



DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA

AREA ELÉCTRICA

LABORATORIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Práctica No. 8

EL MOTOR SÍNCRONO

Jiménez Mondragón Víctor Manuel

I OBJETIVO

Estudiar experimentalmente el comportamiento en estado permanente del motor síncrono.

II PRERREQUISITOS

- Relaciones voltaje - corriente en la máquina síncrona.
- Regulación de voltaje y flujo de potencia en el motor.
- Relaciones de potencia – par en el motor síncrono.

III MATERIAL A UTILIZAR

- Una consola con fuente de voltaje: 0-120/208 V, 3 ϕ .
- Un módulo motor/generador síncrono: 1/4 CP/120 W, 1,800 RPM, 120/208 V, 3 ϕ .
- Un módulo de electro dinamómetro: 0-27 Lbf-pulgada.
- Un módulo de medición de voltaje: 0-100/250 V CA (3).
- Un módulo de medición de corriente: 0-0.5/2.5/8.0 A CA (3).
- Un módulo de medición de voltaje y corriente de CD: 0-20/200 V CD, 0-2.5/5 A CD.
- **Un tacómetro manual: 0-10,000 RPM.**
- **Una banda de acoplamiento.**
- **3 juegos de cables de conexión.**
- **4 multímetros digitales**

IV DESARROLLO EXPERIMENTAL

4.1 *Estudio por inspección de la máquina síncrona*

- a).- Examine cuidadosamente la estructura del estator o parte estacionaria de la máquina, fijándose especialmente en su devanado. Observe que está formado por tres arrollamientos idénticos de corriente alterna que se instalan en la ranuras del estator y se distribuyen uniformemente alrededor de este. Identifique sus terminales en la placa frontal de la máquina.
- b).- Examine ahora el rotor o sección giratoria de la máquina, distinguiendo en su estructura 4 polos salientes con un arrollamiento de corriente directa, cuyas terminales se conectan a un par de anillos colectores montados en la flecha del rotor. Sobre los anillos colectores se tienen unas escobillas a través de las cuales se conecta el arrollamiento a las terminales en la placa al frente de la máquina. El campo dispone de un interruptor para conectarse a la fuente. Observe también que en serie con el campo se tiene un reóstato, el cual se utiliza para controlar la magnitud de la corriente de excitación.
- c).- Por último observe que en el rotor se tiene una estructura “*jaula ardilla*” que constituye el arrollamiento amortiguador o de arranque.

4.2 *Conexión y efecto de la excitación del motor síncrono.*

- a).- Conecte el circuito mostrado en la figura No. 1 en donde los devanados del estator de la máquina síncrona están conectados a través del módulo de medición de potencia trifásica (*2 wáttmetros*) a la salida trifásica fija de 208 V CA de la fuente de alimentación. Observe que el campo del motor se conecta a la salida variable 0-120 V CD, y que el electrodinamómetro se alimenta con una tensión fija de 120 V CA.
- b).- Sin acoplar aún el electrodinamómetro y con el interruptor de campo abierto conecte la fuente de alimentación y observe el sentido de rotación del motor. Si el giro no es en el sentido de las manecillas del reloj, desconecte la fuente e intercambie dos de las líneas de la alimentación trifásica.

c).- Acople el electrodinamómetro al motor por medio de la banda. La perilla de control del reóstato de campo del motor y del electrodinamómetro, deben estar en su posición extrema en sentido contrario a las manecillas del reloj. En el primer caso, para tener la mínima corriente de excitación, y en el segundo, para proporcionar la menor carga al motor durante el experimento.

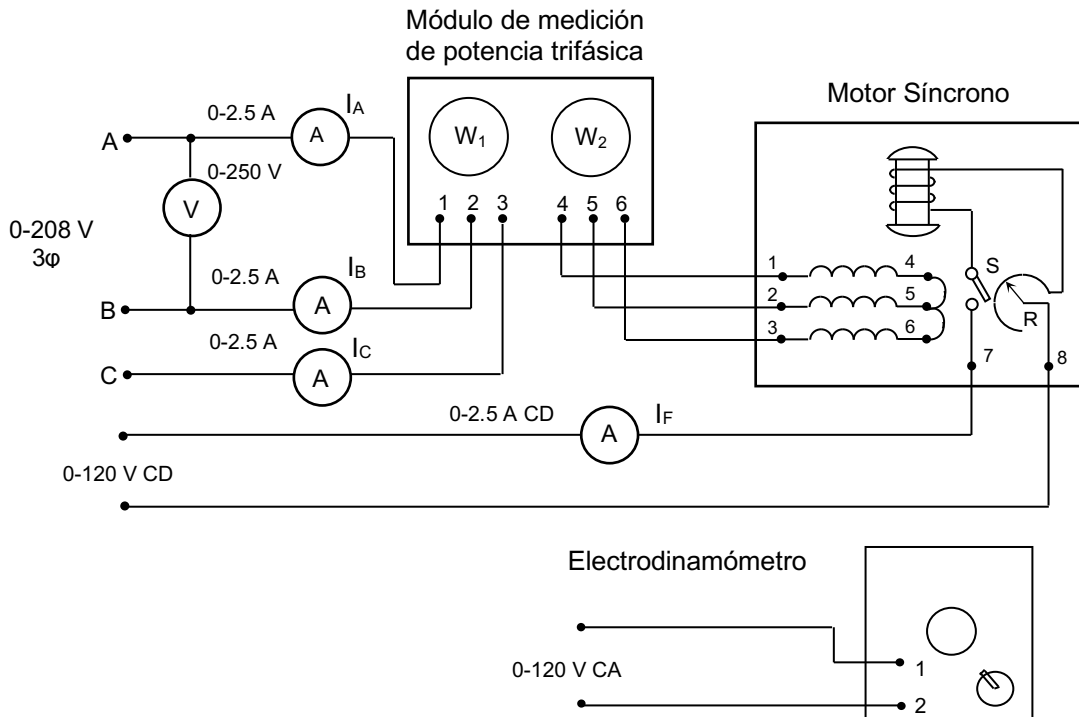


Figura. No. 1. El motor síncrono

d).- Con el interruptor de campo abierto conecte la fuente aplicando un voltaje de línea de 208 V CA. Una vez que el motor se haya acelerado, mida y anote en el renglón de **excitación nula** en la tabla No. 1, las corrientes en las líneas de I_A , I_B , e I_C , la velocidad del motor N y la potencia en cada uno de los wáttmetros, W_1 y W_2 .

Tabla No. 1. Datos de la conexión del motor síncrono

Operación del motor	Excitación	V_L V	I_F A	I_A A	I_B A	I_C A	W_1 W	W_2 W	N RPM
Antes de sincronizar	Nula	208							
Sincronizado	Mínima	208							
	Medía	208							
	Máxima	208							

e).- Sin desconectar el motor de la fuente trifásica, con el interruptor de campo abierto y con el reóstato de campo a su máxima resistencia (la perilla debe de estar en su posición extrema en el sentido contrario de las manecillas del reloj) ajuste el voltaje de alimentación al campo del motor hasta alcanzar 120 V CD. Cierre el interruptor de campo. Con esto, el motor se debe sincronizar y girar a una velocidad constante de 1,800 RPM. En estas condiciones la máquina síncrona se encuentra operando como motor síncrono. Registre la corriente de campo I_F y las lecturas indicadas en el inciso anterior, anotando en el renglón de **excitación mínima**.

- f).- Haga girar la perilla del reóstato de campo del motor para obtener la mínima corriente del estator, según lo indiquen los amperímetros en las líneas de alimentación de CA. En esta condición los dos wáttmetros deben indicar lecturas idénticas y el motor se comporta como una carga resistiva y su factor de potencia es unitario. Tome lecturas y reporte los datos en el renglón correspondiente a **excitación media**.
- g).- Aumente la corriente de excitación del rotor, colocando la perilla de control del reóstato de campo en su posición extrema en el sentido de las manecillas del reloj (*resistencia mínima*). Tome lecturas y reporte los datos en el renglón correspondiente a **excitación máxima**. Observe el efecto de la corriente de campo en la corriente de alimentación del motor.
- h).- A partir de los datos de la tabla No. 1, calcule y reporte en la tabla No. 2, la corriente de línea I_L , la potencia activa total P_L , (tome en cuenta la polaridad de los wáttmetros), la potencia aparente S_L , la potencia reactiva Q_L y el factor de potencia FP . Para los cálculos utilice las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 \text{Corriente de línea:} & \quad I_L = \frac{I_A + I_B + I_C}{3} & \quad A \\
 \text{Potencia activa :} & \quad P_L = |\pm W_1 \pm W_2| & \quad W \\
 \text{Potencia aparente:} & \quad S_L = \sqrt{3} V_L I_L & \quad VA \\
 \text{Potencia reactiva:} & \quad Q_L = \sqrt{S_L^2 - P_L^2} & \quad VAR \\
 \text{Factor de potencia:} & \quad FP = \frac{P_L}{S_L} \times 100 & \quad
 \end{aligned}$$

Tabla No. 2. Cálculos de la conexión del motor síncrono

Operación del motor	Excitación	V_L V	I_L A	P_L W	S_L VA	Q_L VAR	FP
Antes de sincronizar	Nula	208					
Sincronizado	Mínima	208					
	Media	208					
	Máxima	208					

3.5. El motor síncrono con carga

- a).- Repita la secuencia de arranque del motor síncrono descrita en el experimento anterior, aplicando la excitación máxima al rotor, para lo cual la perilla de control del reóstato de campo debe ubicarse en su posición extrema en el sentido de las manecillas del reloj (*resistencia mínima*). Cuando el motor se estabilice, aumente la carga, haciendo girar poco a poco la perilla del electrodinamómetro, hasta que la corriente del estator alcance el 100% de su valor nominal. Una vez que esto se obtenga, reduzca la excitación para que la corriente en las líneas de alimentación sea la mínima sin salir de la velocidad de 1,800 RPM. Mida y anote en la tabla No. 3, las corrientes de línea I_A , I_B e I_C , la potencia en el modulo W_1 y W_2 , la corriente de campo I_F , el par T y la velocidad del motor N .
- b).- A continuación sin variar la excitación al rotor, con la perilla de control del electrodinamómetro, disminuya paulatinamente la carga, para obtener valores significativos de la corriente del estator (1, 3/4, 1/2, 1/4, etc.), al menos ocho registros, con una última lectura con el electrodinamómetro desacoplado (*operación en vacío*).

Tabla No. 3. Datos del comportamiento con carga del motor síncrono

No.	Estator						Rotor			
	V_L V	I_A A	I_B A	I_C A	W_1 W	W_2 W	V_F V	I_F A	T Lbf-pulg.	N RPM
1	208						120			
2	208						120			
3	208						120			
4	208						120			
5	208						120			
6	208						120			
7	208						120			
8	208						120			

c).- A partir de los datos obtenidos calcule las cantidades que se indican en la tabla No. 4, a partir de las siguientes expresiones. Antes del cálculo convierta la velocidad a rad/seg y el par a N-m.

Corriente de línea: $I_L = \frac{I_A + I_B + I_C}{3}$ A

Potencia de línea: $P_L = |\pm W_1 \pm W_2|$ W

Factor de potencia en por ciento: $FP = \frac{P_L}{\sqrt{3} V_L I_L} \times 100$

Potencia de campo: $P_F = V_F I_F$ W

Potencia de salida: $P_S = T \omega_2$ W

Eficiencia en por ciento: $\eta = \frac{P_S}{P_L + P_F} \times 100$

Tabla No.4. Cálculos del comportamiento con carga del motor síncrono

No.	I_L A	P_L W	FP %	P_F W	ω_2 rad/s	T N-m	P_S W	CP ¹	η %
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

1/ 1 CP = 746 W

d).- Con los datos de la tabla trace a escala las siguientes curvas, en donde el primer término corresponde a la ordenada. Seleccione escalas apropiadas para poder apreciar las gráficas.

$P_L - T$ $FP - P_S$
 $FP - T$ $\eta - P_S$
 $\omega_2 - T$

V. CUESTIONARIO

- 5.1 *¿En qué aplicaciones se justifica la utilización del motor síncrono?*
- 5.2 *¿Porqué un motor síncrono trabaja a la velocidad síncrona o no trabaja en absoluto?*
- 5.3 *¿Porqué un motor síncrono no es de arranque propio inherente?*
- 5.4 *¿Cómo varía el factor de potencia y la eficiencia del motor cuando la carga se incrementa?*
- 5.5 *¿Qué efectos se tienen en la corriente de línea y en la velocidad, al variarse la excitación en el motor sincronizado?*
- 5.6 *¿Qué efecto tiene la corriente de campo en el factor de potencia del motor síncrono?*

VI BIBLIOGRAFÍA

- S. Chapman. *“Máquinas Eléctricas, 3ª Edición”*. Ed. Mc Graw-Hill, 2003.
- E. Fitzgerald, Ch. Kinsley, S.D. Umans. *“Máquinas Eléctricas, 6ª Edición”*. Ed. Mc Graw-Hill, 2003.