

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	1/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 1.

EL TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	2/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial en alterna	Descarga eléctrica y daño al equipo
2	Diferencia de potencial en directa	

2. Objetivos de aprendizaje

1. Conocer las relaciones de voltaje y corriente de un transformador.
2. Estudiar las corrientes de excitación, la capacidad en Volt-Amperes y las corrientes de cortocircuito de un transformador.

3. Introducción

Los transformadores son probablemente la parte de equipo de mayor uso en la industria eléctrica. Varían en tamaño desde unidades miniatura para radios de transistores, hasta unidades gigantescas que pesan toneladas y que se emplean en las estaciones centrales de distribución de energía eléctrica. Sin embargo, todos los transformadores tienen las mismas propiedades básicas, que son las que se verán a continuación.

Cuando existe una inducción mutua entre dos bobinas o devanados, un cambio en la corriente que pasa por uno de ellos induce un voltaje en el otro. Todos los transformadores poseen un devanado primario y uno o más secundarios. El devanado primario recibe energía eléctrica de una fuente de alimentación y acopla esta energía al devanado secundario mediante un campo magnético variable. La energía toma la forma de una fuerza electromotriz que pasa por el devanado secundario y, si se conecta una carga a éste, la energía se transfiere a la carga. Así pues, la energía eléctrica se puede transferir de un circuito a otro sin que exista una conexión física entre ambos. Los transformadores son indispensables en la distribución de potencia en CA, ya que pueden convertir la potencia eléctrica que esté a una corriente y voltajes dados, en una potencia equivalente a otra corriente y voltaje dados.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	3/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Cuando un transformador está funcionando, pasan corrientes alternas por sus devanados y se establece un campo magnético alterno en el núcleo de hierro. Como resultado, se producen pérdidas de cobre y hierro que representan potencia real (*Watts*) y que hacen que el transformador se caliente. Para establecer un campo magnético se requiere una potencia reactiva (*vars*) que se obtiene de la línea de alimentación. Por estas razones, la potencia total entregada al devanado primario es siempre ligeramente mayor que la potencia total entregada por el devanado secundario. Sin embargo, se puede decir, que aproximadamente en casi todos los transformadores:

- a) Potencia del Primaría (*Watts*) = Potencia del secundario (*Watts*)
- b) Volt-Amperes del primario (*VA*) = Volt-Amperes del secundario (*VA*)
- c) Vars del primario = *Vars* del secundario

Cuando el voltaje del primario se eleva más allá de su valor nominal, el núcleo de hierro (laminaciones) comienza a saturarse y la corriente de magnetización (de excitación) aumenta con gran rapidez.

Los transformadores pueden sufrir cortocircuitos accidentales causados por desastres naturales o motivados por el hombre. Las corrientes de cortocircuito pueden ser muy grandes y, a menos que se interrumpan, queman al transformador en un corto tiempo. El objetivo de este Experimento de Laboratorio es demostrar estos puntos importantes.

4. Material y equipo

Módulo de transformador		EMS 8341
Módulo de fuente de alimentación	120/208 Vca	EMS 8821
Módulo de medición de ca	100/100/250/250 V	EMS 8426
Módulo de medición de ca	0.5/0.5/.05 A	EMS 8425
Cables de Conexión		EMS 8941
Ohmímetro		

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	4/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5- Desarrollo

**Precaución: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes!
¡No haga conexión alguna en la energía conectada! ¡La fuente desconectarse después de hacer cada medición!**

1. Examine la estructura del **Módulo EMS 8341 de transformador**, fijándose especialmente en el transformador, las terminales de conexión y el alambrado.

- a) El núcleo del transformador está hecho de capas delgadas (laminaciones) de acero. Identifíquelo.
- b) Observe que los devanados del transformador están conectados a las terminales montadas en la bobina del transformador.
- c) Observe que estos devanados van conectados a las terminales de conexión montadas en la cara del módulo.

2. Identifique los tres devanados independientes del transformador marcados en la cara del módulo.

- a) Anote el voltaje nominal de cada uno de los tres devanados:

Terminales 1 a 2 = _____ V_{ca}

Terminales 3 a 4 = _____ V_{ca}

Terminales 5 a 6 = _____ V_{ca}

- b) Escriba el voltaje nominal entre las siguientes terminales de conexión:

Terminales 3 a 7 = _____ V_{ca}

Terminales 7 a 8 = _____ V_{ca}

Terminales 8 a 4 = _____ V_{ca}

Terminales 3 a 8 = _____ V_{ca}

Terminales 7 a 4 = _____ V_{ca}

Terminales 5 a 9 = _____ V_{ca}

Terminales 9 a 6 = _____ V_{ca}

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	5/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

c) Indique la corriente nominal de cada una de las siguientes conexiones:

Terminales 1 a 2 = _____ A ca

Terminales 3 a 4 = _____ A ca

Terminales 5 a 6 = _____ A ca

Terminales 3 a 7 = _____ A ca

Terminales 8 a 4 = _____ A ca

3. Use la escala más baja del ohmímetro y mida y anote la resistencia en Ω de cada uno de los devanados:

Terminales 1 a 2 = _____ Ω

Terminales 3 a 4 = _____ Ω

Terminales 3 a 7 = _____ Ω

Terminales 7 a 8 = _____ Ω

Terminales 8 a 4 = _____ Ω

Terminales 5 a 6 = _____ Ω

Terminales 5 a 9 = _____ Ω

Terminales 9 a 6 = _____ Ω

4. A continuación medirá los voltajes del secundario sin carga, cuando se aplican 120 Vca al devanado primario.

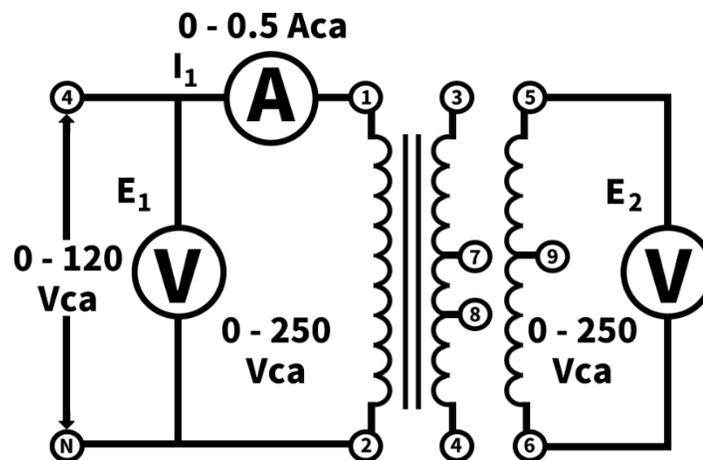


Figura 1-1

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	6/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- a) Conecte el circuito que se ilustra en la Figura 1-1.
- b) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 120 Vca , según lo indique el voltímetro conectado a las terminales 4 y N.
- c) Mida y anote el voltaje de salida E_2 .
- d) Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.
- e) Repita los procedimientos (b, c y d) midiendo el voltaje de salida E_2 para cada devanado que se indica.
- f) Devanado 1 a 2 = _____ Vca
 Devanado 3 a 4 = _____ Vca
 Devanado 5 a 6 = _____ Vca
 Devanado 3 a 7 = _____ Vca
 Devanado 7 a 8 = _____ Vca
 Devanado 8 a 4 = _____ Vca
 Devanado 5 a 9 = _____ Vca
 Devanado 9 a 6 = _____ Vca

5. ¿Concuerdan los voltajes medidos con los valores nominales? _____
 Si algunos difieren explique por qué.

¿Puede medir el valor de la corriente magnetizante (de excitación)? _____
 ¿Por qué?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	7/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Los devanados 1 a 2 y 5 a 6 tienen 500 vueltas de alambre. El devanado 3 a 4 tiene 865 vueltas. Calcule, las siguientes relaciones de vueltas:

a) $\frac{\text{devanado 1 a 2}}{\text{devanado 5 a 6}} = \underline{\hspace{2cm}}$

b) $\frac{\text{Devanado 1 a 2}}{\text{devanado 3 a 4}} = \underline{\hspace{2cm}}$

7. a) Conecte el circuito que aparece en la Figura 1-2. Observe que el medidor de corriente I_2 pone en cortocircuito el devanado 5 a 6.

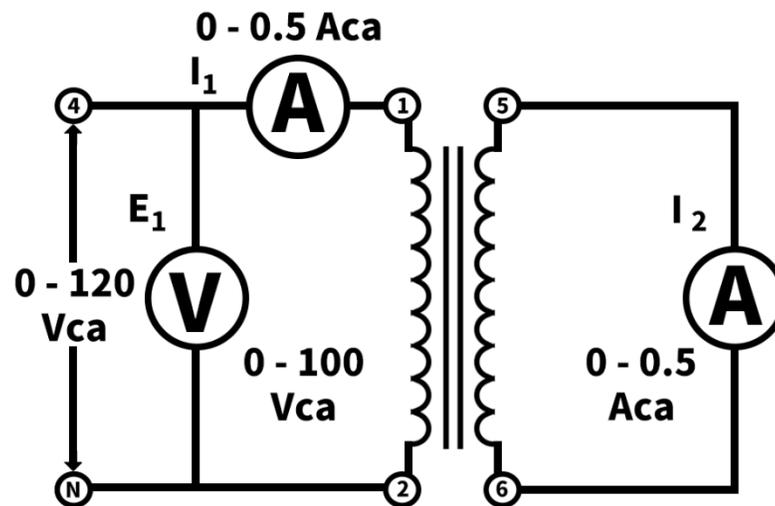


Figura 1-2

b) Conecte la fuente de alimentación y aumente gradualmente el voltaje hasta que la corriente de cortocircuito I_2 sea $0.4 A ca$.

c) Mida y anote I_1 y E_1 .

$I_1 = \underline{\hspace{2cm}} A ca$

$E_1 = \underline{\hspace{2cm}} Vca$

$I_2 = \underline{\hspace{2cm}} A ca$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	8/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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

e) Calcule la relación de corriente:

$$I_1 / I_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

f) ¿Es igual la relación de corrientes a la relación de vueltas? ___ Explique por qué.

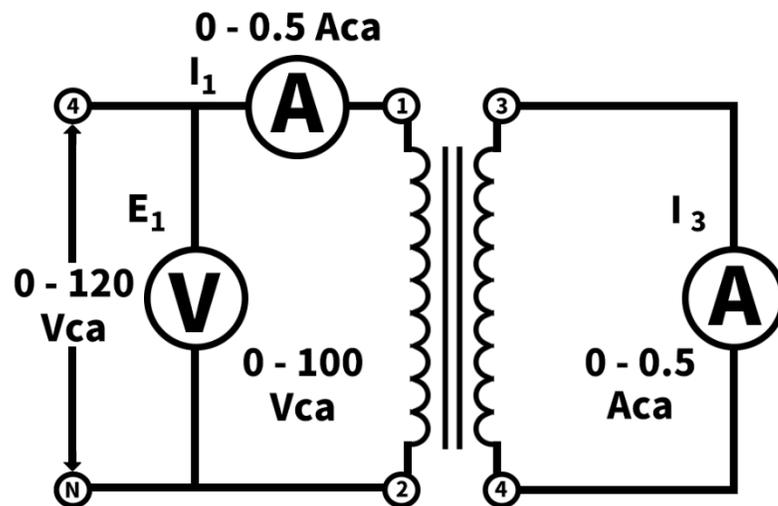


Figura 1-3

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	9/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

8. a) Conecté el circuito que aparece en la Figura 1-3. Observe que el medidor de corriente I_3 pone en cortocircuito al devanado 3 a 4.

b) Conecte la fuente de alimentación y aumente gradualmente el voltaje hasta que la corriente que pasa por el devanado primario I_1 sea $0.4 A ca$.

c) Mida y anote I_3 y E_1 .

$$I_3 = \text{_____} A ca$$

$$E_1 = \text{_____} Vca$$

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

e) Calcule la relación de corriente:

$$I_1 / I_3 = \text{_____}$$

f) Considere esta relación de corriente, ¿es la inversa de la relación de vueltas? _____ Explique por qué.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	10/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

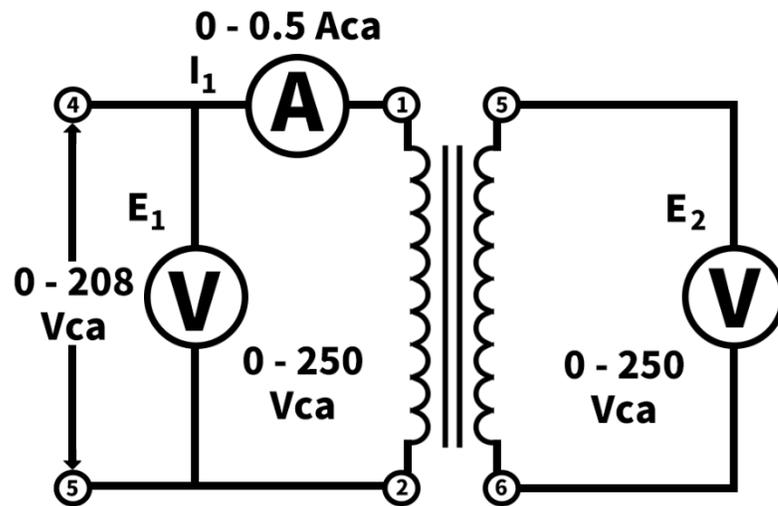


Figura 1-4

9. A continuación determinará el efecto de saturación del núcleo en la corriente de excitación de un transformador.

- a) Conecte el circuito que se ilustra en la Figura 1-4. Observe que las terminales 4 y 5 de la fuente de alimentación se van a utilizar ahora. Estas terminales proporcionan un voltaje variable de 0-208 Vca.
- b) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 25 Vca, tomando esta lectura en el voltímetro conectado a las terminales 4 y 5 de la fuente de alimentación.

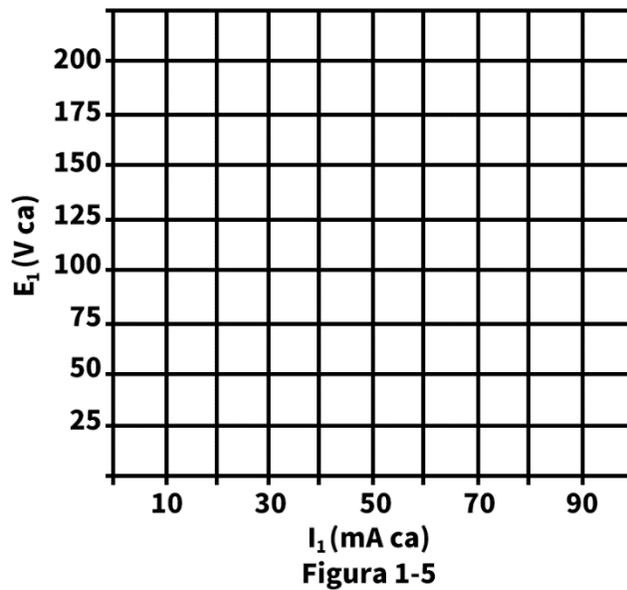
	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	11/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

c) Mida y anote la corriente de excitación, I_1 , y el voltaje de salida E_2 para cada voltaje de entrada que se indica en la siguiente tabla:

E_1 V_{ca}	I_1 mA_{ca}	E_2 V_{ca}
25		
50		
75		
100		
125		
150		
175		
200		

- d) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.
10. a) Marque los valores de corriente anotados, en la gráfica de la Figura 39-5. Luego trace una curva continua que pase por todos los puntos marcados.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	12/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



b) Observe que la corriente de magnetización aumenta rápidamente después de alcanzar cierto voltaje de entrada.

c) ¿Ha variado la relación de voltaje entre los dos devanados, debido a la saturación del núcleo? _____
 Explique por qué.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	13/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Prueba de Conocimientos

1. Si la corriente de cortocircuito que pasa por el devanado secundario 9 a 6, fuera 1 A ca , ¿cuál sería la corriente que pasaría por el devanado primario 1 a 2?

2. Si se pone en cortocircuito el devanado secundario 7 a 8 y el devanado primario 5 a 6 toma una

corriente de 0.5 A ca :

a) Calcule la corriente de cortocircuito que pasa por el devanado 7 a 8.

b) ¿Por qué se deben realizar estas pruebas con la mayor rapidez posible?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	14/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Si se aplica 120 Vca al devanado 3 a 4, indique los voltajes que se tendrán en:

a) devanado 1 a 2 = _____ Vca

b) devanado 5 a 9 = _____ Vca

c) devanado 7 a 8 = _____ Vca

d) devanado 5 a 6 = _____ Vca

4. ¿Cuál de los devanados del **Procedimiento 7** disipa más calor? _____ ¿Por qué?

5. Si se aplicara un voltaje de 120 Vca al devanado 1 a 2 con el devanado 5 a 6 en cortocircuito:

a) ¿Cuál sería la corriente de cada devanado?

b) ¿Cuántas veces es mayor esta corriente que su valor normal?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	15/15
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

c) ¿Cuántas veces es mayor el calor generado en los devanados en estas condiciones, que en condiciones normales?

7. Bibliografía

- Theodore Wildi. Sistemas de transmisión de potencia eléctrica. Reimpresión 1991. Editorial Limusa. México, 1991

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	1/11
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 2.

POLARIDAD DEL TRANSFORMADOR

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	2/11
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial en corriente alterna	Descarga eléctrica al operador y daño al equipo
2	Diferencia de potencial en corriente directa	

2. Objetivos de aprendizaje

1. Determinar la polaridad de los devanados del transformador.
2. Aprender cómo se conectan los devanados del transformador en serie aditiva.
3. Aprender cómo se conectan los devanados del transformador en serie substractiva.

3. Introducción

Cuando se energiza el devanado primario de un transformador por medio de una fuente de ca, se establece un flujo magnético alterno en el núcleo del transformador. Este flujo alterno concatena las vueltas de cada devanado del transformador induciendo así voltajes de ca en ellos. Estudie el circuito que se ilustra en la Figura 2-1.

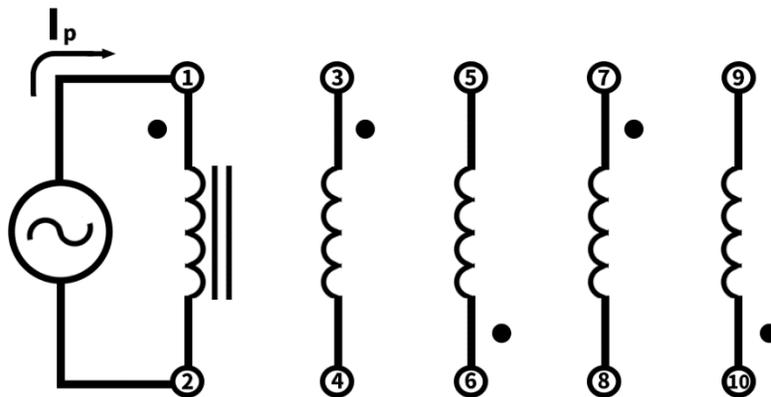


Figura 2-1

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	3/11
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Por definición, un voltaje en *ca* cambia continuamente su valor y su polaridad, por lo tanto, el voltaje aplicado al devanado primario (terminales *1* y *2*) cambia constantemente la polaridad de la terminal *1* con respecto a la de la terminal *2*. Las terminales *1* y *2* no pueden tener jamás la misma polaridad. La terminal *1* debe ser siempre positiva o negativa con respecto a la terminal *2*. Por consiguiente, el flujo magnético alterno induce voltajes en todos los demás devanados, haciendo que aparezca un voltaje de *ca* en cada par de terminales. Las terminales de cada devanado también cambian de polaridad la una en relación con la otra.

Cuando se habla de la "polaridad" de los devanados de un transformador, se trata, de identificar todas las terminales que tienen la misma polaridad (positiva o negativa) en el mismo instante. Por lo común se utilizan marcas de polaridad para identificar estas terminales. Estas marcas pueden ser puntos negros, cruces, números, letras o cualquier otro signo que indique cuáles terminales tienen la misma polaridad. Por ejemplo, en la Figura 2-1 se utilizaron unos puntos negros. Estos puntos negros, o "marcas de polaridad" señalan que, en un instante dado, cuando

1 es positivo con respecto a *2*,

3 es positivo con respecto a *4*,

6 es positivo con respecto a *5*,

7 es positivo con respecto a *8*,

y *10* es positivo con respecto a *9*.

Conviene hacer notar que una terminal no puede ser positiva por sí sola, sólo puede serlo con respecto a otra terminal. En consecuencia, en cualquier momento dado, las terminales *1*, *3*, *6*, *7* y *10* son todas positivas con respecto a las terminales *2*, *4*, *5*, *8* y *9*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	4/11
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Cuando las baterías (o celdas) se conectan en serie para obtener un mayor voltaje de salida, la terminal positiva de una de las baterías se debe conectar con la terminal negativa de la siguiente. Cuando se conectan en esta forma, los voltajes individuales se suman. De igual manera, si los devanados del transformador se conectan en serie para que sus voltajes individuales se sumen o sean aditivos, la terminal con la "marca de polaridad" de un devanado se debe conectar a la terminal "no marcada" del otro devanado.

4. Material y equipo

Módulo de fuente de alimentación	0-120 Vca 0-120 Vcd	EMS 8821
Módulo de medición de ca	250/250/250 V	EMS 8426
Módulo de medición de cd	20/200 V	EMS 8412
Módulo de transformador	0.5/0.5/.05 A	EMS 8341
Cables de Conexión		EMS 8941

5- Desarrollo

**Precaución: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes!
¡No haga conexión alguna con la energía conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!**

1.
 - a) Conecte el medidor de 0-20 V cd a la salida variable en cd de la fuente de alimentación, terminales 7 y N.
 - b) Conecte la fuente de alimentación (EMS 8412) y ajústela lentamente a un voltaje de 10 Vcd.
 - c) Sin tocar la perilla de control del voltaje, desconecte la fuente de energía y desconecte el medidor.
 - d) Conecte el circuito ilustrado en la figura 2-2, utilizando los **Módulos EMS de transformador, fuente de alimentación de cd**. Observe que el medidor de 200 V cd se conecta a las terminales 3 y 4.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	5/11
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

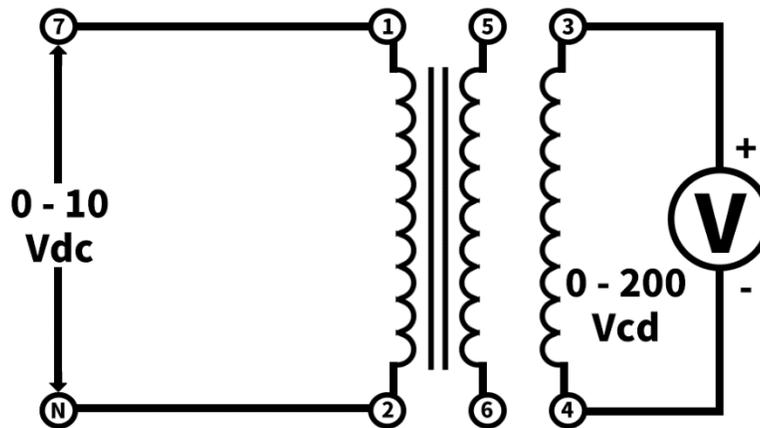


Figura 2-2

e) Observe la deflexión de la aguja del voltímetro de cd en el momento en que se cierra el interruptor de la fuente de alimentación. Si la aguja del voltímetro se desvía momentáneamente a la derecha, las terminales 1 y 3 tienen la misma marca de polaridad. (La terminal 1 se conecta al lado positivo de la fuente de alimentación en cd, y la terminal 3 al polo positivo del voltímetro.)

f) ¿Cuáles terminales son positivas en los devanados 1 a 2 y 3 a 4?

g) Desconecte el voltímetro de cd del devanado 3 a 4, y conéctelo al devanado 5 a 6. Repita la operación (e).

h) ¿Cuáles terminales son positivas en los devanados 1 a 2 y 5 a 6?

i) Vuelva el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

2. En este Procedimiento se conectarán en serie dos devanados de un transformador; al observar los efectos que esto produce, se apreciará la importancia de la polaridad.

a) Conecte el circuito ilustrado en la Figura 2-3, utilizando el Módulo EMS de medición de ca. Observe que la terminal 1 se conecta con la 5.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	6/11
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

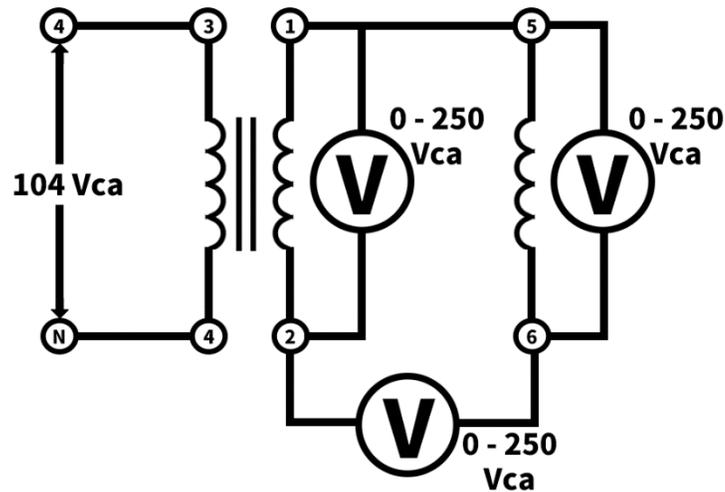


Figura 2-3

b) Conecte la fuente de alimentación y ajústela exactamente a 104 V ca (la mitad del voltaje nominal del devanado 3 a 4).

c) Mida y anote los voltajes en las terminales siguientes:

$$E_{1a2} = \text{_____ } V\text{ ca}$$

$$E_{5a6} = \text{_____ } V\text{ ca}$$

$$E_{2a6} = \text{_____ } V\text{ ca}$$

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

e) Quite la conexión entre las terminales 1 y 5. Conecte las terminales 1 y 6, y luego conecte el voltímetro a las terminales 2 y 5, como se indica en la Figura 2-4.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	7/11
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

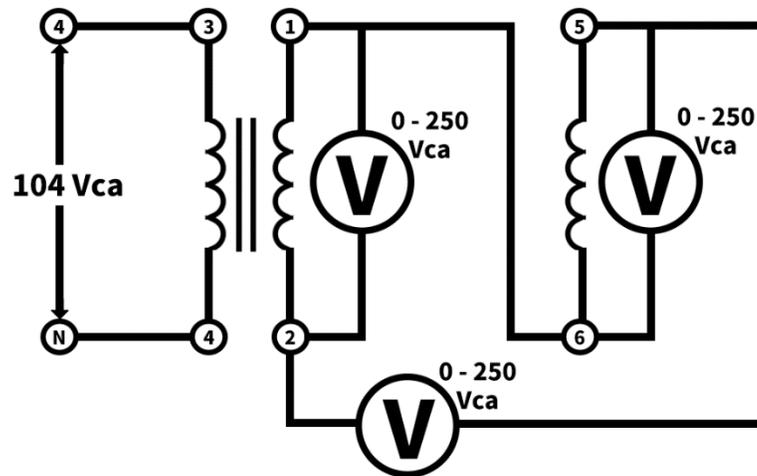


Figura 2-4

f) Conecte la fuente de alimentación y ajústela exactamente a 104 Vca .

g) Mida y anote los voltajes en las terminales siguientes:

$$E_{1a2} = \text{_____ } Vca$$

$$E_{5a6} = \text{_____ } Vca$$

$$E_{2a6} = \text{_____ } Vca$$

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

i) Explique por qué el voltaje con dos devanados en serie es proxímadamente cero en un caso, y casi 120 Vca en el otro.

j) ¿Cuáles terminales tienen la misma polaridad?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	8/11
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. a) Estudie el circuito que aparece en la Figura 2-5. Observe que el devanado 3 a 4 está conectado a una fuente de alimentación de 104Vca. **¡No conecte el circuito todavía! AUTOTRANSFORMADOR**

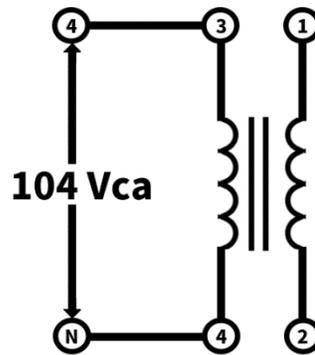


Figura 2-5

- b) ¿Cuál es el voltaje inducido en el devanado 1 a 2? _____ Vca
- c) Si el devanado 1 a 2 se conecta en serie con el devanado 3 a 4, ¿cuáles son los tres voltajes de salida que se pueden obtener? _____ Vca, _____ Vca y _____ Vca.
- d) Conecte el circuito ilustrado en la Figura 2-5 y conecte los devanados en serie, uniendo las terminales 1 y 3.
- e) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 104 Vca. Mida y anote el voltaje entre las terminales 2 y 4.
- $E_{2a4} =$ _____ Vca
- f) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.
- g) Quite la conexión entre las terminales 1 y 3 y conecte las terminales 1 y 4.
- h) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 104 Vca. Mida y anote el voltaje entre las terminales 2 y 3 y 1 a 2.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	9/11
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

$$E_{2a3} = \text{_____} V_{ca}$$

$$E_{1a2} = \text{_____} V_{ca}$$

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

j) ¿Coinciden los resultados de (e) y (h) con lo previsto en (c)? _____
Amplíe su respuesta.

k) ¿Cuáles terminales tienen la misma polaridad?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	10/11
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Prueba de Conocimientos

I. Suponga que tiene una fuente de alimentación de 120 V ca y que todos los devanados del módulo de transformador desarrollan su voltaje nominal; a continuación, se dejaron espacios para que usted indique cómo conectaría los devanados para obtener los siguientes voltajes.

a) 240 V

b) 88 V

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	11/11
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

c) 180 V

d) 92 V

7. Bibliografía

- Theodore Wildi. Sistemas de transmisión de potencia eléctrica. Reimpresión 1991. Editorial Limusa. México, 1991

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	1/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 3.

REGULACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	2/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial en alterna	Descarga eléctrica y daño al equipo
2	Diferencia de potencial en directa	

2. Objetivos de aprendizaje

1. Estudiar la regulación de transformación de voltaje del transformador con cargas variables.
2. Estudiar la regulación del transformador con cargas inductivas y capacitivas.

3. Introducción

La carga de un gran transformador de potencia, en una subestación, usualmente varía desde un valor muy pequeño en las primeras horas de la mañana, hasta valores muy elevados durante los períodos de mayor actividad industrial y comercial. El voltaje secundario del transformador variará un poco con la carga y, puesto que los motores, las lámparas incandescentes y los dispositivos de calefacción son muy sensibles a los cambios en el voltaje, la regulación del transformador tiene una importancia vital. El voltaje secundario depende también de si el factor de potencia de la carga es adelantado, atrasado o en fase. Por lo tanto, se debe conocer la forma en que el transformador se comportará cuando se le somete a una carga capacitiva, inductiva o resistiva.

Si el transformador fuera perfecto (ideal), sus devanados no tendrían ninguna resistencia. Es más, no requeriría ninguna potencia reactiva (*vars*) para establecer el campo magnético en su interior. Este transformador tendría una regulación perfecta en todas las condiciones de carga y el voltaje del secundario se mantendría absolutamente constante. Sin embargo, los transformadores reales tienen cierta resistencia de devanador y requieren una potencia reactiva para producir sus campos magnéticos. En consecuencia, los devanados primario y secundario poseen una resistencia general R y una reactancia general X . El circuito equivalente de un transformador de potencia que tiene una relación de vueltas 1:1, se puede representar aproximadamente por medio del circuito que aparece en la Figura 3-1. Las terminales reales del transformador son P_1 P_2 en el lado del primario y S_1 S_2 en el secundario.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	3/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Se supone que el transformador mostrado entre estas terminales es un transformador perfecto (ideal) en serie el cual tiene una impedancia R y otras imperfecciones representadas por X . Es evidente que, si el voltaje del primario se mantiene constante, el voltaje del secundario variaría con la carga debido a R y X .

Cuando la carga es capacitiva, se presenta una característica interesante, ya que se establece una resonancia parcial entre la capacitancia y la reactancia X , de modo que el voltaje secundario E_2 , incluso tiende a aumentar conforme se incrementa el valor de la carga capacitiva.

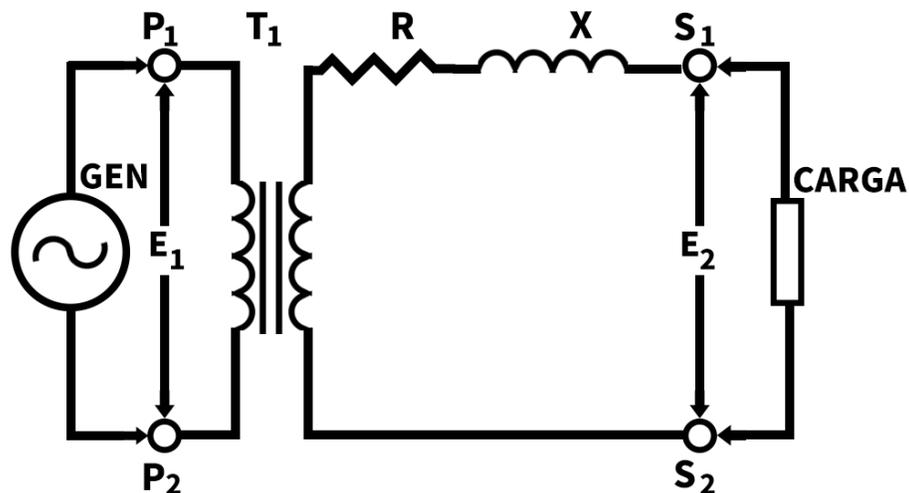


Figura 3-1

4. Material y equipo

Módulo de fuente de alimentación	0-120 V ca	EMS 8821
Módulo de medición de ca	250/250/250 V	EMS 8426
Módulo de medición de ca	0.5/5 A	EMS 8412
Módulo de transformador		EMS 8341
Módulo de resistencia		EMS 8311
Módulo de inductancia		EMS 8321
Módulo de capacitancia		EMS 8331
Cables de Conexión		EMS 8941

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	4/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5- Desarrollo

**Precaución: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes!
¡No haga conexión alguna en la energía conectada! ¡La fuente desconectarse
después de hacer cada medición!**

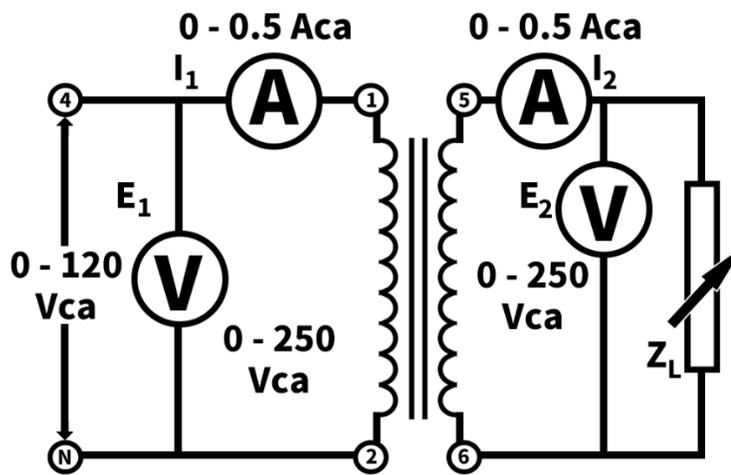


Figura 3-2

1. Conecte el circuito ilustrado en la Figura 3-2, utilizando los **Módulos EMS de transformador, fuente de alimentación, resistencia y medición de CA.**
2.
 - a) Abra todos los interruptores del **Módulo de Resistencia** para tener una corriente de carga igual a cero.
 - b) Conecte la fuente de alimentación y ajústela exactamente a 120 V ca , tornando esta lectura en el voltímetro E_1 .
 - c) Mida y anote en la Tabla 3-1, la corriente de entrada I_1 , la corriente de salida I_2 y el voltaje de salida E_2 .
 - d) Ajuste la resistencia de carga Z_L a 1200 ohms , Cerciórese de que el voltaje de entrada se mantiene exactamente a 120 V ca . Mida y anote I_1 , I_2 y E_2 .
 - e) Repita el procedimiento (d) para cada valor indicado en la Tabla 3-1.
 - f) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	5/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Z_L (ohms)	I_2 (mA ca)	E_2 (V ca)	I_1 (mA ca)
∞			
1200			
600			
400			
300			
240			

Tabla 3-1

3. a) Calcule la regulación del transformador utilizando los voltajes de salida en vacío y a plena carga anotados en la Tabla 3-1.

_____ = _____ %

- b) ¿Son equivalentes el valor de VA del devanado primario y del devanado secundario para cada valor de resistencia de carga indicado en la Tabla?

_____ Amplié su respuesta.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	6/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. a) Repita el **Procedimiento 2** utilizando **Módulos EMS 8321 de inductancia** en lugar de la carga de resistencia.

b) Anote las mediciones obtenidas en la Tabla 3-2.

Z_L (ohms)	I_2 (mA ca)	E_2 (V ca)	I_1 (mA ca)
∞			
1200			
600			
400			
300			
240			

Tabla 3-2

5. a) Repita el **Procedimiento 2** utilizando **Módulos EMS 8331 de capacitancia** en lugar de la carga de resistencia.

b) Anote las mediciones obtenidas en la Tabla 3-3.

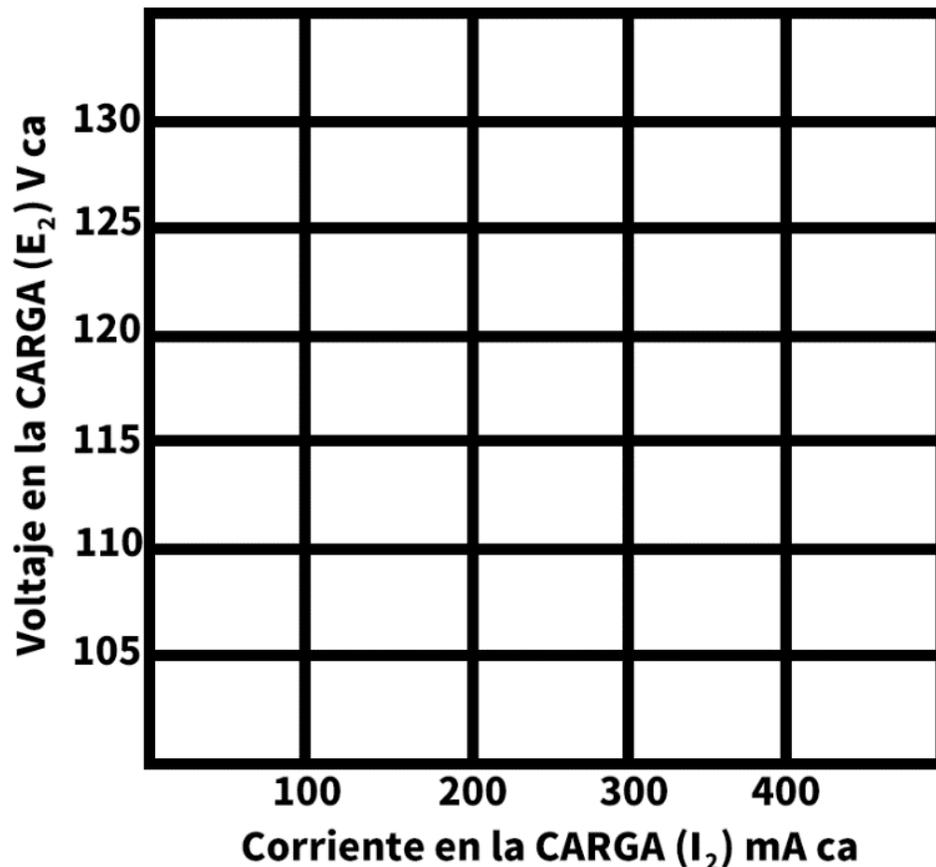
Z_L (ohms)	I_2 (mA ca)	E_2 (V ca)	I_1 (mA ca)
∞			
1200			
600			
400			
300			
240			

Tabla 3-3

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	7/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. A continuación trazará la curva de regulación del voltaje de salida E_2 en función de la corriente de salida I_2 , para cada tipo de carga del transformador.

- a) En la gráfica de la Figura 3-3, marque los valores de E_2 obtenidos para cada valor de I_2 en la Tabla 3-1.
- b) Trace una curva continua que pase por los puntos marcados. Identifique esta curva como "carga resistiva".
- c) Repita los procedimientos (a y b) para las cargas inductivas (Tabla 3-2) y la capacitiva (Tabla 3-3). En estas curvas deberá escribir "carga inductiva" y "carga capacitiva".



	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	8/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Prueba de Conocimientos

1. Explique por qué el voltaje de salida aumenta cuando se utiliza una carga capacitiva.

2. Un transformador tiene una impedancia muy baja (R y X pequeñas):

a) ¿Qué efecto tiene esto en la regulación?

b) ¿Qué efecto tiene esto en la corriente de corto circuito?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	9/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. A veces los transformadores de gran tamaño no poseen propiedades óptimas de regulación. Se diseñan así, a propósito, para que se pueda usar con ellos interruptores de tamaño razonable. Explíquelo.

4. ¿Es aproximadamente igual el calentamiento de un transformador cuando la carga es resistiva, inductiva o capacitiva, para el mismo valor nominal de VA? _____ ¿Por qué?

7. Bibliografía

- Theodore Wildi. Sistemas de transmisión de potencia eléctrica. Reimpresión 1991. Editorial Limusa. México, 1991

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	1/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 4.

EL AUTOTRANSFORMADOR

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	2/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial en alterna	Descarga eléctrica y daño al equipo
2	Diferencia de potencial en directa	

2. Objetivos de aprendizaje

1. Estudiar la relación de voltaje y corriente de un autotransformador.
2. Aprender cómo se conecta un transformador estándar para que trabaje como autotransformador.

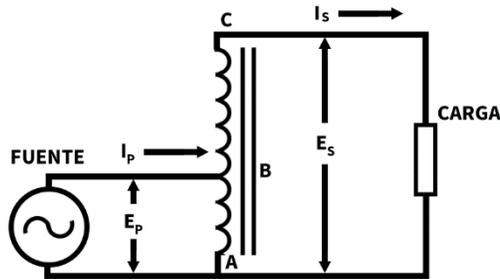
3. Introducción

Existe un tipo especial de transformador que sólo tiene un devanado. Sin embargo, desde el punto de vista funcional, dicho devanado sirve a la vez como primario y secundario. Esta clase de transformador se denomina autotransformador. Cuando se utiliza un autotransformador para elevar el voltaje, una parte del devanado actúa como primario y el devanado completo sirve de secundario. Cuando se usa un autotransformador para reducir el voltaje, todo el devanado actúa como primaria, y parte del devanado funciona como secundario.

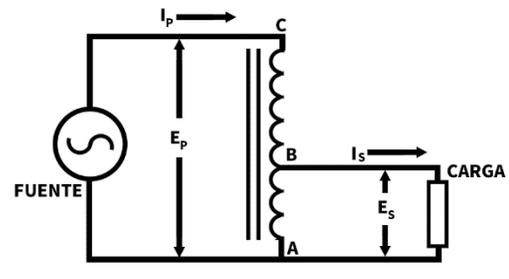
En las Figuras 4-1 (a) y 4-1 (b), se ilustran unos autotransformadores conectados para funcionar en tal forma que eleven o reduzcan el voltaje.

La acción del autotransformador es básicamente la misma que la del transformador normal de dos devanados. La potencia se transfiere del primario al secundario por medio del campo magnético variable y el secundario, a su vez, regula la corriente del primario para establecer la condición requerida de igualdad de potencia en el primario y el secundario. La magnitud de la reducción o la multiplicación de voltaje depende de la relación existente entre el número de vueltas del primario y del secundario, contando cada devanado por separado, sin importar que algunas vueltas son comunes tanto al primario como al secundario.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	3/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



ELEVADOR
(a)
Figura 4-1 (a)



REDUCTOR
(b)
Figura 4-1 (b)

Los voltajes y las corrientes de diversos devanados se pueden determinar mediante dos reglas sencillas:

- a) La potencia aparente del Primario (VA) es igual a la potencia aparente del secundario (VA).

$$(VA)_p = (VA)_s$$

$$E_p I_p = E_s I_s$$

- b) El voltaje del primario (de fuente) y el del secundario (carga) son directamente proporcionales al número de vueltas N.

$$E_p / E_s = N_p / N_s$$

Por lo tanto, en la Figura 4-1 (a)

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_{A a B}}{N_{A a B} + N_{B a C}} = \frac{N_{A a B}}{N_{A a C}}$$

Y, en la Figura 4-1 (b)

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_{A a B} + N_{B a C}}{N_{A a B}} = \frac{N_{A a C}}{N_{A a B}}$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	4/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Estas ecuaciones dependen del hecho importante que los voltajes $E_{A a B}$ y $E_{B a C}$, se suman en el mismo sentido y no se oponen entre sí. Se ha supuesto que los voltajes están en fase.

Por supuesto, la corriente de carga no puede sobrepasar la capacidad nominal de corriente del devanado. Una vez que se conoce este dato, es relativamente fácil calcular la carga VA que puede proporcionar un determinado autotransformador.

Una desventaja del autotransformador es que no tiene aislamiento entre los circuitos del primario y el secundario, ya que ambos utilizan algunas vueltas en común.

4. Material y equipo

Módulo de fuente de alimentación	<i>0-120/208 V ca</i>	EMS 8821
Módulo de medición de ca	<i>250/250/250 V</i>	EMS 8426
Módulo de medición de ca	<i>0.5/5 A</i>	EMS 8412
Módulo de transformador		EMS 8341
Módulo de resistencia		EMS 8311
Cables de Conexión		EMS 8941

5- Desarrollo

**Precaución: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes!
¡No haga conexión alguna en la energía conectada! ¡La fuente desconectarse después de hacer cada medición!**

1. Se usa el circuito que aparece en la Figura 4-2, utilizando los **Módulos EMS de transformador, fuente de alimentación, resistencia y medición de CA**. Observe que el devanado 5 a 6 se conecta como el primario, a la fuente de alimentación de *120 V ca*. La derivación central del devanado, terminal 9, se conecta a un lado de la carga, y la porción 6 a 9 del devanado primario se conecta como devanado secundario.

2. a) Abra todos los interruptores del **Módulo de Resistencia** para tener una corriente de carga igual a cero.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	5/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

b) Conecte la fuente de alimentación y ajústela exactamente a 120 V ca , tornando esta lectura en el voltímetro E_1 . (Este es el voltaje nominal para el devanado 5 a 6).

c) Ajuste la resistencia de carga R_L a 120 ohms .

d) Mida y anote las corrientes I_1, I_2 y el voltaje de salida E_2 .

$$I_1 = \text{_____ } A \text{ ca}$$

$$I_2 = \text{_____ } A \text{ ca}$$

$$E_2 = \text{_____ } V \text{ ca}$$

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

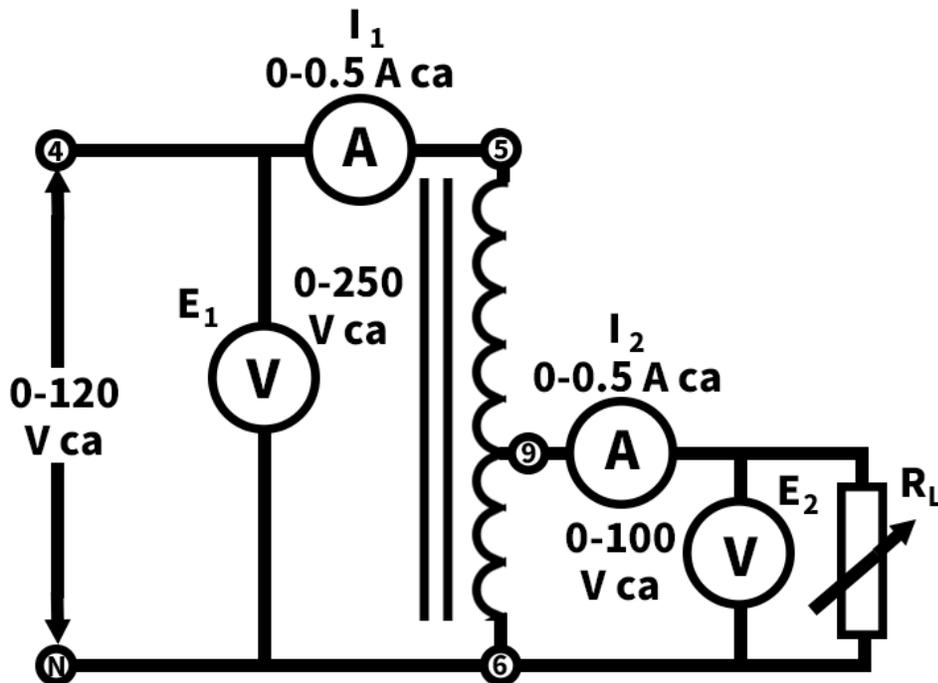


Figura 4-2

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	6/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. a) Calcule la potencia aparente en los circuitos primario y secundario.

$$E_1 \text{ _____ } \times I_1 \text{ _____ } = \text{ _____ } (VA)_p$$

$$E_2 \text{ _____ } \times I_2 \text{ _____ } = \text{ _____ } (VA)_s$$

- b) ¿Son aproximadamente iguales estas dos potencias aparentes? _____

Amplíe su respuesta.

- c) ¿Se trata de un autotransformador elevador o reductor? _____

4. a) Conecte el circuito que se ilustra en la Figura 4-3. Observe que el devanado 6 a 9 ahora está conectado como devanado primario, a la fuente de 60 V ca, mientras que el devanado 5 a 6 está conectado como secundario.

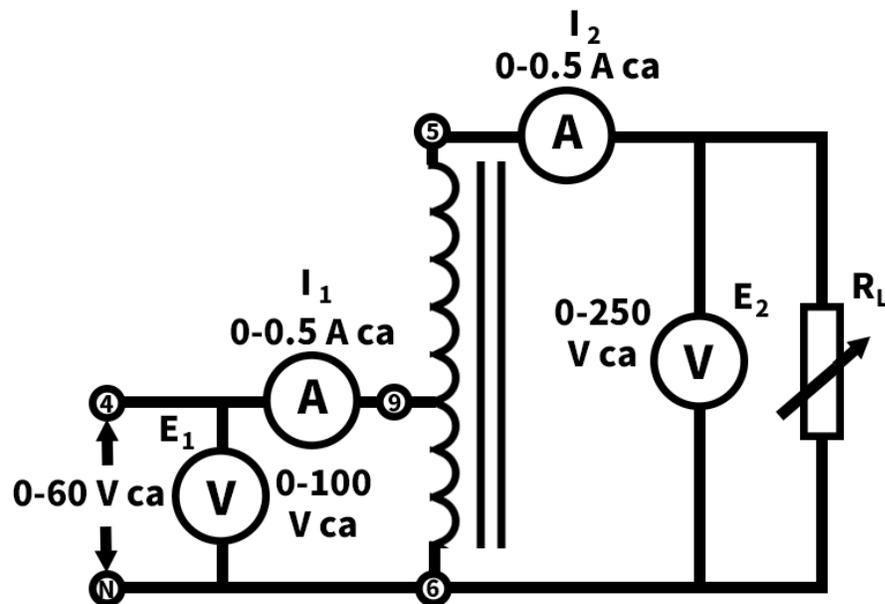


Figura 4-3

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	7/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. a) Cerciórese de que todos los interruptores del **Módulo de Resistencia** estén abiertos de modo que se obtenga una corriente de carga igual a cero.
- b) Conecte la fuente de alimentación y ajústela exactamente a 60 V ca , según lo indique el voltímetro. (Este es el voltaje nominal del devanado 6 a 9).
- c) Ajuste la resistencia de carga R_L a 600 ohms .
- d) Mida y anote las corrientes I_1, I_2 y el voltaje de salida E_2 .

$$I_1 = \text{_____ } A\text{ ca}$$

$$I_2 = \text{_____ } A\text{ ca}$$

$$E_2 = \text{_____ } V\text{ ca}$$

- e) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.
6. a) Calcule la potencia aparente en los circuitos primario y secundario.

$$E_1 \text{ _____ } \times I_1 \text{ _____ } = \text{_____ } (VA)_p$$

$$E_2 \text{ _____ } \times I_2 \text{ _____ } = \text{_____ } (VA)_s$$

- b) ¿Son aproximadamente iguales estas dos potencias aparentes? _____

Amplíe su respuesta.

- c) ¿Se trata de un autotransformador elevador o reductor? _____

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	8/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Prueba de Conocimientos

1. Un transformador estándar tiene un valor nominal de 60 kVA . Los voltajes del primario y del secundario tienen un valor nominal de 600 volts y 120 volts respectivamente.

a) ¿Si el devanado primario se conecta a 600 V ca , ¿qué carga en kVA se puede conectar al devanado secundario?

2. Si el transformador de la **Pregunta 1** se conecta como autotransformador a 600 V ca :

a) ¿Cuáles serán los voltajes de salida que pueden obtenerse utilizando diferentes conexiones?

b) Calcule la carga en kVA que el transformador puede proporcionar para cada uno de los voltajes de salida indicados.

c) Calcule las corrientes de los devanados para cada voltaje de salida e indique si exceden los valores nominales.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	9/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Si usa el **Módulo EMS de transformador** y la fuente fija de 120 V ca , cuál devanado usaría como primario y cuál como secundario, para obtener un voltaje de salida de:

a) 148 V ca

b) 328 V ca

c) 224 V ca

d) 300 V ca

7. Bibliografía

- Theodore Wildi. Sistemas de transmisión de potencia eléctrica. Reimpresión 1991. Editorial Limusa. México, 1991

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	1/7
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 5.

TRANSFORMADORES EN PARALELO

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	2/7
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial en alterna	Descarga eléctrica y daño al equipo
2	Diferencia de potencial en directa	

2. Objetivos de aprendizaje

1. Aprender cómo se conectan los transformadores en paralelo.
2. Determinar la eficiencia de los transformadores en paralelo.

3. Introducción

Los transformadores se pueden conectar en paralelo para proporcionar corrientes de carga mayores que la corriente nominal de cada transformador. Cuando los transformadores se conectan en paralelo es necesario tener en cuenta las siguientes reglas:

- 1) Los devanados que van a conectarse en paralelo deben tener el mismo valor nominal de voltaje de salida.
- 2) Los devanados que se van a conectar en paralelo deben tener polaridades idénticas.

Si no se siguen estas reglas, se pueden producir corrientes de corto circuito excesivamente grandes. En efecto, los transformadores, los interruptores y los circuitos asociados pueden sufrir graves daños e incluso explotar, si las corrientes de corto circuito alcanzan cierto nivel.

La eficiencia de cualquier máquina o dispositivo eléctrico se determina, usando la relación de la potencia de salida a la potencia de entrada. (La potencia aparente y la potencia reactiva no se utilizan para calcular la eficiencia, de los transformadores.) La ecuación de la eficiencia en % es:

$$\% \text{ de eficiencia} = \frac{\text{potencia real de salida}}{\text{potencia real de entrada}} \times 100$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	3/7
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Material y equipo

Módulo de fuente de alimentación	0-120/208 V ca	EMS 8821
Módulo de medición de ca	250/250/250 V	EMS 8426
Módulo de medición de ca	0.5/5 A	EMS 8412
Módulo de transformador (2)		EMS 8341
Módulo de resistencia		EMS 8311
Módulo de watímetro monofásico	750 w	EMS 8431
Cables de Conexión		EMS 8941

5- Desarrollo

**Precaución: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes!
¡No haga conexión alguna en la energía conectada! ¡La fuente desconectarse después de hacer cada medición!**

1. Conecte el circuito que aparece en la Figura 5-1 utilizando los Módulos EMS de transformador, fuente de alimentación, watímetro, resistencia y medición de *ca*. Observe que los dos transformadores están conectados en paralelo. Los devanados primarios (1 el 2) se conectan a la fuente de alimentación de 120 V *ca*. El watímetro indicará la potencia de entrada. Cada devanado secundario (3 a 4) se conecta en paralelo con la carga. Los amperímetros se conectan para medir la corriente de carga I_L y las corrientes de los secundarios de los transformadores I_1 e I_2 .

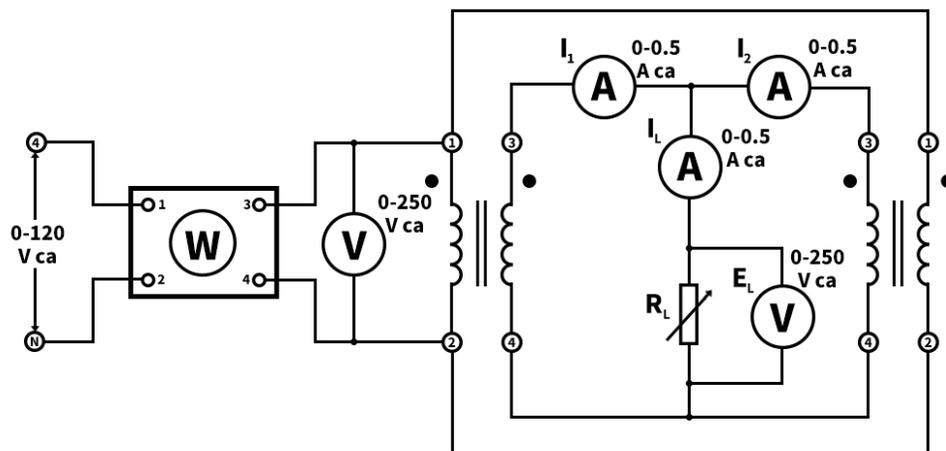


Figura 5-1

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	4/7
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Ponga todos los interruptores de resistencia en la posición "abierto" para tener una corriente de carga igual a cero. Observe que los devanados se conectan para funcionar como transformador elevador (*120 volts* del primario a *208 volts* del secundario).
3. Antes de seguir adelante pídale al maestro que revise el circuito y dé su visto bueno.
4.
 - a) Conecte la fuente de alimentación y haga girar lentamente la perilla de control del voltaje de salida, mientras que observa los medidores de corriente de los secundarios de los transformadores, I_1 e I_2 , así como el medidor de la corriente de carga I_L . Si los devanados están debidamente faseados, no habrá ninguna corriente de carga, ni corrientes en los secundarios.
 - b) Ajuste el voltaje de la fuente de alimentación *120 V ca* según lo indica el voltímetro conectado a través del watímetro.
5.
 - a) Aumente gradualmente la carga R_L , hasta que la corriente de carga I_L sea igual a *500 mA ca*. Revise el circuito para comprobar que el voltaje de entrada es exactamente *120 V ca*.
 - b) Mida y anote el voltaje de carga, la corriente de carga. las corrientes en los secundarios de los transformadores y la potencia de entrada.

$$E_L = \text{_____ } V \text{ ca}$$

$$I_L = \text{_____ } A \text{ ca}$$

$$I_1 = \text{_____ } A \text{ ca}$$

$$I_2 = \text{_____ } A \text{ ca}$$

$$P_{\text{entrada}} = \text{_____ } W$$

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	5/7
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. a) Calcule la potencia en la carga.

$$E_L \text{ _____ } \times I_L \text{ _____ } = \text{ _____ } W$$

b) Calcule la eficiencia del circuito.

$$P_{salida} \text{ _____ } / P_{entrada} \text{ _____ } \times 100 = \text{ _____ } \%$$

c) Calcule las pérdidas del transformador.

$$P_{entrada} \text{ _____ } - P_{salida} \text{ _____ } = \text{ _____ } W$$

d) Calcule la potencia entregada por el transformador 1.

$$I_1 \text{ _____ } \times E_L \text{ _____ } = \text{ _____ } W$$

e) Calcule la potencia entregada por el transformador 2.

$$I_2 \text{ _____ } \times E_L \text{ _____ } = \text{ _____ } W$$

7. ¿Está distribuida la carga, más o menos uniformemente entre los dos transformadores?

Amplíe su respuesta

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	6/7
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Prueba de Conocimientos

1. Indique cómo conectaría en paralelo los transformadores a la fuente y la carga, en la Figura 5-2. Los devanados 1 a 2 y 3 a 4, tienen un valor nominal de 2.4 kV ca y los devanados 5 a 6 y 7 a 8, tienen un valor nominal de 400 V ca .

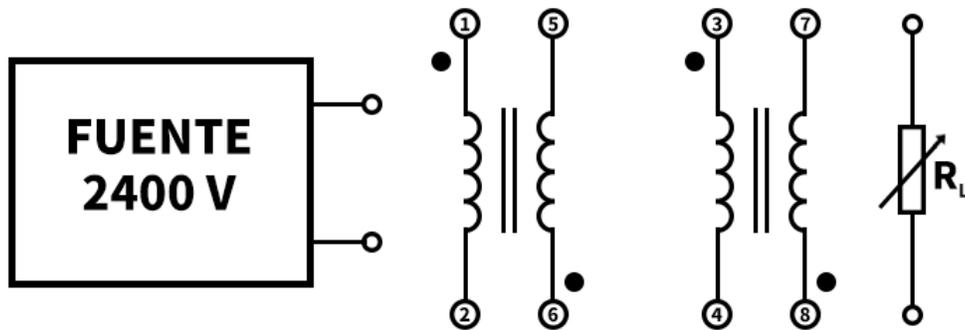


Figura 5-2

2. La eficiencia de un transformador que proporciona energía a una carga capacitiva pura, es cero. Explique esto.

3. Enumere las pérdidas que hacen que un transformador se caliente.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	7/7
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. ¿Cómo calificaría la eficiencia del **Módulo EMS de transformador**, en comparación con la eficiencia del **Motor de CD EMS** y la del **motor monofásico EMS de fase hendida**? _____ ¿Por qué?

7. Bibliografía

- Theodore Wildi. Sistemas de transmisión de potencia eléctrica. Reimpresión 1991. Editorial Limusa. México, 1991

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	1/7
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 6.

TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	2/7
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial en alterna	Descarga eléctrica y daño al equipo
2	Diferencia de potencial en directa	

2. Objetivos de aprendizaje

- Entender cómo funciona el transformador de distribución estándar con devanado secundario de 120/240 *volts*.

3. Introducción

La mayoría de los transformadores de distribución que suministran potencia a las casas particulares y comerciales tienen un devanado de alto voltaje que sirve como primario. El devanado secundario proporciona 120 *volts* para el alumbrado y el funcionamiento de aparatos pequeños, y también puede dar 240 *volts* para estufas, calentadores, secadoras eléctricas, etc. El secundario puede estar constituido por un devanado con una derivación central o bien por dos devanados independientes conectados en serie.

En este **Experimento de Laboratorio** se mostrará la forma en que el transformador reacciona a diferentes valores de carga.

4. Material y equipo

1	Módulo de fuente de alimentación	0-120/208 V <i>ca</i>	EMS 8821
1	Módulo de medición de <i>ca</i>	250/250/250 V	EMS 8426
1	Módulo de medición de <i>ca</i>	0.5/5 A	EMS 8425
1	Módulo de transformador		EMS 8341
1	Módulo de resistencia		EMS 8311
1	Módulo de inductancia		EMS 8321
	Cables de Conexión		EMS 8941

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	3/7
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5- Desarrollo

**Precaución: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes!
¡No haga conexión alguna con la energía conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!**

1. Conecte el circuito ilustrado en la Figura 6-1, usando los **Módulos EMS de Transformador, Resistencia, Fuente de Alimentación y Medición de *ca***. Observe que el devanado primario (3 a 4) va conectado a la salida de 0-208 *V ca* de la fuente de alimentación, es decir, las terminales 4 y 5. Los devanados secundarios 4 y 5. Los devanados secundarios del transformador 1 a 2 y 5 a 6, se conectan en serie para obtener 240 *V ca* entre los puntos A y B. Para R_1 y R_2 utilice secciones sencillas del Módulo de resistencia.

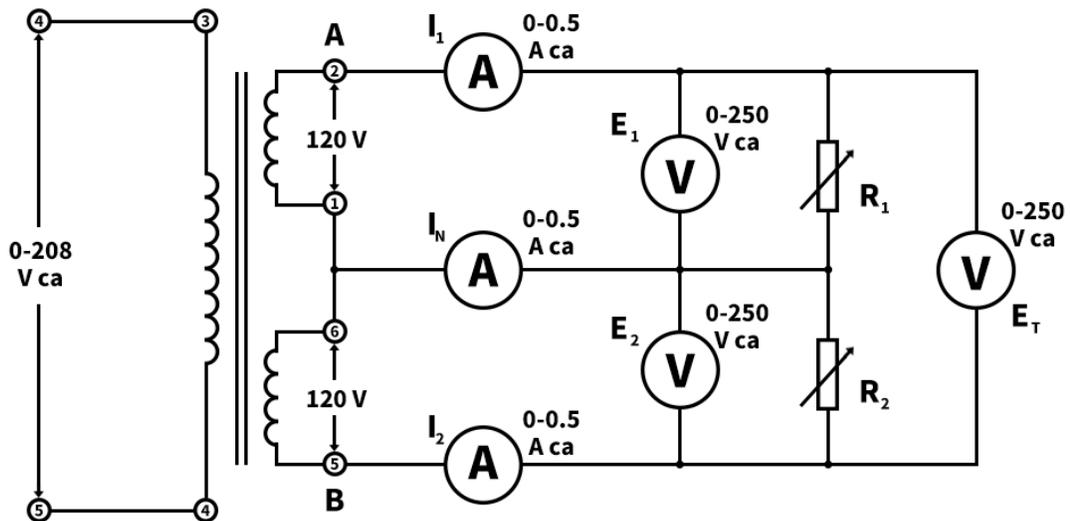


Figura 6-1

2.
 - a) Cerciórese de que todos los interruptores de resistencia estén abiertos.
 - b) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 208 *V ca*, según lo indica el voltímetro de la fuente de alimentación.
 - c) Mida y anote en la Tabla 6-1, el voltaje total de salida del transformador E_T , los voltajes en cada una de las cargas, E_1 y E_2 , las corrientes de línea I_1 e I_2 , y la corriente del hilo neutro I_N .

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	4/7
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. a) Ponga 300 *ohms* en cada circuito de carga, cerrando los interruptores correspondientes.
- b) Mida y anote todas las cantidades en la Tabla 6-1.
- c) ¿Por qué la corriente del hilo neutro es igual a cero? _____
- _____
- _____

NUMERO DE PROCEDIMIENTO	$R_1 \Omega$	$R_2 \Omega$	$I_1 mA$	$I_2 mA$	$I_N mA$	$E_1 V$	$E_2 V$	$E_T V$
2 (c)	∞	∞						
3 (b)	300	300						
4 (b)	300	1200						
5 (c)	300	1200						
6 (f)	400	400						

Tabla 6-1

4. a) Ponga 1200 *ohms* en la carga R_2 , mientras que deja 300 *ohms* en la carga R_1 .
- b) Mida y anote todas las cantidades.
- c) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.
- d) ¿Es igual la corriente del hilo neutro a la diferencia entre las dos corrientes de línea? _____
5. a) Desconecte el hilo neutro del transformador quitando la conexión entre el transformador y el medidor de corriente del neutro I_N .
- b) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 208 *V ca*, según lo indica el voltímetro de la fuente de alimentación.
- c) Mida y anote todas las cantidades.
- d) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	5/7
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

e) Si la carga R_1 y R_2 fueran lámparas incandescentes de una casa ¿qué observaría?

6. a) Vuelva a conectar la línea del neutro del transformador al medidor de la corriente en el neutro I_N .

b) Sustituya la carga R_2 con el Módulo de Inductancia.

c) Ajuste R_1 a una resistencia de 400 *ohms*.

d) Ajuste R_2 a una reactancia inductiva X_L de 400 *ohms*.

e) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 208 *V ca*.

f) Mida y anote todas las cantidades.

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

h) ¿Es igual la corriente en el hilo neutro a la diferencia aritmética entre las corrientes de línea? _____ Amplíe su respuesta. _____

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	6/7
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Prueba de Conocimientos

1. El sistema de potencia eléctrica instalado en una casa es de 120/240 V *ca* y tiene las siguientes cargas:

Línea 1 a Neutro

- 7 Lámparas de 60 W c/u
- 1 Lámpara de 100 W
- 1 Motor (5 A *ca*)

Línea 2 a Neutro

- 1 Pantalla de 200 W
- 1 Tostador de 1200 W
- 4 Lámparas de 40 W c/u

Línea 1 a Línea 2

- 1 Secadora de 2 kW
- 1 Estufa de 1 kW

a) Calcule las corrientes de la Línea 1, la 2 y del hilo neutro (suponga que el factor de potencia es del 100 % en todos los aparatos).

b) Si se abre el conductor neutro, ¿cuáles lámparas brillarán más y cuáles menos?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	7/7
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Un transformador de distribución de 2400 V a 120/240 V, tiene una capacidad de 60 KVA:

a) ¿Cuál es la corriente de línea nomina del secundario (240 V)?

b) Si la carga se coloca toda en un lado (línea a neutro, 120 V), ¿cuál es la máxima carga que el transformador puede soportar sin sobrecalentarse?

7. Bibliografía

- Theodore Wildi. Sistemas de transmisión de potencia eléctrica. Reimpresión 1991. Editorial Limusa. México, 1991

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	1/13
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 7.

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	2/13
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial en alterna	Descarga eléctrica y daño al equipo
2	Diferencia de potencial en directa	

2. Objetivos de aprendizaje

1. Conectar transformadores en delta y estrella.
2. Estudiar las relaciones de corriente y voltaje.

3. Introducción

El transformador trifásico puede ser un solo transformador o bien, tres transformadores monofásicos independientes conectados en delta o en estrella, En algunas ocasiones sólo se usan dos transformadores.

El voltaje trifásico de las líneas de potencia, generalmente, es de 208 volts, y los valores normales de voltaje monofásico (120 V) se pueden obtener, en la forma que se indica en la Figura 7-1.

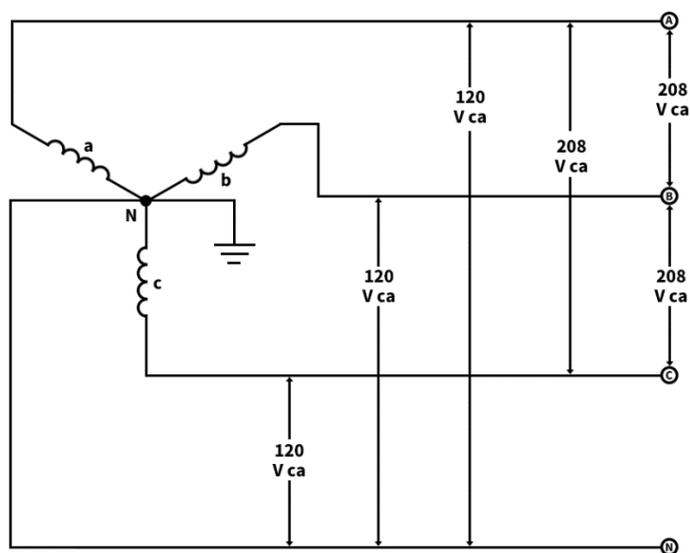


Figura 7-1

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	3/13
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Los devanados a, b y c, representan los tres secundarios del transformador conectados en estrella. Las líneas trifásicas se identifican con las letras A, B y C, y las conexiones monofásicas van de A, B o C al neutro (tierra). Los transformadores trifásicos deben conectarse correctamente a las líneas, para que funcionen de modo adecuado. Los cuatro tipos de conexión más usados son los siguientes: (Figura 7-2)

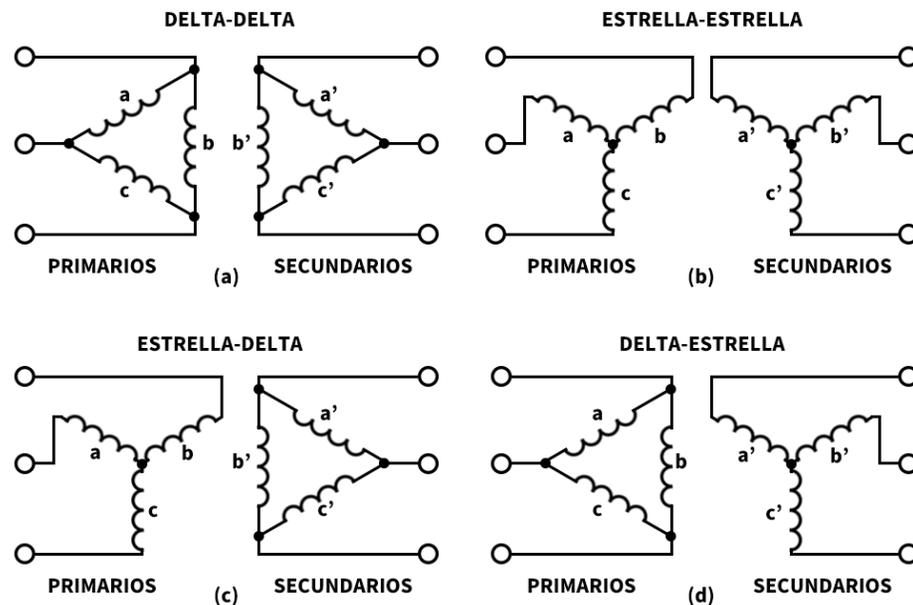
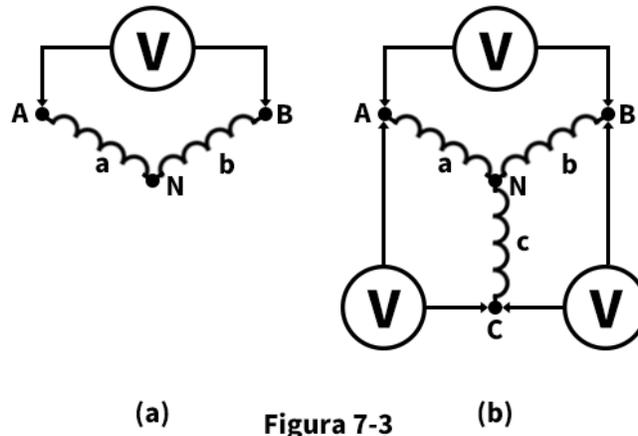


Figura 7-2

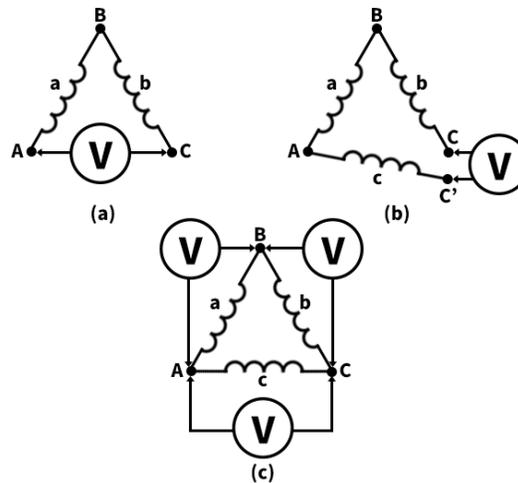
De estas cuatro combinaciones, la que se utiliza con mayor frecuencia es la última, la *delta-estrella*.

Sea cual fuere el método de conexión utilizado, los devanados deben conectarse en tal forma que tengan las debidas relaciones de fase. Para determinarlas en un secundario conectado en estrella, el voltaje se mide a través de dos devanados, como se indica en la Figura 7-3 (a). El voltaje A a B debe ser igual a $\sqrt{3}$ veces el voltaje que haya a través de cualquiera de los devanados. Si el voltaje A a B es igual al de cualquiera de los devanados, uno de estos devanados debe invertirse. El tercer devanado, c, se conecta entonces como se señala en la Figura 7-3 (b), y el voltaje C a A o B, también debe ser igual a $\sqrt{3}$ veces el voltaje de cualquiera de los devanados. Si no es así, habrá que invertir el devanado c.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	4/13
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas		
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Para determinar las relaciones de fase apropiadas en un secundario conectado en delta, el voltaje se mide en los dos devanados, como se ilustra en la Figura 7-4 (a). El voltaje A a C debe ser igual al voltaje de cualquiera de los devanados. Si no es así, uno de los devanados se debe invertir. Entonces el devanado c se conecta como se indica en la Figura 7-4 (b), y el voltaje a través de los tres devanados C^1 a C, debe ser igual a cero. De no ser así, el devanado c se debe invertir. Las terminales abiertas (C^1 a C) se conectan entonces y el transformador tiene las relaciones de fase adecuadas para una conexión en delta, como se indica en la figura 7-4 (c).



	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	5/13
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Advertencia: La delta nunca debe cerrarse antes de comprobar que el voltaje dentro de ella es cero. Si no es así, y la delta se cierra, la corriente resultante tendrá la magnitud de un corto circuito y dañará el transformador.

Con una conexión *estrella-estrella* la relación de vueltas entre el devanado primario y el secundario es la misma que la que se tiene en un transformador monofásico independiente. El voltaje de salida de la conexión *delta-delta* depende también de la relación de vueltas entre los devanados primario y secundario. La conexión *delta-estrella* tiene una relación más elevada de voltaje trifásico que cualquiera de las otras conexiones, la *delta-delta* o la *estrella-estrella*. Esto se debe a que el voltaje entre dos devanados cualquiera del secundario en estrella es igual a $\sqrt{3}$ veces el voltaje de línea a neutro en ellos. La conexión *estrella-delta* es la opuesta a la conexión *delta-estrella*.

4. Material y equipo

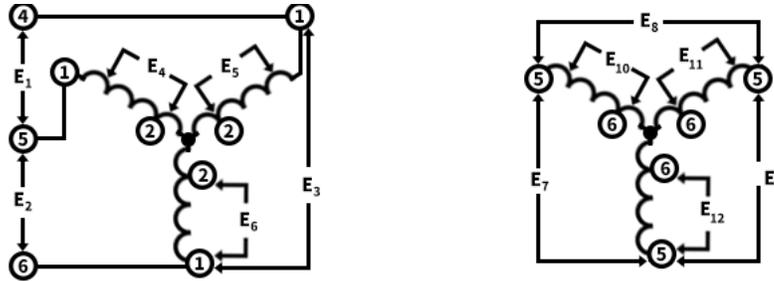
1	Módulo de fuente de alimentación	0-120/208 V ca	EMS 8821
1	Módulo de medición de ca	250/250/250 V	EMS 8426
3	Módulo de transformador		EMS 8341
	Cables de Conexión		EMS 8941

5- Desarrollo

**Precaución: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes!
¡No haga conexión alguna con la energía conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!**

1.
 - a) El circuito que aparece en la Figura 7-5 tiene tres transformadores conectados en una configuración ____-____.
 - b) Calcule los voltajes esperados y anote los valores en los espacios correspondientes.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	6/13
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



DEVANADOS PRIMARIOS (120 V) DEVANADOS SECUNDARIOS (120 V)

Figura 7-5

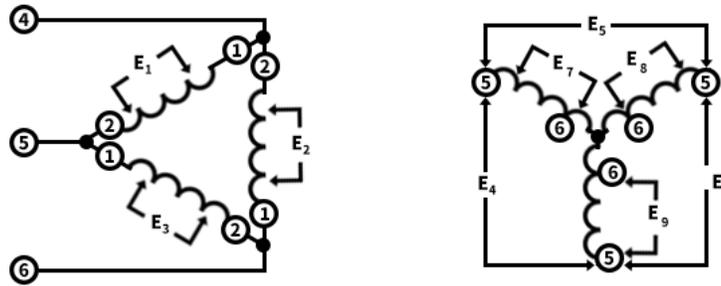
- c) Conecte el circuito tal y como se indica.
- d) Conecte la fuente de alimentación y aumente la salida a un voltaje de línea a línea de 120 V *ca*.
- e) Mida los voltajes indicados y anote los valores en los espacios correspondientes.
- f) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación. Repita los procedimientos (d), (e) y (f), hasta que haya medido todos los voltajes indicados.

Valores Calculados			Valores Medidos		
E ₁ =	V	E ₂ =	V	E ₃ =	V
E ₄ =	V	E ₅ =	V	E ₆ =	V
E ₇ =	V	E ₈ =	V	E ₉ =	V
E ₁₀ =	V	E ₁₁ =	V	E ₁₂ =	V

2. a) El circuito que aparece en la Figura 7-6 tiene tres transformadores conectados en una configuración ____-____.
- b) Calcule los voltajes esperados y anote los valores en los espacios correspondientes.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	7/13
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

c) Conecte el circuito tal y como se indica.



DEVANADOS PRIMARIOS (120 V) DEVANADOS SECUNDARIOS (120 V)

Figura 7-6

d) Conecte la fuente de alimentación y aumente la salida a un voltaje de línea a línea de 90 *V ca*.

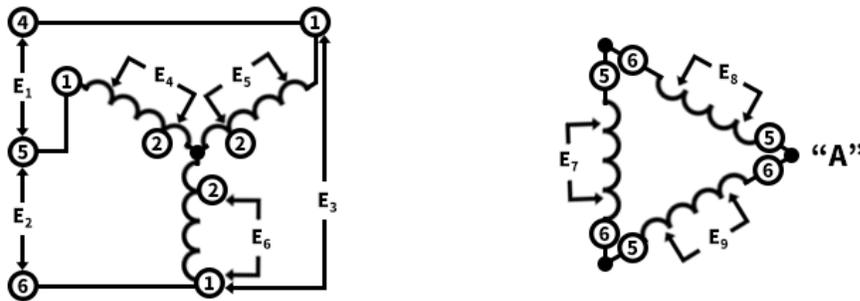
e) Mida los voltajes indicados y anote los valores en los espacios correspondientes.

f) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación. Repita los procedimientos (d), (e) y (f), hasta que haya medido todos los voltajes indicados.

Valores Calculados			Valores Medidos		
E ₁ =	V	E ₂ =	V	E ₃ =	V
E ₄ =	V	E ₅ =	V	E ₆ =	V
E ₇ =	V	E ₈ =	V	E ₉ =	V

3. a) El circuito que aparece en la Figura 7-7 tiene tres transformadores conectados en una configuración ____-____.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	8/13
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



DEVANADOS PRIMARIOS (120 V) DEVANADOS SECUNDARIOS (120 V)

Figura 7-7

b) Calcule los voltajes esperados y anote los valores en los espacios correspondientes.

Valores Calculados			Valores Medidos		
E ₁ =	V	E ₂ =	V	E ₃ =	V
E ₄ =	V	E ₅ =	V	E ₆ =	V
E ₇ =	V	E ₈ =	V	E ₉ =	V

c) Conecte el circuito tal y como se indica. Abra el secundario conectado en delta en el punto “A”, y conecte un voltímetro al circuito abierto.

d) Conecte la fuente de alimentación y aumente gradualmente el voltaje de salida. El voltímetro conectado a la delta abierta, en el punto “A” no debe indicar ningún voltaje apreciable si las conexiones en delta tienen la fase debida. Se tendrá un pequeño voltaje ya que, normalmente, no todos los voltajes trifásicos de una fuente trifásica son idénticos y, también, habrá pequeñas diferencias en los tres transformadores.

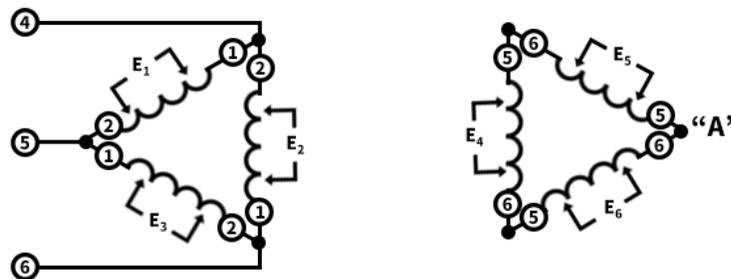
e) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

f) Desconecte el voltímetro y cierre el circuito en delta en el punto “A”.

g) Conecte la fuente de alimentación y aumente lentamente la salida hasta alcanzar un voltaje de línea a línea de 120 V *ca*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	9/13
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- h) Mida los voltajes indicados y anote los valores en los espacios correspondientes.
- i) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación. Repita los procedimientos (g), (h) e (i), hasta que se hayan medido los voltajes indicados.
4. a) El circuito que aparece en la Figura 7-8 tiene tres transformadores conectados en una configuración ____ - ____.



DEVANADOS PRIMARIOS (120 V) DEVANADOS SECUNDARIOS (120 V)

Figura 7-8

- b) Calcule los voltajes esperados y anote los valores en los espacios correspondientes.

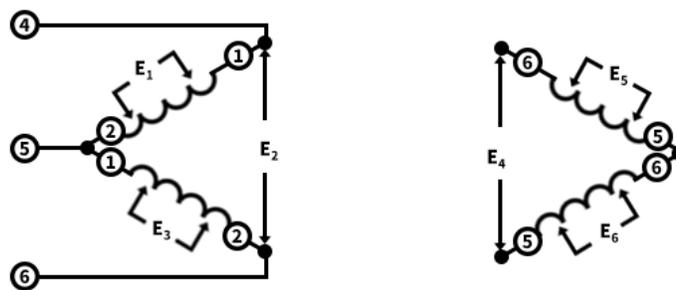
Valores Calculados			Valores Medidos		
E ₁ =	V	E ₂ =	V	E ₃ =	V
E ₄ =	V	E ₅ =	V	E ₆ =	V

- c) Conecte el circuito tal y como se indica. Abra el secundario conectado en delta en el punto “A”, y conecte un voltímetro al circuito abierto.

- d) Conecte la fuente de alimentación y aumente gradualmente el voltaje de salida. El voltímetro conectado a la delta abierta, en el punto “A” no debe indicar ningún voltaje apreciable si las conexiones en delta tienen la fase debida.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	10/13
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- e) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.
- f) Desconecte el voltímetro y cierre el circuito en delta en el punto “A”.
- g) Conecte la fuente de alimentación y aumente lentamente la salida hasta alcanzar un voltaje de línea a línea de 120 *V ca*.
- h) Mida los voltajes indicados y anote los valores en los espacios correspondientes.
- i) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación. Repita los procedimientos (g), (h) e (i), hasta que se hayan medido los voltajes indicados.
5. a) El circuito que aparece en la Figura 7-9 tiene dos transformadores conectados en una configuración delta abierta.



DEVANADOS PRIMARIOS (120 V) DEVANADOS SECUNDARIOS (120 V)

Figura 7-9

- b) Calcule los voltajes esperados y anote los valores en los espacios correspondientes.

Valores Calculados			Valores Medidos		
E ₁ =	V	E ₂ =	V	E ₃ =	V
E ₄ =	V	E ₅ =	V	E ₆ =	V

- c) Conecte el circuito tal y como se indica.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	11/13
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

d) Conecte la fuente de alimentación y aumente lentamente la salida hasta alcanzar un voltaje de línea a línea de 120 *V ca*.

e) Mida los voltajes indicados y anote los valores en los espacios correspondientes.

f) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación. Repita los procedimientos (d), (e) e (f), hasta que se hayan medido los voltajes indicados.

6. Prueba de Conocimientos

I. Compare los resultados de los **Procedimientos 4 y 5**.

a) ¿Hay una diferencia de voltaje entre la configuración delta-delta y la configuración delta abierta?

b) ¿Se tiene el mismo valor nominal de VA en la configuración delta-delta y en la configuración delta abierta? ¿Por qué?

c) Si se aumentaran los valores de corriente nominal de cada devanado ¿podrían obtenerse tan buenos resultados con la configuración de delta abierta, como se tienen con la configuración de delta-delta? ¿Por qué?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	12/13
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Si cada transformador tiene una capacidad de 60 *kVA*, ¿cuál es el total de potencia trifásica que se puede obtener en cada una de las cinco configuraciones?

- a) estrella-estrella _____ *kVA*
- b) estrella-delta _____ *kVA*
- c) delta-estrella _____ *kVA*
- d) delta abierta _____ *kVA*

3. Si una de las polaridades del devanado secundario se invirtiera, en el **Procedimiento 1**:

- a) ¿Se tendría un cortocircuito? _____
- b) ¿Se calentaría el transformador? _____
- c) ¿Se desbalancearían los voltajes del secundario? _____
- d) ¿Se desbalancearían los voltajes del primario? _____

4. Si una de las polaridades del devanado secundario se invirtiera, en el **Procedimiento 4**:

- a) ¿Se tendría un cortocircuito? _____
- b) ¿Se calentaría el transformador? _____
- c) ¿Se desbalancearían los voltajes del secundario? _____
- d) ¿Se desbalancearían los voltajes del primario? _____

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	13/13
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. Bibliografía

- Theodore Wildi. Sistemas de transmisión de potencia eléctrica. Reimpresión 1991. Editorial Limusa. México, 1991

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	1/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 8.

EL MOTOR CON ARRANQUE POR CAPACITOR

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	2/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial en alterna	Descarga eléctrica y daño al equipo
2	Diferencia de potencial en directa	

2. Objetivos de aprendizaje

1. Medir las características de arranque y funcionamiento del motor con arranque por capacitor.
2. Comparar su funcionamiento durante el arranque y operación continua con el del motor monofásico de fase hendida.

3. Introducción

Cuando se describió el campo rotatorio de fase hendida, se señaló que la diferencia de fase entre las corrientes de los devanados de arranque y operación era mucho menor que 90 grados. El par de arranque desarrollado en un motor que utiliza un estator de fase hendida tampoco alcanza el máximo que se podría obtener si se tuviera una diferencia de fase ideal, o sea, de 90 grados.

Se puede obtener una variación de fase más cercana a los 90 grados, mediante el sistema de arranque por capacitor para crear un campo giratorio en el estator. Este sistema, que es una modificación del método de fase hendida, utiliza un capacitor de poca reactancia conectado en serie con el devanado de arranque del estator a fin de proporcionar una variación de fase de aproximadamente 90 grados para la corriente de arranque, dando como resultado un par de arranque muy superior al obtenido en el sistema normal de fase hendida. Los motores con arranque por capacitor tienen las mismas características de operación que sus equivalentes de fase hendida.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	3/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

El capacitor y el devanado de arranque se desconectan mediante un interruptor centrífugo, como se hizo en el caso del motor normal de fase hendida. Para invertir el sentido de rotación de un motor con arranque por capacitor, se hace lo mismo que en el caso del motor de fase hendida, esto es, se invierten las conexiones de los cables a los devanados de arranque u operación.

4. Material y equipo

1	Módulo de motor de fase hendida con arranque por capacitor		EMS 8251
1	Módulo de fuente de alimentación	<i>120 V va, 0-120 V ca</i>	EMS 8821
1	Módulo de electrodinamómetro		EMS 8911
1	Módulo de vatímetro monofásico	<i>750 W</i>	EMS 8431
1	Módulo de medición de ca	<i>2.5/8/25 A ca</i>	EMS 8425
1	Módulo de medición de ca	<i>250 V ca</i>	EMS 8426
1	Tacómetro de mano		EMS8920
	Cables de conexión		EMS 8941
1	Banda		EMS 8942

5- Desarrollo

Precaución: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga conexión alguna con la energía conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

1. Conecte el circuito ilustrado en la Figura 8-1, utilizando los **Módulos EMS de motor de fase hendida con arranque por capacitor, fuente de alimentación y medición de ca**. Observe que se usa la salida fija de *120 V ca* de la fuente de alimentación, terminales *I* y *N*.

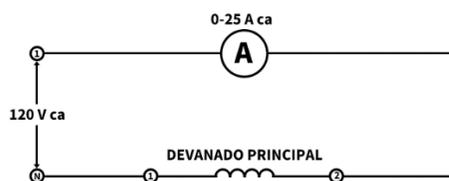


Figura 8-1

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	4/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Cierre el interruptor de la fuente de alimentación y mida tan rápidamente como sea posible (en menos de 3 segundos), la corriente que pasa por el devanado principal.

$$I_{\text{devanado principal}} = \text{_____ } A \text{ ca}$$

3. a) Desconecte los cables del devanado principal y conéctelos al devanado auxiliar y al capacitor, como se indica en la Figura 8-2.

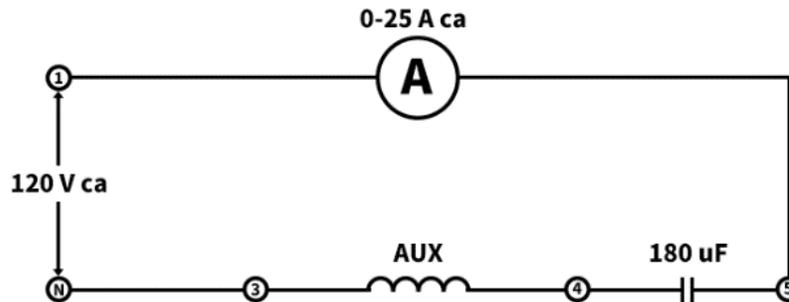


Figura 8-2

- b) Repita el **Procedimiento 2**. Recuerde que debe hacer la medición tan rápidamente como sea posible.

$$I_{\text{devanado auxiliar}} = \text{_____ } A \text{ ca}$$

4. a) Conecte los dos devanados en paralelo, terminales 1 a 3, y 2 a 5, como se señala en la Figura 8-3.

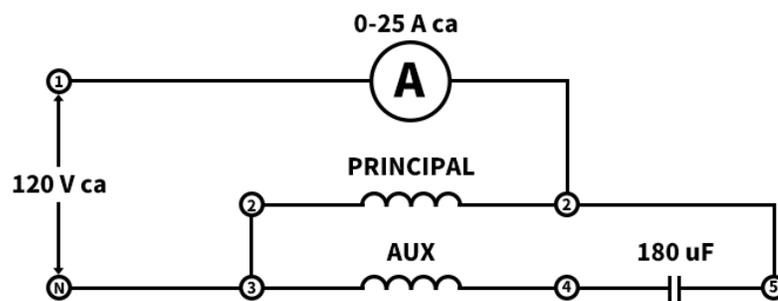


Figura 8-3

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	5/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

b) Acople el electrodinamómetro al motor con arranque por capacitor, utilizando la banda.

c) Conecte las terminales de entrada del electrodinamómetro a la salida fija de 120 V ca de la fuente de alimentación, terminales I y N .

d) Dele toda la vuelta a la perilla de control del dinamómetro haciéndola girar en el sentido de las manecillas del reloj a fin de obtener una carga máxima de arranque para el motor con arranque por capacitor.

e) Cierre el interruptor de la fuente de alimentación y mida la corriente de arranque tan rápidamente como sea posible (en menos de 3 segundos).

$$I_{\text{arranque}} = \text{_____ } A \text{ ca}$$

5. Compare los resultados de los **Procedimientos 2, 3 y 4 con los resultados obtenidos en los Procedimientos 2, 3 y 4 del Experimento de Laboratorio No. 33.**

a) ¿A qué conclusiones se puede llegar respecto a las corrientes del devanado principal?

b) ¿Qué conclusiones puede formular respecto a las corrientes del devanado auxiliar?

c) ¿A qué conclusiones llega sobre la corriente de arranque para cada tipo de motor?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	6/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Conecte. el circuito de la Figura 8-4 utilizando los **Módulos EMS de vatímetro, electrodinamómetro y medición de ca.**

Observe que el módulo está conectado con un motor normal con arranque por capacitor.

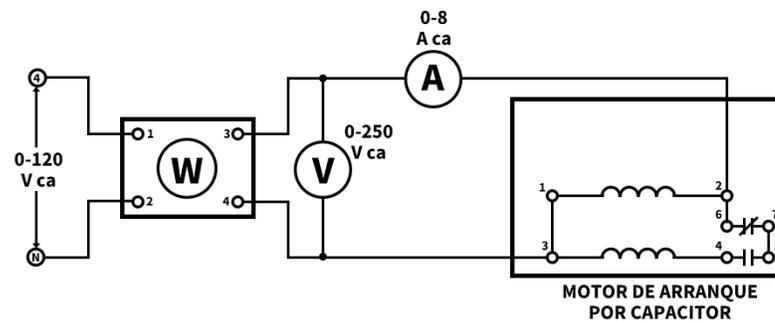


Figura 8-4

7. Dele toda la vuelta a la perilla. de control del dinamómetro, haciéndola girar en sentido contrario al de las manecillas del reloj, para ofrecerle el mínimo par resistente al arranque del motor de arranque por capacitor.
8. a) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 120 V ca .
- b) Mida y anote en la Tabla 8-1 la corriente de línea, la potencia y la velocidad del motor.

<i>PAR</i> (<i>lbf*plg</i>)	<i>I</i> (<i>A</i>)	<i>VA</i>	<i>P</i> (<i>W</i>)	<i>VELOCIDAD</i> (<i>rpm</i>)	<i>HP</i>
0					
3					
6					
9					
12					

c) Repita (b) para cada par indicado en la Tabla.

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	7/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

9. a) Calcule y anote en la Tabla la potencia aparente suministrada al motor para cada uno de los pares indicados.
- b) Calcule y anote en la Tabla la potencia desarrollada en hp para cada par anotado.
10. A continuación determinará el máximo par de arranque desarrollado por el motor de arranque por capacitor.
- a) Desconecte los módulos de vatímetro y medición del circuito.
- b) Conecte la entrada del motor con arranque por capacitor a las terminales 2 y N de la fuente de alimentación (120 V ca fijos).
- c) Dele toda la vuelta a la perilla de control del dinamómetro haciéndola girar en el sentido de las manecillas del reloj (para una carga máxima).
- d) Cierre el interruptor de la fuente de alimentación y lea rápidamente el valor del par, según lo indique la escala del dinamómetro. Abra el interruptor de la fuente de alimentación.

Par de arranque = _____ *lbf*plg*

6. Prueba de Conocimientos

I. De acuerdo con la Tabla 8-1, indique los siguientes datos para operación en vacío ($\text{par} = 0 \text{ lbf*plg}$):

- a) Potencia aparente = _____ VA
- b) Potencia real = _____ W
- c) Potencia reactiva = _____ var
- d) Factor de potencia = _____

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	8/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. De acuerdo con la Tabla 8-1, indique los siguientes datos para operación a plena carga (par = $9 \text{ lbf} \cdot \text{plg}$):

- a) Potencia aparente = _____ VA
- b) Potencia real = _____ W
- c) Potencia reactiva = _____ var
- d) Factor de potencia _____
- e) Potencia entregada = _____ hp
- f) Equivalente eléctrico de (e) = _____ W
- g) Eficiencia del motor = _____ %
- h) Pérdidas del motor = _____ W

3. ¿Cuál es la corriente aproximada de carga plena del motor con arranque por capacitor?

$$I_{\text{plena carga}} = \text{_____ } A \text{ ca}$$

4. ¿Cuántas veces es mayor la corriente de arranque que la corriente de operación de plena carga? _____

5. Compare estos resultados con los que obtuvo en el motor de fase hendida (**Experimento de Laboratorio No. 33**).

7. Bibliografía

- Theodore Wildi. Sistemas de transmisión de potencia eléctrica. Reimpresión 1991. Editorial Limusa. México, 1991

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	1/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 9.

EL MOTOR DE OPERACIÓN CONTINUA POR CAPACITOR

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	2/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial en alterna	Descarga eléctrica y daño al equipo
2	Diferencia de potencial en directa	

2. Objetivos de aprendizaje

1. Analizar la estructura del motor de operación continua por capacitor.
2. Determinar sus características de arranque y operación continua.
3. Comparar estas características con las de motores monofásicos con arranque por capacitor.

3. Introducción

Los motores monofásicos son todos un tanto ruidosos debido a que vibran a 120 Hz cuando funcionan en una línea de alimentación de 60 Hz . Ninguno de los medios para reducir este ruido, por ejemplo, las monturas de hule elástico, han sido efectivos para eliminar totalmente esta vibración, sobre todo cuando el motor este acoplado directamente a un ventilador grande que tiende a resonar.

El motor de operación continua por capacitor es muy útil en este tipo de aplicaciones, porque su diseño permite eliminar gran parte de las vibraciones cuando trabaja a plena carga. El capacitor sirve para variar la fase de la corriente en uno de los devanados, de modo que la corriente en un devanado esté desfasada 90 grados con respecto a la corriente en el otro devanado, gracias a lo cual el motor de operación continua por capacitor funciona realmente como un aparato bifásico con carga nominal. Puesto que el capacitor forma parte del circuito en todo momento, no se requiere interruptor centrifugo.

Cuando el motor funciona en vacío, es siempre más ruidoso que a plena carga, debido a que sólo opera como verdadero motor bifásico cuando lo hace a plena carga. Si se escoge el valor adecuado de capacitancia, las corrientes que pasan por cada uno de los dos devanados iguales del estator, a plena carga, serán tales que el factor de potencia del motor se acerque al 100% . Sin embargo, su par de arranque

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	3/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

es bajo y, por lo tanto, el motor de operación continua por capacitor no es adecuado para condiciones difíciles de arranque.

4. Material y equipo

1	Módulo de motor de operación continua por capacitor		EMS 8253
1	Módulo de fuente de alimentación	<i>120 V va, 0-120 V ca</i>	EMS 8821
1	Módulo de electrodinamómetro		EMS 8911
1	Módulo de vatímetro monofásico	<i>750 W</i>	EMS 8431
1	Módulo de medición de ca	<i>2.5/8/25 A ca</i>	EMS 8425
1	Módulo de medición de ca	<i>250 V ca</i>	EMS 8426
1	Tacómetro de mano		EMS8920
	Cables de conexión		EMS 8941
1	Banda		EMS 8942

5- Desarrollo

Precaución: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga conexión alguna con la energía conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

1. Examine la estructura del **Módulo de motor de operación continua por capacitor EMS 8253**, fijándose bien en la del motor, capacitor, cables de conexión y en el alambrado.
2. Observe el motor desde la parte delantera del módulo:
 - a) Los dos devanados del estator se componen de numerosas vueltas de alambre. Identifíquelos.
 - b) ¿Parecen idénticos los devanados del estator? ____
 - c) ¿Están montados exactamente uno sobre el otro los dos devanados del estator? ____ ¿Por qué? _____
 - d) ¿Cuántos polos hay? ____ Amplié su respuesta. _____

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	4/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- e) Este es un motor de _____ polos.
 - f) Observe que hay varias ranuras distribuidas en cada polo.
 - g) Examine la estructura del rotor.
 - h) Observe el anillo de aluminio del extremo del rotor.
 - i) Observe que el abanico está fundido como parte integrante del anillo.
3. Ahora, observe el motor desde la parte posterior del módulo:
- a) Fíjese en el capacitor y su valor nominal.
 - b) ¿Es un capacitor electrolítico? _____ ¿Por qué? _____
4. Observe el módulo desde la cara delantera:
- a) Observe los dos devanados del estator.
 - b) Un devanado está conectado a las terminales ___ y ___.
 - c) El otro devanado está conectado a las terminales ___ y ___.
 - d) Observe que los valores nominales de voltaje y corriente de cada devanado son idénticos.
 - e) El capacitor esta conectado a las terminales ___ y ___.
5. Conecte el circuito ilustrado en la Figura 9-1 usando los **Módulos EMS de motor de operación continua por capacitor, fuente de alimentación, vatímetro, electrodinómetro y medición de ca.**
- a) ¿A qué conclusiones se puede llegar respecto a las corrientes del devanado principal?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	5/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

b) ¿Qué conclusiones puede formular respecto a las corrientes del devanado auxiliar?

c) ¿A qué conclusiones llega sobre la corriente de arranque para cada tipo de motor?

6. Observe que el módulo está conectado con un motor normal con arranque por capacitor.

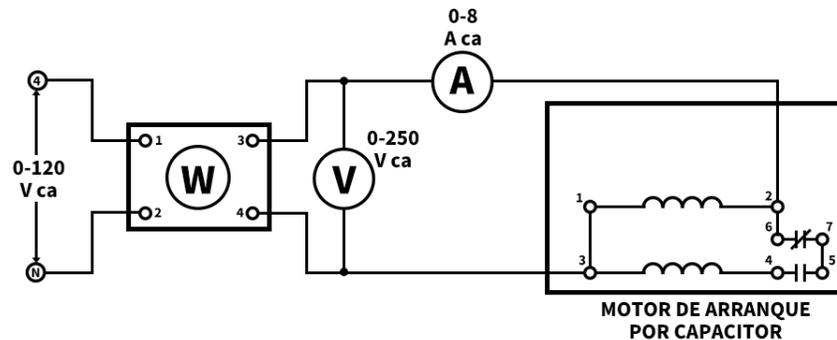


Figura 9-1

7. Dele toda la vuelta a la perilla de control del dinamómetro, haciéndola girar en sentido contrario al de las manecillas del reloj, para ofrecerle el mínimo par resistente al arranque del motor de arranque por capacitor.

8. a) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 120 V ca .

b) Mida y anote en la Tabla 8-1 la corriente de línea, la potencia y la velocidad del motor.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	6/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

PAR ($lb\cdot ft \cdot plg$)	I (A)	VA	P (W)	VELOCIDAD (rpm)	HP
0					
3					
6					
9					
12					

- c) Repita **(b)** para cada par indicado en la Tabla.
- d) Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.
9. a) Calcule y anote en la Tabla la potencia aparente suministrada al motor para cada uno de los pares indicados.
- b) Calcule y anote en la Tabla la potencia desarrollada en hp para cada par anotado.
10. A continuación determinará el máximo par de arranque desarrollado por el motor de arranque por capacitor.
- a) Desconecte los módulos de vatímetro y medición del circuito.
- b) Conecte la entrada del motor con arranque por capacitor a las terminales 2 y N de la fuente de alimentación (120 V ca fijos).
- c) Dele toda la vuelta a la perilla de control del dinamómetro haciéndola girar en el sentido de las manecillas del reloj (para una carga máxima).
- d) Cierre el interruptor de la fuente de alimentación y lea rápidamente el valor del par, según lo indique la escala del dinamómetro. Abra el interruptor de la fuente de alimentación.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	7/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Par de arranque = _____ *lbf*plg*

6. Prueba de Conocimientos

1. De acuerdo con la Tabla 8-1, indique los siguientes datos para operación en vacío (par = 0 *lbf*plg*):

- a) Potencia aparente = _____ VA
- b) Potencia real = _____ W
- c) Potencia reactiva = _____ var
- d) Factor de potencia = _____

2. De acuerdo con la Tabla 8-1, indique los siguientes datos para operación a plena carga (par = 9 *lbf*plg*):

- a) Potencia aparente = _____ VA
- b) Potencia real = _____ W
- c) Potencia reactiva = _____ var
- d) Factor de potencia _____
- e) Potencia entregada = _____ hp
- f) Equivalente eléctrico de (e) = _____ W
- g) Eficiencia del motor = _____ %
- h) Pérdidas del motor = _____ W

3. ¿Cuál es la corriente aproximada de carga plena del motor con arranque por capacitor?

$I_{plena\ carga} = \text{_____ } A\ ca$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	8/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. ¿Cuántas veces es mayor la corriente de arranque que la corriente de operación de plena carga? _____

5. Compare estos resultados con los que obtuvo en el motor de fase hendida (**Experimento de Laboratorio No. 33**).

7. Bibliografía

- Theodore Wildi. Sistemas de transmisión de potencia eléctrica. Reimpresión 1991. Editorial Limusa. México, 1991

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	1/10
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 10.

EL MOTOR DE INDUCCIÓN DE ROTOR DEVANADO

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	2/10
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial en alterna	Descarga eléctrica y daño al equipo
2	Diferencia de potencial en directa	

2. Objetivos de aprendizaje

1. Analizar la estructura de un motor trifásico de inducción de rotor devanado.
2. Exponer los conceptos de corriente de excitación, velocidad síncrona y desplazamiento en relación con un motor trifásico de inducción.
3. Observar cómo influye el campo giratorio y la velocidad del rotor en el voltaje inducido en el rotor.

3. Introducción

Hasta ahora se han estudiado campos giratorios del estator producidos por una potencia monofásica. La mayoría de las compañías de energía eléctrica generan y transmiten potencias trifásicas. La potencia monofásica que se utiliza en las viviendas se obtiene de una de las fases de la línea de potencia trifásica. En la industria, se utilizan generalmente motores trifásicos (polifásicos) y las compañías de energía eléctrica, suministran potencia trifásica los usuarios industriales.

Cuando se utiliza potencia trifásica para crear un campo giratorio en el estator se aplica un principio semejante al usado en sistema de fase hendida y bifásicos (funcionamiento por capacitor). En el sistema trifásico se genera un campo magnético giratorio mediante tres fases, en lugar de dos. Cuando el estator de un motor trifásico se conecta a una fuente de alimentación trifásica, la corriente pasa por los tres devanados del estator y establece un campo magnético giratorio. Estas tres corrientes de excitación proporcionan la potencia reactiva para establecer el campo magnético giratorio. También proporcionan la potencia que consume el motor debido a las pérdidas en el cobre y en el hierro.

El rotor devanado se compone de un núcleo con tres devanados en lugar de las barras conductoras del rotor de jaula de ardilla. En este caso, las corrientes se inducen en los devanados en la misma forma que lo harían en barras en cortocircuito. Sin embargo, la ventaja de usar devanados consiste en que las terminales se pueden sacar a través de anillos

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	3/10
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

colectores, de modo que la resistencia y, por lo tanto, la corriente que pasa por los devanados, se puede controlar de forma eficaz.

El campo giratorio del estator induce un voltaje alterno en cada devanado del rotor. Cuando el rotor está estacionario, la frecuencia del voltaje inducido en el rotor es igual a la de la fuente de alimentación. Si el rotor gira en el mismo sentido que el campo giratorio del estator, disminuye la velocidad a la que el flujo magnético corta los devanados del rotor. El voltaje inducido y su frecuencia bajarán también. Cuando el rotor gira a la misma velocidad y en el mismo sentido que el campo giratorio del estator, el voltaje inducido y la frecuencia caen a cero. (El rotor está ahora a la velocidad síncrona.) Por el contrario, si el rotor es llevado a la velocidad síncrona, pero en sentido opuesto al del campo giratorio del estator, el voltaje inducido y su frecuencia serán el doble de los valores que se tienen cuando el rotor está parado.

En este Experimento de Laboratorio, se utilizará un motor auxiliar para impulsar el rotor, pero conviene hacer notar que, para una velocidad de rotor dada, los valores del voltaje inducido y de la frecuencia serán los mismos que si el rotor girara por sí solo.

4. Material y equipo

1	Módulo de motor de inducción de rotor devanado		EMS 8231
1	Módulo de fuente de alimentación	<i>120 V va, 0-120 V ca</i>	EMS 8821
1	Módulo motor/generador de cd		EMS 8211
1	Módulo de wattímetro trifásico		EMS 8441
1	Módulo de medición de ca	<i>2.5/8/25 A ca</i>	EMS 8425
1	Módulo de medición de ca	<i>250 V ca</i>	EMS 8426
1	Tacómetro de mano		EMS8920
	Cables de conexión		EMS 8941
1	Banda		EMS 8942

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	4/10
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5- Desarrollo

**Precaución: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes!
¡No haga conexión alguna con la energía conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!**

1. Examine la estructura del **Módulo EMS 8231 del motor de inducción de rotor devanado**, fijándose especialmente en el motor, los anillos colectores, las terminales de conexión y el alambrado.
2. Si observa el motor desde la parte posterior del módulo:
 - a) Identifique los tres anillos colectores del rotor y las escobillas.
 - b) ¿Se pueden mover las escobillas? ____
 - c) Observe que las terminales de los tres devanados del rotor son llevadas a los anillos colectores, mediante una ranura en el eje del rotor.
 - d) Identifique los devanados del estator. Observe que se componen de muchas vueltas de alambre de un diámetro pequeño, uniformemente espaciadas alrededor del estator.
 - e) Identifique los devanados del rotor. Observe que se componen, de muchas vueltas de mi alambre de diámetro ligeramente mayor, uniformemente espaciadas alrededor del rotor.
 - f) Observe la magnitud del entrehierro entre el rotor y el estator.
3. Observe lo siguiente en la cara delantera del módulo:
 - a) Los tres devanados independientes del estator están conectados a las terminales ____ y ____, ____ y ____, ____ y ____.
 - b) ¿Cuál es la corriente nominal de los devanados del estator? _____
 - c) ¿Cuál es el voltaje nominal de los devanados del estator? _____
 - d) Los tres devanados del rotor están conectados en _____ (estrella, delta).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	5/10
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

e) Estos devanados están conectados a las terminales _____, _____ y _____.

f) ¿Cuál es el voltaje nominal de los devanados del rotor? _____

g) ¿Cuál es la corriente nominal de los devanados del rotor? _____

h) ¿Cuál es la velocidad nominal y la potencia en hp del motor?

$$r/min = \underline{\hspace{2cm}}$$

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

4. Conecte el circuito que se ilustra en la Figura 10-1, utilizando los **Módulos EMS de motor/generador de cd, motor de rotor devanado, vatímetro trifásico, fuente de alimentación y medición de ca.**

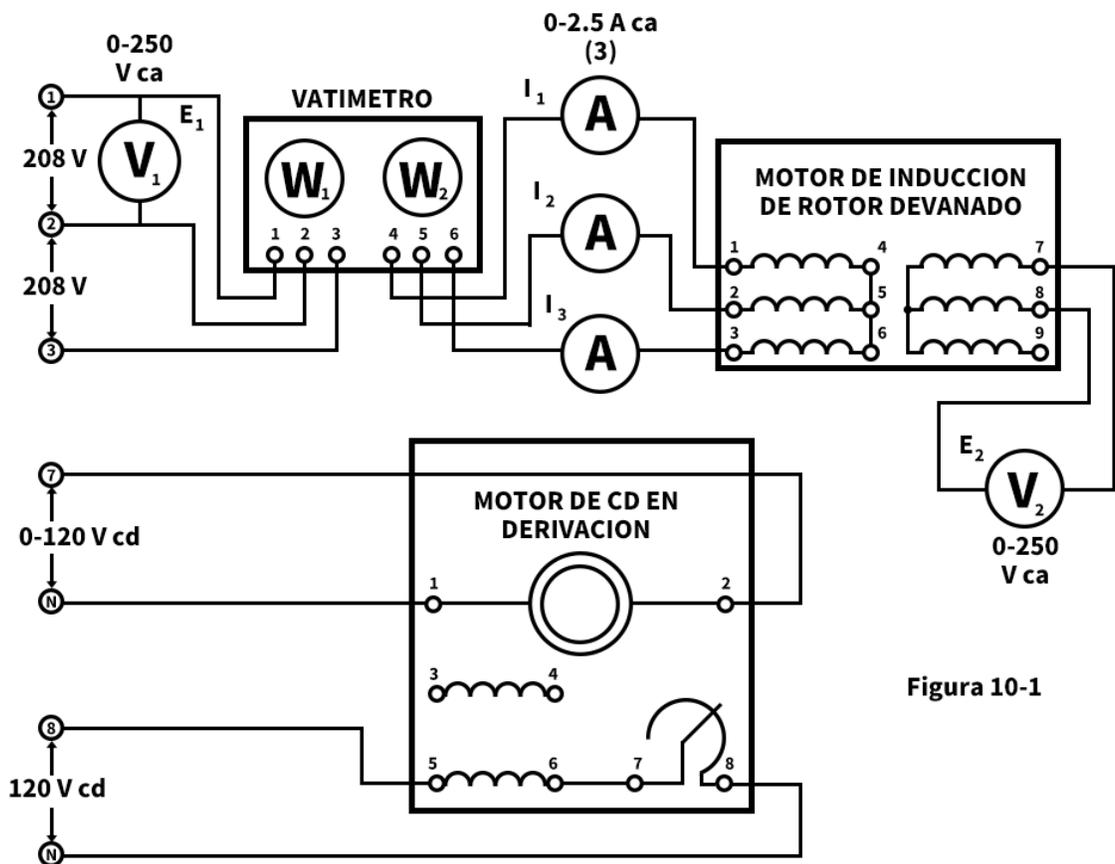


Figura 10-1

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	6/10
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. a) Observe que el motor/generador de cd se conecta con una excitación fija de campo en derivación, a las terminales 8 y N de la fuente de alimentación ($120V\ cd$). El reóstato de campo se debe hacer girar a su posición extrema en el sentido de las manecillas del reloj (para una resistencia mínima).

b) Observe que la armadura se conecta a la salida variable de cd de la fuente de alimentación, terminales 7 y N ($0-120V\ cd$).

c) Observe que el estator del rotor devanado está conectado en estrella, y se encuentra en serie con los tres amperímetros y el wattímetro, a la salida fija de $208\ V, 3\phi$, de la fuente de alimentación, terminales 1, 2 y 3.

c) Observe que el voltaje trifásico de entrada se mide por medio de V_1 y que el voltaje trifásico de salida del rotor se mide por medio de V_2 .

6. a) Acople el motor/generador de cd al motor de rotor devanado, por medio de la banda.

b) Conecte la fuente de alimentación. Mantenga en cero el control del voltaje variable de salida (el motor de cd debe estar parado).

c) Mida y anote los siguientes datos:

$$E_1 = \underline{\hspace{2cm}}, \quad W_1 = \underline{\hspace{2cm}}, \quad W_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$I_1 = \underline{\hspace{2cm}}, \quad I_2 = \underline{\hspace{2cm}}, \quad I_3 = \underline{\hspace{2cm}}, \quad E_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

d) Desconecte la fuente de alimentación.

7. Calcule lo siguiente:

a) Potencia aparente $\underline{\hspace{2cm}}$ = $\underline{\hspace{2cm}}$ VA.

b) Potencia real $\underline{\hspace{2cm}}$ = $\underline{\hspace{2cm}}$ W.

c) Factor de potencia $\underline{\hspace{2cm}}$ = $\underline{\hspace{2cm}}$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	7/10
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

d) Potencia reactiva _____ = _____ *var*.

8. a) Conecte la fuente de alimentación y ajuste el voltaje de salida variable de *cd* para una velocidad del motor de exactamente *900 r/min*.

b) Mida y anote los siguientes datos:

Nota: Si el valor de E_2 es menor que el de **Procedimiento 6**, desconecte la fuente de alimentación e intercambie dos de los tres cables del estator.

$$E_1 = \text{____}, \quad W_1 = \text{____}, \quad W_2 = \text{____}$$

$$I_1 = \text{____}, \quad I_2 = \text{____}, \quad I_3 = \text{____}, \quad E_2 = \text{____}$$

c) ¿Son aproximadamente iguales la potencia real y el valor que se obtuvo antes? _____

9. a) Aumente el voltaje variable de salida de *cd* a *120 V cd*, y ajuste el reóstato de campo a una velocidad del motor de exactamente *1800 r/min*.

b) Mida y anote los siguientes datos:

$$E_1 = \text{____}, \quad W_1 = \text{____}, \quad W_2 = \text{____}$$

$$I_1 = \text{____}, \quad I_2 = \text{____}, \quad I_3 = \text{____}, \quad E_2 = \text{____}$$

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

d) En los **Procedimientos 8 y 9**, ¿gira el motor en el mismo sentido o en sentido contrario al del campo giratorio del estator? _____

Explique por qué. _____

10. a) Intercambie las conexiones de la armadura de *cd*, con el fin de invertir el sentido del motor. Haga girar el reóstato de campo a su posición extrema en el sentido de las manecillas del reloj.

b) Conecte la fuente de alimentación y ajuste el voltaje de salida de *cd* a una velocidad de motor de *900 r/min*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	8/10
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

c) Mida y anote los siguientes datos:

$$E_1 = \text{____}, \quad W_1 = \text{____}, \quad W_2 = \text{____}$$

$$I_1 = \text{____}, \quad I_2 = \text{____}, \quad I_3 = \text{____}, \quad E_2 = \text{____}$$

11. a) Aumente el voltaje variable de salida de *cd* a *120 V cd* y ajuste el reóstato de campo a una velocidad de motor de *1800 r/min*.

b) Mida y anote los siguientes datos:

$$E_1 = \text{____}, \quad W_1 = \text{____}, \quad W_2 = \text{____}$$

$$I_1 = \text{____}, \quad I_2 = \text{____}, \quad I_3 = \text{____}, \quad E_2 = \text{____}$$

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

d) En los **Procedimientos 10 y 11**, ¿gira el motor en el mismo sentido o en sentido contrario al del campo giratorio del estator? ____

Explique por qué. _____

6- Prueba de Conocimientos

1. Como ya se sabe, el voltaje inducido en el devanado del motor es cero cuando éste gira a velocidad síncrona, ¿cuál es la velocidad síncrona del motor?

$$\text{velocidad síncrona: } \text{____ } r/min$$

2. Sabiendo que la ecuación de la velocidad síncrona:

$$r/min = 120 f/P$$

en donde:

$$r/min = \text{velocidad síncrona}$$

f: frecuencia de la línea de potencia

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	9/10
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

P : número de polos del estator

determine el número de polos que tiene el motor. $P =$ _____ polos.

3. Calcule el deslizamiento del rotor (en r/min) que hubo en los **Procedimientos 6, 8, 9, 10 y 11.** (Deslizamiento en $r/min = velocidad\ sincrona - velocidad\ del\ rotor.$)

Deslizamiento (6) = _____ r/min .

Deslizamiento (8) = _____ r/min .

Deslizamiento (9) = _____ r/min .

Deslizamiento (10) = _____ r/min .

Deslizamiento (11) = _____ r/min .

4. Calcule el % de deslizamiento en los **Procedimientos 6, 8, 9, 10 y 11.**

Deslizamiento (6) = _____ %

Deslizamiento (8) = _____ %

Deslizamiento (9) = _____ %

Deslizamiento (10) = _____ %

Deslizamiento (11) = _____ %

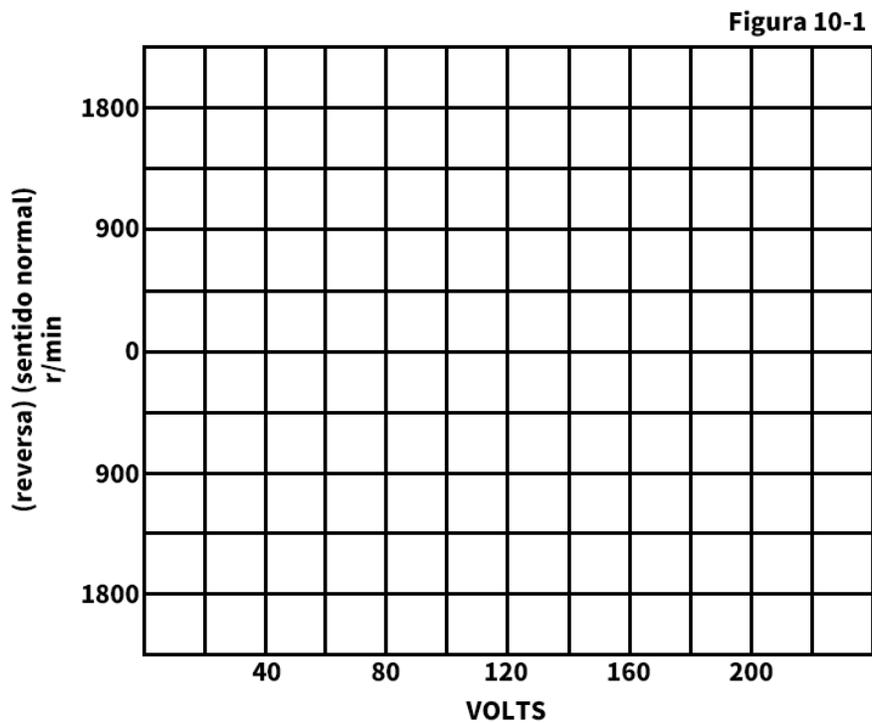
5. ¿Depende de la velocidad del rotor el valor de la corriente de excitación del motor trifásico? _____.

6. ¿Qué potencia se necesita para producir el campo magnético en el motor? _____ var .

7. ¿Qué potencia se requiere suministrar para compensar las pérdidas asociadas con la producción del campo magnético? _____ W .

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	10/10
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

8. Dibuje la curva de la velocidad del rotor en función del voltaje del rotor, en la gráfica que aparece en la Figura 10-2. ¿Será una línea recta? _____.



7. Bibliografía

- Theodore Wildi. Sistemas de transmisión de potencia eléctrica. Reimpresión 1991. Editorial Limusa. México, 1991

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	1/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 11.

EL MOTOR DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	2/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial en alterna	Descarga eléctrica y daño al equipo
2	Diferencia de potencial en directa	

2. Objetivos de aprendizaje

1. Analizar la estructura de un motor trifásico de jaula de ardilla.
2. Determinar sus características de arranque, de vacío y de plena carga.

3. Introducción

El rotor más sencillo y de mayor aplicación en los motores de inducción, es el que se denomina de jaula de ardilla, de donde se deriva el nombre de motor de inducción de jaula de ardilla. El rotor de jaula de ardilla se compone de un núcleo de hierro laminado que tiene ranuras longitudinales alrededor de su periferia. Barras sólidas de cobre o aluminio se presionan firmemente o se incrustan en las ranuras del rotor. A ambos extremos del rotor se encuentran los anillos de corto circuito que van soldados o sujetos a las barras, formando una estructura sumamente sólida. Puesto que las barras en corto circuito tienen una resistencia mucho menor que la del núcleo, no es necesario que se les aisle en forma especial del núcleo. En algunos rotores, las barras y los anillos de los extremos se funden en una sola estructura integral colocada en el núcleo. Los elementos de corto circuito, en realidad son vueltas en corto circuito que llevan elevadas corrientes inducidas en ellas, por el flujo del campo del estator.

En comparación con el complicado devanado del rotor devanado, o con la armadura de un motor de *cd*, el rotor de jaula de ardilla es relativamente simple. Es fácil de fabricar y generalmente trabaja sin ocasionar problemas de servicio.

En un motor de inducción de jaula de ardilla ensamblado, la periferia del rotor está separada del estator por medio de un pequeño entrehierro. La magnitud de este entrehierro es, en efecto, tan pequeña como lo permitan los requerimientos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	3/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

mecánicos. Esto asegura que, al efectuarse la inducción electromagnética, ésta sea la más fuerte posible.

Cuando se aplica potencia al estator de un motor de inducción, se establece un campo magnético giratorio, conforme a todos los métodos que se han estudiado hasta aquí. Cuando el campo comienza a girar, sus líneas de flujo cortan las barras de corto circuito que están alrededor de la superficie del rotor de jaula de ardilla y generan voltajes en ellas por inducción electromagnética. Puesto que estas barras están en corto circuito con una resistencia muy baja, los voltajes inducidos en ellas producen elevadas corrientes que circulan por dichas barras del rotor. Las corrientes circulantes del rotor producen, a su vez, sus propios campos magnéticos intensos. Estos campos locales de flujo del rotor producen sus propios polos magnéticos que son atraídos hacia el campo giratorio. Por lo tanto, el rotor gira con el campo principal.

El par de arranque del motor de inducción de jaula de ardilla es bajo, debido a que en reposo el rotor tiene una reactancia inductiva (X_L) relativamente grande con respecto a su resistencia (R). En estas condiciones, se podría esperar que la corriente del rotor tuviera un atraso de *90 grados* en relación al voltaje del rotor. Por lo tanto, se puede decir que el factor de potencia del circuito es bajo. Esto significa que el motor es ineficiente como carga y que no puede tomar de la fuente de alimentación una energía realmente útil para su operación.

A pesar de su ineficiencia, se desarrolla un par, y el motor comienza a girar. Conforme comienza a girar, la diferencia en velocidad entre el rotor y el campo rotatorio, o deslizamiento, va de un máximo del *100* por ciento a un valor intermedio, por ejemplo, el *50* por ciento. Conforme el deslizamiento se reduce en esta forma, la frecuencia de los voltajes inducidos en el rotor va en disminución, porque el campo giratorio corta los conductores a una velocidad menor, y esto, a su vez, hace que se reduzca la reactancia inductiva general del circuito. Al reducirse la reactancia inductiva el factor de potencia comienza a aumentar. Este mejoramiento se refleja en forma de un incremento en el par y un aumento subsecuente en la velocidad.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	4/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Cuando el deslizamiento baja a un valor comprendido entre el 2 y el 10 por ciento, la velocidad del motor se estabiliza. Esta estabilización ocurre debido a que el par del motor disminuye por disminuir los voltajes y corrientes inducidas en el rotor, ya que, por el pequeño deslizamiento, las barras del rotor cortan poco flujo del campo giratorio del estator. En consecuencia, el motor presenta un control automático de velocidad similar a la del motor en derivación de *cd*.

4. Material y equipo

1	Módulo de motor de inducción de jaula de ardilla		EMS 8221
1	Módulo de fuente de alimentación	<i>120 V va, 0-120 V ca</i>	EMS 8821
1	Módulo de electrodinamómetro		EMS 8911
1	Módulo de vatímetro trifásico		EMS 8441
1	Módulo de medición de ca	<i>2.5/2.5/2.5 A ca</i>	EMS 8425
1	Módulo de medición de ca	<i>250 V ca</i>	EMS 8426
1	Tacómetro de mano		EMS8920
	Cables de conexión		EMS 8941
1	Banda		EMS 8942

5- Desarrollo

Precaución: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga conexión alguna con la energía conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

1. Examine la estructura del **Módulo EMS 8221 del motor de inducción de jaula de ardilla**, fijándose especialmente en el motor, las terminales de conexión y el alambrado.
2.
 - a) Identifique los devanados del estator. Observe que se componen de muchas vueltas de alambre de un diámetro pequeño, uniformemente espaciadas alrededor del estator. (Los devanados del estator son idénticos a los de un motor de inducción de rotor devanado).
 - b) Identifique el abanico de enfriamiento.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	5/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- c) Identifique los anillos de los extremos del rotor de jaula de ardilla.
- d) Observe la longitud del entrehierro entre el estator y el rotor.
- e) ¿Existe alguna conexión eléctrica entre el rotor y cualquier otra parte del motor?
3. Observe lo siguiente en la cara delantera del módulo:
- a) Los tres devanados independientes del estator están conectados a las terminales ____ y ____, ____ y ____, ____ y ____.
- b) ¿Cuál es la corriente nominal de los devanados del estator? _____.
- c) ¿Cuál es el voltaje nominal de los devanados del estator? _____.
- d) ¿Cuál es la velocidad nominal y la potencia en hp del motor?
- $r/min = \underline{\hspace{2cm}}$.
- $hp = \underline{\hspace{2cm}}$.
4. Conecte el circuito que se ilustra en la Figura 11-1, usando los **Módulos EMS de motor de jaula de ardilla, electrodinamómetro, watímetro trifásico, fuente de alimentación y medición de ca**. ¡NO! acople el motor al dinamómetro todavía! Observe que los devanados del estator están conectados en estrella a través del watímetro, a la salida trifásica variable de la fuente de alimentación, terminales 4, 5 y 6.
5. a) Conecte la fuente de alimentación y ajuste. E_l a 208 V ca. El motor debe comenzar a funcionar.
- b) Mida y anote en la Tabla 11-1, las tres corrientes de línea, las lecturas del watímetro y la velocidad del motor.
- c) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	6/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

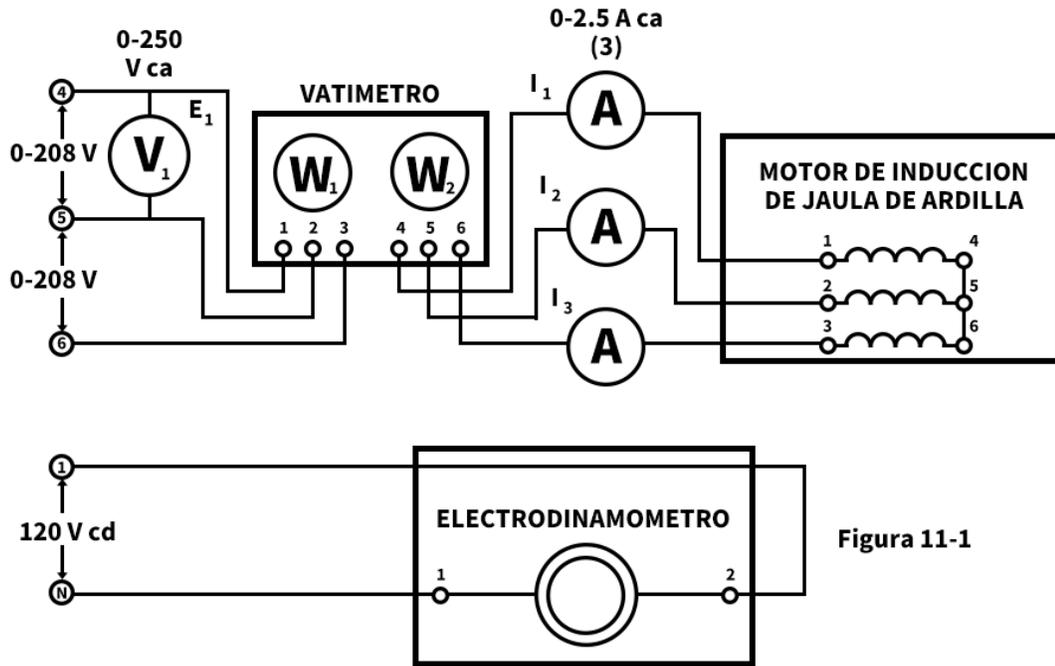


Figura 11-1

6.
 - a) Acople el motor al electrodinamómetro por medio de la banda.
 - b) Mueva la perilla de control del dinamómetro a su posición extrema haciéndola girar en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.
 - c) Repita el **Procedimiento 5** para cada uno de los pares anotados en la Tabla 11-1, manteniendo el voltaje de entrada en 208 V ca .
 - d) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

PAR (lbf*plg)	I_1 (amps)	I_2 (amps)	I_3 (amps)	W_1 (watts)	W_2 (watts)	VELOCIDAD (r/min)
0						
3						
6						
9						
12						

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	7/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. a) Conecte el circuito que aparece en la Figura 11-2. Observe que se utiliza la salida trifásica fija de la fuente de alimentación, terminales 1, 2 y 3.

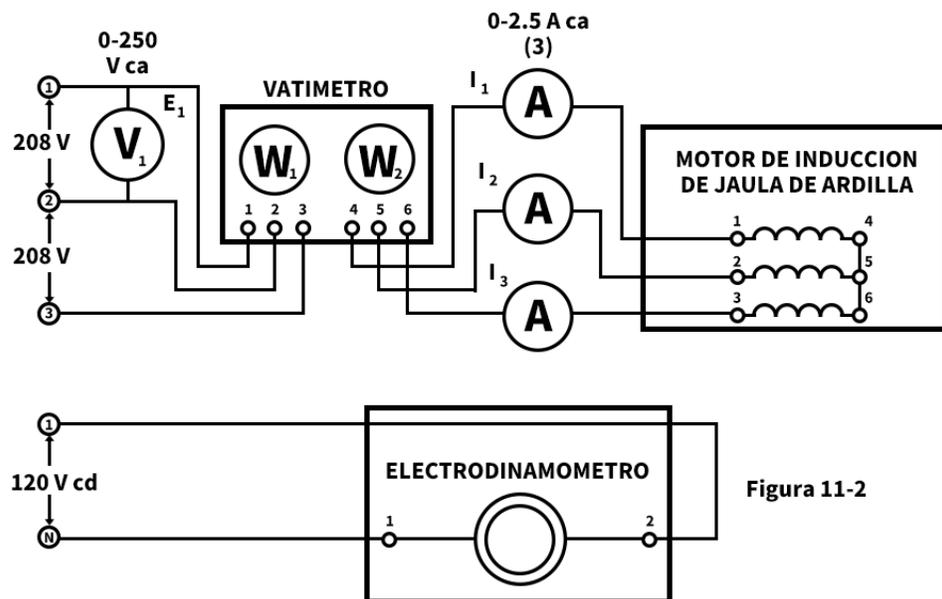


Figura 11-2

- b) Ponga la perilla de control del dinamómetro en su posición extrema haciéndola girar en el sentido de las manecillas del reloj (con el fin de darle al motor una carga máxima en el arranque).
8. a) Conecte la fuente de alimentación y mida rápidamente E_1 , I_1 y el par de arranque desarrollado.

$$E_1 = \text{_____ } V \text{ ca} \quad I_1 = \text{_____ } A \text{ ca}$$

$$\text{Par de arranque} = \text{_____ } \text{lb} \cdot \text{ft} \cdot \text{plg}$$

- b) Calcule la potencia aparente del motor para el par de arranque.

$$\text{Potencia aparente} = \text{_____ } VA$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	8/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Prueba de Conocimientos

1. Con los resultados de la Tabla 11-1, calcule las características en vacío del motor de jaula de ardilla.

- a) Corriente media _____ = _____ *A ca.*
- b) Potencia aparente _____ = _____ *VA.*
- c) Potencia real _____ = _____ *W.*
- d) Potencia reactiva _____ = _____ *var.*
- e) Factor de potencia _____ = _____.

2. Con los resultados obtenidos en la Tabla 11-1 calcule las características a $9 \text{ lbf} \cdot \text{plg}$ del motor de jaula de ardilla.

- a) Corriente media _____ = _____ *A ca.*
- b) Potencia aparente _____ = _____ *VA.*
- c) Potencia real _____ = _____ *W.*
- d) Potencia reactiva _____ = _____ *var.*
- e) Factor de potencia _____ = _____.
- f) Potencia en *hp* _____ = _____ *hp.*
- g) Eficiencia _____ = _____ %.

3. Use los resultados del **Procedimiento 8** y la Tabla 11-1, para hacer los siguientes cálculos de relaciones (use las características a $9 \text{ lbf} \cdot \text{plg}$ como valores a plena carga).

- a) Corriente de arranque a corriente de plena carga _____
- b) Par de arranque a par de plena carga _____
- a) Corriente de plena carga a corriente en vacío _____

	Manual de prácticas del Laboratorio de Maquinas Eléctricas I	Código:	MADO-##
		Versión:	01
		Página	9/9
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Máquinas Eléctricas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Compare las características de operación de jaula de ardilla con las del motor de rotor devanado.

5. El motor de inducción de jaula de ardilla es una de las máquinas más seguras y más usadas en la industria. ¿Por qué?

6. Si la frecuencia de la línea de alimentación fuera de 50 Hz :

a) ¿A qué velocidad giraría el motor? _____.

b) ¿Aumentaría la corriente de excitación, se reduciría o permanecería igual?
_____.

7. Bibliografía

- Theodore Wildi. Sistemas de transmisión de potencia eléctrica. Reimpresión 1991. Editorial Limusa. México, 1991