Formulario y chuleta

Tecnología Eléctrica y Redes

Primera prueba: temas 1 a 5

Máster Universitario en Ingeniería de la Energía

ETSI Minas y Energía

Hugo Torres Orejudo

Noviembre 2026

1. Sistemas trifásicos equilibrados

Se resuelve con el circuito monofásico equivalente (fase a, neutros al mismo potencial).
$U = \sqrt{3}\,U_{FN}$ $I_{línea} = \sqrt{3}\,I_\Delta$ $Z_Y = Z_\Delta/3$ $\bar{S} = 3\,\bar{U}_{FN}\bar{I}^*$
$S = \sqrt{3}\,UI$ $P = S\cos\varphi$ $Q = S\sin\varphi$ $\bar{S}_Z = 3\,\bar{Z}I^2$
En secuencia directa la tensión de línea va 30° por delante de la fase-neutro.

2. Valores por unidad

Se eligen S_b (trifásica) y U_b (de línea).
$Z_b = \dfrac{U_b^2}{S_b}$ $I_b = \dfrac{S_b}{\sqrt{3}\,U_b}$ $M_{pu} = \dfrac{M}{M_b}$ $U_{FN,b} = U_b/\sqrt{3}$
En p.u. desaparecen el $\sqrt{3}$ y el 3: $\bar{s} = \bar{u}\,\bar{\imath}^*$ y $u_{FN} = u$.
Cambio de base: $z' = z\,\dfrac{S_b'}{S_b}\left(\dfrac{U_b}{U_b'}\right)^2$ $i' = i\,\dfrac{S_b\,U_b'}{S_b'\,U_b}$

3. Transformador

Relación $a = U_{1n}/U_{2n}$. Se desprecia la rama de magnetización.
$\varepsilon_{cc} = z_{cc}$ $\varepsilon_{rcc} = r_{cc}$ $x_{cc} = \sqrt{\varepsilon_{cc}^2 - \varepsilon_{rcc}^2}$ $P_{cc} = 3R_{cc}I_n^2$
$Z_{cc2} = z_{cc}\dfrac{U_{2n}^2}{S_n}$ $Z_{cc1} = a^2 Z_{cc2}$
Referir de BT a AT: $Z' = a^2 Z$, $U' = aU$, $I' = I/a$. De AT a BT al revés. Con bases $U_{b1}/U_{b2} = a$ y la misma S_b, la impedancia y la corriente en p.u. son iguales en los dos lados ($i_1 = i_2$).
Valores típicos de ε_{cc}: BT y MT de 6 a 7 %, AT de 10 a 13 %. De ε_{rcc}: BT 1,5 %, MT y AT casi 0.

Receta del problema tipo. 1) Bases de los dos lados con S_n y tensiones nominales. 2) z_{cc}, r_{cc}, x_{cc} y en ohmios del lado pedido. 3) Carga a estrella ($Z_\Delta/3$) y referida al lado pedido. 4) Fuente fase-neutro vista desde ese lado. 5) Dibujar E, R_{cc}, jX_{cc}, (línea) y carga en serie. 6) $I = E/Z_T$ y la otra con a. Comprobar con p.u.

4. Transformador con tomas

Toma $t:1$ en el primario. En p.u. $u_2 = u_1/t$ en vacío. Con red ideal, al subir t baja la tensión del secundario. Con la toma en el secundario ($1:t$) pasa lo contrario.

5. Aparamenta

	Secc.	I. carga	I. aut.	Fusible
Contactos visibles	Sí			
Corta carga		Sí	Sí	
Corta cortocircuito			Sí	Sí
Accionamiento remoto		Sí	Sí	
Accionamiento por relé			Sí	

Poder de corte: máxima corriente que interrumpe bien. Poder de cierre: máxima corriente que establece bien. El seccionador no tiene ninguno de los dos.

6. PIA (curvas B a D)

Disparo térmico (bimetal) para sobrecargas, lento. Disparo magnético (bobina) para cortocircuitos, en milisegundos.

Curva	Zona magnética	Uso típico
B	3 a 5 I_N	líneas largas
C	5 a 10 I_N	uso general
D	10 a 20 I_N	motores, arranques

Método: calcular I_{cc}/I_N. Por encima de la zona dispara seguro, dentro hay incertidumbre y por debajo solo dispara el térmico. Para I/I_N de 10 a 20 la banda magnética está entre unos 2 y 5 ms.

7. Diferencial

Detecta $i_1 + i_2 \neq 0$, es decir la corriente que vuelve por tierra.
$I_d < I_{\Delta N}/2$: no actúa (fugas normales). $I_{\Delta N}/2 < I_d < I_{\Delta N}$: incertidumbre. $I_d > I_{\Delta N}$: actúa.
Alta sensibilidad 10 y 30 mA (viviendas 30 mA). Baja sensibilidad 100, 300, 500 y 1000 mA. Los retardados (100 a 200 ms) van aguas arriba para dar selectividad.

8. Sistema eléctrico español

Transporte: 220 kV o más (y algunas de 132 kV), red mallada, monopolio natural, Red Eléctrica transportista único (Ley 17/2007). Distribución: menos de 220 kV, explotación radial, etapas 220/66, 66/20 y 20/0,4 kV. A 400 V solo consumos de hasta 50 kW.
Datos 2025: unos 132 GW instalados y 272 TWh de demanda. Más potencia instalada la fotovoltaica (29,2 %). Más energía la eólica (21,6 %). La nuclear tiene el 5,0 % de la potencia y da el 19,0 % de la energía.

Horas equivalentes y potencia media: $h = \dfrac{\%CD}{\%PI}\,\dfrac{E_{total}}{P_{total}}$ $\qquad P_m = \dfrac{\%PD\,E_{hora\ punta}}{1\,\mathrm{h}}$

Pistas para identificar tablas. Mucha CD con poca PI es nuclear (base). Mucha PI con poca CD es fotovoltaica. En una punta de invierno a las 20 h la solar vale 0.