



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

*MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE
TRANSFORMADORES Y MOTORES DE INDUCCIÓN*



Semestre 2020-I

Autores:

*Ing. Anselmo Angoa Torres.
Ing. Rodrigo Ramírez Juárez.
Ing. Fernando Fierro Téllez.
M.C.I.C. Elpidio Cruz Castillo.
M.C.I.C. Jorge Ricardo Gersenowies Rosas.*

Colaboración:

Servicios Sociales del programa
*“Apoyo para la certificación de los
laboratorios de la Sección Eléctrica”*

PRESENTACIÓN.

En el campo de la ingeniería eléctrica es indispensable conocer las características y las normas que rigen el diseño y aplicación de las máquinas eléctricas, tanto en sistemas eléctricos como productivos. La asignatura de Transformadores y Motores de Inducción es el primer acercamiento que tiene el alumno a las máquinas eléctricas de manera formal.

El presente manual tiene la finalidad de apoyar al estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica a adquirir las habilidades de análisis necesarias para la selección e implementación en sistemas eléctricos y de producción de los transformadores y los motores de inducción, mediante la aplicación del conocimiento de los parámetros de las máquinas eléctricas y de las normas oficiales actuales que competen al sector eléctrico.

A lo largo del desarrollo de las prácticas presentadas en el presente manual y mediante diferentes metodologías, el estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica reafirmará y demostrará los conocimientos teóricos obtenidos durante el curso teórico de Transformadores y Motores de Inducción.

El presente manual consta de dos partes: en la primera sección se tratará el tema de transformadores, analizando sus características; partes constructivas, conexiones, tipos y pruebas a realizar antes y después de su implementación; y en la segunda parte se abordan los motores eléctricos de inducción analizando sus características, partes constructivas, conexiones, tipos y pruebas.

Las prácticas pueden desarrollarse en una o dos sesiones según lo considere el profesor de laboratorio debido a la familiarización y destreza del alumno con el equipo.

Se sugiere la utilización del software de ingeniería AutoCAD Electrical y Matlab como herramientas auxiliares para realizar gráficas y diagramas de alto nivel, donde el alumno tendrá la libertad de explotar y potencializar sus conocimientos y habilidades en diferentes áreas de la ingeniería eléctrica.

CONTENIDO DE LAS PRÁCTICAS.

- ✓ Nombre de la práctica.
- ✓ Objetivo.
- ✓ Introducción.
- ✓ Equipo.
- ✓ Procedimiento.
Secuencia de pasos sugerido para realizar el proceso experimental.
- ✓ Tablas comparativas que deberán ser llenadas durante la práctica de laboratorio.
- ✓ Cuestionario.
Preguntas orientadas al proceso experimental y conocimiento teórico.
- ✓ Bibliografía Sugerida.

ENTREGA DEL REPORTE DE LA PRÁCTICA REALIZADA.

Utilice hojas blancas tamaño carta no recicladas.

Nota: No se evaluarán si existen tachaduras, manchas, etc.

CONTENIDO DEL REPORTE.

✓ Portada.

La portada debe contener la siguiente información mínima requerida (sin acrónimos ni abreviaturas):

- Nombre de la institución
- Nombre de la dependencia
- Departamento de ingeniería
- Sección eléctrica
- Nombre del laboratorio y grupo en curso
- Nombre del alumno
- Nombre del profesor
- Número y nombre de la practica
- Fecha de elaboración
- Fecha de entrega
- Semestre en curso

✓ Información contenida en el reporte.

Auxiliándose del procedimiento experimental, el alumno deberá describir cómo se llevó a cabo la práctica en el laboratorio, anexando la siguiente información:

- Descripción de la realización de la práctica dentro del laboratorio.
- Cálculos teóricos donde se solicite.
- Tablas de resultados teóricos y medidos.
- Cuestionario resuelto.
- Análisis de resultados.
- Comentarios y/o sugerencias.
- Referencias bibliográficas utilizadas.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	iii
CONTENIDO DE LAS PRÁCTICAS.....	iv
ENTREGA DEL REPORTE DE LA PRÁCTICA REALIZADA.....	iv
CONTENIDO DEL REPORTE.....	v
Práctica 1	1
OBJETIVOS:.....	2
INTRODUCCIÓN:.....	2
EQUIPO:.....	2
DESARROLLO:.....	2
MEDICIÓN DE RESISTENCIA ÓHMICA POR EL MÉTODO DE PUENTE DE WHEATSTONE.....	2
USO DEL PUENTE DE WHEATSTONE.....	2
MEDICIÓN DE RESISTENCIA ÓHMICA CON EL MÉTODO DE CAÍDA DE TENSIÓN.....	5
PRUEBA DE POLARIDAD POR EL MÉTODO DE IMPULSO INDUCTIVO DE C-D.....	7
PRUEBA DE POLARIDAD POR EL MÉTODO DE CORRIENTE ALTERNA.....	8
CUESTIONARIO:.....	10
BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA:.....	11
Práctica 2	12
OBJETIVOS:.....	13
INTRODUCCIÓN:.....	13
EQUIPO:.....	13
DESARROLLO:.....	13
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN POR EL MÉTODO DE LOS DOS VOLTÍMETROS.....	13
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN CON UN TRANSFORMADOR PATRÓN.....	16
VERIFICACIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN RESPECTO DE LOS TAPS.....	17
CONEXIÓN DE LOS TRANSFORMADORES EN SERIE-SERIE.....	19
CONEXIÓN DE LOS TRANSFORMADORES EN SERIE-PARALELO.....	20
CONEXIÓN DE LOS TRANSFORMADORES EN PARALELO-PARALELO.....	21
CONEXIÓN DE LOS TRANSFORMADORES EN PARALELO-SERIE.....	22
CUESTIONARIO:.....	23
BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA:.....	23
Práctica 3	24
OBJETIVO:.....	25

INTRODUCCIÓN:	25
EQUIPO:	25
DESARROLLO:	25
PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO.	25
PRUEBA DE CORTO CIRCUITO.	27
CUESTIONARIO:	29
BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA:	30
Práctica 4	31
OBJETIVO:	32
INTRODUCCIÓN:	32
EQUIPO:	32
DESARROLLO:	32
CONEXIÓN Δ - Δ .	33
DESPLAZAMIENTO ANGULAR.	34
CONEXIÓN Y- Δ .	36
DESPLAZAMIENTO ANGULAR.	37
CONEXIÓN Y-Y.	38
DESPLAZAMIENTO ANGULAR.	40
CONEXIÓN Δ -Y.	41
DESPLAZAMIENTO ANGULAR.	42
SECUENCIA DE FASES	44
CUESTIONARIO:	45
BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA:	45
Práctica 5	46
OBJETIVO:	47
INTRODUCCIÓN:	47
EQUIPO:	47
MATERIAL.	47
DESARROLLO:	48
PARTES CONSTRUCTIVAS DEL MOTOR TRIFÁSICO DE ROTOR DEVANADO	48
PRUEBA DE DESLIZAMIENTO Y VACÍO.	49
CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN CON CARGA.	51
PRUEBA CON ROTOR BLOQUEADO.	52

CUESTIONARIO:	53
BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA:	54
Práctica 6	55
OBJETIVO:	56
INTRODUCCIÓN:	56
EQUIPO:	56
DESARROLLO:	56
PARTES CONSTRUCTIVAS.	56
CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR JAULA DE ARDILLA LAB-VOLT.	60
PRUEBA EN VACÍO.	60
PRUEBA CON CARGA.	63
PRUEBA DE ROTOR BLOQUEADO.	64
CUESTIONARIO:	65
BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA:	66
Práctica 7	67
OBJETIVO:	68
INTRODUCCIÓN:	68
EQUIPO:	68
DESARROLLO:	68
PARTES CONSTRUCTIVAS.	68
CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO.	70
PRUEBA EN VACÍO.	70
PRUEBA CON CARGA.	72
CUESTIONARIO:	74
BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA:	76
Anexo 1	77
Uso del multímetro analógico Simpson 260 serie 8.....	77



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Transformadores y Motores de Inducción.

Prácticas de laboratorio.

SEMESTRE: 2020-I

Práctica 1

Resistencia Óhmica y Prueba de Polaridad.



Grupo: _____. Profesor: _____.

Alumno: _____.

Fecha de Elaboración: _____. Fecha de Entrega: _____.

Calificación: _____.



Para tener derecho a la sesión es necesario traer introducción del tema a desarrollar, en caso de no presentarla no se permitirá que el alumno realice la práctica. El contenido será mínimo de una cuartilla.

OBJETIVOS:

- Determinar la resistencia óhmica de los devanados del banco de transformadores monofásicos.
- Conocer la polaridad del transformador.

INTRODUCCIÓN:

TEMAS SUGERIDOS.

- Características del transformador ideal y el transformador real.
- Clasificación de los transformadores.
- Polaridad de los transformadores.

EQUIPO:

- Fuente de alimentación de 0-120 V ca.
- Banco de transformadores monofásicos.
- Cables banana-banana.
- 1 puente de Wheatstone.
- 2 multímetros digitales.
- 1 multímetro analógico.

DESARROLLO:

MEDICIÓN DE RESISTENCIA ÓHMICA POR EL MÉTODO DE PUENTE DE WHEATSTONE.

1. Identifique las partes constructivas del transformador (núcleo, bobina, herrajes, placa de datos, etc.), tanto en el transformador monofásico como en el trifásico de 5 KVA.

USO DEL PUENTE DE WHEATSTONE.

2. Conecte la resistencia que va a medir en las terminales del puente marcadas como R_x . Escoja la escala adecuada en la perilla selectora del multiplicador, según la siguiente tabla 1.1.



R_x	Multiplicador
Menor de 10 Ω	0
De 10 Ω a 100 Ω	0.01
De 100 Ω a 1 k Ω	0.1
De 1 k Ω a 10 k Ω	1
De 10 k Ω a 100 k Ω	10

Tabla 1. 1. Escalas multiplicadoras del puente de Wheatstone.

Revise que las demás perillas selectoras se encuentren formando el número 1999 de mayor a menor valor.

Presione el Botón BA y después el botón GA sin soltar BA y observe el movimiento de la aguja del galvanómetro. Si la aguja se mueve hacia la dirección marcada con el símbolo +, quiere decir que la resistencia que se quiere medir es más grande que lo que marcan las perillas selectoras. Aumente entonces los valores de las perillas comenzado por la de más valor, hasta que el galvanómetro quede en la posición cero. En caso contrario (que la aguja se mueva hacia el símbolo -), quiere decir que el valor de las perillas excede el de la resistencia, por lo que se disminuirá el valor de las perillas hasta que el galvanómetro marque cero.

El valor de la resistencia será entonces la multiplicación del valor de las perillas selectoras, por el valor de la perilla multiplicadora.

3. Coloque unos cables banana-banana lo suficientemente largos para conectar las terminales del puente de Wheatstone (terminales R_x) con las terminales X_1 - X_2 del transformador bajo prueba T_1 .
4. Mida el valor resistivo de la bobina. Anote sus resultados en la tabla 1.2. Tome dos veces más el valor óhmico, obtenga el valor promedio.
5. Desconecte los cables de las terminales X_1 y X_2 .
6. Conecte ahora los cables banana-banana con las terminales H_1 y H_2 del transformador bajo prueba.
7. Verifique que el TAP del transformador bajo prueba se encuentre en el número 1. Si no es así, gire la perilla selectora hasta llegar al TAP 1.
8. Repita el punto 4.
9. Repita el punto 5 para cada posición del TAP, con cuidado de no tocar otras partes del transformador.
10. Desconecte los cables banana-banana de las terminales del transformador.



Medición	Resistencia del devanado $X_1 - X_2$ [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 1 [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 2 [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 3 [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 4 [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 5 [mΩ]
1						
2						
3						
Promedio						

Tabla 1. 2. Valores resistivos de T_1 .

11. Repita los puntos del 4 al 10 del procedimiento para los transformadores T_2 y T_3 . Anote los resultados obtenidos en las tablas 1.3 y 1.4 respectivamente.

Medición	Resistencia del devanado $X_1 - X_2$ [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 1 [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 2 [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 3 [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 4 [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 5 [mΩ]
1						
2						
3						
Promedio						

Tabla 1. 3. Valores resistivos de T_2 .

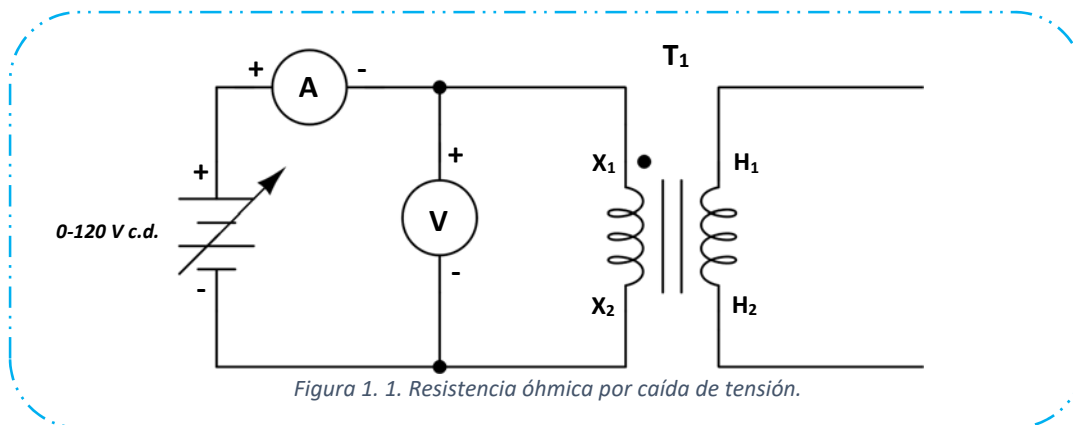
Medición	Resistencia del devanado $X_1 - X_2$ [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 1 [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 2 [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 3 [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 4 [mΩ]	Resistencia del devanado $H_1 - H_2$ TAP 5 [mΩ]
1						
2						
3						
Promedio						

Tabla 1. 4. Valores resistivos de T_3 .

MEDICIÓN DE RESISTENCIA ÓHMICA CON EL MÉTODO DE CAÍDA DE TENSIÓN.

12. Verifique que el TAP del transformador T_1 se encuentre en la posición 3.
13. Conecte el circuito como lo muestra la figura 1.1.

Nota: En caso de utilizar el multímetro analógico Simpson, consulte el Anexo 1.



14. Calcule la corriente nominal del transformador para el lado de baja tensión, como para el lado de alta tensión. Revise la placa de datos del transformador si es necesario.

I_H nominal: _____ I_X nominal: _____

Nota: La corriente que circulará por los devanados no deberá superar el 15% de la corriente nominal del devanado bajo prueba.

$$(11.3636 \text{ A})(0.15) = 1.7045 \text{ A} \quad (39.37 \text{ A})(0.15) = 5.9055 \text{ A}$$

Se sugiere que sea de 1 Ampere.

15. Revise que la perilla de la fuente de alimentación esté en cero volts, es decir, en la posición extrema antihorario.
16. Energice la fuente de alimentación y ajústela muy lentamente hasta que se observe 1 Ampere en el amperímetro.
17. Anote el voltaje al cual se llegó y la corriente con todos los decimales que muestran los instrumentos.

V_X : _____ I_X : _____



18. Reduzca a cero el voltaje de la fuente y apáguela.
19. Conecte el circuito de la figura 1.1, pero ahora usando el devanado de alta tensión.
20. Realice el mismo procedimiento de los puntos 15 al 18, ahora para el lado de alta tensión. A continuación, anote los valores de voltaje y corriente.

V_H : _____ I_H : _____

21. Reduzca a cero la fuente de alimentación y apáguela.
22. Repita el mismo procedimiento desde el punto 15 al 21 para los otros 2 transformadores.

Verifique que también estén en el TAP 3 y anote a continuación sus resultados:

Transformador 2.

V_X : _____ I_X : _____

V_H : _____ I_H : _____

Transformador 3.

V_X : _____ I_X : _____

V_H : _____ I_H : _____

23. Calcule por ley de Ohm la resistencia de los devanados. Llene la tabla 1.5.

Transformador	Resistencia lado baja tensión [mΩ]	Resistencia lado alta tensión [mΩ]
T ₁		
T ₂		
T ₃		

Tabla 1. 5. Resistencia calculada por Ley de Ohm.

24. Discuta sus resultados.

PRUEBA DE POLARIDAD POR EL MÉTODO DE IMPULSO INDUCTIVO DE C-D.

Revise que el transformador bajo prueba se encuentre en el TAP 3.

25. Arme el circuito como el de la figura 1.2. Use en este circuito el voltímetro analógico (escala de 2.5 V c-d) y el multímetro digital en la función de amperímetro de c-d (escala de 10 A c-d).

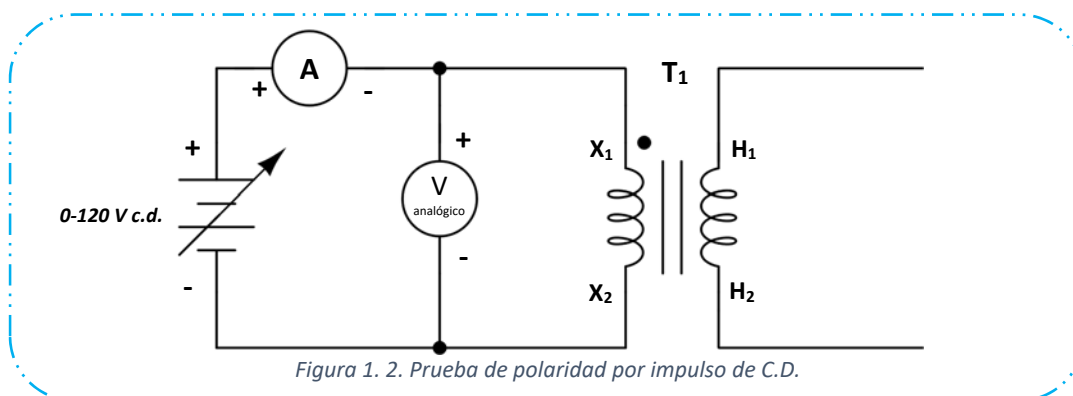


Figura 1. 2. Prueba de polaridad por impulso de C.D.

26. Revise que la perilla de la fuente de voltaje se encuentre en cero volts, es decir, en la posición extrema antihorario.
27. Energice la fuente de alimentación y ajuste el voltaje hasta que el amperímetro marque **1 Ampere**. Mientras esto sucede, observe el sentido de la deflexión de la aguja del voltímetro analógico. ¿Hacia qué lado se mueve?

R: _____.

28. Sin desenergizar la fuente de alimentación, tal cual como conectó los cables del voltímetro analógico, páselos al lado de baja tensión del transformador.
29. Mirando la aguja del voltímetro, desenergice la fuente de alimentación y revise hacia qué dirección se movió la aguja (derecha o izquierda). Anótelos:

R: _____.

Si la aguja se flexiona en el mismo sentido para las dos mediciones hechas, entonces quiere decir que el transformador tiene polaridad aditiva. Si la aguja se flexiona en sentidos contrarios para los dos casos quiere decir que el transformador tiene polaridad sustractiva.

30. Regrese la perilla de voltaje de la fuente de alimentación a cero volts y apáguela.

31. Repita los puntos desde el 25 al 30 para los dos transformadores restantes. Llene la tabla 1.6.

Transformador	Movimiento de la aguja, 1ª medición	Movimiento de la aguja, 2ª medición	Tipo de Polaridad
T ₁			
T ₂			
T ₃			

Tabla 1. 6. Polaridad de los transformadores por el método de impulso inductivo.

32. Ponga en la posición OFF el voltímetro analógico.

PRUEBA DE POLARIDAD POR EL MÉTODO DE CORRIENTE ALTERNA.

Si $V_2 > V_1$ Polaridad aditiva
Si $V_2 < V_1$ Polaridad sustractiva

33. Revise que el transformador bajo prueba se encuentre en el TAP 3.

34. Arme el circuito de la figura 1.3 que se muestra a continuación. Note cómo un cable une la terminal designada como X₁ con la terminal designada como H₁.

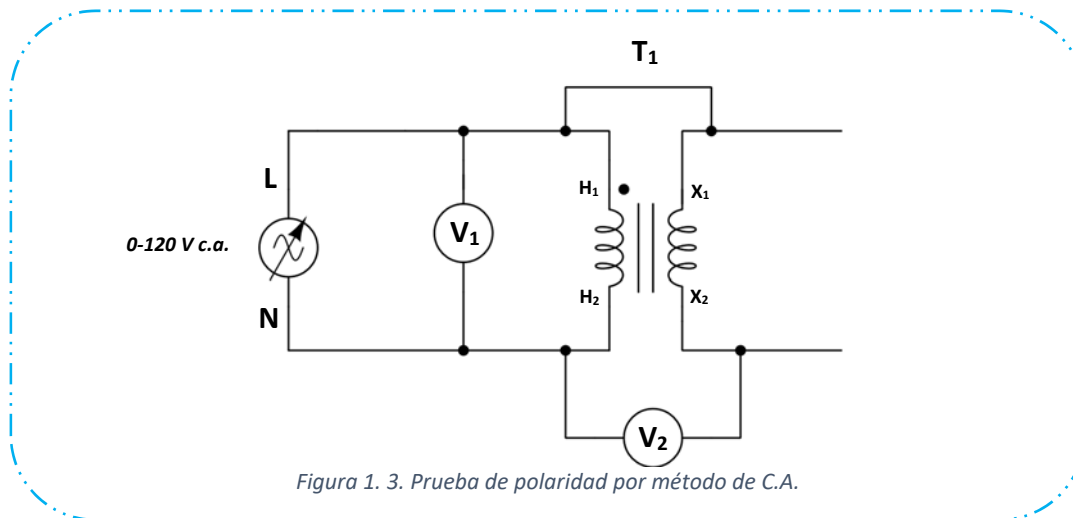


Figura 1. 3. Prueba de polaridad por método de C.A.

35. Coloque la perilla de la fuente de alimentación en el sentido antihorario para tener 0 volts.



CUESTIONARIO:

1. Explique el principio de funcionamiento del transformador ideal.
2. Mencione el funcionamiento y clasificación de las partes activas del transformador de potencia.
3. Mencione el funcionamiento y clasificación de las partes auxiliares de un transformador de potencia.
4. Indique por lo menos tres formas de clasificar al transformador de potencia.
5. ¿Por qué es importante medir la resistencia óhmica de los devanados del transformador?
6. ¿Qué factores afectan a la medición de la resistencia óhmica?
7. De los métodos utilizados, ¿cuál es más exacto y por qué?
8. Corrija el valor de la resistencia óhmica por temperatura, considerando una temperatura ambiente de 23 °C y una temperatura de operación a 70 °C con los valores promedio de las mediciones de las tablas 1.2, 1.3 y 1.4.
9. ¿Por qué es importante llevar a cabo la prueba de polaridad en los transformadores?
10. ¿Se lleva el mismo procedimiento para monofásicos y trifásicos, por qué?
11. ¿Qué métodos existen para realizar la prueba de polaridad en los transformadores?
12. ¿Por qué se da la deflexión de la aguja del multímetro analógico al desenergizar el devanado primario en la prueba de impulso inductivo?
13. ¿Por qué el voltaje en V_2 puede ser mayor o menor que V_1 , en la prueba de corriente alterna?
14. ¿Explique de qué otras maneras podemos determinar la polaridad de un transformador de potencia?



BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA:

- *Bhag S. Guru y Hüseyin R Hiziroglu, Máquinas eléctricas y transformadores, 3ª edición. Oxford University press, 2008.*
- *E.E. STAF, Circuitos Magnéticos y Transformadores, Reverte; 2003.*
- *Gilberto Enríquez Harper, Curso de Transformadores y Motores de inducción, 4ª edición, Noriega, 2000.*
- *Irving L. Kosow, Máquinas Eléctricas y Transformadores, 2ª edición, Pearson, 2000.*
- *Colonel Wm. T. Mc Lyman, Transformer and inductor design handbook, third edition, CRC press, 2004.*
- *Jesús Fraile Mora; Máquinas Eléctricas, 8ª edición, ed. Mc. Graw Hill; 2016.*
- *Theodore Wildi, Máquinas eléctricas y sistemas de potencia, i, Pearson-Prentice Hall, sexta edición, 2007.*
- *Stephen J. Chapman, Máquinas eléctricas 6a. edición, Mc. Graw Hill. 2007.*



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Transformadores y Motores de Inducción.

Prácticas de laboratorio.

SEMESTRE: 2020-I

Práctica 2

Relación de Transformación. Conexiones serie y paralelo.



Grupo: _____. **Profesor:** _____.

Alumno: _____.

Fecha de Elaboración: _____. **Fecha de Entrega:** _____.

Calificación: _____.

Para tener derecho a la sesión es necesario traer introducción del tema a desarrollar, en caso de no presentarla no se permitirá que el alumno realice la práctica. El contenido será mínimo de una cuartilla.

OBJETIVOS:

- Determinar la relación de transformación del banco de transformadores monofásicos.
- Usar la polaridad del transformador para realizar conexiones serie o paralelo y observar su comportamiento.

INTRODUCCIÓN:

TEMAS SUGERIDOS.

-Métodos de obtención de la relación de transformación.

-Características de las conexiones serie y paralelo de transformadores monofásicos.

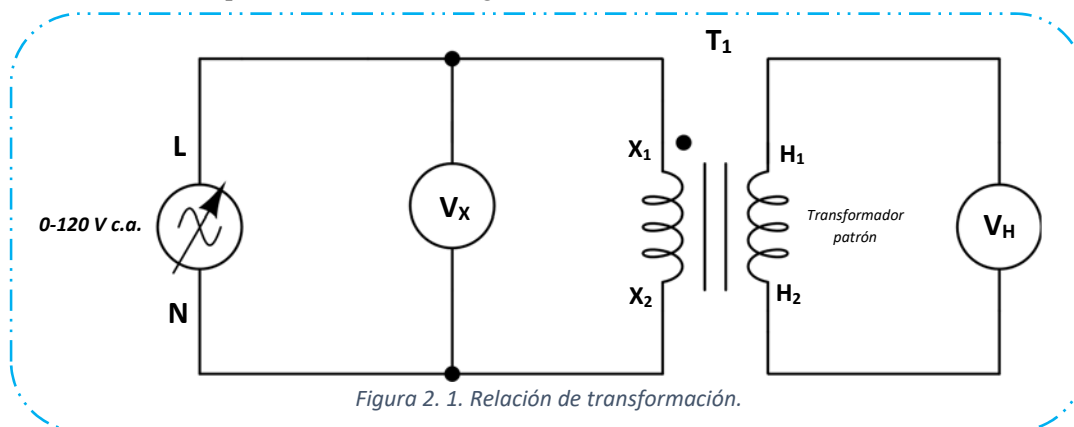
EQUIPO:

- Banco de transformadores monofásicos.
- Cables banana-banana.
- 2 multímetros digitales.
- Fuente de voltaje de 0-120 V c.a.

DESARROLLO:

RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN POR EL MÉTODO DE LOS DOS VOLTÍMETROS.

1. Verifique que el TAP del transformador bajo prueba se encuentre en la posición 3.
2. Arme el circuito que se muestra en la figura 2.1.





3. Verifique que la fuente de alimentación se encuentre en cero volts, girando la perilla en el sentido antihorario.
4. Ajuste el voltaje de la fuente de alimentación a 30 Volts de c-a en el devanado de baja tensión y anote el voltaje obtenido en el lado de alta tensión (V_H) en la tabla 2.1.
5. Varíe el voltaje de alimentación según la tabla 2.1, anotando sus resultados en la misma.
6. Reduzca a cero el voltaje y apague la fuente de alimentación.

V_X [V]	V_H [V]
30	
60	
90	
120	

Tabla 2. 1. Voltaje medido en el lado de alta tensión.

7. Intercambie los voltímetros de posición, es decir, el voltímetro que midió el lado de baja ahora medirá el lado de alta y viceversa.
8. Energice la fuente de alimentación y ajústela a 30 Volts de c-a en el lado de baja tensión. Anote el voltaje obtenido en el lado de alta tensión en la tabla 2.2.
9. Varíe el voltaje de alimentación según la tabla 2.2, anotando sus resultados en la misma.

V_X [V]	V_H [V]
30	
60	
90	
120	

Tabla 2. 2. Voltaje medido en el lado de alta tensión con los voltímetros intercambiados.

10. Reduzca el voltaje a cero y apague la fuente de alimentación.



11. Obtenga el promedio de los voltajes medidos para cada renglón de la tabla 2.1 con el correspondiente de la tabla 2.2. Con ese voltaje promedio, obtenga la relación de transformación para cada caso. Llene la tabla 2.3 con sus resultados.

V_x [V]	Promedio de Voltajes de V_H [V]	a
30		
60		
90		
120		

Tabla 2. 3. Relación de transformación.

12. ¿Son aproximadamente iguales las relaciones de transformación a diferentes niveles de voltaje?

13. ¿Por qué? _____.

14. Con los datos de la tabla 2.3 obtenga el valor promedio de la relación de transformación.

a_{promedio} : _____

15. Calcule la relación de transformación con los valores nominales de voltaje que se indican en la placa de datos.

$a_{\text{placa de datos de T}}$ _____.

16. Compare los resultados de los puntos 14 y 15 y coméntelos.

_____.

Nota: El transformador que se usó en la sección anterior se convertirá en el transformador patrón.

-
- The diagram shows an AC voltage source labeled '0-120 V c.a.' connected to a switch 'L' and a voltmeter 'V1'. The source is connected to the primary windings of two transformers, T_1 and T_2 . Transformer T_1 is labeled 'Transformador patrón' and has primary windings X_1 and X_2 and secondary windings H_1 and H_2 . Transformer T_2 is labeled 'Transformador bajo prueba' and also has primary windings X_1 and X_2 and secondary windings H_1 and H_2 . A voltmeter 'V2' is connected across the secondary windings H_1 and H_2 of transformer T_1 . The primary windings of both transformers are connected in series to the AC source.

- $$V_2 = V_{a-c}$$

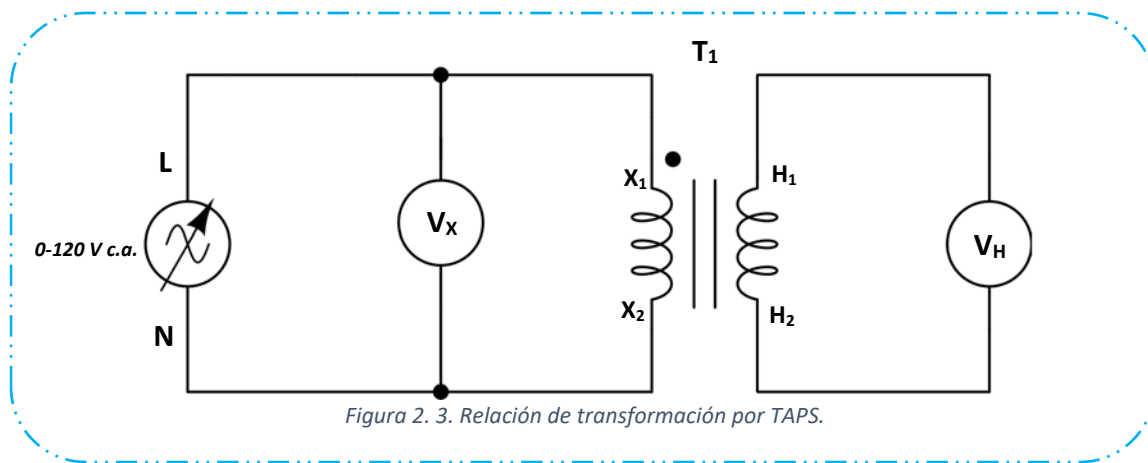
26. ¿El transformador bajo prueba tiene la misma relación de transformación que el transformador patrón? _____. ¿Por qué? _____.

27. Reduzca a cero la fuente de alimentación y apáguela.

VERIFICACIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN RESPECTO DE LOS TAPS.

Nota: El transformador que se usó en la sección anterior como transformador patrón, se usará en esta sección.

28. Realice la conexión del circuito de la figura 2.3, como se muestra a continuación.



29. Verifique que la fuente de alimentación se encuentre en cero volts, es decir, que la perilla esté en su posición extrema antihorario.

30. Coloque el transformador bajo prueba en el TAP 1.

31. Energice la fuente de alimentación y ajústela a 100 Volts de c-a.

32. Tome las lecturas tanto de V_X como de V_H . Anote sus resultados en la tabla 2.4. Calcule el valor de α .



Posición del TAP	V_x [V]	V_H [V]	α
1			
2			
3			
4			
5			

Tabla 2. 4. Voltajes de alta y baja en cada TAP.

33. Reduzca el voltaje a cero volts y apague la fuente de alimentación.

34. Cambie al TAP siguiente y repita los pasos 31 al 33 hasta completar los TAPS.

Calcule la variación en porcentaje, de los voltajes medidos entre los TAPS consecutivos.

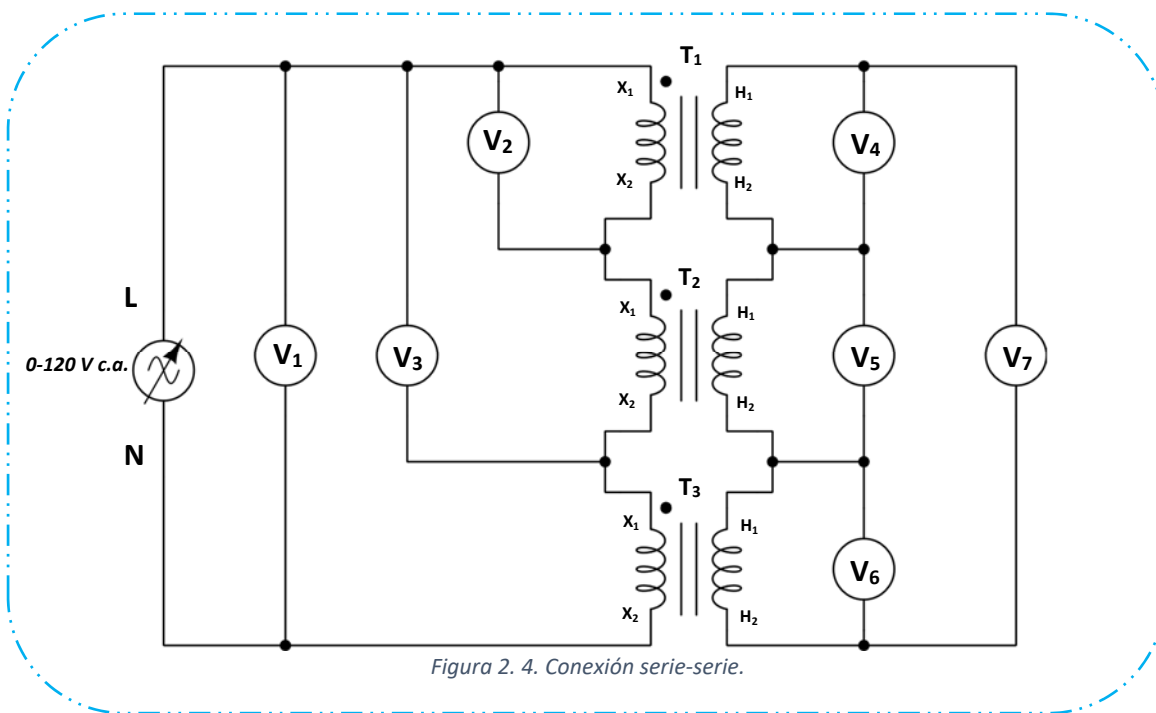
TAP₁₋₂ _____, TAP₂₋₃ _____, TAP₃₋₄ _____, TAP₄₋₅ _____.

35. Analice sus resultados y coméntelos.

CONEXIÓN DE LOS TRANSFORMADORES EN SERIE-SERIE.

36. Verifique que los tres transformadores monofásicos se encuentren en el TAP 3.

37. Arme el circuito que se muestra en la figura 2.4.



38. Ajuste la fuente de alimentación a cero volts, girando la perilla en sentido antihorario.

39. Energice la fuente de alimentación y ajústela a 90 Volts de c-a.

40. Mida los voltajes tanto en el lado de baja como en el lado de alta según lo muestra la figura 2.4, y anótelos en la tabla 2.5.

V ₁ [V]	V ₂ [V]	V ₃ [V]	V ₄ [V]	V ₅ [V]	V ₆ [V]	V ₇ [V]

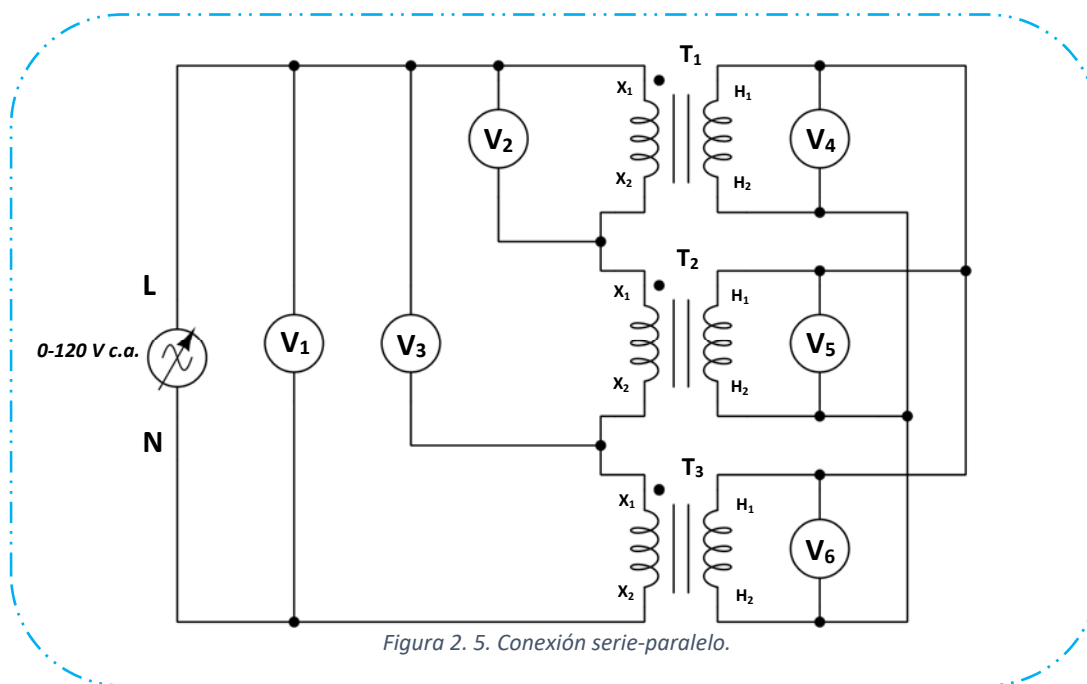
Tabla 2. 5. Relación de voltajes serie-serie.

41. Reduzca a cero el voltaje de alimentación y apague la fuente.

Comente sus resultados:

CONEXIÓN DE LOS TRANSFORMADORES EN SERIE-PARALELO.

42. Verifique que los tres transformadores monofásicos se encuentren en el TAP 3.
43. Arme el circuito que se muestra en la figura 2.5.



44. Ajuste la fuente de alimentación en cero volts girando la perilla en sentido antihorario.
45. Energice la fuente y ajústela a 90 Volts de c-a.
46. Mida los voltajes tanto en el lado de baja como en el lado de alta según lo muestra la figura 2.5, y anótelos en la tabla 2.6.

V ₁ [V]	V ₂ [V]	V ₃ [V]	V ₄ [V]	V ₅ [V]	V ₆ [V]

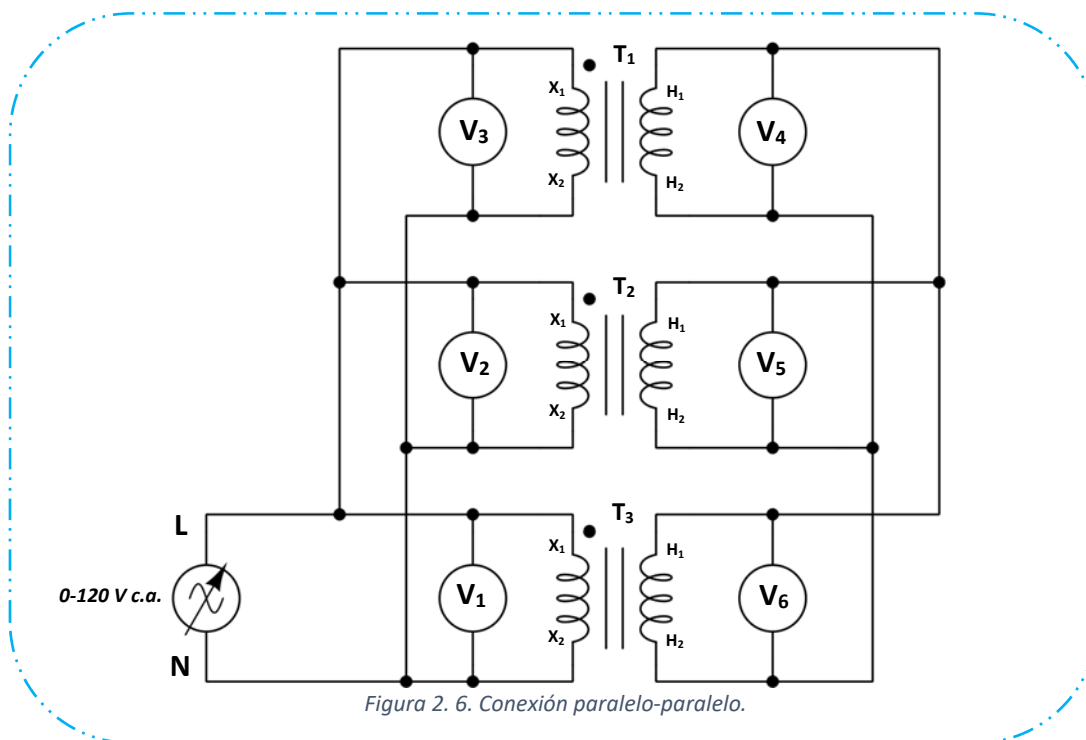
Tabla 2. 6. Relación de voltajes serie-paralelo.

47. Reduzca a cero el voltaje y apague la fuente de alimentación.

Comente sus resultados:

CONEXIÓN DE LOS TRANSFORMADORES EN PARALELO-PARALELO.

48. Verifique que los tres transformadores monofásicos se encuentren en el TAP 3.
49. Arme el circuito que se muestra en la figura 2.6.



50. Ajuste la fuente de alimentación en cero volts girando la perilla en sentido antihorario.
51. Energice la fuente y ajústela a 90 Volts de c-a.
52. Mida los voltajes tanto en el lado de baja como en el lado de alta según lo muestra la figura 2.6, y anótelos en la tabla 2.7.

V ₁ [V]	V ₂ [V]	V ₃ [V]	V ₄ [V]	V ₅ [V]	V ₆ [V]

Tabla 2. 7. Relación de voltajes paralelo-paralelo.

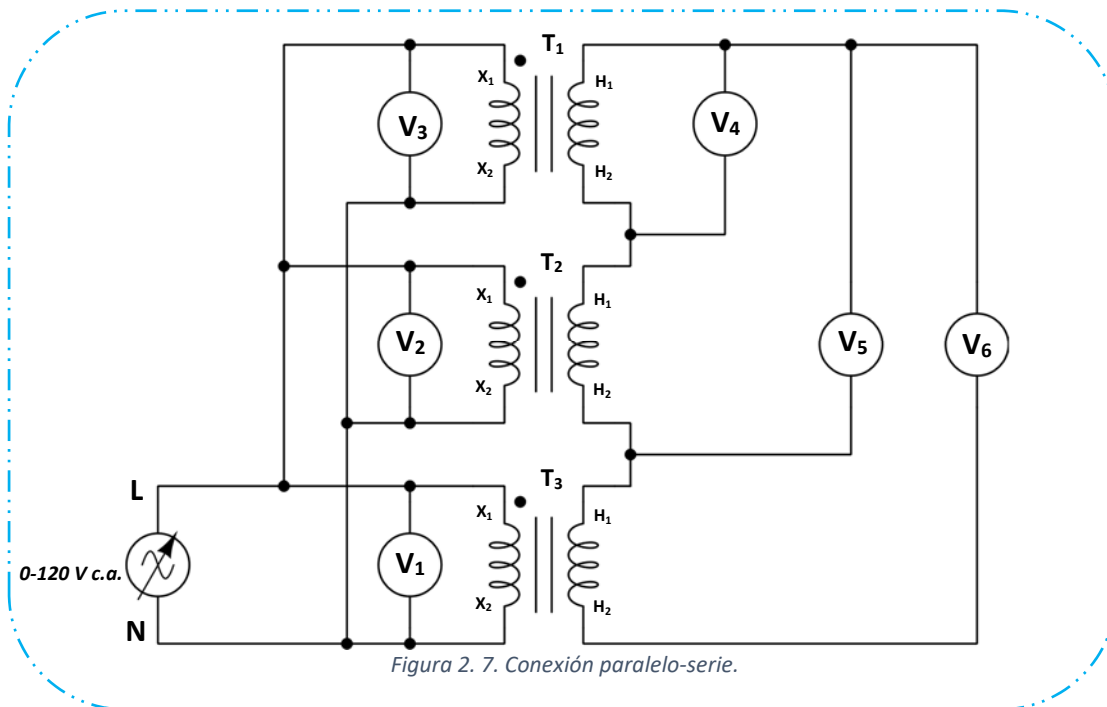
53. Reduzca a cero el voltaje de alimentación y apague la fuente.

Comente sus resultados:



CONEXIÓN DE LOS TRANSFORMADORES EN PARALELO-SERIE.

54. Verifique que los tres transformadores monofásicos se encuentren en el TAP 3.
55. Arme el circuito que se muestra en la figura 2.7.



56. Ajuste la fuente de alimentación en cero volts girando la perilla en sentido antihorario.
57. Energice la fuente y ajústela a 90 Volts de c-a.
58. Mida los voltajes tanto en el lado de baja como en el lado de alta según lo muestra la figura 2.7, y anótelos en la tabla 2.8.

Nota: Para realizar las mediciones de voltaje se recomienda un multímetro de características CAT III hasta 1000 V.

V ₁ [V]	V ₂ [V]	V ₃ [V]	V ₄ [V]	V ₅ [V]	V ₆ [V]

Tabla 2. 8. Relación de voltajes paralelo-serie.

59. Reduzca a cero el voltaje y apague la fuente de alimentación.

Comente sus resultados:



CUESTIONARIO:

1. ¿Qué otros métodos existen para obtener la relación de transformación de un transformador monofásico?
2. ¿Cómo se obtiene la relación de transformación en los transformadores trifásicos?
3. ¿Cuál es la función del cambiador de derivaciones (TAP)?
4. ¿Qué reglas deben seguirse para conectar transformadores en: serie-serie; serie-paralelo; paralelo-paralelo; y paralelo-serie?
5. Mencione algunas aplicaciones para los arreglos: serie-serie; serie-paralelo; paralelo-paralelo; y paralelo-serie.

BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA:

- Bhag S. Guru y Hüseyin R Hiziroglu, *Máquinas eléctricas y transformadores*, 3ª edición. Oxford University press, 2008.
- E.E. STAF, *Circuitos Magnéticos y Transformadores*, Reverte; 2003.
- Gilberto Enríquez Harper, *Curso de Transformadores y Motores de inducción*, 4ª edición, Noriega, 2000.
- Irving L. Kosow, *Máquinas Eléctricas y Transformadores*, 2ª edición, Pearson, 2000.
- Colonel Wm. T. Mc Lyman, *Transformer and inductor design handbook*, third edition, CRC press, 2004.
- Jesús Fraile Mora; *Máquinas Eléctricas*, 8ª edición, ed. Mc. Graw Hill; 2016.
- Theodore Wildi, *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*, i, Pearson-Prentice Hall, sexta edición, 2007.
- Stephen J. Chapman, *Máquinas eléctricas* 6a. edición, Mc. Graw Hill. 2007



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Transformadores y Motores de Inducción.

Prácticas de laboratorio.

SEMESTRE: 2020-I

Práctica 3

Ensayo de circuito abierto y corto circuito del transformador.



Grupo: _____. **Profesor:** _____.

Alumno: _____.

Fecha de Elaboración: _____. **Fecha de Entrega:** _____.

Calificación: _____.



Para tener derecho a la sesión es necesario traer introducción del tema a desarrollar, en caso de no presentarla no se permitirá que el alumno realice la práctica. El contenido será mínimo de una cuartilla.

OBJETIVO:

- Determinar las pérdidas en el núcleo y en el cobre de un transformador monofásico.
- Obtener la curva de saturación del transformador.
- Realizar el diagrama equivalente del transformador bajo prueba.

INTRODUCCIÓN:

TEMAS SUGERIDOS.

-Importancia del ensayo de vacío y de corto circuito en los transformadores trifásicos.

-Circuitos equivalentes del transformador.

-Impedancia del transformador.

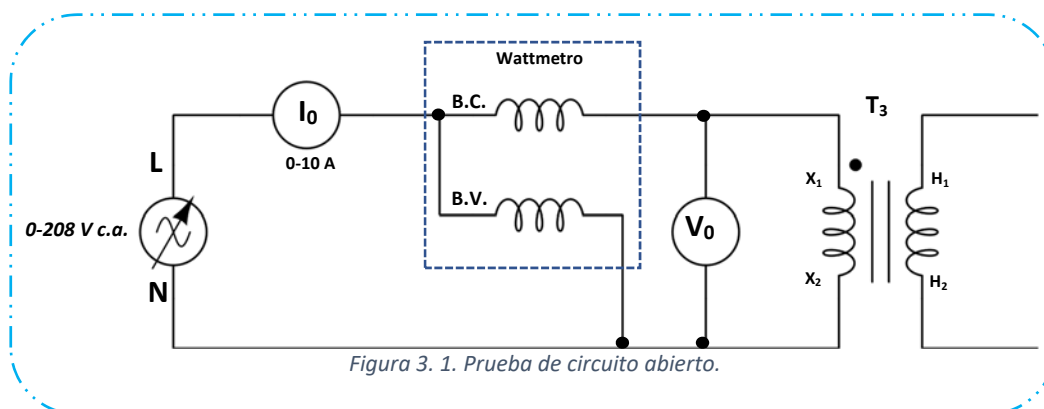
EQUIPO:

- Banco de transformadores monofásicos.
- Cables banana-banana.
- 1 Wattmetro monofásico.
- 2 multímetros digitales.
- Amperímetro de gancho.
- Fuente de alimentación de 0-208 V c-a.

DESARROLLO:

PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO.

1. Verifique que el TAP del transformador se encuentre en la posición 3.
2. Arme el circuito que se ilustra en la figura 3.1. Utilice un multímetro digital para medir la corriente de circuito abierto en la escala de 0-10 Amperes.



3. Verifique que la perilla de la fuente de alimentación se encuentre en 0 volts, girándola en sentido antihorario.
4. Compruebe que la bobina de voltaje del wattmetro monofásico se encuentre conectada en el borne de 150 volts, si no es así, colóquelo.
5. Energice el circuito con la fuente de alimentación hasta tener 20 V c-a, en el voltímetro V_0 .
6. Registre la corriente y la potencia que indican sus dispositivos de medición en la tabla 3.1.

Las lecturas de potencia tomadas con el wattmetro monofásico deberán ser multiplicadas por el factor de corrección 0.4.

7. Incremente el voltaje de acuerdo con la tabla 3.1, y tome las lecturas correspondientes.

Lectura	V_0 [V]	I_0 [mA]	P_{fe} [W]
1	20		
2	40		
3	60		
4	80		
5	100		
6	120		
7	127		
8	140		

Tabla 3. 1. Parámetros de la prueba de circuito abierto.

8. Reduzca a cero el voltaje de la fuente de alimentación y apáguela.

PRUEBA DE CORTO CIRCUITO.

PRECAUCIÓN. En esta prueba se medirán corrientes altas. Realice el procedimiento tal como se indica a continuación. Si por algún motivo hay un cable que se suelte de un conector, inmediatamente apague la fuente de alimentación. Utilice guantes de piel de borrego.

9. Calcule las corrientes nominales del transformador que se someterá a la prueba (T_3).

$$I_X = \text{_____}. \quad I_H = \text{_____}.$$

10. Verifique que los transformadores T_1 y T_3 tengan el TAP en la posición 3.

11. Coloque el conductor de la bobina de voltaje del wattmetro monofásico en 75 volts.

A partir de este momento no toque ni se coloque cerca de los transformadores.

12. Coloque la perilla de la fuente de alimentación en cero volts, girando la perilla de ajuste en el sentido antihorario.
13. Arme el circuito de la figura 3.2, y verifique que esté alimentado con la fuente de alimentación variable. En esta prueba se ocupará un amperímetro de gancho.

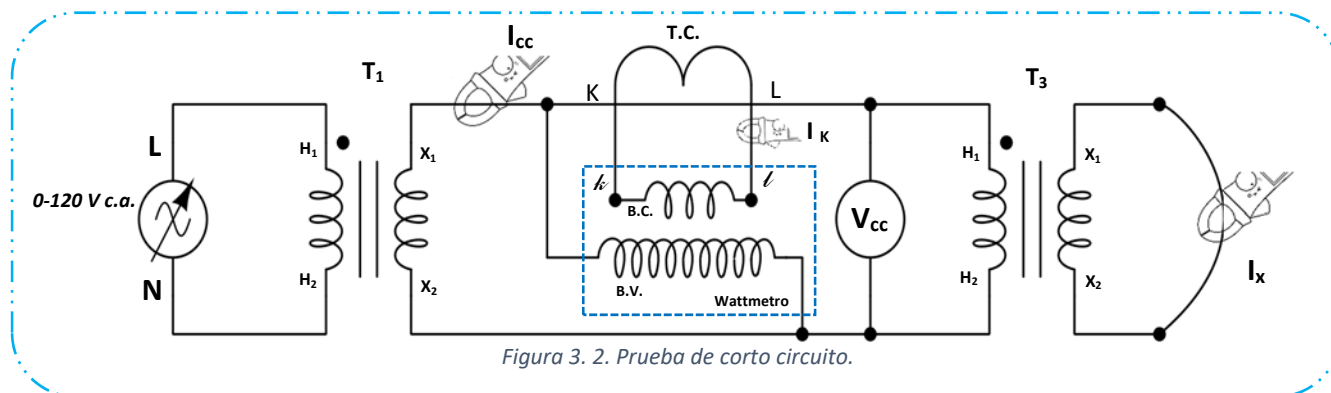


Figura 3. 2. Prueba de corto circuito.

Nota: La fuente de alimentación proporciona 5 amperes, por este motivo se utiliza T_1 como elevador de corriente. El transformador sometido a la prueba de corto circuito es T_3 .

El cable para I_X debe ser un calibre adecuado para manejar la corriente cercana a 40 A de la prueba. Use dos cables cortos trenzados.

14. Auxíliese de un compañero o del profesor para realizar las mediciones de corriente.
15. Coloque el amperímetro de gancho en el conductor que cortocircuita X_1 y X_2 de T_3 como se muestra en la figura 3.2.
16. Conecte la fuente de alimentación y varíe lentamente el voltaje hasta que I_X alcance el primer valor indicado en la tabla 3.2. Realice las mediciones que se solicitan.



Las lecturas de potencia tomadas con el wattmetro monofásico deberán ser multiplicadas por el factor de corrección 0.2.

Lectura	I_x [A]	I_k [A]	I_{cc} [A]	V_{cc} [V]	P_{cc} [W]
1	8				
2	16				
3	24				
4	32				
5	39.3				

Tabla 3. 2. Parámetros de la prueba de corto circuito.

17. Reduzca a cero la fuente de alimentación y apáguela.

18. Comente los resultados obtenidos.



CUESTIONARIO:

1. ¿Para qué se realiza la prueba de circuito abierto en un transformador?
2. ¿Cómo se componen las pérdidas en el hierro?
3. En función de los valores nominales (lectura 7 de la tabla 3.1) calcule: admitancia (Y_0), susceptancia (B_0), conductancia (G_0), corriente de magnetización (I_m), la corriente del hierro (I_{fe}) y el factor de potencia, todo en circuito abierto.
4. Grafique la curva de saturación del núcleo del transformador (se sugiere utilizar Matlab® y una escala adecuada), según los datos de la tabla 3.1.
5. ¿Para qué se realiza la prueba de corto circuito en un transformador?
6. En función de los valores nominales (lectura 5 de la tabla 3.2) calcule:
 - a) La impedancia equivalente referida al primario, resistencia equivalente referida al primario, reactancia equivalente referida al primario y el factor de potencia, todo en corto circuito.
 - b) La impedancia equivalente referida al secundario, resistencia equivalente referida al secundario, reactancia equivalente referida al secundario y el factor de potencia, todo en corto circuito.
7. Con los resultados de la pregunta 6, dibuje:
 - a) El circuito equivalente aproximado referido al primario.
 - b) El circuito equivalente aproximado referido al secundario.
8. Calcule la regulación de voltaje a plena carga, con un factor de potencia de 0.8 en atraso.
9. ¿Cuál es la eficiencia del transformador a plena carga, con un factor de potencia de 0.8 en atraso?
10. Dibuje el diagrama fasorial del transformador.
11. Realice los cálculos de las preguntas 8 y 9 para un factor de potencia unidad y un factor de potencia de 0.8 en adelanto.



BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA:

- Bhag S. Guru y Hüseyin R Hiziroglu, *Máquinas eléctricas y transformadores*, 3ª edición. Oxford University press, 2008.
- E.E. STAF, *Circuitos Magnéticos y Transformadores*, Reverte; 2003.
- Gilberto Enríquez Harper, *Curso de Transformadores y Motores de inducción*, 4ª edición, Noriega, 2000.
- Irving L. Kosow, *Máquinas Eléctricas y Transformadores*, 2ª edición, Pearson, 2000.
- Colonel Wm. T. Mc Lyman, *Transformer and inductor design handbook*, third edition, CRC press, 2004.
- Jesús Fraile Mora; *Máquinas Eléctricas*, 8ª edición, ed. Mc. Graw Hill; 2016.
- Theodore Wildi, *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*, i, Pearson-Prentice Hall, sexta edición, 2007.
- Stephen J. Chapman, *Máquinas eléctricas* 6a. edición, Mc. Graw Hill. 2007.



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Transformadores y Motores de Inducción.

Prácticas de laboratorio.

SEMESTRE: 2020-I

Práctica 4

Conexiones trifásicas y desplazamiento angular.



Grupo: _____. **Profesor:** _____.

Alumno: _____.

Fecha de Elaboración: _____. **Fecha de Entrega:** _____.

Calificación: _____.



Para tener derecho a la sesión es necesario traer introducción del tema a desarrollar, en caso de no presentarla no se permitirá que el alumno realice la práctica. El contenido será mínimo de una cuartilla.

OBJETIVO:

- Conocer los tipos de conexiones trifásicas básicas.
- Secuencia de fases.
- Observar el desplazamiento angular para conexiones Δ - Δ , Y- Δ , Y-Y y Δ -Y.

INTRODUCCIÓN:

TEMAS SUGERIDOS.

- Características de las conexiones Δ - Δ , Y- Δ , Y-Y y Δ -Y en los transformadores.
- Importancia de la secuencia de fases.
- Desplazamiento angular 0° y 30° .
- Ventajas y desventajas de usar un transformador trifásico o banco de transformadores monofásicos.
- Usos de las conexiones trifásicas para transmisión y distribución.

EQUIPO:

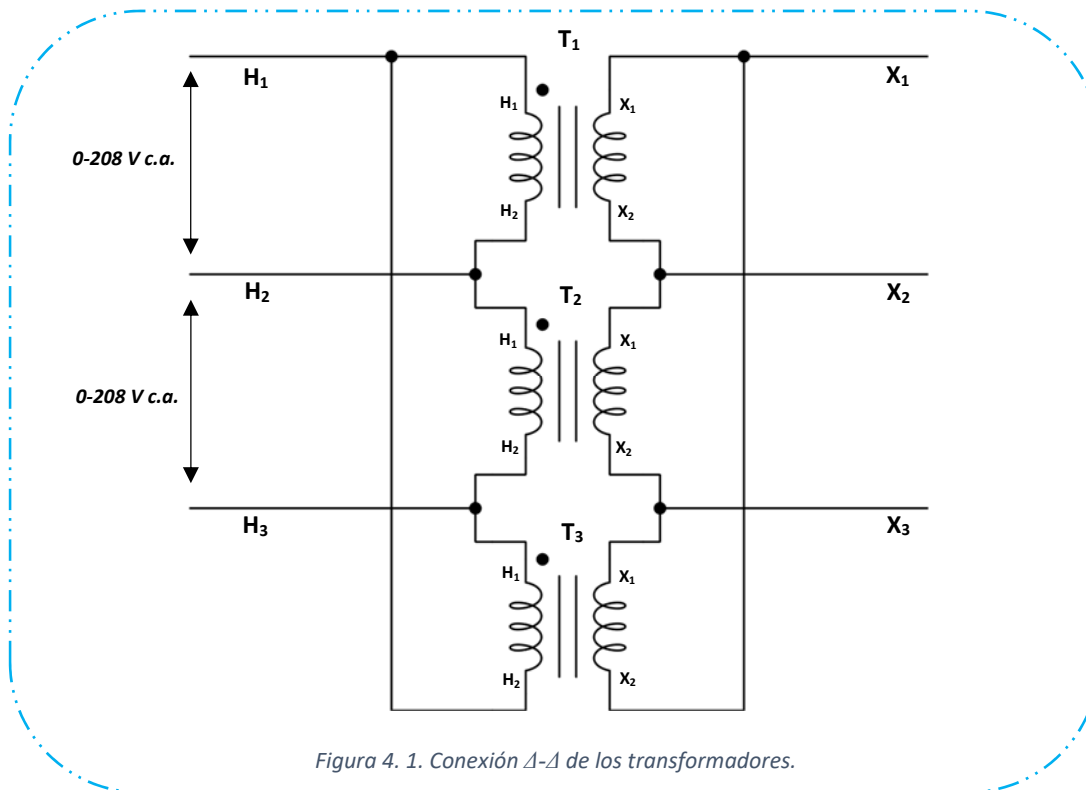
- Banco de transformadores monofásicos.
- Cables banana-banana.
- 2 multímetros digitales.
- Fuente de alimentación de 0-208 V c-a.
- Secuenciómetro.

DESARROLLO:

Nota. Durante el desarrollo se utilizarán los subíndices 1, 2, y 3 para indicar “fase” y 0 para indicar neutro.

CONEXIÓN Δ - Δ .

- Arme el circuito que se muestra en la figura 4.1.



- Coloque el TAP en la posición 3. No mueva el TAP durante el desarrollo de la práctica.
- Ponga la perilla de la fuente de alimentación en cero volts, es decir, en la posición extrema antihorario.
- Conecte el lado de alta tensión a la fuente de alimentación trifásica variable y ajuste a 200 V a-c.
- Mida ahora los voltajes en el lado de baja y alta tensión y anótelos en la tabla 4.1.

V_{X1-X2} [V]	V_{X1-X3} [V]	V_{X2-X3} [V]	V_{H1-H2} [V]	V_{H1-H3} [V]	V_{H2-H3} [V]

Tabla 4. 1. Voltajes Δ - Δ .

- Regrese el voltaje a cero y apague la fuente de alimentación.

NO DESARME EL CIRCUITO.

¿Cuáles voltajes medidos en el lado de baja y alta tensión son de línea, de fase, o de línea y de fase?

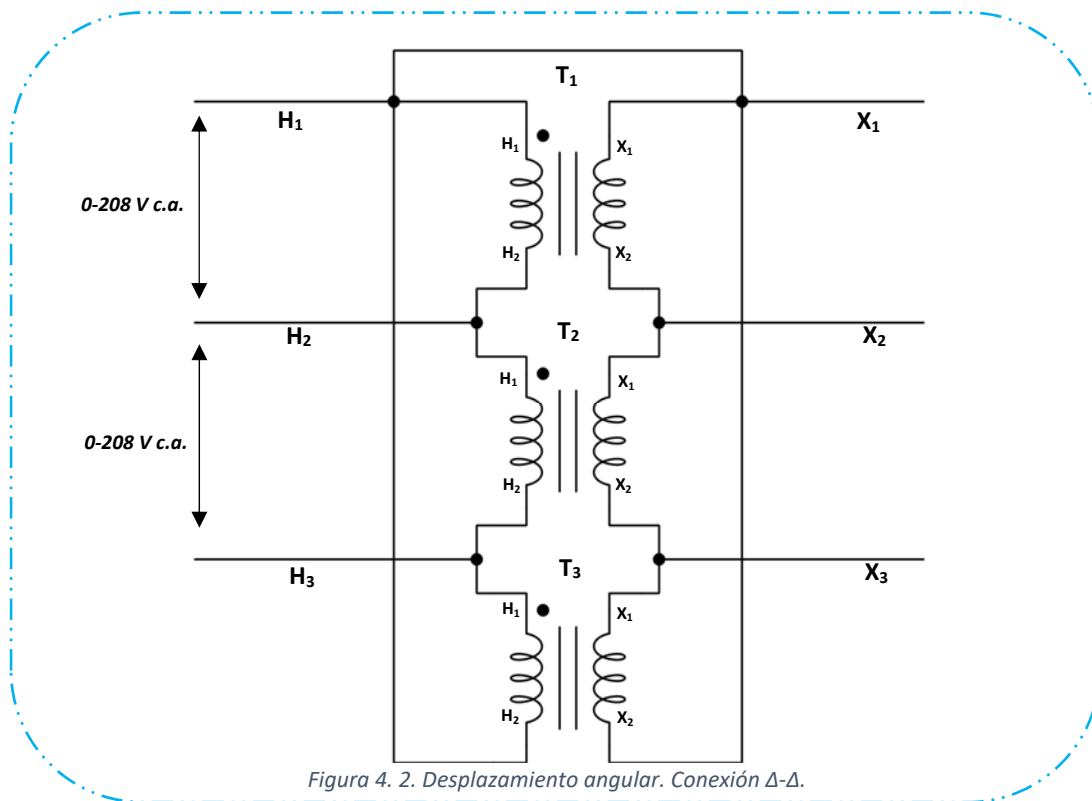
_____.

¿Por qué?

_____.

DESPLAZAMIENTO ANGULAR.

7. Conecte un cable en las terminales $X_1 - H_1$, como se muestra en el circuito de la figura 4.2.



8. Una vez conectado el cable, encienda la fuente y ajústela a 200 V c-a entre las terminales en el lado de alta tensión.



9. Realice las siguientes mediciones de voltaje y anótelos en la tabla 4.2.

$V_{H_2-X_2}$ [V]	$V_{H_3-X_2}$ [V]	$V_{H_1-H_2}$ [V]	$V_{H_2-X_3}$ [V]	$V_{H_3-X_3}$ [V]

Tabla 4. 2. Desplazamiento angular. Voltajes Δ - Δ .

Verifique las siguientes relaciones:

	Si \ No
$V_{H_2-X_3} = V_{H_3-X_2}$	
$V_{H_2-X_2} < V_{H_1-H_2}$	
$V_{H_2-X_2} < V_{H_2-X_3}$	
$V_{H_2-X_2} = V_{H_3-X_3}$	

Tabla 4. 3. Desplazamiento angular. Comparaciones entre voltajes Δ - Δ .

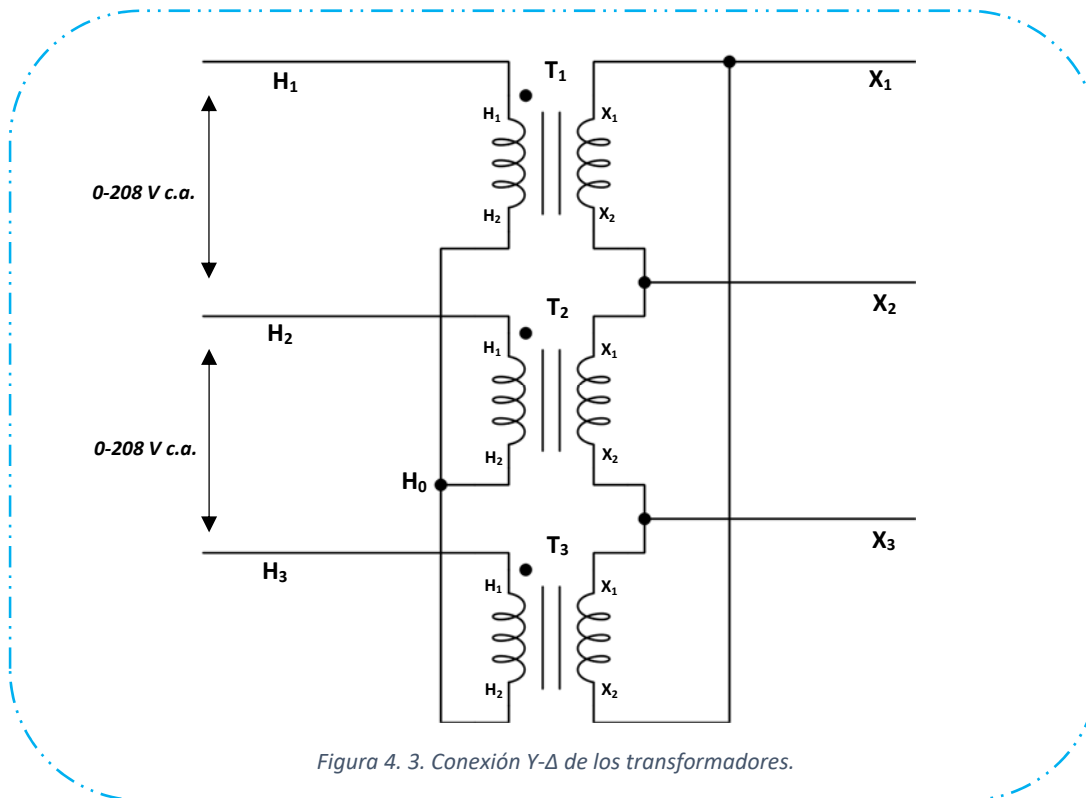
Si se cumplen las comparaciones, ¿cuál es el desplazamiento angular que se tiene?
Desplazamiento angular = _____.

Si no se cumplen las comparaciones, realice el experimento nuevamente.

10. Reduzca a cero el voltaje y apague la fuente de alimentación.

CONEXIÓN Y-Δ.

11. Arme el circuito de la figura 4.3.



12. Coloque la perilla de la fuente de alimentación en cero volts, es decir, en la posición extrema antihorario.

13. Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 200 V a-c.

14. Mida los voltajes en el lado de alta y baja tensión y anótelos en la tabla 4.4.

$V_{H_1-H_2}$ [V]	$V_{H_2-H_3}$ [V]	$V_{H_1-H_3}$ [V]	$V_{H_1-H_0}$ [V]	$V_{H_2-H_0}$ [V]	$V_{H_3-H_0}$ [V]	$V_{X_1-X_2}$ [V]	$V_{X_2-X_3}$ [V]	$V_{X_1-X_3}$ [V]

Tabla 4. 4. Voltajes Y-Δ.

15. Reduzca el voltaje de la fuente de alimentación a cero volts y apáguela.

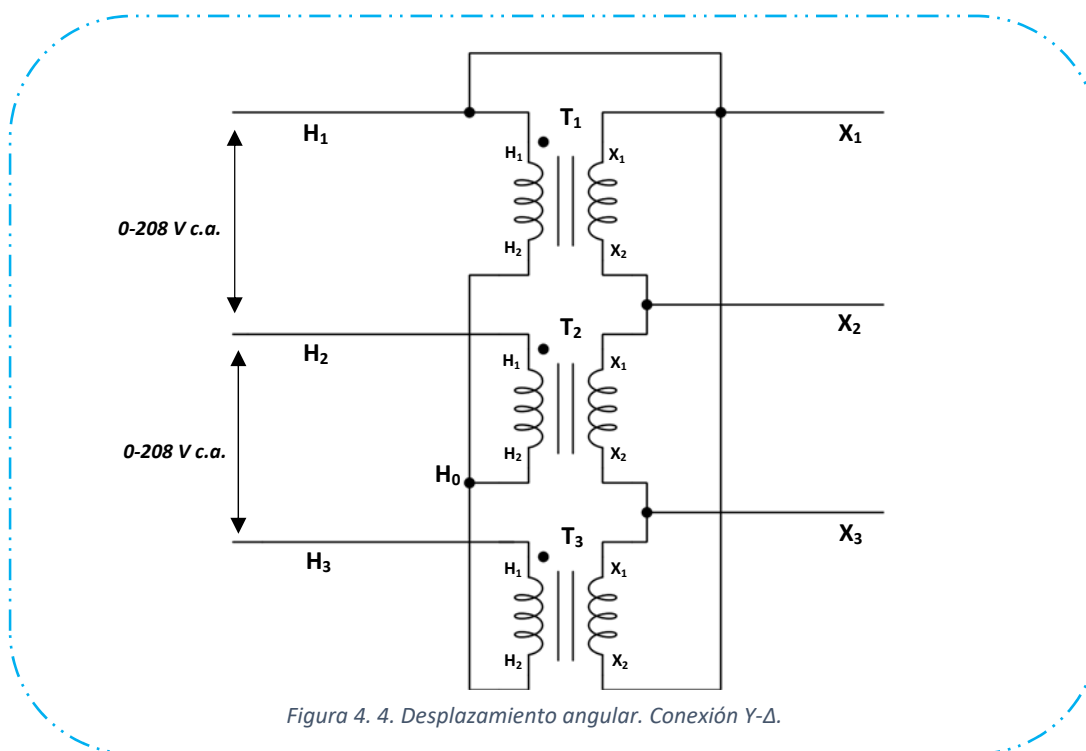
NO DESARME EL CIRCUITO.

¿Cuáles voltajes medidos en el lado de baja y alta tensión son de línea, de fase, o de línea y de fase?

¿Por qué?

DESPLAZAMIENTO ANGULAR

16. Conecte un cable en las terminales $X_1 - H_1$, como se muestra en el circuito de la figura 4.4.



17. Una vez conectado el cable, encienda la fuente y ajústela a 200 V a-c entre las terminales H_1 y H_2 .

18. Realice las siguientes mediciones de voltaje y anótelas en la tabla 4.5.

$V_{H_3-X_2}$ [V]	$V_{H_3-X_3}$ [V]	$V_{H_1-H_3}$ [V]	$V_{H_2-X_2}$ [V]	$V_{H_2-X_3}$ [V]

Tabla 4. 5. Desplazamiento angular. Voltajes Y-Δ.

Verifique las siguientes relaciones:

	Si \ No
$V_{H_3-X_2} = V_{H_3-X_3}$	
$V_{H_3-X_2} < V_{H_1-H_3}$	
$V_{H_2-X_2} < V_{H_2-X_3}$	
$V_{H_2-X_2} < V_{H_1-H_3}$	

Tabla 4. 6. Desplazamiento angular. Comparaciones entre voltajes Y-Δ.

Si se cumplen las comparaciones, ¿cuál es el desplazamiento angular que se tiene?

Desplazamiento angular = _____.

Si no se cumplen las comparaciones, realice el experimento nuevamente.

19. Reduzca a cero el voltaje y apague la fuente de alimentación.

CONEXIÓN Y-Y.

20. Arme el circuito de la figura 4.5.

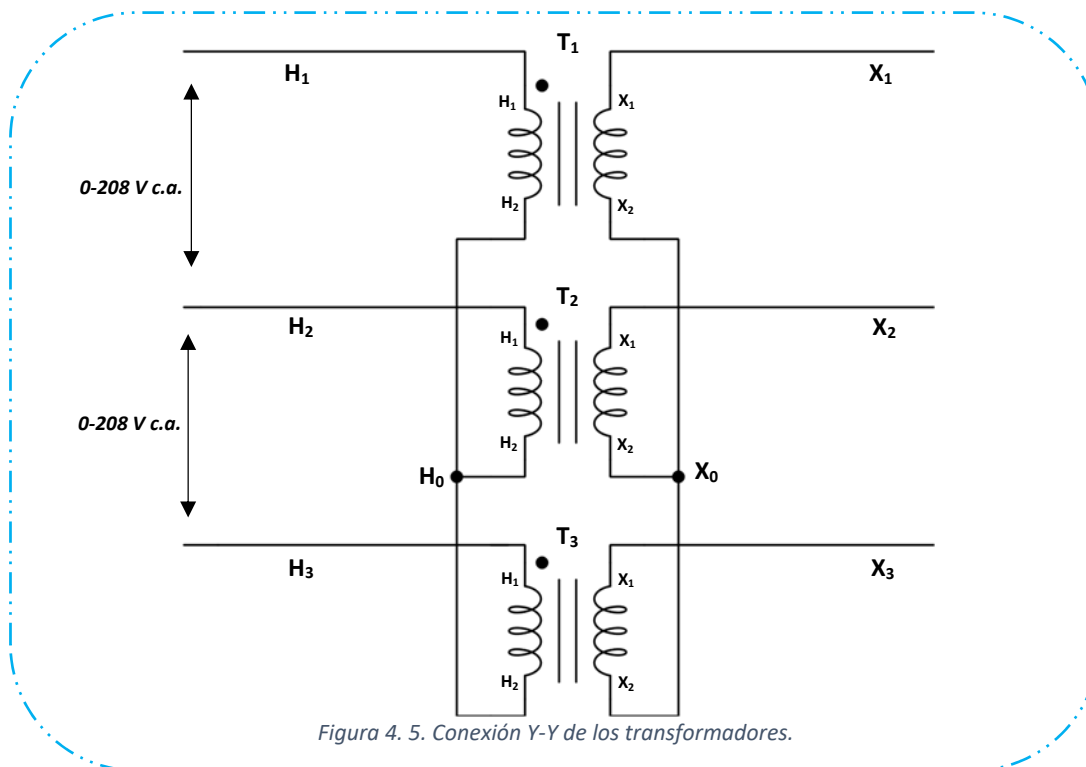


Figura 4. 5. Conexión Y-Y de los transformadores.



21. Verifique que la perilla de la fuente se encuentra en cero volts, es decir, en la posición extrema antihorario.
22. Conecte el lado de alta tensión a la fuente de alimentación y ajústelo a 200 V c-a (voltaje de línea) para obtener un voltaje nominal en los devanados $H_1 - H_2$.
23. Tome las siguientes lecturas de voltaje con un multímetro para el lado de baja tensión y anótelas en la tabla 4.7.

$V_{X_1-X_2}$ [V]	$V_{X_2-X_3}$ [V]	$V_{X_1-X_3}$ [V]	$V_{X_1-X_0}$ [V]	$V_{X_2-X_0}$ [V]	$V_{X_3-X_0}$ [V]

Tabla 4. 7. Voltajes Y-Y, lado de baja tensión.

24. Mida ahora los voltajes de alta tensión y anótelas en la tabla 4.8.

$V_{H_1-H_2}$ [V]	$V_{H_2-H_3}$ [V]	$V_{H_1-H_3}$ [V]	$V_{H_1-H_0}$ [V]	$V_{H_2-H_0}$ [V]	$V_{H_3-H_0}$ [V]

Tabla 4. 8. Voltajes Y-Y, lado de alta tensión.

25. Reduzca el voltaje a cero el voltaje de la fuente de alimentación y apáguela.

NO DESARME EL CIRCUITO.

¿Cuáles voltajes medidos en el lado de baja y alta tensión son de línea, de fase, o de línea y de fase?

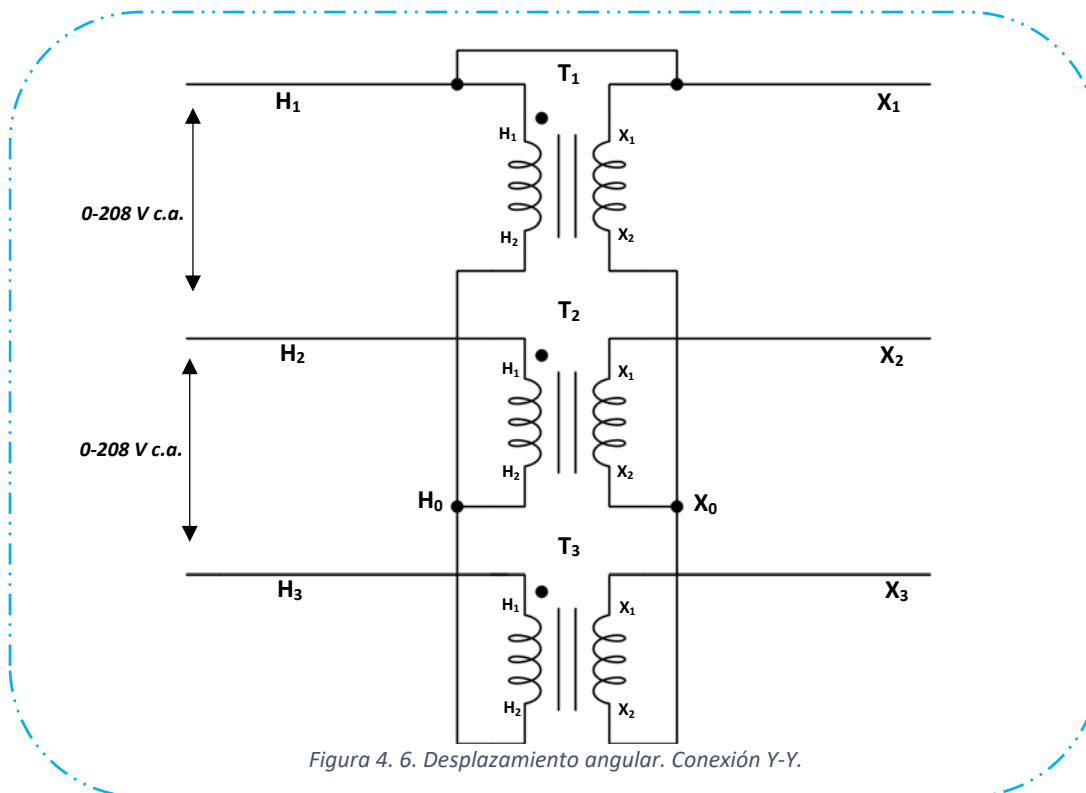
_____.

¿Por qué?

_____.

DESPLAZAMIENTO ANGULAR

26. Conecte un cable en las terminales $X_1 - H_1$ como se muestra en la figura 4.6.



27. Una vez conectado el cable, encienda la fuente y ajústela a 200 V a-c entre las terminales X_1 y X_2 .

28. Realice las siguientes mediciones de voltaje y anótelas en la tabla 4.9.

$V_{H_2-X_2}$ [V]	$V_{H_3-X_2}$ [V]	$V_{H_1-H_2}$ [V]	$V_{H_2-X_3}$ [V]	$V_{H_3-X_3}$ [V]

Tabla 4. 9. Desplazamiento angular. Voltajes Y-Y.

Verifique las siguientes relaciones:

	Si \ No
$V_{H_2-X_3} = V_{H_3-X_2}$	
$V_{H_2-X_2} < V_{H_1-H_2}$	
$V_{H_2-X_2} < V_{H_2-X_3}$	

Tabla 4. 10. Desplazamiento angular. Comparaciones entre voltajes Y-Y.

Si se cumplen las comparaciones, ¿cuál es el desplazamiento angular que se tiene?
Desplazamiento angular = _____.

Si no se cumplen las comparaciones, realice el experimento nuevamente.

29. Reduzca a cero el voltaje y apague la fuente de alimentación.

CONEXIÓN Δ -Y.

30. Arme el circuito de la figura 4.7.

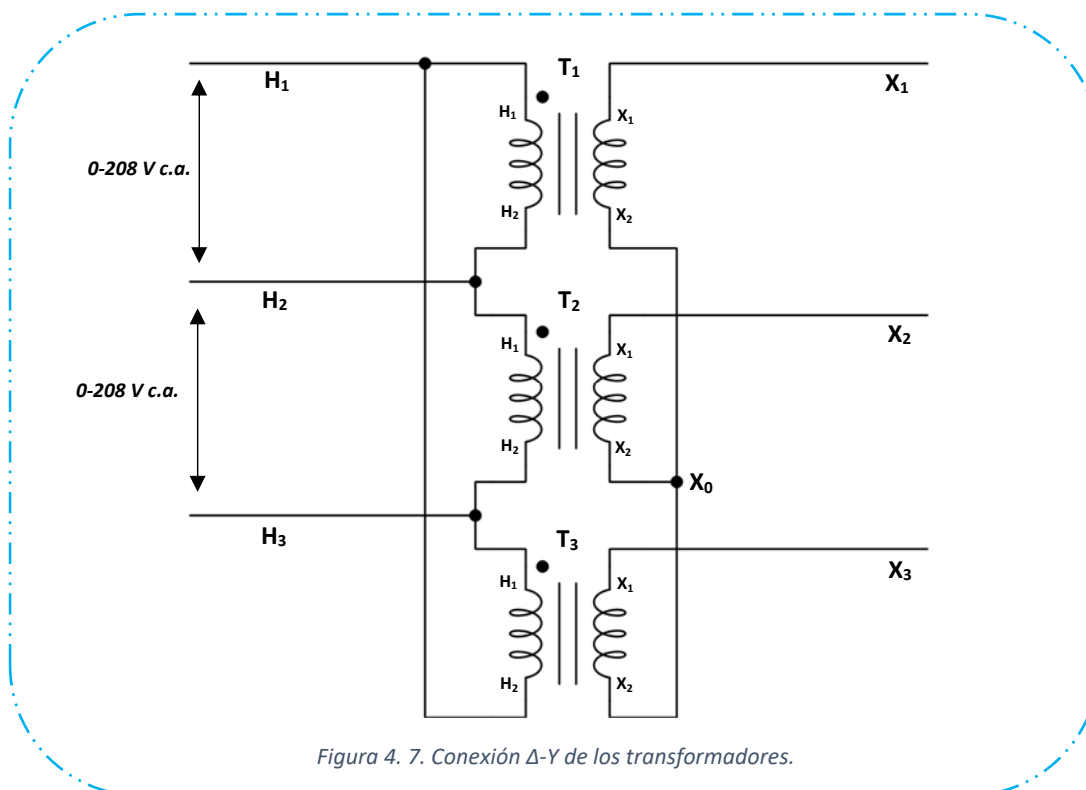


Figura 4. 7. Conexión Δ -Y de los transformadores.

31. Verifique que la fuente de alimentación este en cero volts.

32. Conecte la fuente de alimentación al lado de alta tensión y ajústelo a 200 V c-a (voltaje de línea).

33. Tome las siguientes lecturas de voltaje con un multímetro para el lado de alta tensión y anótelos en la tabla 4.11.

$V_{H_1-H_2}$ [V]	$V_{H_2-H_3}$ [V]	$V_{H_1-H_3}$ [V]

Tabla 4. 11. Voltajes Δ -Y, lado baja tensión.

34. Mida ahora los voltajes en el lado de baja tensión y anótelos en la tabla 4.12.

$V_{X_1-X_0}$ [V]	$V_{X_2-X_0}$ [V]	$V_{X_3-X_0}$ [V]	$V_{X_1-X_2}$ [V]	$V_{X_2-X_3}$ [V]	$V_{X_1-X_3}$ [V]

Tabla 4. 12. Voltajes Δ -Y, lado alta tensión.

35. Reduzca a cero el voltaje de la fuente de alimentación y apáguela.

NO DESARME EL CIRCUITO.

¿Cuáles voltajes medidos en el lado de baja y alta tensión son de línea, de fase o de línea y de fase?

¿Por qué?

DESPLAZAMIENTO ANGULAR

36. Conecte un cable en las terminales $X_1 - H_1$ como se muestra en la figura 4.8.

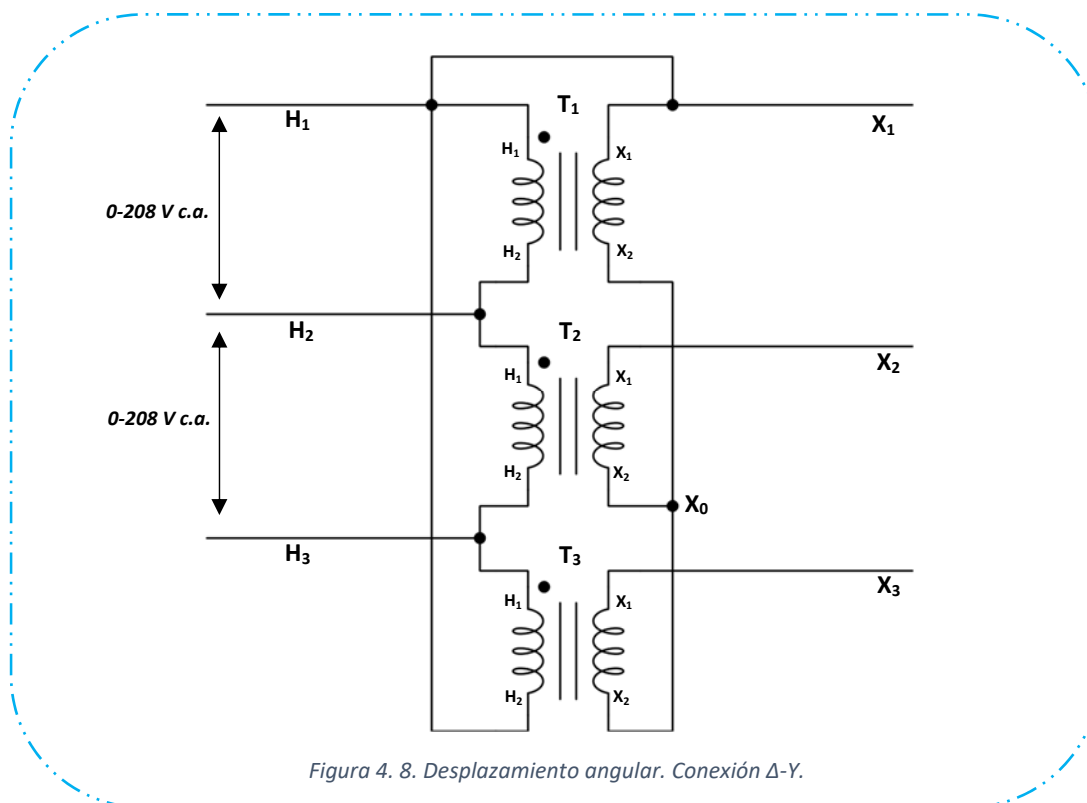


Figura 4. 8. Desplazamiento angular. Conexión Δ -Y.



37. Una vez conectado el cable, encienda la fuente y ajústela a 200 V c-a entre las terminales H_1 y H_2 .

38. Realice las siguientes mediciones de voltaje y anótelas en la tabla 4.13.

$V_{H_3-X_2}$ [V]	$V_{H_3-X_3}$ [V]	$V_{H_1-H_3}$ [V]	$V_{H_2-X_2}$ [V]	$V_{H_2-X_3}$ [V]	$V_{H_1-X_3}$ [V]

Tabla 4. 13. Desplazamiento angular. Voltajes Δ -Y.

Verifique las siguientes relaciones:

	Si \ No
$V_{H_3-X_2} = V_{H_3-X_3}$	
$V_{H_3-X_2} < V_{H_1-H_3}$	
$V_{H_2-X_2} < V_{H_2-X_3}$	

Tabla 4. 14. Desplazamiento angular. Comparaciones entre voltajes Δ -Y.

Si se cumplen las comparaciones, ¿cuál es el desplazamiento angular que se tiene?

Desplazamiento angular = _____.

Si no se cumplen las comparaciones, realice el experimento nuevamente.

39. Reduzca a cero el voltaje y apague la fuente de alimentación.

SECUENCIA DE FASES

40. Arme el circuito de la figura 4.9.

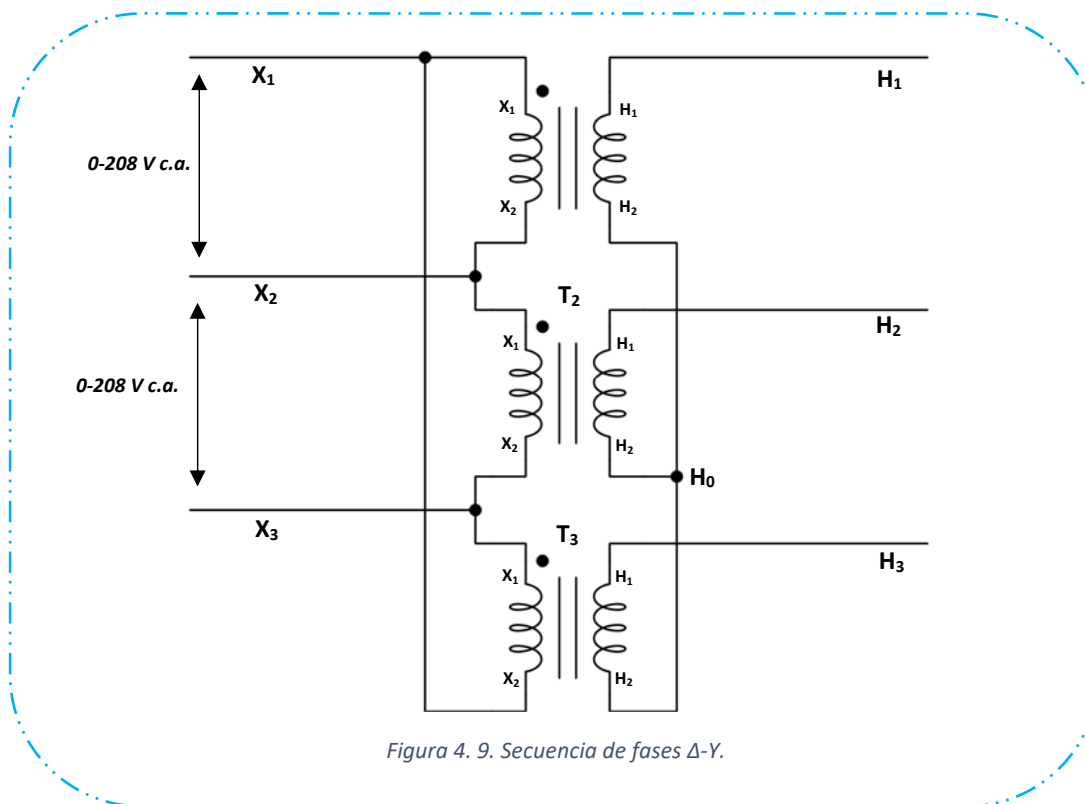


Figura 4. 9. Secuencia de fases Δ -Y.

41. Verifique que la perilla de la fuente de alimentación se encuentre en 0 V c.a.

42. Conecte el secuenciómetro a las terminales X_1 , X_2 y X_3 respectivamente, con una secuencia ABC.

43. Ajuste la fuente de alimentación a 100 V c.a. y observe el sentido de giro del disco en el secuenciómetro.

¿Hacia dónde gira? _____

44. Sin apagar a fuente de alimentación, desconecte el secuenciómetro del lado de baja tensión y conéctelo en el lado de alta. Cerciñese de mantener el mismo orden ABC en las terminales de alta y anote el sentido de giro del disco.

¿Hacia dónde gira? _____

45. Reduzca la fuente de alimentación a 0 V c.a. y apáguela.



CUESTIONARIO:

1. Calcule la relación de transformación para cada conexión utilizando los voltajes de línea de los puntos 5, 14, 23, 24, 33 y 34 respectivamente.
2. ¿Se encuentran balanceadas las conexiones de la pregunta 1?, ¿por qué?
3. Con los datos de placa de alta y baja tensión del transformador monofásico, calcule los voltajes de línea y de fase para las conexiones Δ - Δ , Y- Δ , Y-Y y Δ -Y.
4. Compare sus resultados con los valores medidos para cada conexión.
5. ¿Cuál es la potencia trifásica que puede entregar el banco de transformadores?
6. Utilizando la potencia trifásica de la pregunta anterior, ¿Cuál es la corriente de línea y de fase que se tiene en cada conexión?
7. ¿Cuál es la utilidad de conocer la secuencia de fases en los transformadores trifásicos?
8. ¿Cuál es la importancia de la prueba de desplazamiento angular?

BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA:

- Bhag S. Guru y Hüseyin R Hiziroglu, *Máquinas eléctricas y transformadores*, 3ª edición. Oxford University press, 2008.
- E.E. STAF, *Circuitos Magnéticos y Transformadores*, Reverte; 2003.
- Gilberto Enríquez Harper, *Curso de Transformadores y Motores de inducción*, 4ª edición, Noriega, 2000.
- Irving L. Kosow, *Máquinas Eléctricas y Transformadores*, 2ª edición, Pearson, 2000.
- Colonel Wm. T. Mc Lyman, *Transformer and inductor design handbook*, third edition, CRC press, 2004.
- Jesús Fraile Mora; *Máquinas Eléctricas*, 8ª edición, ed. Mc. Graw Hill; 2016.
- Theodore Wildi, *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*, i, Pearson-Prentice Hall, sexta edición, 2007.
- Stephen J. Chapman, *Máquinas eléctricas* 6a. edición, Mc. Graw Hill. 2007.



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Transformadores y Motores de Inducción.

Prácticas de laboratorio.

SEMESTRE: 2020-I

Práctica 5

Motor de inducción trifásico de rotor devanado.



Grupo: _____. **Profesor:** _____.

Alumno: _____.

Fecha de Elaboración: _____. **Fecha de Entrega:** _____.

Calificación: _____.



Para tener derecho a la sesión es necesario traer introducción del tema a desarrollar, en caso de no presentarla no se permitirá que el alumno realice la práctica. El contenido será mínimo de una cuartilla.

OBJETIVO:

- Identificar las partes constructivas del motor trifásico de rotor devanado.
- Realizar un estudio del deslizamiento del motor de inducción.
- Realizar ensayos de circuito abierto y rotor bloqueado del motor de inducción
- Obtener las curvas de par-velocidad, par-corriente, y par-potencia del motor de inducción.
- Obtener las características de arranque de este motor.

INTRODUCCIÓN:

TEMAS SUGERIDOS.

-Partes que integran un motor trifásico de rotor devanado.

-Principio y funcionamiento del motor de inducción de rotor devanado.

-Deslizamiento y eficiencia del motor de rotor devanado.

EQUIPO:

- Fuente de alimentación de 0-208 V c-a.
- Motor trifásico de rotor devanado.
- Máquina de corriente directa.
- Electrodinamómetro.
- Multímetro digital.
- Amperímetro de Gancho.
- Secuenciómetro
- Osciloscopio.
- Wattmetro trifásico.
- Banda.
- Tacómetro.
- Cables de conexión.

MATERIAL.

- 2 pares de cables banana-caimán.
- Extensión eléctrica.



DESARROLLO:

PARTES CONSTRUCTIVAS DEL MOTOR TRIFÁSICO DE ROTOR DEVANADO

1. Describa la estructura de los siguientes elementos del motor:

Carcasa:

Estator:

Devanado del estator:

Devanado del rotor:

Flecha:

Anillos deslizantes:

Escobillas:

2. Dibuje las bobinas con sus datos nominales.

Bobinas del estator

Bobinas del rotor

PRUEBA DE DESLIZAMIENTO Y VACÍO.

3. Arme el circuito que se muestra en la figura 5.1. Utilice la banda para acoplar el motor trifásico de rotor devanado al motor/generador de C. D.

Nota. Se utilizará la conexión compuesta larga del motor de C.D. para alcanzar una buena regulación de velocidad. Verifique que todas las fuentes de alimentación estén en cero.

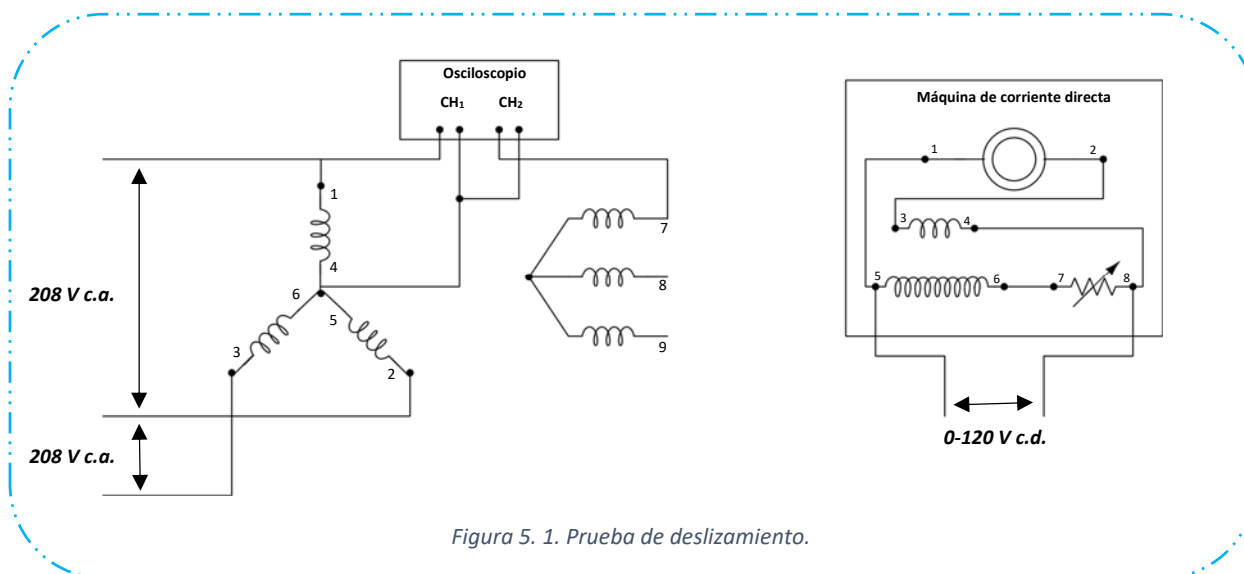


Figura 5. 1. Prueba de deslizamiento.



4. Conecte el canal 1 del osciloscopio en las terminales 1 y 4 del motor (respectivamente), la sonda del osciloscopio debe estar en 10X y acoplamiento CA.
5. Conecte el canal 2 del osciloscopio en la terminal 7 y la tierra en la terminal 8 del motor respetando la polaridad, la sonda del osciloscopio debe estar en 10X y acoplamiento CA.
6. Configure ambos canales para medir V_{rms} y Frecuencia.
7. Verifique que la fuente este en 0V. Ahora encienda la fuente y aumente gradualmente el voltaje hasta obtener la velocidad del motor de C. D. según la tabla 5.1, auxiliándose del tacómetro. Anote sus mediciones.

S [rpm]	V_1 [V] CH1	E_{rotor} [V] CH2	F [Hz] CH1	F [Hz] CH2
0				
300				
600				
900				
1200				
1500				
1800				

Tabla 5. 1. Efecto del deslizamiento positivo.

8. Reduzca el voltaje a cero volts y apague la fuente de alimentación.
9. Intercambie dos de tres fases que alimentan los devanados del estator de la máquina de rotor devanado para cambiar el sentido de giro del campo.
10. Encienda la fuente de alimentación y aumente gradualmente el voltaje hasta obtener la velocidad del motor de C. D. según la tabla 5.2, auxiliándose del tacómetro. Anote sus mediciones.

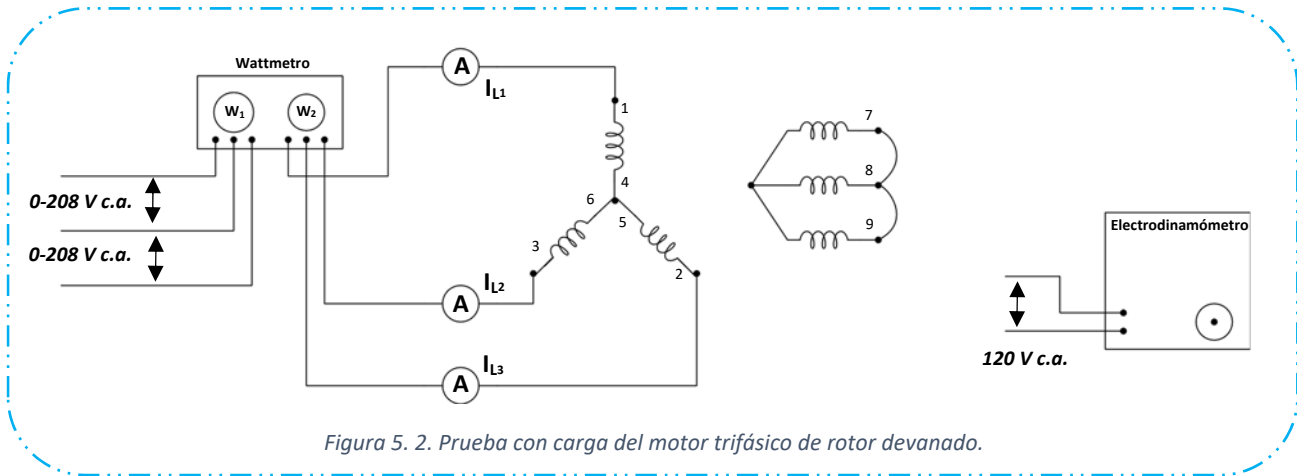
S [rpm]	V_1 [V] CH1	E_{rotor} [V] CH2	F [Hz] CH1	F [Hz] CH2
0				
300				
600				
900				
1200				
1500				
1800				

Tabla 5. 2. Efecto del deslizamiento negativo.

11. Reduzca el voltaje a cero volts y apague la fuente de alimentación.
12. Comente los resultados de comportamiento de ambas tablas.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN CON CARGA.

13. Arme el circuito que se muestra en la siguiente figura 5.2.



14. Verifique que la fuente de alimentación esté en 0 V c.a. Acople el motor al electrodinámometro por medio de la banda. Encienda la fuente de alimentación y ajústela a 208 V c.a. (mantenga este voltaje durante todo el proceso). Tome los datos que se solicitan en la tabla 5.3. Nota. Considere el signo de cada lectura del Wattmetro.

Nota. Considere las unidades del electrodinámometro que usará durante la práctica.

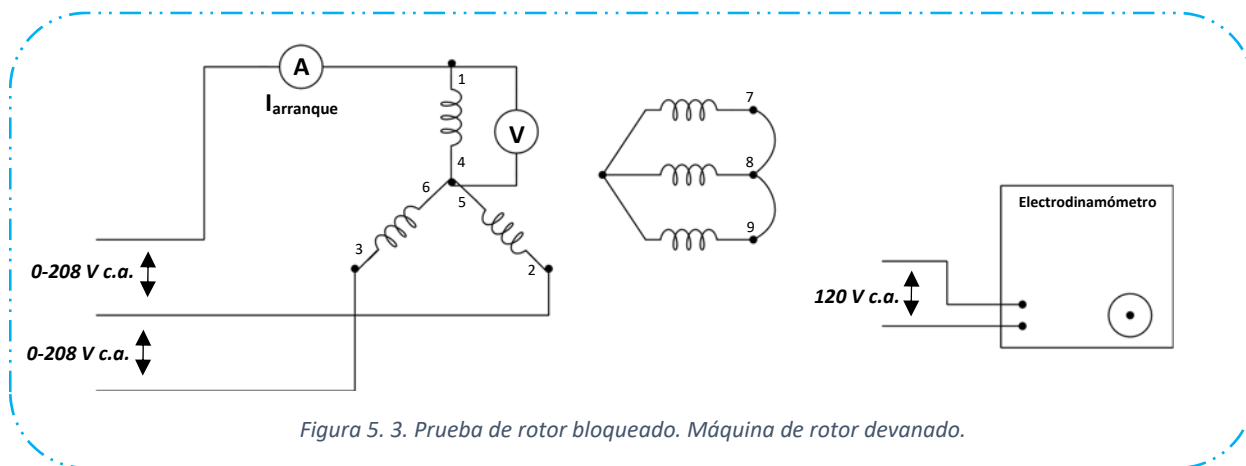
τ [N-m]	τ [lb-in]	I_{L1} [A]	I_{L2} [A]	I_{L3} [A]	$I_{promedio}$ [A]	S [rpm]	W_1 [W]	W_2 [W]
0	0							
0.2	2							
0.4	4							
0.6	6							
0.8	8							
1.0	9							
1.2	10							
1.4	12							
1.6	14							

Tabla 5. 3. Valores de la prueba con carga del motor de rotor devanado.

15. Reduzca la carga a cero gradualmente y reduzca el voltaje de la fuente a 0 V c.a. Apague la fuente de alimentación.

PRUEBA CON ROTOR BLOQUEADO.

16. Arme el circuito que se muestra en la figura 5.3.



17. Coloque la perilla del electrodinamómetro en su posición extrema en sentido horario, con la finalidad de obtener todo el par al arranque.

Nota. Antes de energizar considere que la prueba no debe durar más de tres segundos. Realice las mediciones lo más pronto posible, auxiliándose de sus compañeros o profesor.

18. Encienda la fuente de alimentación y tome las lecturas de corriente y par lo más rápido posible.

I_{arranque} _____ [A]

τ_{arranque} _____ [lb-in] o [N-m]

19. Apague la fuente de alimentación.



CUESTIONARIO:

1. Dibuje con detalle las partes constructivas de un motor trifásico de rotor devanado y describa el funcionamiento de cada una de ellas. (Se sugiere AutoCAD Electrical).
2. Calcule la potencia absorbida del motor en VA, la potencia reactiva en VAR y la potencia real en W absorbida.
3. Calcule la potencia de salida a partir de 2 lb-in (0.2 N-m) para cada valor de la tabla 5.3. Recuerde que:

$$P_{sal}[HP] = \frac{\tau \times S}{5252.1}$$

Donde: τ = [lb-ft]
 S = [rpm]

4. Calcule el factor de potencia, el deslizamiento, la potencia eléctrica de salida y la eficiencia para cada par descrito en la tabla 5.3. Recuerde que:

$$\eta = \frac{P_{salida} [W]}{P_{entrada} [W]}$$

5. Realice las gráficas par-velocidad, par-corriente, par-potencia en una sola gráfica, con respecto a la tabla 5.3. Utilice Matlab®. Explique el comportamiento de cada curva.
6. ¿de qué manera se ve afectado el factor de potencia al aumentar la carga? Explique.
7. Calcule el deslizamiento para 50 y 60 Hz del motor de rotor devanado y compare los resultados. Describa el efecto que se produce.



BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA:

- *Bhag S. Guru y Hüseyin R Hiziroglu, Máquinas eléctricas y transformadores, 3ª edición. Oxford University press, 2008.*
- *E.E. STAF, Circuitos Magnéticos y Transformadores, Reverte; 2003.*
- *Gilberto Enríquez Harper, Curso de Transformadores y Motores de inducción, 4ª edición, Noriega, 2000.*
- *Irving L. Kosow, Máquinas Eléctricas y Transformadores, 2ª edición, Pearson, 2000.*
- *Colonel Wm. T. Mc Lyman, Transformer and inductor design handbook, third edition, CRC press, 2004.*
- *Jesús Fraile Mora; Máquinas Eléctricas, 8ª edición, ed. Mc. Graw Hill; 2016.*
- *Theodore Wildi, Máquinas eléctricas y sistemas de potencia, i, Pearson-Prentice Hall, sexta edición, 2007.*
- *Stephen J. Chapman, Máquinas eléctricas 6a. edición, Mc. Graw Hill. 2007.*



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Transformadores y Motores de Inducción.

Prácticas de laboratorio.

SEMESTRE: 2020-I

Práctica 6

Motor de inducción trifásico jaula de ardilla.



Grupo: _____. **Profesor:** _____.

Alumno: _____.

Fecha de Elaboración: _____. **Fecha de Entrega:** _____.

Calificación: _____.



Para tener derecho a la sesión es necesario traer introducción del tema a desarrollar, en caso de no presentarla no se permitirá que el alumno realice la práctica. El contenido será mínimo de una cuartilla.

OBJETIVO:

- Identificar las partes constructivas del motor trifásico jaula de ardilla.
- Observar las características de operación en conexión delta y estrella.
- Realizar las curvas par-velocidad, par-corriente y par-potencia.
- Analizar el deslizamiento y la eficiencia del motor.

INTRODUCCIÓN:

TEMAS SUGERIDOS.

- Partes que integran un motor trifásico jaula de ardilla.
- Principio y funcionamiento del motor de inducción.
- Deslizamiento y eficiencia del motor.

EQUIPO:

- Fuente de alimentación de 0-208 V c-a.
- 3 motores jaula de ardilla: seccionado, Siemens y LAB-VOLT.
- Electrodinamómetro.
- Multímetro digital.
- Secuenciómetro.
- Wattmetro trifásico.
- Tacómetro digital
- Amperímetro analógico de 0 – 10 A.

DESARROLLO:

PARTES CONSTRUCTIVAS.

1. Describa la estructura de los siguientes elementos del motor jaula de ardilla seccionado:

Carcasa:



Estator:

Devanado del estator:

Rotor:

Flecha:

Tapas:

Porta rodamiento:

Baleros:

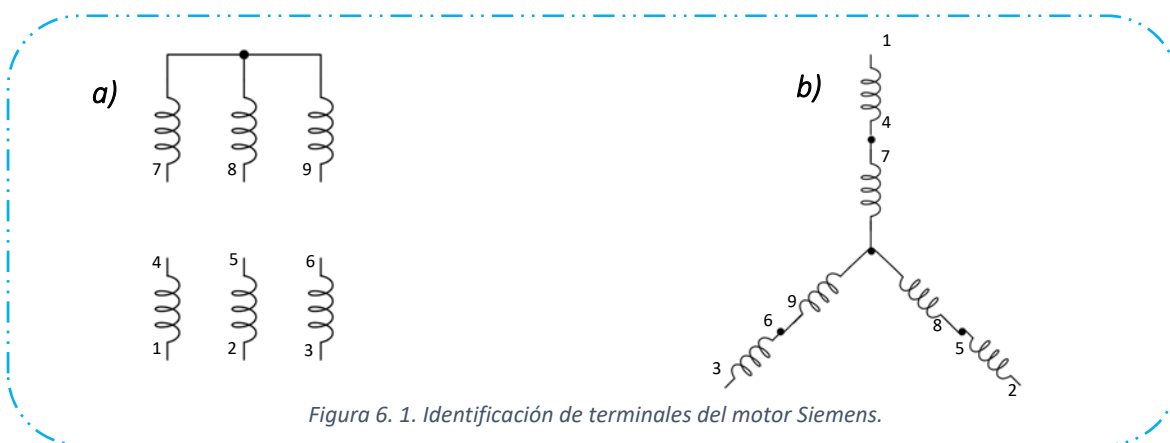
2. Use el motor jaula de ardilla color naranja (Siemens) sin colocarlo en la consola LAB-VOLT. Anote los valores de placa.

3. Identifique los devanados del motor, midiendo continuidad entre cada uno de ellos. Haga sus observaciones acerca de las terminales 7, 8 y 9, anotando su valor resistivo.

Terminal _____ y _____. Terminal _____ y _____. Terminal _____ y _____.

Terminal 7 y 8. _____ Terminal 8 y 9. _____ Terminal 7 y 9. _____.

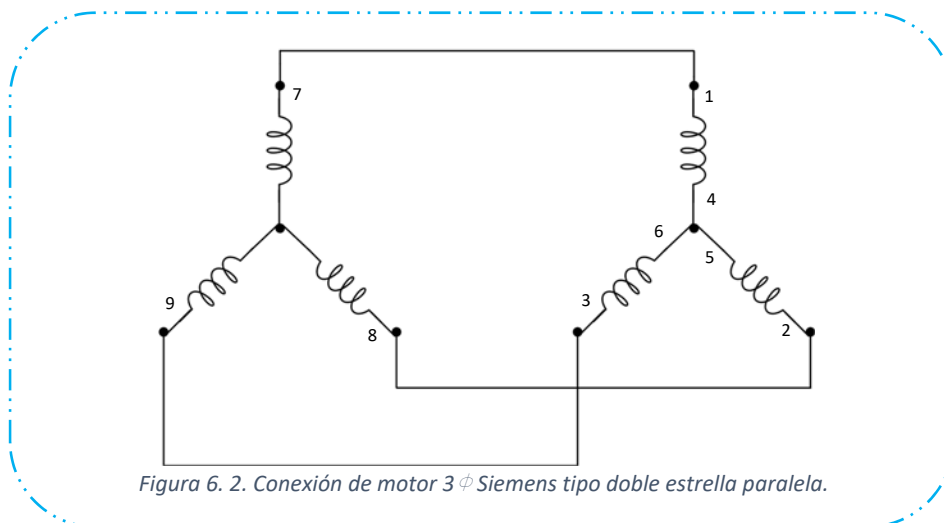
4. Una vez ya identificados los devanados (figura 6.1a), realice la conexión “Y” del motor como se muestra en la figura 6.1b.



De los datos de placa, ¿cuál es el voltaje de alimentación que se requiere para esta conexión? _____.

¿La fuente de alimentación LAB VOLT, puede suministrar ese voltaje? _____.

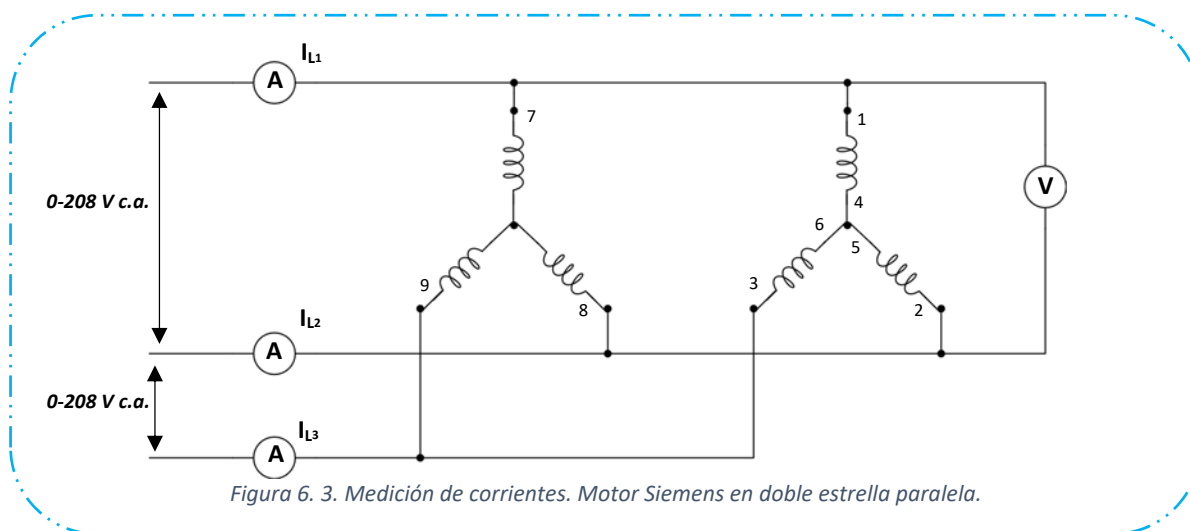
5. Arme el circuito que se muestra en la figura 6.2.



De los datos de placa, ¿cuál es el voltaje de alimentación que se requiere para esta conexión? _____.

¿La fuente de alimentación LAB VOLT, puede suministrar ese voltaje? _____.

6. Coloque el motor en la consola LAB-VOLT.
7. Verifique que la fuente de alimentación se encuentre en 0 V.
8. Conecte el circuito que se muestra en la figura 6.3.



9. Encienda la fuente de alimentación y aumente gradualmente el voltaje hasta llegar a 208 V c-a.
10. Tome nota de las 3 lecturas de corriente y la de voltaje, anotándolas en la tabla 6.1.
11. Con otro multímetro en la escala de V c-a, mida el voltaje entre los puntos 2-3 y 1-3, y anótelo en la tabla 6.1.

V_{1-2} [V]	V_{2-3} [V]	V_{1-3} [V]	I_{L1} [A]	I_{L2} [A]	I_{L3} [A]

Tabla 6. 1. Voltajes de línea del motor trifásico jaula de ardilla Siemens.

12. Regrese a cero el voltaje de la fuente de alimentación y apáguela.

CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR JAULA DE ARDILLA LAB-VOLT.

PRUEBA EN VACÍO.

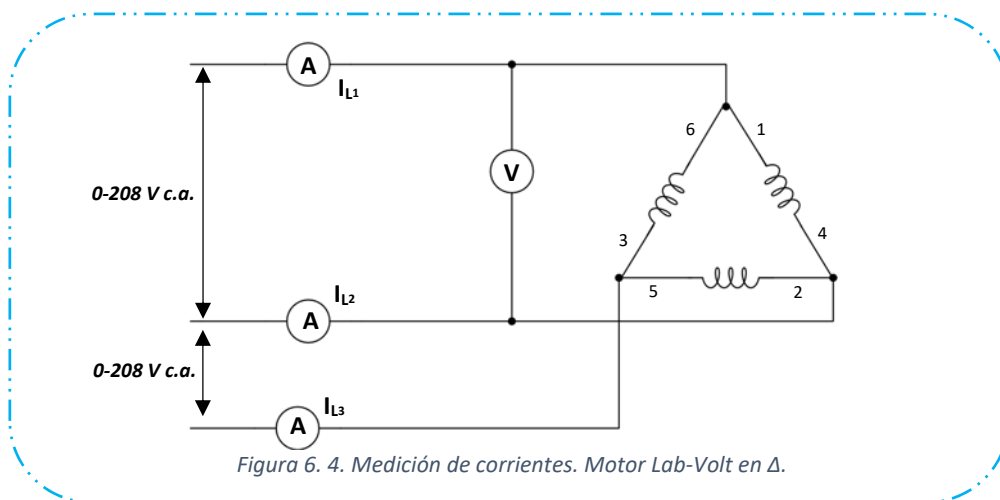
13. Dibuje los símbolos de las bobinas con sus datos nominales.

Bobina

Bobina

Bobina

14. Arme el circuito que se muestra en la figura 6.4.



15. Encienda la fuente de alimentación y aumente gradualmente el voltaje hasta llegar 120 V c-a.

Nota: no rebase los 120 V c.a. en esta conexión Δ .

16. Tome nota de las 3 lecturas de corriente y la de voltaje, anotándolas en la tabla 6.2.

17. Con otro multímetro en la escala de V c-a, mida el voltaje entre los puntos 3-6 y 2-5, que se muestran en la figura 6.4 y anótelos en la tabla 6.2.

V_{1-4} [V]	V_{2-5} [V]	V_{3-6} [V]	I_{L1} [A]	I_{L2} [A]	I_{L3} [A]

Tabla 6. 2. Voltajes de línea del motor trifásico jaula de ardilla Lab-Volt en delta.

18. Regrese a cero el voltaje de la fuente de alimentación y apáguela.

19. Calcule el voltaje y la corriente de línea promedio.

V_L promedio [V]	I_L promedio [A]

Tabla 6. 3. Valores promedio de voltaje de línea y corriente de línea.

20. Arme el circuito que se muestra en la figura 6.5.

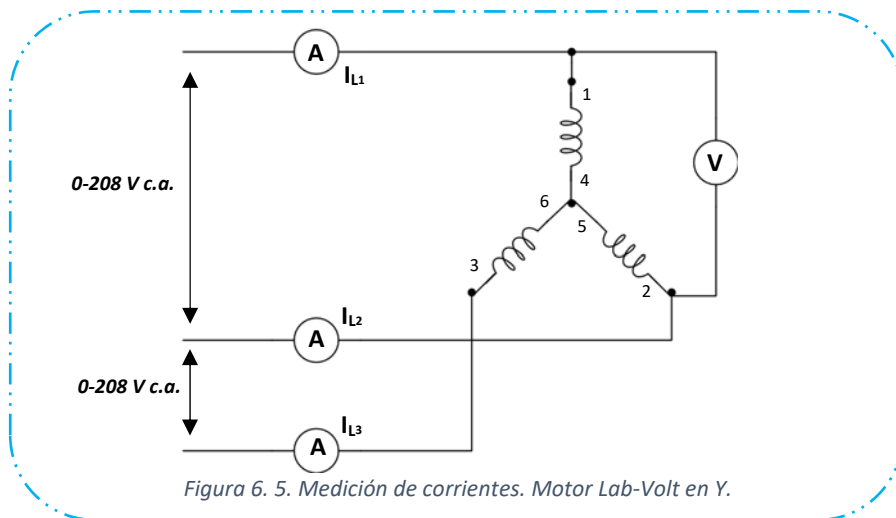


Figura 6. 5. Medición de corrientes. Motor Lab-Volt en Y.

21. Encienda la fuente de alimentación y aumente gradualmente el voltaje hasta llegar a 208 V c-a.

22. Tome nota de las 3 lecturas de corriente y la de voltaje, anotándolas en la tabla 6.3.

23. Con otro multímetro en la escala de V c-a, mida el voltaje entre los puntos 2-3 y 1-3, que se muestra en la figura 6.5 y anótelo en la tabla 6.4.



V_{1-3} [V]	V_{2-3} [V]	V_{3-1} [V]	I_{L1} [A]	I_{L2} [A]	I_{L3} [A]

Tabla 6. 4. Voltajes de línea del motor trifásico jaula de ardilla Lab-Volt en estrella.

24. Regrese a cero el voltaje de la fuente de alimentación y apáguela.

25. Calcule el voltaje y la corriente de línea promedio.

V_L promedio [V]	I_L promedio [A]

Tabla 6. 5. Valores promedio de voltaje de línea y corriente de línea.

26. Compare los voltajes y corrientes de línea de las conexiones delta y estrella.
Comente sus resultados:

_____.

27. Conecte el secuenciómetro con la notación A B C en las terminales 1, 2 y 3 del motor. Encienda la fuente de alimentación y aumente gradualmente el voltaje hasta llegar a 208 Va-c.

¿Qué sentido de giro tiene el secuenciómetro? _____.

¿Qué secuencia tiene? _____.

28. Regrese a cero el voltaje de la fuente de alimentación y apáguela.

29. Intercambie 2 de las 3 fases de la fuente alimentación y repita el punto 29.

¿Qué sentido de giro tienen el rotor y el secuenciómetro? _____.

30. Regrese a cero el voltaje de la fuente de alimentación y apáguela.

PRUEBA CON CARGA.

31. Arme el circuito que se muestra en la figura 6.6, utilizando la conexión estrella de la figura 6.5.

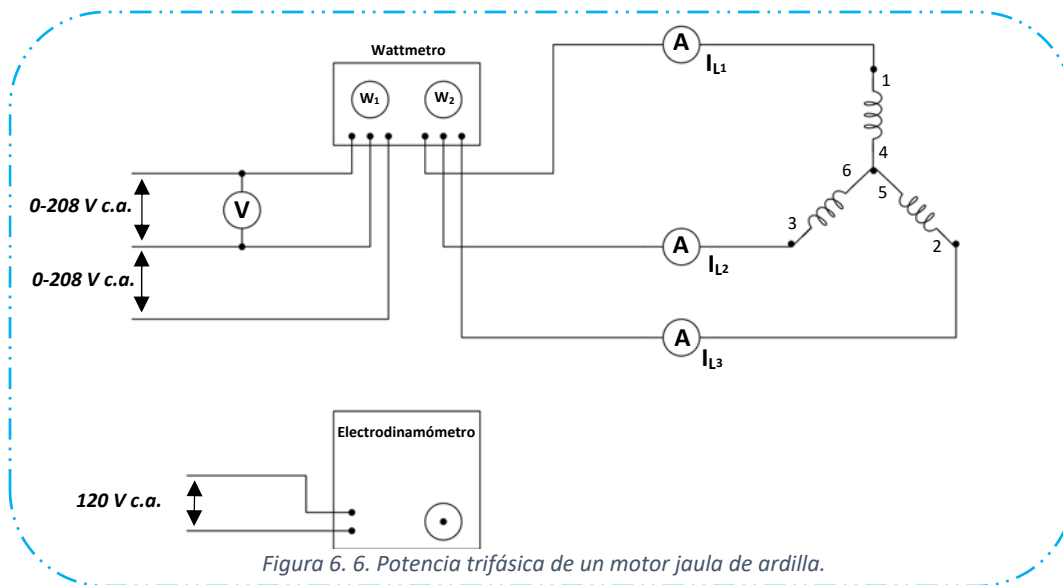


Figura 6. 6. Potencia trifásica de un motor jaula de ardilla.

32. Acople el motor al electrodinamómetro por medio de la banda y verifique que la perilla del electrodinamómetro se encuentre en la posición extrema izquierda, para asegurar que el motor arranque con la mínima carga.
33. Encienda la fuente de alimentación y ajústela a 208 V c-a (mantenga este voltaje durante todo el proceso). Si el motor gira en sentido antihorario, regrese a cero volts e intercambie dos de las tres fases de alimentación y vuelva a ajustar a 208 V c-a. Tome los datos que se solicitan en la tabla 6.6.

Nota. Considere el signo de cada lectura de los wattmetros. Considere también las unidades del electrodinamómetro que haya utilizado.

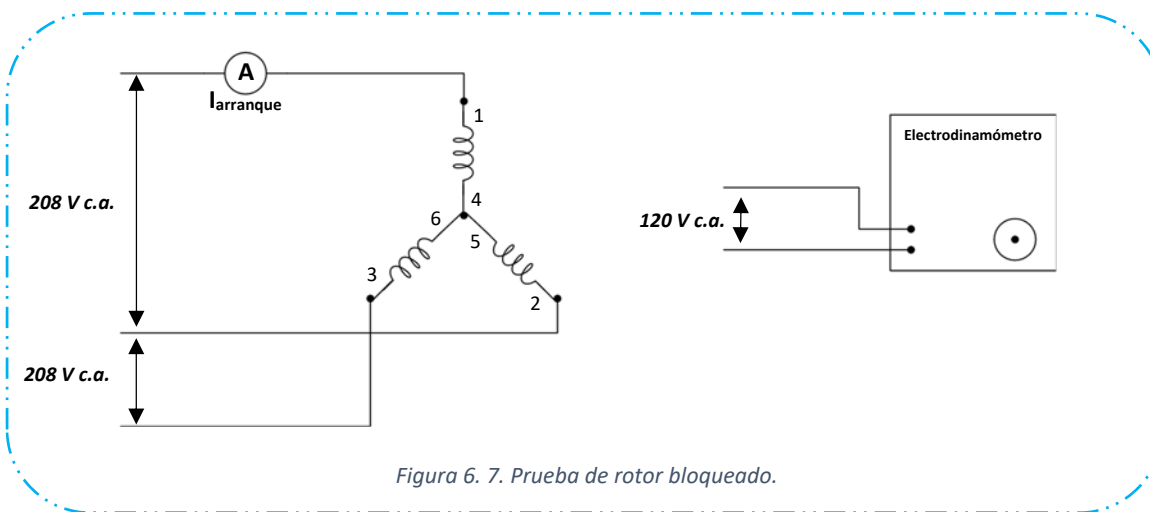
τ [N-m]	τ [lb-in]	I_{L1} [A]	I_{L2} [A]	I_{L3} [A]	$I_{promedio}$ [A]	S [rpm]	W_1 [W]	W_2 [W]
0	0							
0.2	2							
0.4	4							
0.6	6							
0.8	8							
1.0	9							
1.2	10							
1.4	12							
1.6	14							

Tabla 6. 6. Parámetros medidos en el motor Lab-Volt con carga.

34. Regrese gradualmente a cero la perilla del electrodinamómetro, posteriormente regrese a cero el voltaje de la fuente de alimentación y apáguela.

PRUEBA DE ROTOR BLOQUEADO.

35. Arme el circuito que se muestra en la figura 6.7, utilizando nuevamente la conexión estrella de la figura 6.5. Utilice el amperímetro analógico.



36. Coloque la perilla del electrodinamómetro en la posición extrema en sentido horario. La posición en que se puso la perilla es para tener todo el par al arranque.

Antes de energizar considere:

- *La prueba no debe durar más de tres segundos. La corriente a medir es la corriente máxima.
- *Realice las mediciones lo más pronto posible. Auxíliese de sus compañeros o profesor.

37. Encienda la fuente de alimentación y tome las lecturas de corriente y par lo más rápido posible.

I_{arranque} [A]	τ_{arranque} [N-m] o [lb-in]

Tabla 6. 7. Parámetros medidos en el motor Lab-Volt con rotor bloqueado.

38. Reduzca a cero la fuente de alimentación y apáguela.



CUESTIONARIO:

1. Calcule la potencia trifásica real, la potencia aparente trifásica, la potencia reactiva trifásica y el factor de potencia absorbido por el motor trifásico jaula de ardilla, para cada par descrito en la tabla 6.6. Realice un análisis de resultados y coméntelos.
2. Calcule el deslizamiento para cada par descrito en la tabla 6.6, y anote sus comentarios.
3. Calcule la eficiencia a partir del par de 2 lb-in (0.2 N-m) para todos los valores de la tabla 6.6, y anote sus comentarios. Recuerde que:

$$P_{sal}[HP] = \frac{\tau \times S}{5252.1}$$

$$\eta = \frac{P_{salida} [W]}{P_{entrada} [W]}$$

Donde: τ = [lb-ft]
 S = [rpm]

4. Considerando que el motor alcanza sus valores nominales a 9 lb-in (0.9 N-m), indique los valores de corriente, velocidad, potencia de entrada, potencia de salida, eficiencia, y deslizamiento del motor.
5. Con los datos de la prueba de rotor bloqueado y los valores nominales de la pregunta 4 del cuestionario, obtenga la relación de:
 - a) Corriente de arranque / corriente nominal.
 - b) Par de arranque / par nominal.

Comente sus resultados.

6. Realice las gráficas par-velocidad, par-corriente, par-potencia con respecto a la tabla 6.6. Utilice Matlab®.

¿Qué utilidad tienen estas curvas?

7. Explique de qué manera se ve afectado el factor de potencia, el deslizamiento y la eficiencia al aumentar la carga al motor.
8. ¿Qué efectos se producen en la potencia, velocidad y pérdidas de un motor al cambiar la frecuencia de alimentación de 60 Hz a 50 Hz?



BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA:

- *Bhag S. Guru y Hüseyin R Hiziroglu, Máquinas eléctricas y transformadores, 3ª edición. Oxford University press, 2008.*
- *E.E. STAF, Circuitos Magnéticos y Transformadores, Reverte; 2003.*
- *Gilberto Enríquez Harper, Curso de Transformadores y Motores de inducción, 4ª edición, Noriega, 2000.*
- *Irving L. Kosow, Máquinas Eléctricas y Transformadores, 2ª edición, Pearson, 2000.*
- *Colonel Wm. T. Mc Lyman, Transformer and inductor design handbook, third edition, CRC press, 2004.*
- *Jesús Fraile Mora; Máquinas Eléctricas, 8ª edición, ed. Mc. Graw Hill; 2016.*
- *Theodore Wildi, Máquinas eléctricas y sistemas de potencia, i, Pearson-Prentice Hall, sexta edición, 2007.*
- *Stephen J. Chapman, Máquinas eléctricas 6a. edición, Mc. Graw Hill. 2007.*



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Transformadores y Motores de Inducción.

Prácticas de laboratorio.

SEMESTRE: 2020-I

Práctica 7

Motor monofásico de fase partida con y sin capacitor de arranque.



Grupo: _____. **Profesor:** _____.

Alumno: _____.

Fecha de Elaboración: _____. **Fecha de Entrega:** _____.

Calificación: _____.



Para tener derecho a la sesión es necesario traer introducción del tema a desarrollar, en caso de no presentarla no se permitirá que el alumno realice la práctica. El contenido será mínimo de una cuartilla.

OBJETIVO:

- Obtener los diagramas eléctricos equivalentes de un motor monofásico de arranque por capacitor.
- Observar el comportamiento de un motor monofásico de fase partida.
- Observar el comportamiento de un motor monofásico con capacitor de arranque.
- Analizar la forma en la que un motor monofásico adquiere un par de arranque.

INTRODUCCIÓN:

TEMAS SUGERIDOS.

- Partes que integran un motor trifásico jaula de ardilla.
- Principio y funcionamiento del motor de inducción.
- Deslizamiento y eficiencia del motor.

EQUIPO:

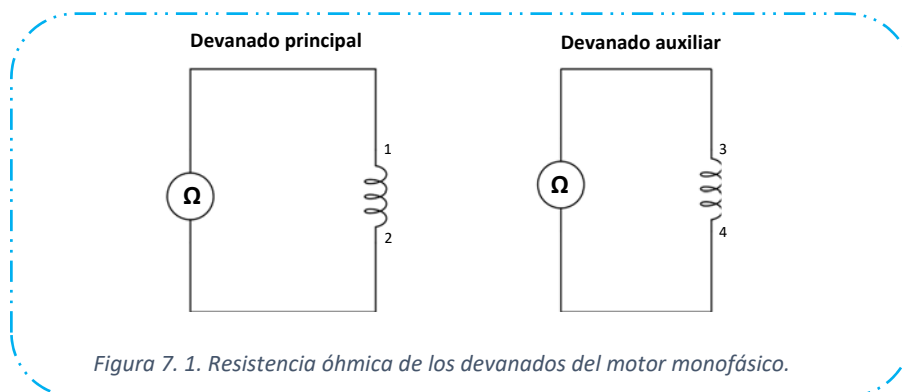
- Motor monofásico de fase partida con y sin capacitor de arranque.
- Electrodinamómetro.
- Banda.
- Tacómetro.
- Wattmetro monofásico o analizador de energía.
- Medidor de impedancias.
- Multímetro digital.
- Amperímetro de Gancho.
- Fuente de alimentación de 0-120 V c-a.
- Cables de conexión.

DESARROLLO:

PARTES CONSTRUCTIVAS.

1. Observe las partes constructivas del motor monofásico con capacitor de arranque.
2. Anote las diferencias físicas que observa del devanado principal y el devanado auxiliar.

3. Mida la resistencia óhmica de los devanados principal y auxiliar con el multímetro digital y anote los valores medidos. Vea figura 7.1.



$$R_{principal} = \underline{\hspace{2cm}} [\Omega]$$
$$R_{auxiliar} = \underline{\hspace{2cm}} [\Omega]$$

4. Compare los valores medidos y anote sus comentarios.

5. Use el medidor de impedancias para medir la inductancia de cada devanado del motor usando una frecuencia de 120 Hz y mida también la impedancia con su ángulo respectivo.

Nota. De ser necesaria la comprobación teórica utilizar los valores (L, R, Z) del medidor de impedancia.

$$L_{principal} = \underline{\hspace{2cm}} [H] \quad L_{auxiliar} = \underline{\hspace{2cm}} [H]$$

$$Z_{principal} = \underline{\hspace{1cm}} \angle \underline{\hspace{1cm}} [\Omega] \quad Z_{auxiliar} = \underline{\hspace{1cm}} \angle \underline{\hspace{1cm}} [\Omega]$$

¿Cuál es la razón por la que los devanados tienen diferente impedancia?



6. Identifique el interruptor centrífugo y revise su constitución física, anote sus observaciones.

7. Identifique el capacitor. Anote los datos de placa y los que se encuentran a un costado del capacitor.

8. Dibuje el devanado principal, el devanado auxiliar, el interruptor centrífugo y el capacitor con las características indicadas en la parte frontal del motor (placa de datos).

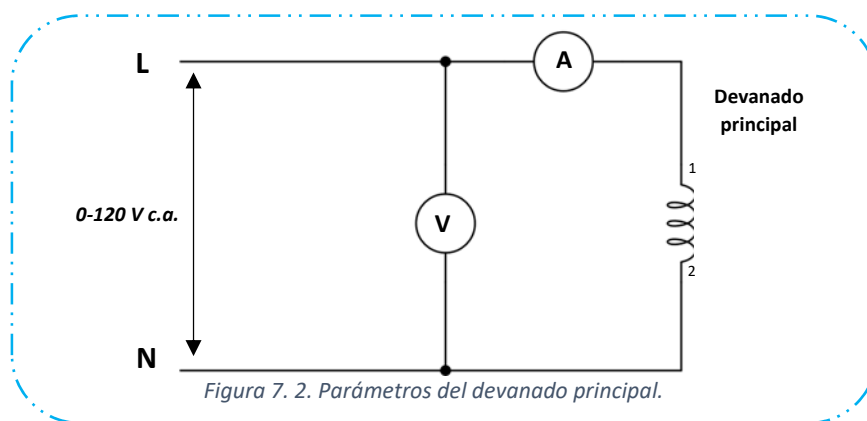
Nota. Actividad dedicada al reporte.

9. ¿Observe detenidamente el rotor, ¿de qué tipo es? _____.

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO.

PRUEBA EN VACÍO.

10. Arme el circuito de la figura 7.2, usando el devanado principal del motor y la fuente variable de 0-120 V c.a.

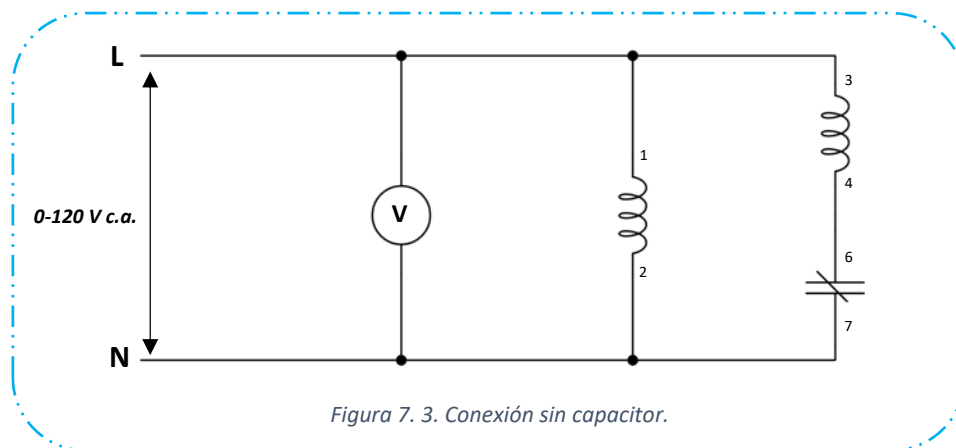


11. Revise que la perilla de la fuente de alimentación se encuentre en 0 V c.a. (posición extrema en sentido anti horario).
12. Encienda la fuente de alimentación y ajuste el voltaje poco a poco hasta que obtenga 5 Amper en el amperímetro.

Observe el comportamiento del motor y anote sus comentarios:

13. Disminuya el voltaje a cero y apague la fuente de alimentación.

14. Arme el circuito de la figura 7.3, usando la fuente variable de 0-120 Volts c.a.



15. Encienda la fuente de alimentación y ajuste en voltaje a 120 V c.a. Observe el sentido de rotación del motor y el accionamiento del interruptor centrífugo.

16. Regrese la perilla a cero volts y apague la fuente de alimentación.

¿Qué función realiza el interruptor centrífugo?

17. Intercambie los cables necesarios para obtener un cambio en el sentido de la corriente, ya sea en el devanado principal o en el auxiliar. Vea los ejemplos de la figura 7.4.

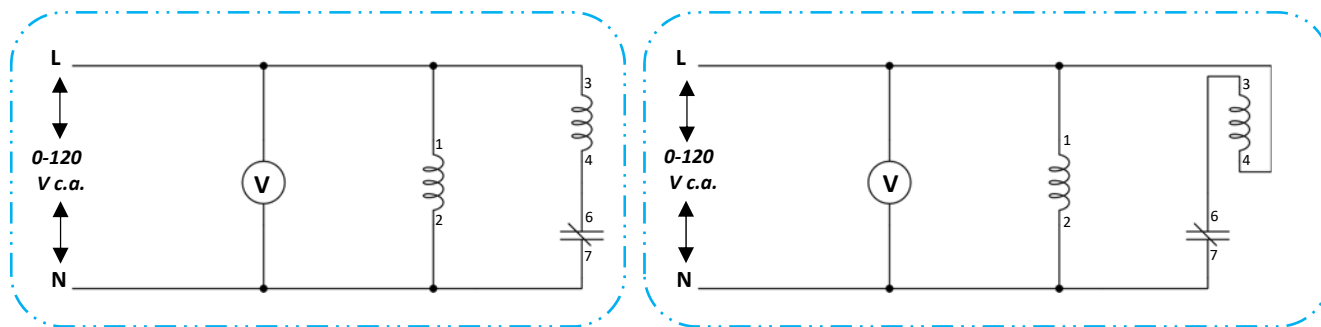
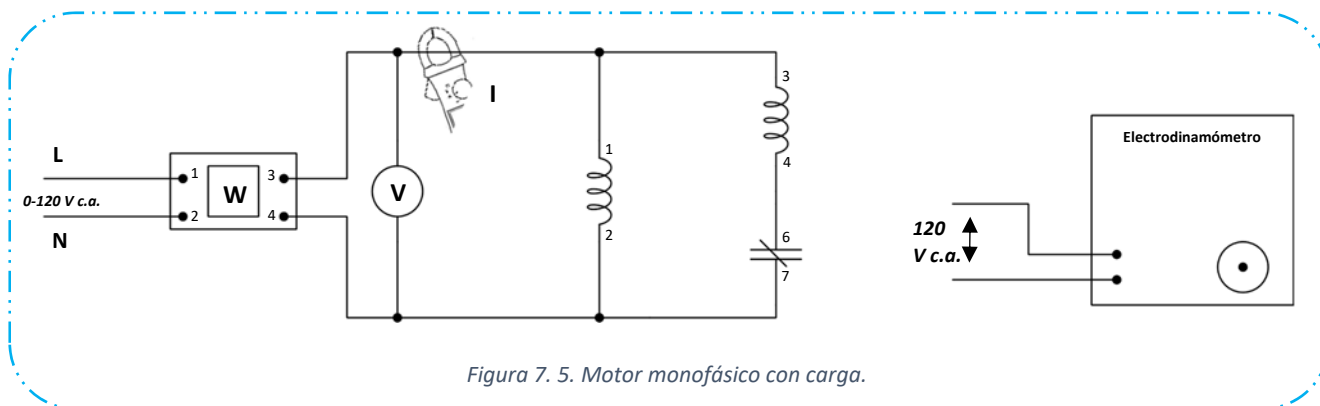


Figura 7. 4. Inversión de giro del motor monofásico.

18. Encienda la fuente de alimentación y ajústela a 120 V c.a., observe el sentido de giro del motor.
19. Regrese la perilla de la fuente de voltaje a cero volts y apague la fuente.
20. Escriba una regla para cambiar el sentido de giro del motor.

21. Arme el circuito que muestra en la figura 7.5. **No acople todavía el electrodinamómetro.**



22. Encienda la fuente de alimentación y ajústela a 120 V c.a., observe el sentido de giro del rotor.

El sentido de giro del rotor debe ser horario. Si no es así, regrese la perilla de voltaje a 0 Volts y apague la fuente de alimentación. Cambie el sentido de giro y repita el punto 22.

23. Tome los valores medidos de velocidad [rpm], corriente [A], y potencia [W], en vacío. Anótelos:

$$S_{\text{vacío}} = \text{_____} [\text{rpm}], \quad I_{\text{vacío}} = \text{_____} [\text{A}], \quad P_{\text{vacío}} = \text{_____} [\text{W}].$$

24. Apague la fuente de alimentación y **acople el motor al electrodinamómetro** por medio de la banda.

PRUEBA CON CARGA.

25. Verifique que la perilla del reóstato del electrodinamómetro esté en la posición extrema antihorario para tener carga nula.
26. Encienda la fuente de alimentación y ajústela a 120 V c.a. Tome las mediciones que se solicitan colocando el valor de par indicado en la tabla 7.1.

Nota. Considere las unidades del electrodinamómetro que haya utilizado.

τ [N-m]	τ [lb-in]	I [A]	S [rpm]	P [W]
0	0			
0.2	2			
0.4	4			
0.6	6			
0.8	8			
1.0	9			
1.2	10			
1.4	12			
1.6	14			

Tabla 7. 1. Valores medidos sin capacitor de arranque.

27. Reduzca la carga del motor (reduciendo la excitación del electrodinamómetro a cero) y el voltaje de manera simultánea hasta obtener 0 V c.a. y 0 en el electrodinamómetro. Apague la fuente de alimentación y desarme el circuito.
28. Con el medidor de impedancias, mida el valor del capacitor en los puntos 4-5, posteriormente mida la impedancia total del devanado auxiliar con el capacitor a 120 Hz, de los puntos 3-5 como lo muestra la figura 7.6.

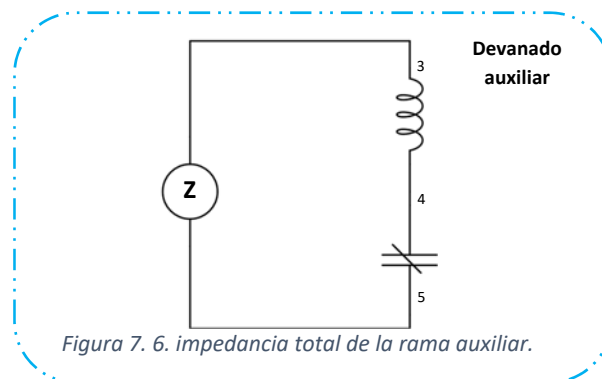
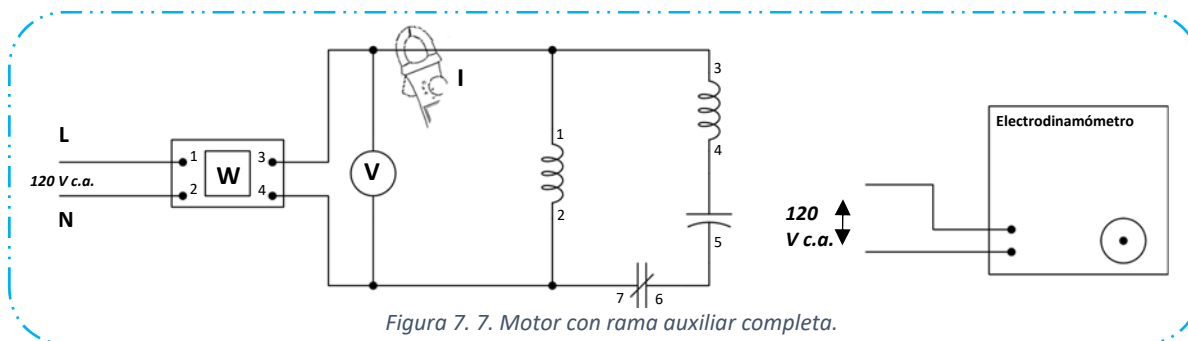


Figura 7. 6. impedancia total de la rama auxiliar.

$$C = \text{_____} [\mu\text{F}] \quad Z_{\text{auxiliar}+\text{capacitor}} = \text{_____} \angle \text{_____} [\Omega]$$

29. Arme el circuito que se muestra en la figura 7.7. Note que ahora se agregó el capacitor.



30. Encienda la fuente de alimentación, ajústela a 120 V c.a. y tome las lecturas necesarias que se piden en la tabla 7.2, ajustando el par requerido con el reóstato del electrodinamómetro.

τ [N-m]	τ [lb-in]	I [A]	S [rpm]	P [W]
0	0			
0.2	2			
0.4	4			
0.6	6			
0.8	8			
1.0	9			
1.2	10			
1.4	12			
1.6	14			

Tabla 7. 2. Valores medidos con el capacitor de arranque.1

31. Reduzca la carga del motor (reduciendo la excitación del electrodinamómetro a cero) y el voltaje de manera simultánea hasta obtener 0 V c.a. y 0 en el electrodinamómetro. Apague la fuente de alimentación y desarme el circuito.

CUESTIONARIO:

- Dibuje con detalle las partes constructivas de un motor monofásico con capacitor de arranque y describa el funcionamiento de cada una de ellas. (Se sugiere AutoCAD Electrical).
- Calcule la potencia absorbida del motor en VA, la potencia reactiva en VAR y el factor de potencia para cada par descrito en la tabla 7.1.



3. Calcule la potencia de salida a partir de 2 lb-in (0.2 N-m) de la tabla 7.1. Recuerde que:

$$P_{sal}[HP] = \frac{\tau \times S}{5252.1}$$

Donde: τ = [lb-ft]
 S = [rpm]

4. Calcule la eficiencia a partir de 2lb-in (0.2 N-m) de la tabla 7.1.
5. Realice las gráficas par-velocidad, par-corriente, par-potencia con respecto a la tabla 7.1, todo en una sola gráfica. Se sugiere Matlab®.
6. Explique de qué manera se ve afectado el factor de potencia al aumentar la carga.
7. Calcule la potencia absorbida del motor en VA, la potencia reactiva en VAR y el factor de potencia para cada par descrito en la tabla 7.2.
8. Calcule la potencia de salida a partir de 2 lb-in (0.2 N-m) de la tabla 7.2. Recuerde que:

$$P_{sal}[HP] = \frac{\tau \times S}{5252.1}$$

Donde: τ = [lb-ft]
 S = [rpm]

9. Calcule la eficiencia a partir de 2lb-in (0.2 N-m) de la tabla 7.2.

$$\eta = \frac{P_{salida} [W]}{P_{entrada} [W]}$$

10. Realice las gráficas par-velocidad, par-corriente, par-potencia con respecto a la tabla 7.2, todo en una sola gráfica. Se sugiere Matlab®.
11. Compare las tablas 7.1 y 7.2 y explique cuál es la razón por la que los valores son similares con o sin capacitor de arranque. Argumente su respuesta.
12. Compare las curvas de las preguntas 5 y 10 en una sola gráfica identificando cada curva por color. Argumente el comportamiento del motor conforme se aumenta la carga.



BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA:

- *Bhag S. Guru y Hüseyin R Hiziroglu, Máquinas eléctricas y transformadores, 3ª edición. Oxford University press, 2008.*
- *E.E. STAF, Circuitos Magnéticos y Transformadores, Reverte; 2003.*
- *Gilberto Enríquez Harper, Curso de Transformadores y Motores de inducción, 4ª edición, Noriega, 2000.*
- *Irving L. Kosow, Máquinas Eléctricas y Transformadores, 2ª edición, Pearson, 2000.*
- *Colonel Wm. T. Mc Lyman, Transformer and inductor design handbook, third edition, CRC press, 2004.*
- *Jesús Fraile Mora; Máquinas Eléctricas, 8ª edición, ed. Mc. Graw Hill; 2016.*
- *Theodore Wildi, Máquinas eléctricas y sistemas de potencia, i, Pearson-Prentice Hall, sexta edición, 2007.*



Anexo 1.

Uso del multímetro analógico Simpson 260 serie 8.



Volt-Ohm-Miliamperímetro Simpson 260® Serie 8 Manual de Instrucciones





1. OPERACIÓN

Los instrumentos multifuncionales (VOMs) tal como el 260-8 está destinado como un instrumento de medición general para ser usado en circuitos de baja potencia tal como se encuentra en los aparatos de consumo, receptores de TV y radio, y en laboratorios de aplicación general. Su uso no es recomendado en alto voltaje, circuitos de alta potencia donde los errores de operación y medidas de protección personal inadecuadas podrían resultar en serias lesiones por arcos o explosiones. Tal circuito se encuentra en industrias o aplicaciones comerciales tales como inducción (r-f) calentadores y radioemisoras, subestaciones de energía y centros de distribución, equipos de rayos x, controles de motores grandes y similares. Trabajando en la sección de alto voltaje de tales equipos requiere de una sola función, instrumentos a menudo especialmente diseñados usados por personal capacitado utilizando el equipo de protección apropiado y adecuado.

1.1 General

Esta sección del manual contiene información requerida para usar y operar el 260-8 en una manera segura y apropiada.

1.2 Precauciones de seguridad

Las siguientes precauciones son sugerencias y recordatorios de prácticas seguras comúnmente reconocidas y peligros específicos a ser evitados y no están implícitos a ser suficiente para asegurar la seguridad del personal no capacitado en todas las circunstancias. Tampoco es este manual un sustituto del manual técnico sobre el equipamiento en el cual se realizarán las mediciones. Siempre consulte el manual de equipamiento y estas advertencias específicas e instrucciones y obsérvelas, así como los siguientes contenidos.

- a. El 260-8 debe ser solo usado por personal calificado para reconocer los peligros de choque y entrenado en las precauciones de seguridad requeridas para evitar posibles lesiones.
- b. No conecte ninguna terminal de este dispositivo a un punto de circuito en el cual exceda un voltaje de 1000 volts AC o DC que pueda existir con respecto a una toma de tierra. (Consulte la Tabla 1-1, artículo 16.)
- c. Apague la fuente de poder y descargue cualquier capacitor en el circuito que va a ser medido antes de conectarlo o desconectarlo.
- d. Antes de usar este dispositivo, verifica los accesorios (si tiene) y los cables de prueba para partes faltantes dañadas, deterioradas u otra falla inusual. No use, o permita el uso del equipo con fallas inusuales hasta ser propiamente reparadas.
- e. Siempre use gafas de seguridad cuando se encuentre trabajando con circuito eléctricos
- f. No trabaje sólo en circuitos de alto voltaje. Asegure que alguien capacitado para brindar ayuda este cerca y alerta.
- g. No manipule el dispositivo, los cables de prueba o el circuito mientras esté aplicando voltajes altos.
- h. Manos, pies, piso y la mesa de trabajo debe estar seca. Evitar hacer mediciones bajo humedad, gotera u otras condiciones ambientales que pudiera afectar el voltaje del soporte dieléctrico de los cables de prueba o al dispositivo.
- i. No cambie la configuración de los interruptores o las conexiones de los cables de prueba cuando tome mediciones. Un error podría resultar en daño al dispositivo y una posible lesión personal.
- j. Ubique todas las fuentes de voltaje y caminos de corrientes accesibles antes de hacer conexiones al circuito. El alto voltaje puede aparecer inesperadamente o en ubicaciones inusuales en equipos dañados. Una resistencia abierta, por ejemplo, puede resultar en un capacitor retenido con carga peligrosa.
- k. Hay que asegurar que el equipo donde esté trabajando este correctamente conectado a tierra y los fusibles sean del tipo y clasificación apropiadas.
- l. Verifique y vuelva a revisar las posiciones de los botones y la conexión del enchufe antes de aplicar energía al dispositivo.
- m. Siempre permanezca alerta a los circuitos de bajo voltaje el cual puede flotar a alto voltaje con respecto a la toma de tierra y para voltajes compuestos (AC+DC) tales como se encuentran en amplificadores r-f. El voltaje flotante o voltajes compuestos no debe exceder la tensión máxima nominal del circuito a tierra del dispositivo.
- n. No hacer mediciones eléctricas cuando el aire puede contener concentraciones explosivas de gas o polvo como en minas, elevadores de grano, estaciones de gasolina o en la presencia de baterías cargando hasta que el personal calificado determine que es seguro. Tener en cuenta que los polvos metálicos pueden ser explosivos.

- o. No será utilizado ningún VOM de uso general para hacer mediciones eléctricas en circuitos dañados o ambiente explosivo. Usa solo VOM designados para este propósito.

1.3 Inversión de polaridad

La función del interruptor proporciona una conveniente medición de inversión de polaridad de la batería interna para facilitar la prueba en dispositivos semiconductores. La posición +DC y -DC transpone conexión interna para el COMMON y +jacks y por lo tanto puede también ser usado para inversión de polaridad de voltaje externo y conectar corrientes para estos jacks (solo). Debido a que la inversión de polaridad interrumpe momentáneamente el circuito, no se debe hacer mientras se mide corriente o voltaje sin primero apagar la fuente del circuito. Cuando se hace mediciones en 50mA/250mV, 1 volt, o en rango de 10 amp, polarmente puede ser correcto solo con cambiar los cables de prueba.

1.4 Medición de voltaje o corriente desconocidos

Algunas veces es conocido el voltaje o corriente a ser medido y el rango correcto puede ser fácilmente seleccionado. Es a menudo el caso, sin embargo, particularmente cuando se trabaja con equipos dañados, cuando el voltaje o corriente ya sea desconocida o puede ser mucho más alta que la normal y anticipada. Cuando se trabaja sobre lo desconocido o equipos desconocidos, siempre se empezará una medición usando el rango alto disponible en el instrumento. Una vez determinado que el voltaje esta con el límite de un rango menor, cambiar a el rango inferior.

1.5 Cables de prueba

Estos están provistos con pinzas de cocodrilo para sujetar accesorios cual puede ser unido a las puntas de la sonda. Aparte de la conveniencia de eliminar la necesidad de llevar las pruebas de los productos de un circuito por periodos largos, los clips de prueba proporcionan una medida de reducir la aproximación de la mano a un circuito de alto voltaje cuando este energizado. La fuente del circuito deberá, por supuesto, ser apagada y descargar todos los capacitores antes de ser conectados o desconectados de los clips desde la corriente.

1.6 Medición de voltaje CD Rango 0-250 mV

Primeramente, para hacer la medición del voltaje, revisa las medidas de precaución enlistadas en el párrafo 4.2. También, cuando usas el 260 como un mili voltímetro, se debe tener cuidado para prevenir daños a el indicador del instrumento

por voltajes excesivos. Antes de usar el rango de 250 milivoltios, usa el rango de 1.0 volt DC para determinar que la medida de voltaje es no superior que 250 milivolts (o 0.25 volt DC).

- a) Ajuste la función del interruptor en +DC (Figura 4-1)
- b) Conecte la punta de prueba negra en el jack -COMMON y la punta de prueba roja en el jack de +50 μ A/250mV
- c) Ajuste el interruptor de rango en 50 μ A (posición COMMON con 50V)
- d) Conectar la punta de prueba negra al lado negativo del circuito que se está midiendo y la punta de prueba roja al lado positivo del circuito.
- e) Lea el voltaje en la escala negra marcado con DC y use la figura marcada de 0-250. Lea directamente en milivolts.

1.7 Medición de voltaje CD Rango 0-1 V

- a. Ajuste la función del interruptor en +DC (Figura 4-1)
- b. Conecte la punta de prueba negra en el -COMMON y la punta de prueba roja en el +1V
- c. Ajuste el interruptor de rango en 1V (Posición common con 10V)
- d. Conecte la punta de prueba negra al lado negativo del circuito que se está midiendo y la punta de prueba roja en el lado positivo del circuito.
- e. Lea el voltaje sobre la escala negra marcada con DC y use la figura marcada de 0-10. Después divida la lectura entre 10.

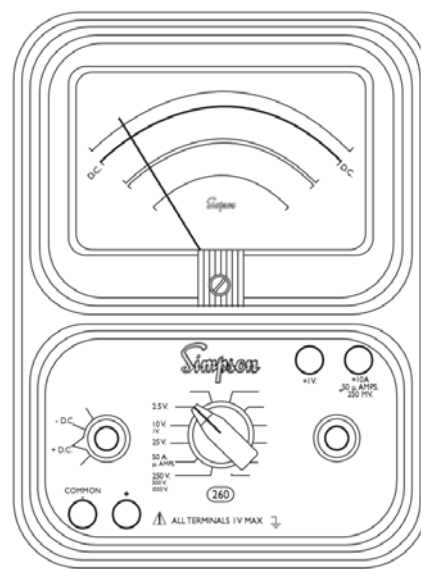


Figura 4-1 Jacks y posiciones del interruptor para medir voltajes de CD, rangos de 0 a 250V

Autores: Ing. Anselmo Angoa Torres; Ing. Rodrigo Ramírez Juárez; Ing. Fernando Fierro Téllez; M.C.I.C. Elpidio Cruz Castillo; M.C.I.C. Jorge Ricardo Gersenowies Rosas.

1.8 Medición de voltaje CD Rango 0-2.5 ~ 0-250V

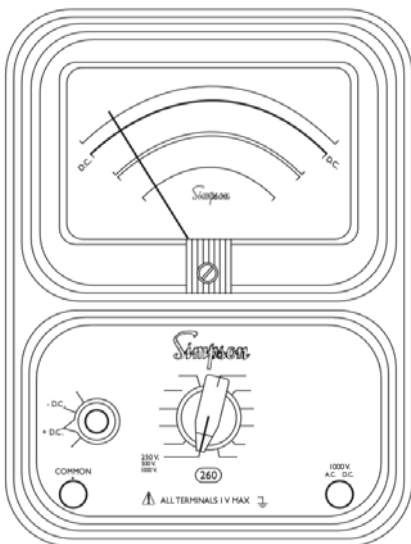


Figura 4-2. Posición de contactos e interruptores para medición de voltaje CD, Rango 0-500V

- Ajuste la función del interruptor en +DC (Figura 4-1)
- Conecte la punta de prueba negra en el jack – COMMON y la punta de prueba roja en el +jack
- Ajuste el rango del interruptor en una de las cinco posiciones de rango de voltaje marcada 2.5V, 10V, 25V, 50V o 250V.

NOTA: En caso de duda sobre el voltaje presente, siempre usar los rangos más altos de voltaje como una protección para equipo. Si el voltaje está dentro a un rango menor, el interruptor podrá ser ajustado al rango menor para obtener una lectura más precisa. Asegurarse de que la alimentación esté apagada en el circuito que se está midiendo y todos los capacitores descargados.

- Conecte la punta de prueba negra en el lado negativo del circuito que se está midiendo y la punta de prueba roja en el lado positivo del circuito.
- Encienda la alimentación en el circuito que se está midiendo.
- Lea el voltaje en la escala negra marcada en DC. Para el rango 2.5V, usa la plantilla 0-250 y divida entre 100. Para los rangos 10V, 50V, y 250V, lea la plantilla directamente. Para el rango 25V, use la plantilla 0-250 y divida entre 10.

NOTA: Apague la alimentación del circuito y espere hasta que el medidor indique cero antes de desconectar los cables de prueba.

1.9 Medición de voltaje CD Rango 0-500V

Sea extremadamente cuidadoso cuando trabaje con circuitos de alto voltaje. No toque el dispositivo o los cables de prueba mientras la alimentación en el circuito que se está midiendo este encendida.

- Ajuste la función del interruptor en +DC (Figura 4-2)
- Ajuste el rango del interruptor en la posición 250V/500V/1000V.
- Conecte la punta de prueba negra en el jack – COMMON y la punta de prueba roja en el jack de 500V.
- Asegurarse que la alimentación este apagada en el circuito que se está midiendo y descargar todos los capacitores. Conecte la punta de prueba negra en el lado negativo en el circuito que se está midiendo y la punta de prueba roja en el lado positivo del circuito.
- Encienda la alimentación en el circuito que se está midiendo.
- Lea el voltaje usando la plantilla 0-50 en la escala negra marcada en DC. Multiplique la lectura por 10.

NOTA: Apague la alimentación del circuito y espere hasta que el medidor indique cero antes de desconectar los cables de prueba.

1.10 Medición de voltaje CD Rango 0-1000V

Sea extremadamente cuidadoso cuando trabaje con circuitos de alto voltaje. No toque el dispositivo o los cables de prueba mientras la alimentación en el circuito que se está midiendo este encendida.

Antes de continuar con los siguientes pasos, revise las precauciones de seguridad en el 4.2.

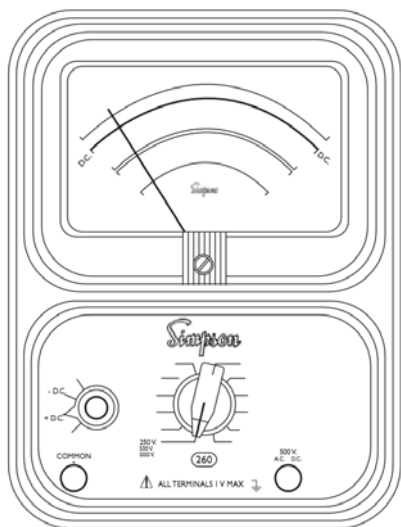


Figura 4-3. Posición de contactos e interruptores para medición de voltaje CD, Rango 0-1000V

- Ajuste la función del interruptor en +DC (Figura 4-1)
- Ajuste el rango del interruptor en la posición 250V/500V/1000V.
- Conecte la punta de prueba negra en el jack -COMMON y la punta de prueba roja en el jack de 1000V.
- Asegurarse que la alimentación este apagada en el circuito que se está midiendo y descargar todos los capacitores. Conecte la punta de prueba

negativo en el circuito que se está midiendo y la punta de prueba roja en el lado positivo del circuito.

- Encienda la alimentación en el circuito que se está midiendo.
 - Lea el voltaje usando la plantilla 0-10 en la escala negra marcada en DC. Multiplique la lectura por 100.
- NOTA:** Apague la alimentación del circuito y espere hasta que el medidor indique cero antes de desconectar los cables de prueba.

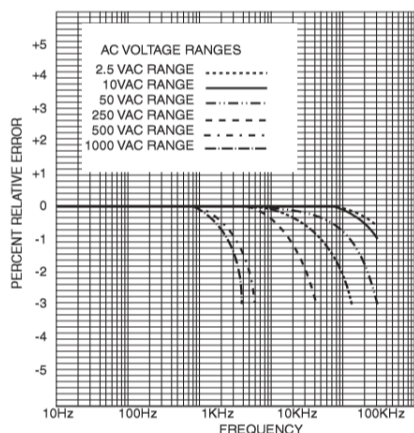


Figura 4-4. Respuesta de frecuencia, rangos de voltaje CA

1.11 Medición de voltaje CA Rango 0-2.5 ~ 0-250V

Ramas de circuitos y distribución (120/240/480V etc.) puede entregar peligrosa energía explosiva momentáneamente dentro de un circuito corto antes de abrir el interruptor del circuito. Ser absolutamente certero que los interruptores del dispositivo son conectados apropiadamente, los jacks son conectados apropiadamente, y que la fuente del circuito esta apagada antes de hacer la conexión a tal circuito.

El 260 responde al valor promedio de una forma de onda de CA. Se calibra en términos del valor RMS de una onda sinusoidal pura. Si la forma de onda es no sinusoidal, y dependiente de su forma de onda, la lectura puede ser más alta o más baja que el valor verdadero RMS de la tensión medida. Por lo tanto, se puede introducir un error si el 260 se utiliza para medir una forma de onda no sinusoidal. Además, la precisión disminuye en las frecuencias de entrada más altas (Figura 4-4)

Antes del proceder con los siguientes pasos, revise las precauciones de seguridad en el párrafo 4.2.

- Ajuste la función del interruptor a la posición de sólo volts CA (figura 4-5)

NOTA: El medidor no indicara si el interruptor está conectado incorrectamente a una posición de CD.

- Ajuste el rango del interruptor a una de las cinco posiciones de rango de voltaje marcado en 2.5V, 10V, 25V, 50V o 250V. (En caso de desconocer el actual voltaje presente, siempre usa el rango de voltaje mayor como una protección para el dispositivo. Si el voltaje está dentro de un voltaje menor, el interruptor puede ser ajustado para el rango menor para obtener una lectura más precisa.)

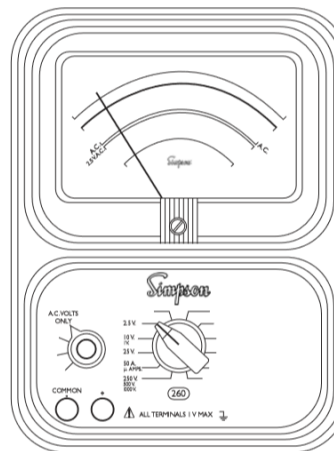


Figura 4-5. Posición de contactos e interruptores para medición de voltaje CA, Rangos 0-2.5V hasta 0-250 V

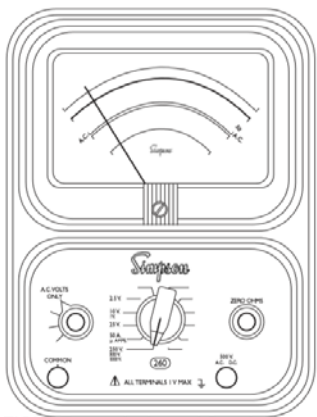


Figura 4-6. Posición de contactos e interruptores para medición de voltaje CA, Rangos 0-2.5V hasta 0-250 V

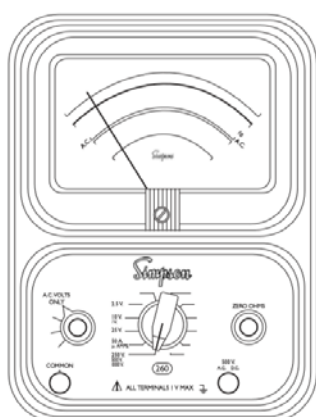


Figura 4-7. Posición de contactos e interruptores para medición de voltaje CA, Rango 0 hasta 1000 V

- Posiciona la punta de prueba negra en el Jack -COMMON y la punta de prueba roja en el Jack+
- Apague la fuente de alimentación del circuito que se está midiendo y descarga cualquier capacitor.
- Conecte los cables de prueba a través del voltaje del circuito que se medirá con el cable negro en el lado a tierra.
- Para el rango de 2.5V lea el valor directamente sobre la escala marcada en 2.5 VCA. Para los rangos de 10V, 25V, 50V y 250V, lea la escala marcada roja CA y use la figura negra inmediatamente arriba de la escala.

1.12 Medición de voltaje CA Rango 0-500V

Sea extremadamente cuidadoso cuando trabaje con circuitos de alto voltaje. No manejar el dispositivo o los cables de prueba mientras que el circuito que se mide está energizado. OBSERVE TODAS LAS MEDIDAS DE PRECAUCIÓN en el párrafo 4.2 y en el manual del dispositivo que se está probando.

No intente ninguna medición de voltaje que pueda exceder los 1000 volts o el voltaje de circuito a tierra del dispositivo, máximo 1000 volts.

Asegúrese de que el interruptor este configurado en el rango de 250V/ 500V/ 1000V, el interruptor de función en la posición de solo volts de CA y los cables de prueba conectados a la toma común y de 500V.

No toque el dispositivo o los cables de prueba mientras que la fuente este encendida del circuito que se está midiendo.

Antes de proseguir con los siguientes pasos, revise las medidas de precaución en el párrafo 4.2.

- Ajuste la función del interruptor a CA solo en posición de Volts. (Figura 4-6). Cuando realice las mediciones de voltaje de CA con el interruptor de función configurado incorrectamente a CC, el indicador del dispositivo permanecerá en 0 o cerca del 0, lo que indica una condición falsa de “no hay voltaje presente” que podría ser peligrosa.
- Ajuste el rango del interruptor en la posición 250V/500V/1000V.
- Conecte la punta de prueba negra en el Jack -COMMON y la punta de prueba roja en el Jack de 500V.
- Asegure que la fuente de alimentación este apagada del circuito que se está midiendo y que todos los capacitores estén descargados.
- Conecte los cables de prueba a través del voltaje del circuito para ser medido con el cable negro en el lado de tierra.
- Encienda la fuente de alimentación en el circuito que se está midiendo.
- Lea el voltaje en la escala marcada roja AC. Use la figura 0-50 y multiplique por 10.

1.13 MEDICIÓN DE VOLTAJE CA RANGO 0-1000V

Sea extremadamente cuidadoso cuando trabaje con circuitos de alto voltaje. No manejar el dispositivo o los cables de prueba mientras que el circuito que se mide está energizado. OBSERVE TODAS LAS MEDIDAS DE PRECAUCIÓN en el párrafo 4.2 y en el manual del dispositivo que se está probando. No intente ninguna medición de voltaje que pueda exceder los 1000 volts o el voltaje de circuito a tierra del dispositivo, máximo 1000 volts.

Asegúrese de que el interruptor este configurado en el rango de 250V/ 500V/ 1000V, el interruptor de función en la posición de solo volts de CA y los cables de prueba conectados a la toma común y de 1000V. No toque el dispositivo o los cables de prueba mientras que la fuente este encendida del circuito que se está midiendo.

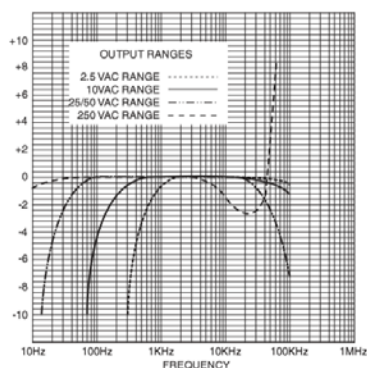


Figura 4-8. Rangos de respuesta en frecuencia de salida

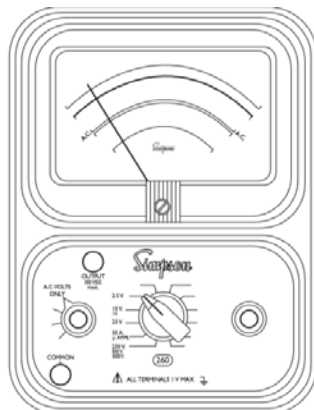


Figura 4-9 Posición de contactos e interruptores para mediciones de salida

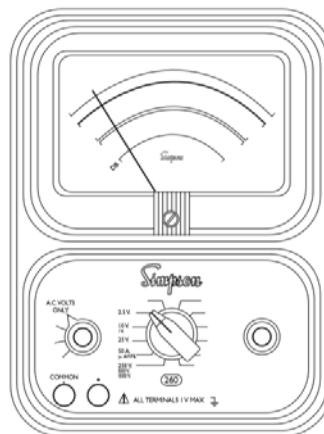


Figura 4-10. Posición de contactos e interruptores para medición de decibeles.

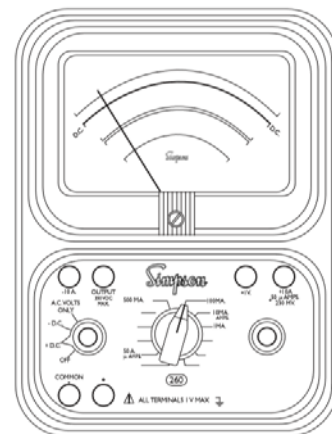


Figura 4-11. Posición de contactos e interruptores para medición de corriente directa

Antes de proseguir con los siguientes pasos, revise las medidas de precaución en el párrafo 4.2.

- Ajuste la función del interruptor a CA (figura 4-7)
- Ajuste el rango del interruptor en la posición 250V/500V/1000V.
- Conecte la punta de prueba negra en el Jack - COMMON y la punta de prueba roja en el Jack de 1000V.
- Asegure que la fuente de alimentación este apagada del circuito que se está midiendo y que todos los capacitores estén descargados.
- Conecte los cables de prueba a través del voltaje del circuito para ser medido con el cable negro en el lado de tierra.
- Encienda la fuente de alimentación en el circuito que se está midiendo.
- Lea el voltaje en la escala marcada roja AC. Use la figura 0-10 y multiplique por 100.

1.14 MEDICIÓN DE VOLTAJE DE SALIDA

A menudo se desea medir el componente de CA de un voltaje de salida donde ambos niveles de voltaje CA Y CD existen. Esto ocurre principalmente en los circuitos amplificadores. El 260-8 tiene un capacitor de 0.1 mfd, 400volts en serie con el conector de salida. El capacitor bloquea el componente CD de la corriente en el circuito de prueba, pero permite que la CA o el componente para pasar al circuito indicador del instrumento. El capacitor de bloqueo puede alterar la respuesta CA en bajas frecuencias, pero es usualmente ignorado en frecuencias de audio. (Figura 4-8)

No conectar el Jack en la salida del circuito en el cual el componente de voltaje de CD excede 350V.

- Antes de proseguir con los siguientes pasos, revise las medidas de seguridad en el párrafo 4.2.
- Ajuste la función del interruptor a CA solo en posición de volts (figura 4-9)
- Conecte la punta de prueba negra en el Jack - COMMON y la punta de prueba roja en el Jack de salida.
- Ajuste el rango del interruptor en una de las posiciones marcadas 2.5V,10V,25V,50V o 250V.
- Conecte los cables de prueba a través del voltaje del circuito para ser medido con el cable negro en el lado de tierra.
- Encienda la fuente de alimentación en el circuito de prueba. Lea la salida del voltaje sobre la escala CA apropiada. Para el rango 0-2.5V, lea el valor directamente sobre la escala marcada 2.5V CA. Para



los rangos de 10V, 25V, 50V o 250V, usa la escala roja marcada CA y lea la figura negra inmediatamente sobre la escala.

1.15 MEDICIÓN DE DECIBELES (-20 A +50dB)

En algunas industrias, las mediciones son hechas en terminas de voltaje o en razón de corriente (decibeles) basada sobre un nivel específico de referencia. La escala de dB en el 260-8 sirve para este propósito y esta calibrado para un nivel de referencia (cero dB) de 0.001 watt dentro de 600 ohms. La calibración de la escala de -20 a +10dB está por el rango de 0-2.5V (0 dB = 0.775V). Los rangos más altos pueden ser usados para añadir un apropiado valor de dB a la lectura en acorde con la tabla de la página 14.

- Revisar las medidas de precaución en el párrafo 4.2
- Referencie la figura 4-10 para el ajuste del interruptor y la conexión del Jack.
- Use las instrucciones de operación para medidas de voltaje CA, rango de 0-2.5/10/25/50/250V (párrafo 4.9).
No use los rangos de 500V o 1000V para leer decibeles.
- Leer los decibeles sobre la escala de fondo marcada con dB. Para los rangos de 10/25/50/250V, añadir el factor apropiado de la tabla de abajo:

Rango de voltaje	Rango de dB	Lectura
0-2.5V	-20 a +10	Leer directamente
0-10V	-8 a +22	Añadir +12 dB a la lectura
0-25V	0 a 30	Añadir +20 dB a la lectura
0-50V	+6 a +36	Añadir 26 dB a la lectura
0-250V	+20 a +50	Añadir 40 dB a la lectura

NOTA: La razón de máximo voltaje que puede ser medido es +50 dB sobre el rango de 0- 250V.

- Si se realizan mediciones de dB a 0.006 watts en un nivel de referencia de 500 ohm, restar +7 dB de la lectura obtenida en el 260.

1.16 MEDICIÓN DE CORRIENTE DIRECTA.

- No cambie la configuración de rango de el interruptor de rangos o función mientras que el circuito este energizado.
- Nunca desconecte los cables de prueba del circuito bajo medición mientras esté energizado.
- Siempre apague la alimentación y descargue todos los capacitores antes de cambiar los ajustes de los interruptores, o desconectar los cables.
- Nunca exceda el voltaje del circuito a tierra del dispositivo. (Máx. 1000 V, tabla 1-1, artículo 16).
- Siempre conecte el dispositivo en serie con la tierra del lado del circuito.
- En toda medición de corriente directa, asegurarse de que la alimentación del circuito del que se está probando está apagado antes de conectar y desconectar los cables de prueba o restaurar la continuidad del circuito.

1.17 MEDICIÓN DE CORRIENTE DIRECTA RANGO 0-50 μ A

- Ajuste la función del interruptor a +CD.
- Conecte la punta de prueba negra en el Jack - COMMON y la punta de prueba roja en el Jack +50 μ AMPS/ 250mV.
- Ajuste el rango del interruptor a 50 μ AMPS (posición doble con 50V)
- Abrir el lado de la tierra del circuito en el cual la corriente está siendo medida. Conecte el VOM en serie con el circuito. Conecte el cable de prueba rojo al lado positivo y el cable de prueba negro al lado negativo.
- Lea la corriente sobre la escala CD negra. Usa la figura 0-50 para leer directamente en microamperios.

NOTA: Para inversión de polaridad ve el párrafo 4.3.

1.18 MEDICIÓN DE CORRIENTE DIRECTA 0-1 mA MEDIANTE EL RANGO 0-500mA

- Ajuste la función del interruptor a +CD. (figura 4-11)
- Conecte la punta de prueba negra en el Jack - COMMON y la punta de prueba roja en el +Jack.
- Ajuste el rango del interruptor a un rango de las 4 posiciones marcadas de 1 mA, 10 mA, 100 mA o 500 mA.
- Abrir el lado de la tierra del circuito en el cual la corriente está siendo medida. Conecte el VOM en serie con el circuito. Conecte el cable de prueba rojo



al lado positivo y el cable de prueba negro al lado negativo.

- e. Encienda la alimentación. Lea la corriente en miliamperes en la escala CD negra. Para el rango de 1 mA, usa la figura 0-10 y divida entre 10. Para el rango de 10 mA, usa la figura 0-10 directamente. Para el rango de 100 mA, usa la figura 0-10 y multiplique por 10. Para el rango de 500mA, usa la figura 0-50 y multiplique por 10.
- f. Apague la alimentación y desconecte los cables de prueba.

Este rango es solo destinado para mediciones en circuitos de bajo voltaje (debajo de 25V CD) Tal como la potencia primaria en vehículos o sus accesorios.

1.19 EDICIÓN DE CORRIENTE DIRECTA RANGO 0-10A

- a. Conecte la punta de prueba negra en el Jack de -10A y la punta de prueba roja en el Jack +10A.
- b. Ajuste el rango del interruptor a 10 AMPS (posición doble con 10 mA).
- c. Abrir el lado de la tierra del circuito en el cual la corriente está siendo medida. Conecte el VOM en serie con el circuito. Conecte el cable de prueba rojo al lado positivo y el cable de prueba negro al lado negativo.

NOTA: Las funciones del interruptor no tiene efectos de polaridad para el rango de 10 AMPS.

- d. Encienda la alimentación. Lea la corriente directamente sobre la escala CD negra. Usa la figura 0-10 para leer directamente en amperes.
- e. Apague la alimentación y desconecte los cables de prueba.

El rango de 10A no está relacionada internamente en el 260-8.

Cuando use el rango 10A, nunca desconecte un cable de prueba del Jack o del circuito mientras que el circuito este energizado. Si lo hace, es probable que dañe los conectores o cables de prueba y que el arco eléctrico sea peligroso para el operador. Apague la alimentación del circuito y espere a que la lectura del medidor caiga a cero.

La función de inversión de polaridad del interruptor no opera sobre el rango de 0- 10 A. Si se encuentra la polaridad como incorrecta, apague la alimentación del circuito, espere a que

la medida del indicador llegue a cero y entonces intercambia la conexión de los cables de prueba del circuito.

1.20 Mediciones de resistencias.

El voltaje aplicado a un rango de resistencia causará errores de lectura si es bajo y dañara el dispositivo si es alto. Cuando realice mediciones en el circuito, asegúrese de que el circuito esté completamente des- energizado antes de realizar las conexiones.

Al realizar mediciones en el circuito, las rutas del circuito en paralelo con la resistencia que se está midiendo pueden causar errores de lectura. Verifique los diagramas de circuitos para detectar la presencia de tales componentes antes de asumir que la lectura obtenida es correcta.

Cuando se mide la resistencia, las baterías suministran energía para el circuito. Dado que las baterías están sujetas a variaciones en el voltaje y la resistencia interna, el dispositivo debe ser ajustado a cero antes de medir una resistencia, de la siguiente manera:

- a. Gire el interruptor de rango al rango de ohms deseado.
- b. Conecte la punta de prueba negra al Jack del - COMMON y la punta de prueba roja al Jack +.
- c. Conecte los extremos de los cables de prueba para cortar la resistencia VOM del circuito.
- d. Gire el control de cero ohms hasta que el puntero indique cero ohms. Si el puntero no puede ser ajustado a cero, uno o ambas baterías deben ser remplazadas. (Para remplazos de baterías, referenciar a la Sección V)
- e. Desconecte los cables de prueba cortocircuitados.

1.21 Midiendo resistencia

- a. Antes de medir la resistencia en un circuito, asegúrese de que la alimentación eléctrica este desconectada del circuito que se está probando y que todos los condensadores estén descargados. Desconecte los componentes de derivación del circuito antes de medir su resistencia.
- b. Coloque el interruptor de rango en una de las posiciones de rango de resistencia de la siguiente manera (figura 4-12):
 - 1. Usa R X 1 para leer resistencias de 0 a 200 ohms.
 - 2. Use R X 100 para leer resistencias de 200 a 20,000 ohms.
 - 3. Use R X 10,000 para leer resistencias por encima de 20,000 ohms.

- c. Establezca el interruptor de función en la posición -CD o +CD: la operación es la misma en cualquier posición, excepto si hay semiconductores en el circuito. (Vea el párrafo 4.22) Ajuste el control de cero ohms para cada rango de resistencia.
- d. Observe la lectura en la escala de ohms en la parte del disco.

NOTA: La escala ohms se lee de derecha a izquierda para aumentar los valores de resistencia.

- e. Para determinar el valor de la actual resistencia, multiplique la lectura por el factor en la posición del interruptor. (K en la escala ohms es igual a mil)

1.22 Medición de resistencia de semiconductores

Asegúrese de que el rango de ohms que se está utilizando no dañara ninguno de los semiconductores (consulte la Tabla 1-1, elemento 8, sección I).

Si hay una resistencia “hacia adelante” y “hacia atrás”, como en diodos, la resistencia puede ser relativamente baja en una dirección (para la polaridad hacia adelante) y más alta en la dirección opuesta.

Gire el interruptor de función entre las dos posiciones de CD para invertir la polaridad. Esto determinara si hay una diferencia entre la resistencia en las dos direcciones. Para verificar si un semiconductor entra o sale de un circuito (mediciones de resistencia de polarización directa e inversa), tenga en cuenta lo siguiente antes de realizar la medición:

- a. La polaridad de la tensión de la batería será la marcada en los conectores cuando el interruptor se encuentre en la posición +CD y se invierta en la posición -CD.
- b. Asegúrese de que el rango seleccionado no dañara el semiconductor. (Consulte la tabla 1-1, elemento 8, y revise los límites de especificación del semiconductor de acuerdo con las clasificaciones del fabricante).
- c. Si el semiconductor es un diodo de silicio o un transistor de silicio convencional, normalmente no se requiere precauciones.
- d. Si el material semiconductor es germanio, verifique los valores nominales del dispositivo y consulte la tabla 1-1, elemento 8.

NOTA: La resistencia de los diodos se medirá de manera diferente de un rango de resistencia a otro en el VOM con el interruptor de función en una posición dada. Por ejemplo, un

diodo que mide 80 ohms en el rango R X 1, puede medir 300 ohms en el rango R X 100. La diferencia en los valores es el resultado de las características del diodo y no es indicativo de ninguna falla en el VOM.

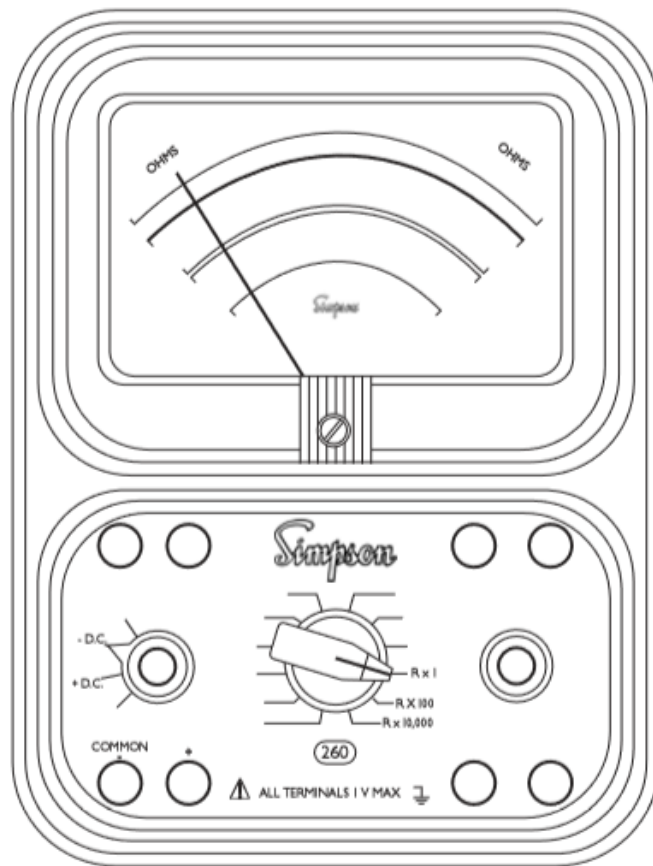


Figura 4-12. Posición de contactos e interruptores para medir resistencia.