5_resoluciones`.

Problema 1 (0,75 p) – Diodo real y media onda sin filtro

Un diodo se modela con tensión de codo $V_\gamma = 0{,}65\,\text{V}$ y resistencia directa $r_D = 0{,}25\,\Omega$. **a)** En serie con una fuente continua $E = 6\,\text{V}$ y una resistencia $R = 10\,\Omega$, calcula la corriente, la tensión V_D, la potencia disipada en el diodo y el rendimiento P_R/P_E. **b)** Se sustituye E por $e(t) = 6\sin\omega t$ V (rectificador de media onda sin condensador): ángulo de conducción y corriente máxima. **c)** Valor medio de i_R con el diodo real (por integración analítica) y con el diodo ideal; diferencia relativa.

Problema 2 (1 p) – Media onda con condensador: rizado y ángulo de conducción

Una fuente de 15 V eficaces, 50 Hz alimenta, a través de un diodo ideal, el paralelo $C = 3300\,\mu\text{F}$ y $R = 68\,\Omega$. **a)** Tensión de pico V_p y comprobación de que $RC \gg T$. **b)** Con $I_o \approx V_p/R$: rizado ΔV_{pp} y tensión media V_{dc} aproximados. **c)** Ángulo θ_c en que empieza a conducir el diodo y ángulo de conducción aproximado. **d)** Corriente media del diodo y valor del pulso rectangular equivalente que repone la carga en el ángulo de conducción; compáralo con el pico real (resolución numérica) y comenta.

Problema 3 (1 p) – Puente de Graetz: dimensionado del condensador

Un puente de diodos (ideales) alimentado con 24 V eficaces, 50 Hz carga una resistencia $R = 20\,\Omega$ con un condensador en paralelo. **a)** Capacidad mínima para que el rizado sea $\leq 5\,\%$ de V_p; compárala con la que haría falta en media onda. **b)** Frecuencia del rizado y tensión media V_{dc} con $C = 10\,\text{mF}$. **c)** Ángulo de conducción aproximado y razón entre la corriente de pico de cada diodo (resolución exacta) y la corriente media de carga. **d)** Estimación de V_{dc} si se usan diodos reales con $V_\gamma = 0{,}7\,\text{V}$ (dos diodos en conducción).

Problema 4 (1,25 p) – Potencias con corriente no senoidal

Sobre una carga se mide $v(t) = 230\sqrt{2}\sin\omega t$ V (50 Hz) y $i(t) = 12\sin(\omega t + 40°) + 5\sin(3\omega t - 25°) + 3\sin(5\omega t + 15°) + 1{,}5\sin(7\omega t)$ A. **a)** Valores eficaces de cada armónico de corriente y de i. **b)** Potencia activa P. **c)** S, $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$, la reactiva fundamental Q_1 y la potencia de distorsión D. **d)** THD, K_d, K_φ y FP; comprueba $FP = \cos\varphi_1/\sqrt{1 + \text{THD}^2}$. **e)** ¿La carga es inductiva o capacitiva a la frecuencia fundamental?

Problema 5 (1,25 p) – Rectificador con corriente cuasi-cuadrada y condensador de entrada

Un generador de 230 V eficaces, 50 Hz alimenta un rectificador que absorbe una corriente de pulsos de amplitud $\pm A = \pm 25$ A y anchura $2\pi/3$, centrados en los picos de v (huecos de $\alpha = \pi/6$ a cada lado de los pasos por cero). Su rendimiento es $\eta = 94\,\%$ y la batería de salida es de 400 V. Serie dada: $x(t) = \sum_{n \text{ impar}} \frac{4A}{\pi n} \cos(n\alpha)\sin(n\omega t)$. **a)** Potencia activa del rectificador, del generador y corriente de la batería. **b)** FP y THD vistos por el generador con el rectificador solo; ¿qué armónicos faltan? **c)** FP y THD si se coloca $C_f = 100\,\mu$F en paralelo con el generador.

Problema 6 (1 p) – Inversor en puente completo de onda cuadrada y filtro LC

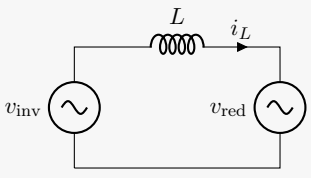
Un puente completo con bus $V_{in} = 255$ V conmuta a $f_o = 50$ Hz (conmutación a baja frecuencia) y alimenta una carga $R = 23\,\Omega$ a través de un filtro L serie y C en paralelo con la carga. **a)** Valor eficaz de la fundamental y de los armónicos 3, 5 y 7 de v_o, y THD (valor exacto). **b)** Dimensiona L y C para $f_c = 100$ Hz con factor de calidad de carga $Q = R/Z_0 = 1/\sqrt{2}$. **c)** Módulo de la ganancia a 50, 150 y 250 Hz, tensión eficaz de salida de cada armónico y THD de v_{out} (incluye todos los armónicos). **d)** Comenta por qué el resultado es poco satisfactorio y qué alternativa existe.

Problema 7 (1 p) – Inversor PWM de alta frecuencia y filtro de salida

Un puente completo con $V_{in} = 350$ V se modula con PWM senoidal bipolar de índice $m_a = 0{,}8$, $f_{sw} = 10$ kHz y $f_o = 50$ Hz; carga $R = 20\,\Omega$. **a)** Amplitud y valor eficaz de la fundamental y cociente f_{sw}/f_o. **b)** Diseña el filtro LC (con $Q = R/Z_0 = 1/\sqrt{2}$) para atenuar 40 dB el armónico en f_{sw}: f_c, L y C. **c)** El armónico de f_{sw} antes del filtro vale $\frac{4}{\pi} J_0\!\left(\frac{\pi m_a}{2}\right) V_{in}$ ($\approx 0{,}82\,V_{in}$ de pico): calcula su valor a la salida y su cociente respecto a la fundamental. **d)** Ganancia del filtro a f_o: ¿hay que corregir m_a?

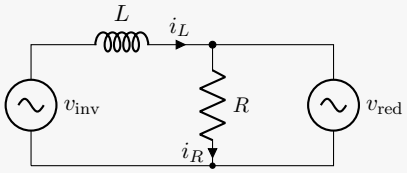
Problema 8 (1 p) – Inversor de onda cuadrada conectado a red mediante una bobina

Inversor con $V_{DC} = 300$ V (onda cuadrada $\pm V_{DC}$) conectado a la red de 230 V eficaces, 50 Hz a través de $L = 6$ mH. La onda cuadrada va adelantada $\varphi = 6°$ respecto a la tensión de red. **a)** Valor eficaz de los armónicos 1 y 3 de i_L. **b)** Potencia entregada a la red. **c)** FP y THD vistos por la red (con esos dos armónicos). **d)** V_{DC} necesaria para anular la reactiva fundamental con el mismo φ, y nueva P. **e)** Signo de P si $\varphi = -6°$.



Problema 9 (1,25 p) – Inversor con armónicos, L serie y R en paralelo con la red

Una batería de 450 V alimenta un inversor ($\eta_{inv} = 95\,\%$) que impone $v_{\text{inv}} = 420\sin(\omega t + 25°) + 42\sin 3\omega t + 14\sin 5\omega t$ V. La red es $v_{\text{red}} = 230\sqrt{2}\sin\omega t$ V, 50 Hz; $\omega L = 2{,}5\,\Omega$ a 50 Hz y $R = 60\,\Omega$. **a)** Valor eficaz de i_L. **b)** Corriente de red por armónicos y su valor eficaz. **c)** P_R, P_{red}, P_{inv} y corriente de la batería. **d)** FP y THD vistos por la red; descompón el FP en K_d y K_φ.



Problema 10 (0,5 p) – Dimensionado de R, C_1, C_2 y L

Fuente de 230 V eficaces, 50 Hz con C_1 en paralelo; después L en serie y, al final, C_2 en paralelo con R. Calcula R, C_1, C_2 y L para que $P_R = 800$ W, $Q_{C1} = 600$ VAr, $Q_{C2} = 400$ VAr (capacitivas) y $Q_L = 1500$ VAr. Da también P, Q y FP vistos por la fuente.