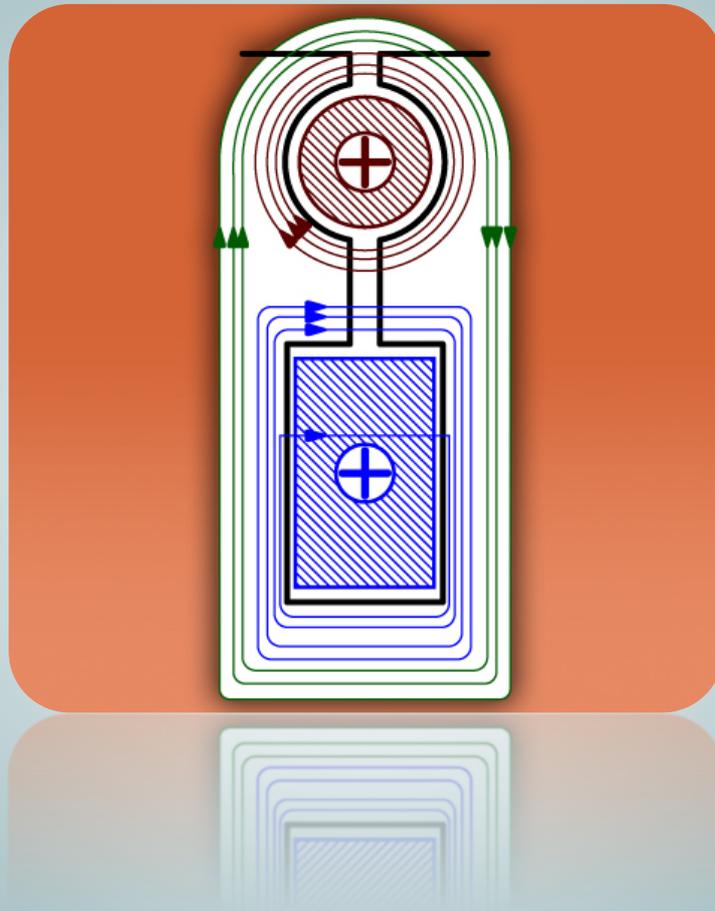


# Máquinas Eléctricas II

Prototipo de Examen Final.  
Teoría y Problemas



**Miguel Ángel Rodríguez Pozueta**

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Nombre \_\_\_\_\_

Apellidos \_\_\_\_\_

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

**MÁQUINAS ELÉCTRICAS II (GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA)**

**EXAMEN FINAL: TEORÍA**

**DURACIÓN: 1 hora y 15 minutos**

\*\*\*\*\*

*La Teoría representa el 45% de la Nota Final*

**PARTE A (Vale 7,5 puntos)**

**PREGUNTAS DE DESARROLLO CORTO.** *Conteste escuetamente, en pocas líneas, sólo a lo que se le pregunta. Todas las preguntas puntúan igual ( $7,5/9 = 0.833$  puntos cada pregunta).*

**Transformadores**

- 1) Explique qué es el *índice horario* de un transformador trifásico.
- 2) Se tiene un *banco de tres transformadores monofásicos con la conexión estrella-estrella con el neutro primario aislado de la red*. Indique qué problema aparece si se conecta una carga monofásica entre una fase y el neutro del secundario.
- 3) Indique las *condiciones* (obligatorias y recomendadas) que deben cumplir dos transformadores trifásicos para poderse *acoplar en paralelo*.

**Máquinas síncronas**

- 4) Indique el significado físico de los dos términos que aparecen en la fórmula de la *potencia reactiva Q* suministrada por una máquina síncrona de rotor cilíndrico conectada a una red de potencia infinita (no hace falta escribir la fórmula de Q).
- 5) Se tiene un alternador síncrono acoplado a una *red de potencia infinita*. Explique los efectos de cambiar los ajustes del regulador de velocidad-potencia del motor que acciona a este generador y del regulador de la corriente de excitación.
- 6) Dibuje las *curvas de Mordey* de un motor síncrono.

**Máquinas asíncronas**

- 7) Defina la magnitud *constante de tiempo electromecánica*,  $\tau_{mec}$ , que permite comparar la rapidez en el arranque de motores asíncronos.
- 8) Enumere y describa brevemente los tres métodos de *frenado* de un motor asíncrono trifásico.
- 9) Dibuje el circuito equivalente aproximado de una *máquina asíncrona trifásica doblemente alimentada*. Es decir, cuando la máquina no tiene el rotor en cortocircuito, sino que se conecta una tensión  $V_2$  a las fases del rotor a través del colector de anillos.

**PARTE B** (Vale 2,5 puntos)

**Máquinas de corriente continua**

10) Comente y dibuje el circuito de un motor serie de corriente continua. Represente y demuestre la característica mecánica natural  $n = f(M)$  de este motor. ¿Qué ocurre en esta máquina si se arranca en vacío o con una carga pequeña? ¿De qué modo se puede regular la velocidad en este tipo de motor? (Vale 1,5 puntos).

11) ***PREGUNTAS DE TIPO TEST.***

**RODEE CON UN CÍRCULO LA RESPUESTA QUE CONSIDERE CORRECTA. SÓLO HAY UNA RESPUESTA CORRECTA A CADA PREGUNTA DEL TEST**

(Cada pregunta contestada correctamente suma 0,25 puntos, cada pregunta contestada erróneamente resta 0,1 puntos. Las preguntas no contestadas o anuladas valen 0 puntos).

- La *fuerza contraelectromotriz* de un motor de corriente continua:
  - a) Aumenta con la corriente de excitación.
  - b) Disminuye al aumentar al aumentar la corriente por el devanado inductor.
  - c) Disminuye con la velocidad.
  
- La *corriente* absorbida en el *arranque* de un motor de corriente continua:
  - a) No es necesaria su limitación en ningún caso.
  - b) Si no se limita su valor puede causar perturbaciones en los sistemas de alimentación.
  - c) Se puede limitar mediante resistencias adicionales en serie con el inductor.
  
- El *par motor* desarrollado por un motor de corriente continua:
  - a) Disminuye con la corriente de la excitación.
  - b) Se hace más elevado con la corriente del inducido.
  - c) Permanece siempre constante.
  
- ¿Cómo se conectan respecto al inducido los *polos de conmutación* y el *devanado de compensación* de un motor de corriente continua?:
  - a) De forma independiente.
  - b) En serie.
  - c) En paralelo.

*Las preguntas de máquinas de corriente continua son originales del profesor Francisco Javier López Gutierrez (Universidad de Cantabria).*

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**  
**MÁQUINAS ELÉCTRICAS II**

EXAMEN FINAL: PROBLEMAS

**DURACIÓN: 2 horas**

\*\*\*\*\*

*Todos los problemas de este examen puntúan igual.  
Los problemas representan el 45% de la Nota Final.*

- 1)** Se tiene un transformador trifásico Dy5 de 3000 kVA, 10000/4396 V, tensión relativa de cortocircuito  $\varepsilon_{cc} = 8\%$  y pérdidas en el cobre asignadas  $P_{CuN} = 84,3$  kW que funciona con el máximo rendimiento cuando la potencia  $S_{\eta Máx}$  que suministra es 2100 kVA. Calcular:
- a)** Los valores de las tensiones y corrientes asignadas de fase y de línea del primario y del secundario y los valores de las tensiones relativas  $\varepsilon_{Rcc}$  y  $\varepsilon_{Xcc}$ . *(15% de la nota del problema).*
  - b)** La corriente de línea en el primario cuando se produce un cortocircuito trifásico en bornes del secundario. *(15% de la nota del problema).*
  - c)** La tensión en el secundario cuando el transformador funciona a marcha industrial alimentando una carga de 1750 kW con factor de potencia 0,7 inductivo. *(23% de la nota del problema).*
  - d)** El rendimiento del transformador con la carga del apartado anterior. *(23% de la nota del problema).*
  - e)** Este transformador se conecta en paralelo con otro de estas características: conexión Yd5, 10000/4396 V y  $\varepsilon_{cc} = 7\%$ , de tal forma que entre ambos pueden llegar a suministrar una potencia máxima  $S_{TN}$  de 4625 kVA sin sobrecargar ninguno de ellos ¿Cuál es la potencia asignada del nuevo transformador? *(24% de la nota del problema).*

2) Un motor asíncrono trifásico de rotor bobinado y colector de anillos tiene estas características:

$V_{1NL} = 400 \text{ V}$	Estator conectado en <u>triángulo</u>	$f_{1N} = 50 \text{ Hz}$
$R_1 = 0,1 \Omega$	$R'_2 = 0,14 \Omega$	$X_{ccN} = 1,42 \Omega$
$2p = 6 \text{ polos}$	$m_i = m_v = 0,24$	$n_N = 980 \text{ r.p.m.}$

Este motor mueve una carga que presenta un par resistente  $M_r$  constante e igual al par asignado  $M_N$ . Inicialmente este motor tiene su rotor en cortocircuito:

- Calcular el par asignado y la velocidad de par máximo cuando este motor se alimenta a la tensión y frecuencia asignadas. (30% de la nota del problema).
- Ahora se mantiene el rotor en cortocircuito y el estator se alimenta mediante un convertidor de frecuencia que suministra una tensión que sigue esta ley:

$$\text{Si } f_1 < 50 \text{ Hz} \Rightarrow V_{1L} = 50 + 7 f_1; \quad \text{Si } f_1 \geq 50 \text{ Hz} \Rightarrow V_{1L} = 400 \text{ V}$$

Calcular la velocidad cuando este convertidor proporciona 40 Hz. (40% de la nota del problema).

- Por último, el motor se lo mantiene alimentado a la tensión y frecuencia asignadas y ya no se deja su rotor en cortocircuito. Calcular el valor óhmico de la resistencia  $R_x$  que hay que conectar en serie con cada fase del rotor para conseguir que la máquina gire a 908,6 r.p.m. (30% de la nota del problema).

3) (Todas las preguntas puntúan igual)

Un alternador síncrono de rotor cilíndrico, 3 MVA, 12 kV, factor de potencia asignado = 0,9 inductivo y 50 Hz está conectado en estrella, la resistencia de las fases de su estator es despreciable y tiene estos parámetros:

$$X_s = 1,1 \text{ p.u.} \quad X'_d = 0,25 \text{ p.u.} \quad X''_d = 0,15 \text{ p.u.}$$

Estando funcionando en condiciones asignadas se produce un cortocircuito trifásico en bornes del estator:

- Calcular las corrientes permanente, transitoria, subtransitoria y de choque en este cortocircuito.

Ahora este alternador se acopla en paralelo con otro de iguales características y juntos alimentan a la tensión asignada una carga que consume 5 MVA con factor de potencia 0,8 inductivo. Los reguladores de estos alternadores están ajustados para que la carga siempre esté sometida a la tensión y frecuencia asignadas, el reparto de potencias activas sea de 65% para el alternador A y 35% para el B y la f.e.m. de vacío del alternador B sea  $E_{0L} = 27020 \text{ V}$  (f.e.m. fase-fase).

En estas condiciones calcular para cada alternador:

- F.e.m. de vacío y ángulo de par.
- Corriente y factor de potencia.
- Potencias activa y reactiva.

## SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DEL EXAMEN

- 1) a)  $V_{1N} = V_{1NL} = 10000 \text{ V}$ ;  $I_{1NL} = 173,2 \text{ A}$ ;  $I_{1N} = 100 \text{ A}$ ;  
 $\varepsilon_{Rcc} = 2,81\%$ ;  $\varepsilon_{Xcc} = 7,49\%$
- b) 2165 A;
- c) 4128 V
- d) 94,6%
- e) 2000 kVA
- 2) a) 612 Nm; 901,7%
- b) 781,2 r.p.m.
- c) 8,68  $\Omega$
- 3) a)  $I_{ccp} = 233 \text{ A}$ ;  $I'_d = 651 \text{ A}$ ;  $I''_d = 1031 \text{ A}$ ;  $I_{ch} = 2578 \text{ A}$
- b)  $E_{0A} = 9146 \text{ V}$ ;  $E_{0B} = 15600 \text{ V}$ ;  $\delta_A = 46,34^\circ$ ;  $\delta_B = 13,21^\circ$
- c)  $I_A = 125,6 \text{ A}$ ;  $I_B = 170 \text{ A}$ ;  $\cos \varphi_A = 0,996$ ;  $\cos \varphi_B = 0,40$
- d)  $P_A = 2,6 \text{ MW}$ ;  $P_B = 1,4 \text{ MW}$ ;  
 $Q_A = -0,24 \text{ Mvar}$  (capacitiva);  $Q_B = 1,24 \text{ Mvar}$  (inductiva)