

Laboratorio de Transformadores y Máquinas Síncronas

Clave: 1131073

ÁREA DE INGENIERÍA ENERGÉTICA Y ELECTROMAGNÉTICA^{∇2}

Prof. Víctor Manuel Jiménez Mondragón

e-mail: vmjm1986@gmail.com

Práctica 5: Máquina Síncrona

IEE _____ IEE

1. Objetivos

- Conocer y determinar el papel de cada componente de la máquina síncrona.
- Medir las resistencias de los devanados del estator y de campo utilizando el puente de Wheatstone.
- Realizar la prueba de vacío y de cortocircuito a la máquina síncrona.
- Determinar los parámetros que representan las pérdidas en una máquina síncrona.

2. Cuestionario

En esta sección se presenta el cuestionario necesario para el desarrollo de la Práctica.

1. ¿Cuáles son las componentes más importantes de la máquina síncrona?
2. ¿A qué velocidad gira el rotor de una máquina síncrona?
3. ¿Qué entiende por reactancia síncrona?
4. ¿Cuáles son las pruebas que se realizan en una máquina síncrona para determinar los parámetros que representan sus pérdidas?
5. ¿Qué representa la característica de circuito abierto en la máquina síncrona?
6. ¿Qué entiende por la relación de cortocircuito?

Tabla 1: Material y equipo a ser empleado

Cantidad	Material
1	Banda de acoplamiento.
3	Vóltmetro de precisión (marca YEW).
3	Amperímetro de precisión (marca YEW).
2	Juego de cables.
3	Multímetro.
1	Tacómetro.
1	Puente de Wheatstone.
Cantidad	Equipo
1	Máquina síncrona 120 VA, 1800 rpm, 220 V, 0.31 A, 60 Hz.
1	Máquina de CD.

3. Desarrollo Experimental

En esta sección se describen los pasos a seguir para el desarrollo de la práctica.

1. Medición de resistencias

- 1.1. Medir utilizando el puente de Wheatstone la resistencia de los devanados de la máquina síncrona, la cual está conectada en estrella y cuyas terminales son: 1-4, 2-5, 3-6 y 7-8. Es importante mencionar que las terminales 7-8 corresponden al devanado de campo de la máquina síncrona y para realizar la medición, es necesario posicionar el reóstato de campo en un valor de resistencia cero. Utilizar el multímetro para determinar la posición del reóstato que cumple con esta condición. Anotar los resultados en la Tabla 2.

Tabla 2: Medición de resistencias

Devanados	Resistencia [Ω]
1-4	
2-5	
3-6	
7-8	

2. Pruebas a la máquina síncrona

2.1. Prueba de circuito abierto

- 1) Armar el circuito mostrado en la Figura 1. Dejar abiertas las terminales de la armadura de la máquina síncrona la cual está conectada en estrella.
- 2) Llevar a velocidad de sincronismo (1800 rpm) a la máquina síncrona con la máquina de CD. Esta velocidad se debe de mantener constante durante todo el experimento. El devanado de campo de la máquina síncrona debe estar abierto tal que la excitación sea cero.

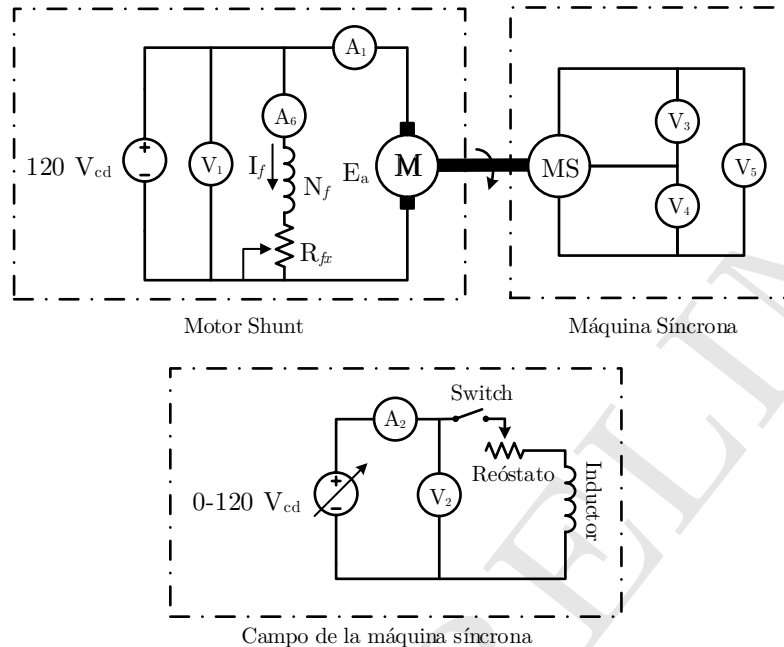


Figura 1: Prueba de circuito abierto.

- 3) Medir utilizando la escala más pequeña de los voltímetros, los valores de V_3 , V_4 y V_5 (con excitación nula en el devanado de campo). Anotar las mediciones de voltaje.

NOTA: Antes de continuar, cerrar el interruptor del devanado de campo.

- 4) Variar el voltaje de excitación V_{exc} en el devanado de campo de la máquina síncrona y reajustar por medio de la máquina de CD la velocidad de la máquina síncrona (1800 rpm), hasta alcanzar 1.25 veces la corriente nominal de excitación I_{exc} en el devanado de campo de la máquina síncrona. Monitorear las mediciones de V_1 , V_2 , A_1 , A_2 y A_6 , de modo que no se tengan valores (no permitidos) que superen las condiciones nominales del motor de CD y del devanado de campo. Anotar la mediciones realizadas en la Tabla 3.

2.2. Prueba de cortocircuito

- 1) Armar el circuito mostrado en la Figura 2, realizando un cortocircuito a través de los amperímetros en las terminales de la máquina síncrona la cual está conectada en estrella. El devanado de campo de la máquina síncrona debe estar abierto tal que la excitación sea cero.
- 2) Llevar a velocidad de sincronismo (1800 rpm) a la máquina síncrona con la máquina de CD. Esta velocidad se debe de mantener constante durante todo el experimento.
- 3) Ajustar el reóstato de campo de la máquina síncrona a su posición extrema tal que la resistencia del reóstato sea la máxima. Es importante corroborar esta condición con un multímetro.

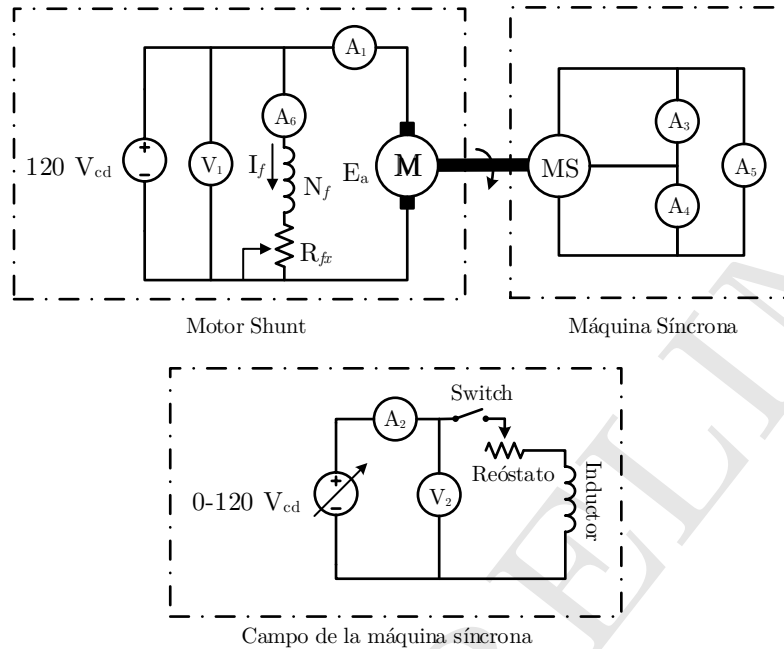


Figura 2: Prueba de cortocircuito.

NOTA: Antes de continuar, cerrar el interruptor del devanado de campo.

- 4) Variar el voltaje de excitación V_{exc} cuidadosamente y reajustar por medio de la máquina de CD la velocidad de la máquina síncrona (1800 rpm), hasta alcanzar 1.25 veces la corriente nominal de excitación I_{exc} en el devanado de campo de la máquina síncrona. Monitorear las mediciones de V_1 , V_2 , A_1 , A_2 y A_6 , de modo que no se tengan valores que superen las condiciones nominales del motor de CD y del devanado de campo. Anotar la mediciones realizadas en la Tabla 4.

NOTA: Los valores de la corriente de excitación para la prueba de circuito abierto y de cortocircuito debe ser los mismos. Se recomienda tomar 10 mediciones por cada prueba

NOTA: Los subíndices *promedio* de la Tabla 3 y 4, indican que se trata del promedio de las mediciones de voltaje en las terminales de la armadura y la corriente en la armadura, respectivamente.

Tabla 3: Mediciones para la prueba de circuito abierto.

I_{exc} [A]	V_{exc} [V]	$V_{a_{promedio}}$ [V]

Tabla 4: Mediciones para la prueba de cortocircuito.

I_{exc} [A]	V_{exc} [V]	$I_{a_{promedio}}$ [A]

4. Actividades

En esta sección se presentan las actividades que se deberán incluir en el reporte de la Práctica.

1. Trazar la característica de circuito abierto de la máquina síncrona. Para trazar la línea del entrehierro, será necesario extrapolar los primeros valores en donde la característica de circuito abierto tenga un comportamiento lineal.
2. Trazar (junto con la característica de circuito abierto) la característica de cortocircuito de la máquina síncrona.
3. Calcular la impedancia y reactancia síncrona saturada y no saturada en $[\Omega]$ por fase y en por unidad para todas las mediciones tomadas. Utilizar las siguientes ecuaciones:

$$Z_{s_{no-s}} = \frac{V_{ln-ag}}{I_{a@Vln-ag}} \quad (1)$$

$$Z_{s_s} = \frac{V_{ln-CCA}}{I_{a@Vln-CCA}} \quad (2)$$

$$R_a = 0,5R_{medida} \quad (3)$$

$$X_{s_s} = \sqrt{Z_{s_s}^2 - R_a^2} \quad (4)$$

$$X_{s_{no-s}} = \sqrt{Z_{s_{no-s}}^2 - R_a^2} \quad (5)$$

Si se considera $R_a=0$, entonces:

$$X_{s_{no-s}} = \frac{V_{ln-ag}}{I_{a@Vln-ag}} \quad (6)$$

$$X_{s_s} = \frac{V_{ln-CCA}}{I_{a@Vln-CCA}} \quad (7)$$

Para los cálculos en por unidad, basta con dividir las cantidades dadas en $[\Omega/\text{fase}]$ por la Z_{base} , la cual se calcula de la siguiente manera:

$$Z_{base} = \frac{V_L^2}{S_{nom}} = \frac{V_{ln}}{I_{an}} \quad (8)$$

donde:

Z_{s_s} = Impedancia síncrona saturada en $[\Omega]$ por fase.

$Z_{s_{no-s}}$ = Impedancia síncrona no saturada en $[\Omega/\text{fase}]$.

I_{an} = Corriente de armadura nominal en $[A]$.

$I_{a@Vln-CCA}$ = Corriente de armadura en $[A]$, correspondiente a la misma corriente de campo con la que se tiene el voltaje nominal para la característica de circuito abierto (CCA).

$I_{a@Vln-ag}$ = Corriente de armadura en $[A]$, correspondiente a la misma corriente de campo con la que se tiene el voltaje nominal de la línea del entrehierro.

R_{medida} = Resistencia promedio medida en las terminales de la armadura en $[\Omega/\text{fase}]$ (ver Tabla 2).

R_a = Resistencia de armadura en $[\Omega/\text{fase}]$.

X_{s_s} = Reactancia síncrona saturada dada en $[\Omega/\text{fase}]$.

$X_{s_{no-s}}$ = Reactancia síncrona no saturada en $[\Omega/\text{fase}]$.

V_{ln-ag} = Voltaje nominal de línea a neutro en [V] de la línea del entrehierro.

V_{ln-CCA} = Voltaje nominal de línea a neutro en [V] de la característica de circuito abierto.

Z_{base} = Impedancia base en $[\Omega/\text{fase}]$.

V_L = Voltaje de línea nominal.

S_{nom} = Potencia aparente nominal de la máquina síncrona.

4. Comparar los valores de la impedancia síncrona no saturada.
5. Calcular la magnitud de la inductancia L_{af} mediante (9), utilizando la medición del voltaje nominal V_{ln-CCA} ya que es igual a la magnitud del voltaje generado E_{af} ya que la máquina está en vacío.

$$E_{af} = \frac{\omega_e L_{af} I_f}{\sqrt{2}} \quad (9)$$

6. Graficar la impedancia síncrona como función de la corriente de campo ($Z_{s_s} = f(I_{exc})$). Realizar el análisis de resultados correspondiente.
7. Obtener la relación de cortocircuito y calcular su valor inverso. Comparar este resultado con los valores en por unidad de la reactancia síncrona saturada y no saturada que se calculó utilizando los valores nominales de voltaje y considerando $R_a = 0$.

Bibliografía Recomendada

- [1] A. E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr. y Stephen D. Umans, "Máquinas Eléctricas", 6° Edición, McGraw Hill.
- [2] Bhag S. Guru, Huseyin R. Hiziroglu, "Máquinas Eléctricas y Transformadores", 3° Edición, Oxford University Press, 2003.
- [3] Jimmie J. Cathey, "Máquinas eléctricas: análisis y diseño con Matlab", McGraw-Hill/Interamericana, 2002.
- [4] Stephen J. Chapman, "Máquinas Eléctricas", 5° Edición, McGraw-Hill, 2012.