Ejercicios

Gestión Electrónica de la Energía Eléctrica

T1 – Conceptos básicos

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.

Instrucciones. Diez problemas graduados (puntuación orientativa entre paréntesis, total 10 puntos; en cada uno se reparte a partes iguales entre apartados salvo que haya un apartado claramente más largo, que puntúa algo más). En los problemas con Bode, el trazado correcto de las asíntotas (niveles, pendientes y fase) vale aproximadamente la mitad del apartado y el cálculo del valor real, el resto; indica siempre si un valor es *asintótico* o *exacto*. Límite cuasi-pico de clase B (problema I): 66 → 56 dBμV entre 150 y 500 kHz (lineal en $\log f$), 56 dBμV entre 0,5 y 5 MHz.

A. Valores medio y eficaz de una onda por tramos (1,0 p)

Una tensión periódica de periodo $T = 4\,\text{ms}$ vale 20 V entre 0 y 1 ms, desciende linealmente de 20 V a 0 entre 1 y 3 ms y vale 0 entre 3 y 4 ms. Se aplica a una resistencia $R = 5\,\Omega$.

a) Valor medio y valor eficaz.

b) Factor de forma y factor de cresta.

c) Potencia media disipada y energía disipada por periodo.

d) Valor eficaz de la componente alterna.

B. Rectificación con control de fase (1,0 p)

Una tensión senoidal de 325 V de pico se rectifica en onda completa, pero el rectificador sólo conduce desde el ángulo $\alpha = 45°$ hasta $180°$ de cada semiperiodo de la senoide (de modo que $u = 325|\sin\theta|$ para $\theta \in [\alpha, \pi]$ y $u = 0$ en el resto del periodo de rectificación π). La carga es $R = 10\,\Omega$.

a) Valor medio y valor eficaz de la tensión.

b) Factores de forma y de cresta.

c) Potencia en R y su cociente respecto a la que se tendría con $\alpha = 0$ (rectificación completa).

C. Fasores y circuito RL (0,75 p)

(1) Dos corrientes de un nudo son $i_1 = 16\sin(\omega t + 40°)$ A e $i_2 = 12\sin(\omega t - 20°)$ A, con $\omega = 100\pi$ rad/s. Obtener $i_1 + i_2$ por coeficientes seno/coseno y por fasores eficaces.
(2) Una carga $R = 6\,\Omega$ en serie con L tal que $\omega L = 8\,\Omega$ a 50 Hz se alimenta con $u = 325\sin(\omega t + 10°)$ V. Hallar L, el fasor de corriente, el desfase, P, Q, S y el factor de potencia.

D. Condensador con corriente pulsada (0,75 p)

Un condensador $C = 22\,\mu\text{F}$ con $v(0) = 48\,\text{V}$ alimenta una carga que absorbe una corriente periódica de periodo $T = 10\,\mu\text{s}$. Caso A: $i_o = 9\,\text{A}$ durante $2\,\mu\text{s}$ y 0 el resto. Caso B: $i_o = 9\,\text{A}$ durante $2\,\mu\text{s}$ y una corriente constante negativa (carga del condensador) el resto del periodo, de modo que la media sea nula.

a) Valor medio y eficaz de i_o en ambos casos (en B, hallar antes el valor de la corriente negativa).

b) Evolución de $v(t)$ durante tres periodos: caída de tensión en cada pulso de corriente y, en el caso B, rizado pico a pico.

E. Bode asintótico de una función dada (1,25 p)

Sea $G(s) = \dfrac{500\,(1 + s/25)}{s\,(1 + s/400)^2}$ (ω en rad/s).

a) Identificar ceros y polos; dibujar el Bode asintótico de módulo (niveles en dB y pendientes) y de fase.

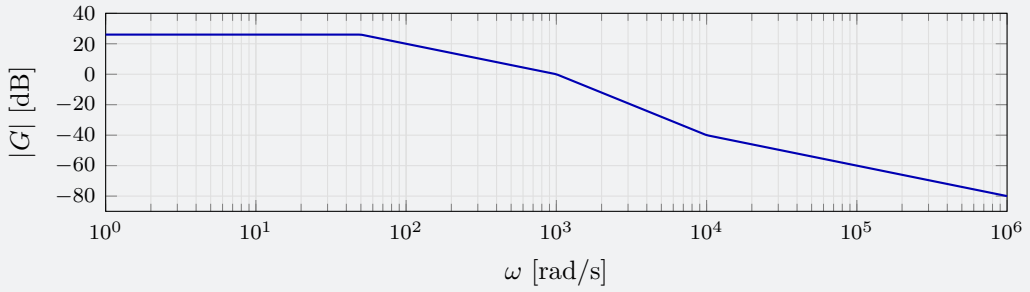
b) Hallar $|G|$ y $\angle G$ *reales* en $\omega = 100\,\text{rad/s}$ y compararlos con los asintóticos.

c) Si $u(t) = 0{,}1\sin(100\,t)$, ¿cuál es la salida en régimen permanente?

d) Frecuencia a la que el módulo cruza 0 dB (asintótica y real).

F. Identificar $G(s)$ desde un Bode (0,75 p)

La figura muestra el Bode asintótico de módulo de un sistema estable de fase mínima.



a) Obtener $G(s)$ en forma normalizada.

b) Dibujar la fase asintótica e indicar su valor en $\omega = 1000\,\text{rad/s}$.

c) Calcular el módulo y la fase *exactos* en $\omega = 1000\,\text{rad/s}$.

G. Impedancias RLC por el método gráfico (1,5 p)

Con $L = 4{,}7\,\text{mH}$ y $C = 2{,}2\,\mu\text{F}$:

a) Serie $R + L + C$ con $R = 500\,\Omega$: R_0, f_0, frecuencias de corte y Bode asintótico de $|Z|$ (dBΩ) y de la fase. Corriente con $v_e = 20\sin(300\,t)$ V.

b) Serie con $R = 4{,}7\,\Omega$: profundidad de la muesca en dB, factor Q y corriente de pico en ω_0 con $v_e = 20\sin\omega t$ V.

c) Paralelo $R \parallel L \parallel C$ con $R = 3{,}3\,\Omega$: frecuencias de corte y Bode asintótico de $|Z|$.

d) $(R+sL) \parallel C$ con $R = 100\,\Omega$: Bode asintótico de $|Z|$ y fase, y valor real en $\omega = 1/RC$.

H. Regulador lineal frente a reductor (1,0 p)

Una carga de 5 V y 1,5 A se alimenta desde una batería de 9 V a 15 V. (a) Rendimiento y pérdidas máximas con regulador lineal, y rango de D de un reductor ideal. (b) El reductor usa $f_{sw} = 250\,\text{kHz}$, $L = 33\,\mu\text{H}$, $C = 68\,\mu\text{F}$ con la carga resistiva en paralelo con C: f_0, Q y atenuación a f_{sw}. (c) $\tilde{v}_{out}/\tilde{d}$ a $U_{BAT} = 15\,\text{V}$: ganancia en continua y pico (dB). (d) L mínima con el mismo C para atenuar 60 dB la frecuencia de conmutación.

I. Filtro EMI y estabilidad (1,0 p)

Un convertidor de 60 W a potencia constante se alimenta con $V_{in} \geq 20\,\text{V}$ a través de un filtro $L_f = 22\,\mu\text{H}$, $C_f = 47\,\mu\text{F}$. La bobina tiene una resistencia serie $r_L = 30\,\text{m}\Omega$ (se desprecia en el apartado a). Genera un armónico de corriente de 30 mA a 200 kHz.

a) f_0, R_0 y atenuación a 200 kHz. Nivel en dBμV sobre los 50 Ω de la LISN y comparación con el límite cuasi-pico de clase B a esa frecuencia.

b) Z_{in} del convertidor en el peor caso y estabilidad (Middlebrook, margen de 6 dB) sin amortiguar (con r_L).

c) Se añade R_f–C_b en paralelo con C_f con $C_b = 4C_f$ y $R_f = R_0$: pico de $|Z_{out}|$ (con r_L) y margen.

d) Clasificar como modo común o diferencial: (i) rizado de la corriente de entrada del convertidor; (ii) corriente por la capacidad parásita drenador–disipador.

J. Lazo de control (1,0 p)

Una planta $G(s) = \dfrac{10}{1 + s/2000}$ se controla con $R(s) = \dfrac{150}{s}$ en realimentación unitaria.

a) Ganancia de lazo $L(s)$, ancho de banda ω_c y margen de fase (asintótico y exacto). ¿Margen de ganancia?

b) Error relativo $|e/r|$ ante referencias senoidales de 100 y 1000 rad/s.

c) Atenuación ($|T|$ en dB) de un ruido de medida a 20 000 rad/s.

d) Valor $R(s) = K/s$ que da $M_f = 45°$ y ω_c resultante.

Tabla de resultados finales

	Resultados
A	10 V; 12,91 V; FF = 1,291; FC = 1,549; 33,3 W; 133,3 mJ; componente alterna 8,16 V
B	176,6 V; 219,1 V; FF = 1,241; FC = 1,483; 4801 W (el 90,9 % de 5281 W)
C	$i_1 + i_2 = 24{,}33\sin(\omega t + 14{,}7°)$ A; $L = 25{,}46$ mH; $\bar{I} = 22{,}98\,\text{A}\angle -43{,}1°$; $P = 3169$ W, $Q = 4225$ var, $S = 5281$ VA, FP = 0,6 (inductivo)
D	A: 1,8 A, 4,02 A, v baja 0,818 V por pulso (45,55 V tras 3 periodos). B: −2,25 A, 4,5 A, rizado 0,818 V p-p
E	Cruce 0 dB: 1789 rad/s (asint.), 1744 rad/s (real); en 100 rad/s: 25,76 dB real vs 26,02 dB asint., −42,1° vs −53,7°; salida $1{,}94\sin(100t - 42{,}1°)$
F	$G = \dfrac{20(1 + s/10^4)}{(1 + s/50)(1 + s/1000)}$; fase asint. −135°; real −2,98 dB, −126,4°
G	a) $R_0 = 46{,}2\,\Omega$, $f_0 = 1565$ Hz, cortes 909 rad/s y $1{,}06 \cdot 10^5$ rad/s; $i = 12{,}55\sin(300t + 71{,}7°)$ mA. b) 19,85 dB, $Q = 9{,}83$, 4,26 A. c) 702 rad/s y $1{,}377 \cdot 10^5$ rad/s, tramo plano a 10,4 dBΩ. d) real 80,4 Ω (38,1 dBΩ), −39,8° (asint. 40 dBΩ, −45°)
H	a) $\eta_{min} = 33{,}3\,\%$, 15 W; $D \in [0{,}333;\ 0{,}556]$. b) $f_0 = 3{,}36$ kHz, $Q = 4{,}78$, −74,9 dB. c) 23,5 dB y pico 37,1 dB. d) $L_{min} = 5{,}96$ µH
I	a) $f_0 = 4{,}95$ kHz, $R_0 = 0{,}684\,\Omega$, −64,3 dB, 59,3 dBµV (límite 63,6 dBµV). b) $\lvert Z_{in}\rvert = 6{,}67\,\Omega$; pico 15,6 Ω: inestable. c) 0,70 Ω, margen 19,6 dB. d) (i) diferencial; (ii) modo común
J	a) $L = 1500/[s(1 + s/2000)]$; $\omega_c = 1500$ (asint.) / 1267 rad/s (real); $M_f = 50{,}6°$ / 57,6°; $M_G = \infty$. b) 0,0668 y 0,791. c) −42,5 dB. d) $K = 282{,}8$, $\omega_c = 2000$ rad/s