

# **ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS**

**(3º de Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial)**

---

**CURSO 2016-17**

## **EJERCICIOS DE MÁQUINAS SÍNCRONAS**

## Ejercicio nº 1

Sea un generador síncrono trifásico de 10 kV (50 Hz), 1500 kVA, seis polos, rotor bobinado y conexión estrella en los devanados del estator.

Se sabe que, mientras el rotor de la máquina gira a 1000 rpm, con una intensidad de excitación de 21,4 A se consigue en vacío la tensión nominal en bornes del generador. Bajo estas condiciones de velocidad y excitación, si el generador pasa a alimentar una carga resistiva pura trabajando a plena carga, se produce una caída de tensión en bornes del inducido de 700 V.

Calcular:

**101.-** Reactancia síncrona del generador a 1000 rpm

- A)** 17,2 Ω    **B)** 24,5 Ω

**102.-** Intensidad de excitación necesaria para alimentar una carga resistiva pura a plena carga y tensión nominal en bornes, si la velocidad del rotor se mantiene en 1000 rpm.

- A)** 23,7 A    **B)** 22,8 A

Se hace trabajar la máquina síncrona como motor. Para ello se conecta su estator a una red de 10 kV y 50 Hz. Si se acopla a la máquina una carga mecánica cuyo par resistente es de 9300 Nm:

**103.-** Calcular la intensidad de excitación necesaria para que el consumo de intensidad que presenta el motor frente a la red sea mínimo.

- A)** 22 A    **B)** 20 A

**NOTA:** Se consideran despreciables las pérdidas internas y los efectos de la saturación.

## Ejercicio nº 2

Una máquina síncrona trifásica de 6 polos y rotor cilíndrico tiene las siguientes características:

- Conexión estrella.
- Tensión nominal: 400 V (50 Hz).
- Resistencia de inducido despreciable.
- Efectos de la saturación despreciables.

En su funcionamiento como generador, la máquina se somete a los siguientes ensayos:

- Ensayo de vacío: es necesario suministrar una intensidad de excitación de 0,75 A para alcanzar la tensión nominal en bornes de la máquina.

- Ensayo de carga: Se conecta en bornes del generador una carga inductiva pura que consume una intensidad de 6 A con la tensión nominal en bornes. Al desconectar la carga inductiva, la tensión en bornes pasa a ser de 490 V.

Se pide calcular:

**104.-** Valor de la reactancia síncrona de la máquina

- A) 8,03  $\Omega$                       B) 8,66  $\Omega$

**105.-** Intensidad de excitación necesaria para conseguir alimentar a tensión nominal una carga resistiva pura en estrella de 14  $\Omega$  por fase.

- A) 0,88 A                      B) 1,18 A

Si se hace funcionar la máquina síncrono como motor, de forma que se conecta su estator a una red trifásica de 400 V y 50 Hz.

**106.-** Calcular el ángulo de par que presenta la máquina cuando, circulando por su rotor una intensidad de 1 A, el motor mueve una carga que presenta un par resistente constante de 44,9 Nm..

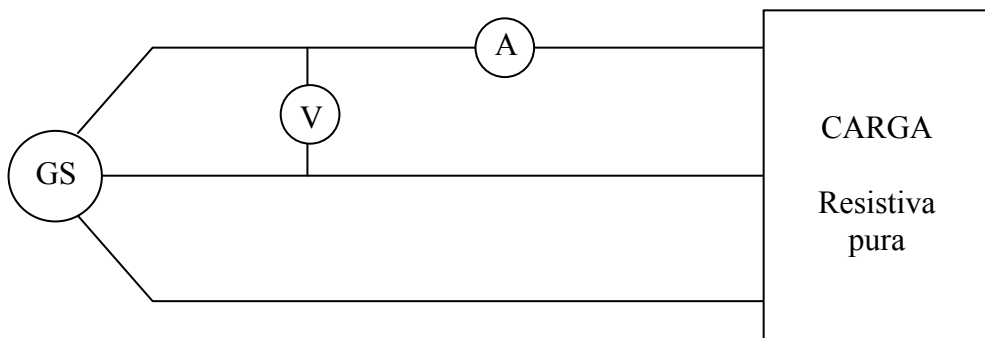
- A) 11°                      B) 14°

### Ejercicio nº 3

Un generador síncrono trifásico (GS) tiene las siguientes características nominales:

1,2 kV    50 Hz    300 kVA    conexión estrella    600 rpm.

En un laboratorio de ensayos se le realizan dos pruebas consistentes en alimentar una carga trifásica equilibrada resistiva pura que puede ser conectada por escalones. En la primera prueba (Pr1) la carga se conecta con un determinado valor y en la segunda prueba (Pr2) se varía solamente el valor de la carga manteniéndose constante el valor de la excitación del generador. El esquema y resultados de la prueba son los mostrados en la figura y tabla adjuntas.



	Intensidad de excitación	Lectura del voltímetro	Lectura del amperímetro
Prueba Pr1	8 A	1200 V	45 A
Prueba Pr2	8 A	1166,25 V	84 A

Calcular:

**107.-** La reactancia síncrona de la máquina.

- A) 2,3  $\Omega$                                       B) 3,4  $\Omega$

**108.-** La intensidad de inducido en el ensayo de cortocircuito realizado al generador si las condiciones del ensayo son 600 rpm y 3 A de intensidad de excitación.

- A) 89,2 A                                      B) 114,2 A

**109.-** Intensidad de excitación necesaria para que el generador alimente con una tensión de 1200 V (50 Hz) una carga equilibrada de 175 kW con factor de potencia 0,75 inductivo.

- A) 10,1 A                                      B) 9,2 A

Nota: En los cálculos se considerarán despreciables la resistencia del inducido, las pérdidas internas de la máquina y los efectos de la saturación.

#### Ejercicio nº 4

Un generador síncrono trifásico, conectado en estrella, tiene las siguientes características nominales: 6 kV, 50 Hz, 1500 rpm, 300 kVA.

En vacío necesita una excitación de 6 A para alcanzar la tensión nominal (6 kV a 50 Hz). En cortocircuito necesita una excitación de 1 A para que, girando a 1500 rpm, circule la intensidad nominal.

Despreciando a efectos de cálculo la resistencia del inducido y los efectos de saturación, se pide:

**110.-** Intensidad de excitación necesaria para alimentar a tensión nominal en bornes (6 kV a 50 Hz) una carga que consume 100 kW bajo factor de potencia 0.8 inductivo.

- A) 7,68 A                                      B) 6,26 A

La máquina síncrona pasa a funcionar como motor conectada a una red trifásica de 6 kV a 50 Hz. Sabiendo que funciona desarrollando un par de 900 N·m con una intensidad de excitación de 4 A, calcular:

**111.-** Valor absoluto del ángulo de par.

- A) 4,23°                                      B) 6,76°

### Ejercicio n° 5

Un generador síncrono trifásico conectado en estrella, de 4 polos, tiene las siguientes características nominales: 3 kV, 1500 rpm, 250 kVA

Con el generador trabajando en vacío son necesarios 12 A de excitación para conseguir la tensión nominal en bornes.

Con el generador en situación de cortocircuito la intensidad nominal se alcanza con una excitación de 5 A.

Se parte de una situación inicial de carga en la que el generador trabaja a plena carga alimentando una carga trifásica equilibrada resistiva pura a tensión nominal.

**112.-** Calcular la tensión en bornes del generador tras desconectar la carga:

- A)** 3115 V                                      **B)** 3250 V

**113.-** Si el generador trabajase a 1800 rpm, calcular la intensidad de excitación necesaria para mantener los valores de tensión e intensidad nominal (sobre la carga resistiva pura).

- A)** 11.18 A                                      **B)** 9.63 A

El generador pasa ahora a trabajar como motor para arrastrar a 1500 rpm una carga de 1080 N·m. Para ello se conecta a una red de 3 kV, 50 Hz y se excita su rotor con 11 A.

**114.-** Calcular el factor de potencia con que trabaja el motor.

- A)** 0.91 (inductivo)                                      **B)** 0.78 (inductivo)

**115.-** Calcular la intensidad de excitación necesaria para que, conectado a la misma red de 3 kV (50 Hz) y arrastrando la misma carga de 1080 N·m, el consumo de intensidad del motor se reduzca al mínimo.

- A)** 13.36 A                                      **B)** 12.47 A

**Nota:** A efectos de cálculo, se pueden considerar despreciables la resistencia por fase de los devanados del estator y los efectos de la saturación.

### Ejercicio n° 6

Una máquina síncrona trifásica tiene las siguientes características: 3 kV, 50 Hz y 4 polos. Si se le realiza el ensayo de vacío a la máquina se comprueba que necesita una intensidad de excitación de 6 A para obtener la tensión nominal en sus bornes.

A dicha máquina se le hace funcionar como motor en vacío (sin carga mecánica acoplada al eje) con el fin de mejorar el factor de potencia de una instalación que consume 50 kVA con  $\cos \varphi = 0,8$  (ind). La instalación y el motor se alimentan desde una red trifásica de 3 kV (50 Hz). Cuando el motor tiene una intensidad de excitación de 7 A, se mejora el factor de potencia total hasta la unidad. Calcular:

**116.-** La reactancia síncrona de la máquina.

- A)  $50 \Omega$                                       B)  $35,7 \Omega$

Ahora la máquina funciona como motor, alimentada con su tensión nominal y arrastrando una carga mecánica. En dicha situación el motor consume 40 kW con un factor de potencia 0,8 (cap). Determinar:

**117.-** La intensidad de excitación necesaria.

- A) 7,1 A    B) 6,3 A

**118.-** Par desarrollado por el motor.

- A) 254,65 Nm                                  B) 189,30 Nm

**Nota:** En los cálculos se considerarán despreciables la resistencia del inducido, las pérdidas internas de la máquina y los efectos de la saturación.

### **Ejercicio nº 7**

Las características nominales de un generador síncrono trifásico de rotor cilíndrico son 3 kV, 1500 kVA, 50 Hz y 6 polos. Cuando trabaja alimentando a plena carga y tensión nominal una carga resistiva pura, necesita una intensidad de excitación de 30,33 A. Se sabe por el fabricante que, a la velocidad de 500 rpm, el valor de la reactancia síncrona es de  $1,1 \Omega$ .

**119.-** Si se desconecta la carga, calcular el nuevo valor que debe tener la intensidad de excitación para mantener la tensión nominal en bornes (3 kV a 50 Hz)

- A) 25,88 A                                  B) 28,48 A

**120.-** Si partiendo de la situación anterior (tensión nominal en vacío) se reduce la excitación a su séptima parte para posteriormente cortocircuitar los bornes del generador, calcular la intensidad que circulará por el inducido.

- A) 112,47 A                                  B) 125,27 A

La misma máquina estudiada en los dos apartados anteriores, se hace trabajar ahora como motor, conectándola a una red trifásica de 3 kV y 50 Hz. El motor se utiliza para arrastrar una carga mecánica que presenta un par resistente constante de 7500 Nm. Calcular:

**121.-** Mínimo consumo de intensidad para dicha carga

- A) 151,15 A                      B) 164,23 A

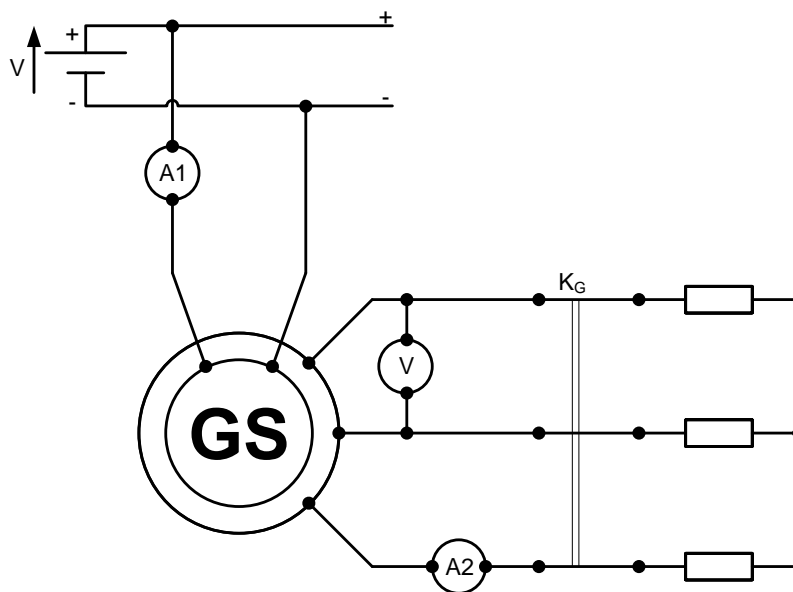
**122.-** Intensidad de excitación necesaria para que el motor consuma la intensidad mínima del apartado anterior.

- A) 26 A                              B) 29 A

**Nota:** Despreciar los efectos de la saturación y la resistencia del inducido. En el funcionamiento como motor síncrono despreciar las pérdidas mecánicas.

**Ejercicio nº 8**

Sea un generador síncrono trifásico de 400 V (50 Hz), 10 kVA, cuatro polos, rotor bobinado y conexión estrella en los devanados del estator (ver figura).



Se somete el generador síncrono a dos pruebas: vacío y carga. Los datos y resultados de las pruebas son los mostrados en la tabla.

	Tipo Ensayo	Velocidad de giro (rpm)	Interrup to r KG	Lectura aparatos medida		
				V	A1	A2
<b>Prueba A</b>	Vacío	1500	off	400 V	1 A	0 A
<b>Prueba B</b>	Resistiva pura	1500	on	400 V	1,1 A	10 A

Calcular:

**123.-** Intensidad de excitación necesaria para alimentar a tensión nominal (400 V a 50 Hz) una carga de 5 kW y factor de potencia 0.7 inductivo.

- A) 1,21 A                      B) 1,38 A

**124.-** Intensidad de excitación correspondiente a un ensayo de cortocircuito en el que circule la intensidad nominal.

- A) 0,66 A                      B) 0,88 A

Se hace trabajar a la máquina síncrona como motor. Para ello se conecta su estator a una red de 400 V y 50 Hz. Cuando el motor trabaja con una intensidad de excitación de 1.15 A su intercambio de potencia reactiva con la red es nulo. Calcular:

**125.-** Par resistente de la carga mecánica

- A) 65,64 Nm                      B) 54,66 Nm

**Nota:** Se consideran despreciables las pérdidas internas y los efectos de la saturación.

### Ejercicio nº 9

Un generador síncrono trifásico de 3 kV, 1500 kVA, 50 Hz y 3 pares de polos se ensaya con los siguientes resultados:

Ensayo de cortocircuito:      Intensidad de excitación = 4 A  
Intensidad del inducido = 120 A  
Velocidad = 1000 rpm

Ensayo de vacío:                      Intensidad de excitación = 11 A  
Tensión en bornes = 1250 V  
Velocidad = 1000 rpm

A efectos de cálculo pueden despreciarse los efectos de la saturación y el valor de la resistencia interna. Calcular:

**126.-** Intensidad de excitación necesaria para alimentar a plena carga y tensión nominal (3 kV a 50 Hz) una carga resistiva pura.

- A) 28,1 A                      B) 21,3 A

**127.-** Variación del ángulo de par al desconectar la carga del apartado anterior.

- A) 15 °                      B) 20 °

**128.-** Intensidad de excitación necesaria para generar en vacío una tensión de 1500 V a 60 Hz.

- A) 11 A                      B) 13,2 A



La máquina pasa a funcionar como motor alimentada desde una red trifásica de 3 kV a 60 Hz y moviendo una carga mecánica que presenta un par resistente constante. En estas condiciones, cuando la intensidad de excitación tiene un valor de 24 A, el ángulo de par es de 12 °.

**129.-** ¿Qué valor debe tener la intensidad de excitación para seguir arrastrando la carga y conseguir que la intensidad absorbida de la red sea mínima ?

A) 22,56 A

B) 25,62 A

### Ejercicio nº 10

Sea un generador síncrono trifásico de 3 kV (50 Hz), conexión estrella, rotor cilíndrico, 3 pares de polos y 500 kVA. Tras ensayar la máquina, se comprueba que es necesaria una excitación de 5,9 A durante su ensayo de cortocircuito nominal. Además se ha comprobado que, alimentando a la tensión nominal (50 Hz) una carga resistiva pura de 200 kW, la máquina presenta un ángulo de par de 15 °. Despreciando a efectos de cálculo la resistencia interna de los devanados del estator y los efectos de la saturación, se pide calcular:

**130.-** Intensidad de excitación correspondiente a la situación de carga resistiva pura señalada en el enunciado del problema.

A) 9,1 A

B) 8,2 A

**131.-** Intensidad de excitación necesaria para mantener, en vacío, una tensión de 3 kV en bornes de la máquina cuando ésta gira a 1200 rpm.

A) 6,1 A

B) 7,3 A

La misma máquina síncrona pasa a trabajar ahora como un motor síncrono conectado a una red de 3 kV y 50 Hz, con el objetivo de arrastrar un par resistente constante de 3600 Nm. Calcular

**132.-** Intensidad de excitación necesaria para que el consumo de intensidad del motor sea mínimo.

A) 9,8 A

B) 7,9 A

**133.-** Par motor máximo que puede desarrollar el motor para una intensidad de excitación de 4 A.

A) 3237 Nm

B) 2837 Nm

## Soluciones

<b>Ejercicio 1</b>	101	B
	102	B
	103	A
<b>Ejercicio 2</b>	104	B
	105	A
	106	A
<b>Ejercicio 3</b>	107	A
	108	B
	109	A
<b>Ejercicio 4</b>	110	B
	111	B
<b>Ejercicio 5</b>	112	B
	113	A
	114	A
	115	B
<b>Ejercicio 6</b>	116	A
	117	A
	118	A
<b>Ejercicio 7</b>	119	B
	120	A
	121	A
	122	B
<b>Ejercicio 8</b>	123	B
	124	A
	125	B
<b>Ejercicio 9</b>	126	A
	127	B
	128	A
	129	A
<b>Ejercicio 10</b>	130	A
	131	B
	132	A
	133	A