



UNIVERSIDAD VERACRUZANA.
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA.
ZONA XALAPA.



LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS.
RESPONSABLE DR. OSCAR MANUEL LÓPEZ YZA.

NOMBRE: _____ MATRÍCULA: _____
E.E: _____
EQUIPO O BRIGADA: _____ DIA: _____ HORA: _____
PRÁCTICA No. 6 FECHA: _____

NOMBRE DE LA PRÁCTICA:

MOTOR SÍNCRONO, SU CARACTERÍSTICA DE ARRANQUE Y FACTOR DE POTENCIA.

OBJETIVOS

- Analizar la estructura del motor síncrono trifásico.
- Calcular las características de arranque y factor de potencia del motor síncrono trifásico.

EXPOSICIÓN

El motor síncrono deriva su nombre del término velocidad síncrona, que es la velocidad natural del campo magnético del estator. Como ya se vio antes, la velocidad natural de rotación está determinada por el número de pares de polos y la frecuencia de la potencia aplicada.

Al igual que el motor de inducción, el motor síncrono utiliza un campo magnético giratorio, pero a diferencia del motor de inducción, el par desarrollado no depende de las corrientes de inducción del rotor. En resumen, el principio de operación del motor síncrono es el siguiente: se aplica una fuente multifásica de corriente a los devanados del estator y se produce un campo magnético rotatorio. Se aplica una corriente directa a los devanados del rotor y se produce un campo magnético fijo.

El motor está construido de tal forma que cuando dos campos magnéticos reaccionan entre sí, el rotor gira a la misma velocidad que el campo magnético giratorio. Si se aplica una carga al eje del rotor, éste tendrá un atraso momentáneo con relación al campo giratorio; pero seguirá girando a la velocidad síncrona.

Para entender cómo se produce este atraso, imagínese que el rotor esta

acoplado a un campo giratorio por medio de una banda elástica. Las cargas pesadas harán que se estire la banda de modo que la posición del rotor tendrá cierto atraso con respecto al campo del estator, pero el rotor seguirá girando a la misma velocidad. Si la carga es demasiado grande, el rotor se saldrá de sincronismo con el campo giratorio y, como resultado, se parará. En este caso, se dice que el motor está sobrecargado.

El motor síncrono no tiene par de arranque propio en su rotor de modo que, una vez parado el motor, no habría manera de hacer que el rotor entre en acoplamiento magnético con el campo magnético giratorio. Por esta razón, todos los motores síncronos tienen algún medio de arranque. La forma más utilizada y sencilla de arrancar el motor síncrono es usar otro motor que lo impulse hasta que el rotor alcance aproximadamente 90 por ciento de su velocidad síncrona. Entonces el motor de arranque se desconecta, y el rotor entra en acoplamiento con el campo giratorio. En la práctica, el método de arranque más usado consiste en que el motor incluya un devanado de inducción de jaula de ardilla. Este devanado de inducción hace que el rotor alcanza una velocidad próxima a la síncrona, funcionando como un motor de inducción. La jaula de ardilla sigue útil incluso después de que el motor a llegado a la velocidad síncrona, ya que tiende a amortiguan las oscilaciones del motor producidas por cambios repentinos en la carga. El módulo de motor síncrono/generador contiene un rotor con dispositivo de arranque de jaula de ardilla.

Como sabemos, se necesita una potencia reactiva positiva para crear el campo magnético de un motor de corriente alterna. Esta potencia reactiva tiene la desventaja de producir un factor de potencia bajo. Los factores de potencia bajos son indeseables por varias razones. Los valores nominales de los generadores, transformadores y circuitos de abastecimiento están limitados por la capacidad que tienen para llevar corriente. Esto significa que la carga en kilowatts que pueden entregar es directamente proporcional al factor de potencia de las cargas que alimentan. Por ejemplo, un factor de potencia de 0.7, un sistema sólo proporciona el 70% de la carga en kilowatts que podrían entregar a un factor igual a la unidad.

El motor síncrono requiere una considerable potencia reactiva cuando opera en vacío sin ninguna situación de c-d aplicada al rotor. Actúa como una carga inductiva trifásica en una línea de potencia. Cuando el rotor se excita, se produce parte del magnetismo dentro del motor, dando como resultado que el estator tiene que proporcionar una menor cantidad y la potencia reactiva obtenida en la línea de alimentación disminuye. Si al rotor se excita hasta que produce todo el magnetismo, la línea de alimentación sólo tendrá que proporcionar potencia real al estator y el factor de potencia será igual a la unidad. En lo que respecta a la línea de alimentación, el motor síncrono se comporta una con una carga resistiva trifásica.

Si al rotor se excita todavía más, teniendo que crear más magnetismo que el

que requiere el motor, entonces la línea de potencia comienza a proporcionar una potencia reactiva negativa al estator a fin de mantener constante el flujo total.

Sin embargo, la potencia reactiva negativa corresponde a un capacitor y el motor síncrono actúa entonces como una carga capacitiva trifásica con relación a la línea de potencia.

Cuando funciona en vacío, el motor síncrono tiene la propiedad de actuar como un capacitor variable / inductor variable en donde el valor de la reactancia (X_L o X_C) se queda determinada por la intensidad de corriente directa que fluye por el rotor.

Cuando un motor síncrono se usa en el mismo sistema de potencia junto con motores de inducción, mejora el factor de potencia general de sistema.

INSTRUMENTOS Y EQUIPO

Módulo de motor síncrono/generador	EMS 8241
Módulo de medición de c-d (0.5/2.5 A)	EMS 8412
Módulo de medición de c-a (0.5/2.5 A)	EMS 8425
Módulo de medición de c-a (250 V)	EMS 8426
Módulo de vatímetro trifásico	EMS 8441
Módulo de interruptor de sincronización	EMS 8621
Módulo de fuente de alimentación (0-120/208 V, 3 ϕ , 120 Vc-d, 0-120 Vc-d)	EMS 8821
Módulo de electrodinamómetro	EMS 8911
Tacómetro de mano	EMS 8920
Cables de conexión	EMS 8941
Banda	EMS 8942

PROCEDIMIENTOS

**Advertencia: ¡En este experimento de laboratorio se manejan altos voltajes!
¡No haga ninguna conexión cuando la fuente de alimentación esté conectada!
¡La fuente debe desconectarse después de cada medición!**

1. Examine la estructura del módulo EMS 8241 de motor síncrono generador, fijándose especialmente en el rotor, los anillos colectores, el reóstato de campo, las terminales de conexión y el alambrado.
2. Observe el motor desde la parte posterior del módulo:
 - a) Identifique los dos anillos conectores y las escobillas.
¿Se pueden mover las escobillas? _____

- b) Observe que los dos devanados del rotor se llevan hasta los anillos colectores a través de una ranura en el eje del rotor.
- c) Identifique los devanados amortiguadores de c-d en el rotor. (Aunque son dos devanados, están conectados en tal forma que sus fuerzas magneto motrices actúan en oposición, creando así cuatro polos).
- d) Identifique los cuatro polos salientes inmediatamente debajo de los devanados de amortiguación.
- e) Identifique el devanado del estator y observe que es idéntico al de los motores trifásicos de jaula de ardilla y de rotor devanado.

3. Observe la cara delantera del módulo:

- a) Los tres devanados independientes del estator están conectados a las terminales _____ y _____, _____ y _____, y _____.
- b) ¿Cuál es el voltaje nominal de los devanados del estator? _____ V.
- c) ¿Cuál es la corriente nominal del devanado del estator? _____ A.
- d) El devanado del rotor se conecta a través del reóstato de 150Ω a las terminales _____ y _____.
- e) ¿Cuál es la corriente nominal del devanado del rotor? _____ A.
- f) ¿Cuál es el voltaje nominal del devanado del rotor? _____ V.
- g) ¿Cuál es la velocidad nominal y la potencia del motor?

$$R/mín = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$HP = \underline{\hspace{2cm}}$$

CARACTERISTICAS DE ARRANQUE

4. Conecte el circuito ilustrado en la figura 1, utilizando los módulos EMS de motor síncrono/generador, fuente de alimentación y medición de c-a. Observe que los tres devanados, del estator están conectados en estrella a la salida trifásica fija de 208 V de la fuente de alimentación, terminales 1, 2 y 3.

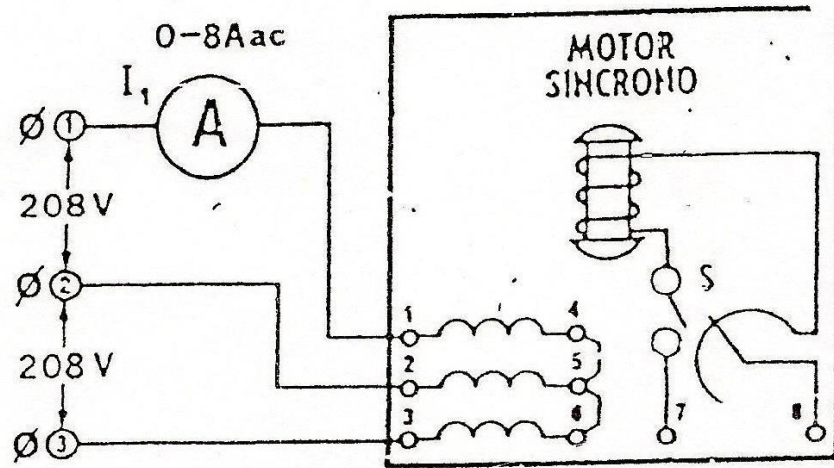


Figura 1

5. a) Conecte la fuente de alimentación. Observe que el motor comienza suavemente a funcionar y sigue operando como un motor ordinario de inducción.
- b) Observe el sentido de rotación.

Rotación = _____ I_1 = _____ A c-a.

- c) Desconecte la fuente de alimentación e intercambie dos de los tres cables que van a la fuente de alimentación.
- d) Conecte la fuente de alimentación y observe el sentido de rotación.

Rotación = _____ I_1 = _____ A c-a.

- e) Desconecte la fuente de alimentación.

6. Conecte el circuito que aparece en la figura 2, con los módulos EMS del electro dinamómetro y el interruptor de sincronización. Acople el motor al electro dinamómetro por medio de la banda.

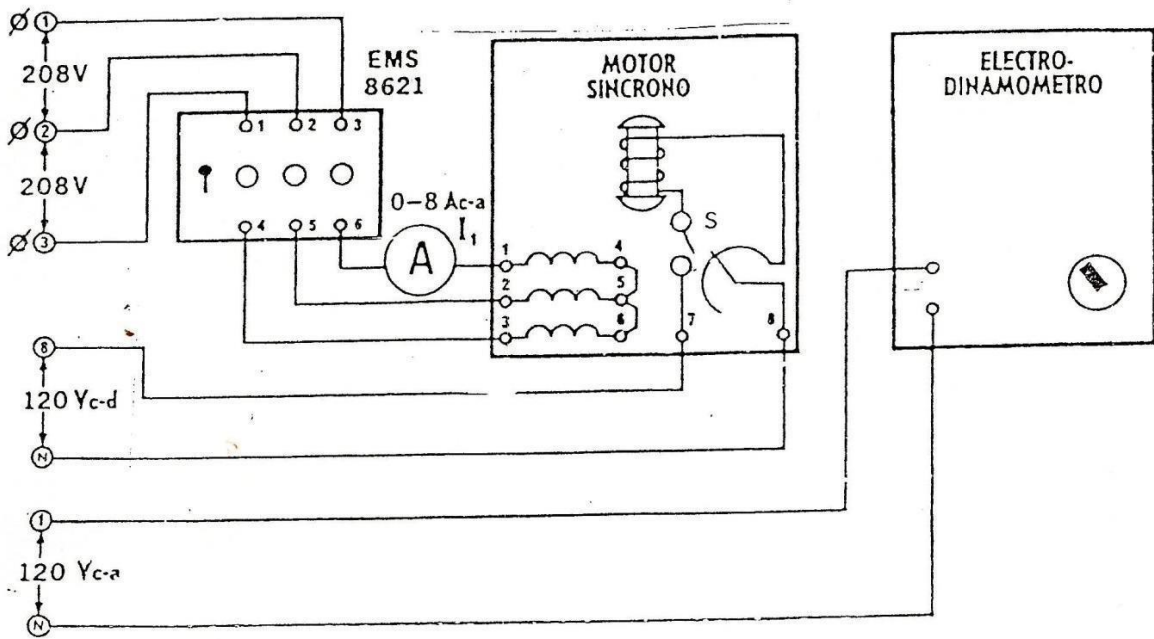


Figura 2

7. a) El módulo de sincronización se utilizará como interruptor para la potencia trifásica que alimenta a los devanados del estator. Ponga el interruptor en la posición "off".
 - b) El electrodinamómetro se conecta a la salida fija de 120 Vc-a de la fuente de alimentación, terminales 1 y N. Ajuste la perilla de control del dinamómetro al 40 % aproximadamente de su excitación.
 - c) El rotor del motor síncrono se conecta a la salida fija de 120 Vc-d de la fuente de alimentación 8 y N. Ajuste el reóstato de campo a una resistencia cero (la perilla de control debe ponerse en la posición extrema, haciéndola girar en el sentido de las manecillas del reloj).
 - d) Si el motor síncrono tiene el interruptor S, ciérrelo al llegar a este paso.
8. a) Conecte la fuente de alimentación. A continuación, aplique la potencia trifásica cerrando el interruptor de sincronización y observe lo que sucede.

¡No aplique potencia por más de 10 segundos!

- b) Describa lo que sucede.

c) ¿Qué lectura le dio el amperímetro?

d) Si un motor síncrono tiene carga, ¿Debe arrancarlo cuando existe excitación de c-d en su campo?_____.

e) Abra el interruptor *S* del motor síncrono y describa lo que sucede.

9. a) Conecte el rotor del motor síncrono a la salida variable 0-120 Vc-d de la fuente de alimentación, terminales 7 y N. No cambie ninguna de las terminales o los ajustes de control.

b) Con el control de voltaje variable de salida en cero, conecte la fuente de alimentación. Aplique potencia trifásica cerrando el interruptor de sincronización y observe lo que sucede.

c) Describa lo que paso.

d) ¿Funciona el aparato como motor de inducción?_____.

e) Ajuste cuidadosamente la salida de la fuente de alimentación a 120 Vc-d según lo indique el medidor de la fuente de alimentación.

f) Describa lo que sucede:

g) ¿Está operando el motor como motor síncrono?_____.

h) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

Nota: Para cargas balanceadas a un factor de potencia a 1, las indicaciones de los dos vatímetros serán idénticas. Cuando el factor de potencia de la carga es 50 %, un medidor indicara cero y el otro indicara una potencia trifásica total. Para factores de potencia intermedios entre 50 y 100 %, un medidor indicará una potencia mayor que la del otro. Para factores de potencia inferiores al 50%, la indicación de uno de los medidores será negativa y el total de la potencia trifásica será la que indique un medidor menos la potencia negativa que indica el otro. A un factor de potencia igual a cero, los

vatímetros indicaran valores idénticos, pero de signo contrario, dando en total una potencia cero. Por consiguiente, existe una relación específica entre las indicaciones de los medidores para cada valor del factor de potencia del circuito.

10. a) Conecte el circuito que aparece en la figura 3, utilizando los módulos EMS del motor/generador síncrono, el vatímetro, fuente de alimentación y módulos de medición. Observe que los devanados del estator están conectados, a través del vatímetro, a la salida fija de 208 V, 3 ϕ de la fuente de alimentación, terminales 1, 2 y 3. El devanado de rotor está conectado, a través del amperímetro, a la salida variable de 0-120 Vc-d de la fuente de alimentación, terminales 7 y N. La perilla de control de voltaje debe estar en cero.
- b) Si el motor está equipado con un interruptor *S*, ábralo al llegar a este paso.
- c) Ajuste el campo del reóstato para resistencia cero. (Haga girar totalmente la perilla en el sentido de las manecillas del reloj).

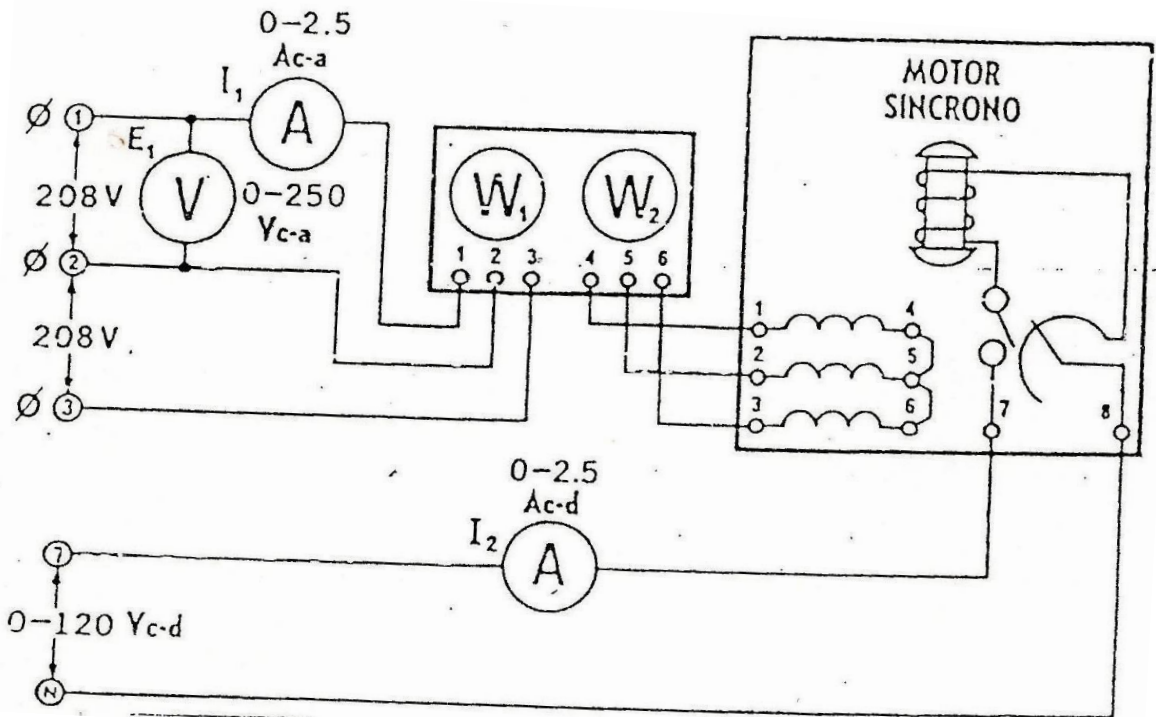


Figura 3

11. a) Conecte la fuente de alimentación; el motor debe comenzar a funcionar. Observe el valor de la corriente alterna *I*₁. El motor toma potencia reactiva

positiva de la fuente de alimentación a una excitación de c-d igual a cero, y

funciona como un inductor.

- b) Si el motor está equipado con un interruptor *S*, ciérrelo al llegar a este paso.
- c) Aumente gradualmente la excitación de c-d hasta que la corriente alterna *I*₁ esté en su valor mínimo. Los vatímetros deben indicar lecturas positivas idénticas, y en lo que respecta a la fuente de alimentación, el motor se comporta como una resistencia.
- d) Observe *I*₁, *I*₂, *W*₁ y *W*₂.

$$\begin{array}{llll}
 I_1 \text{ mínima} = \underline{\hspace{1cm}} & \text{A c-a.} & I_2 = \underline{\hspace{1cm}} & \text{A c-d.} \\
 W_1 = \underline{\hspace{1cm}} & \text{W.} & W_2 = \underline{\hspace{1cm}} & \text{W.}
 \end{array}$$

- e) Aumente la excitación de c-d y observe que la corriente *I*₁ comienza a aumentar nuevamente.
El motor toma una potencia reactiva negativa de la fuente de alimentación y se comporta como un capacitor.

- 12. a) Reduzca la excitación de c-d a cero; mida y anote *E*₁, *I*₁, *W*₁ y *W*₂, en la tabla 1.
- b) Repita esta operación para cada valor de corriente directa indicado en la tabla 1. Cuando la excitación exceda de 0.6 Ac-d, tome las mediciones tan rápidamente como sea posible. Desconecte la fuente de alimentación y cambie la escala del amperímetro cuando la corriente descienda por debajo de 0.5 Ac-d. Recuerde que debe observar las indicaciones de polaridad del vatímetro.
- c) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

13. Llene la tabla 1, calculando la potencia aparente (recuerde que debe multiplicar por 1.73), la potencia real y el factor de potencia para cada valor de corriente directa indicado.

<i>I</i> ₂ (Amps)	<i>E</i> ₁ (Volts)	<i>I</i> ₁ (Amps)	Potencia (VA)	<i>W</i> ₁ (Watts)	<i>W</i> ₂ (Watts)	Potencia	FP
0							
0.1							
0.2							
0.3							
0.4							
0.5							
0.6							
0.7							
0.8							
0.9							

Tabla 1

14. a) De acuerdo con los resultados de la tabla 1, calcule la potencia reactiva, para una corriente del rotor en c-d igual a cero.

_____ = _____ VAR.

b) El factor de potencia ¿Es adelantado o atrasado? _____.

15. De acuerdo con los resultados de la tabla 1, calcule la potencia reactiva cuando la corriente alterna I_1 está en su valor mínimo.

_____ = _____ VAR.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

1.- ¿Qué precauciones deben tomarse durante el periodo de arranque de un motor síncrono?

2.- Si se quitara el devanado de jaula de ardilla de un motor síncrono, ¿Podría arrancar por si solo? _____

3.- Indique dos razones por las que el devanado del rotor de un motor síncrono se conecta casi siempre a una resistencia externa durante el arranque.

a) _____

b) _____

4.- El motor síncrono se denomina a veces capacitor síncrono. Explique esto.

5.- ¿Podría llamarse a un motor síncrono, inductor síncrono?

- 6.- a) En la gráfica de la figura 4 marque los valores anotados de corriente alterna en función de los valores de corriente directa según la tabla 1. Trace una curva continua por todos los puntos marcados.
- b) En la gráfica de la figura 4 marque los factores de potencia medidos en función de los valores de corriente según la tabla 1.
- c) Dibuje una curva continua por los puntos marcados.

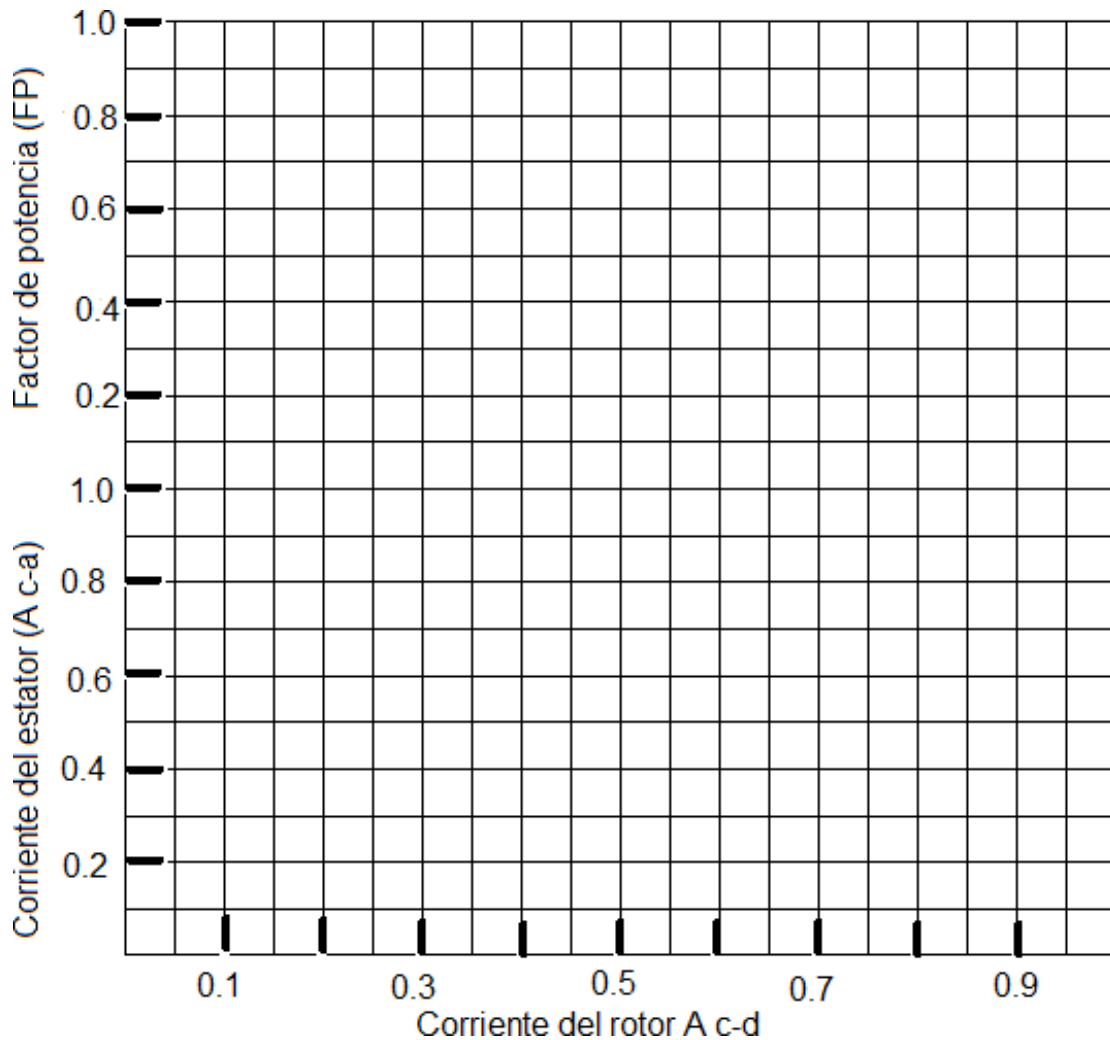


Figura 4

- d) Haga sus comentarios acerca de la forma de ambas curvas.

7.- Escriba sus observaciones acerca de la potencia real consumida por el motor durante el procedimiento 12.

Tomado del libro:

WILDI, THEODORE & NDE VITO MICHAEL J., EXPERIMENTOS CON EQUIPO ELÉCTRICO.

LIMUSA, 6a REIMPRESIÓN, MÉXICO 1987.