



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES Y
GENERADORES AC Y DC EN EL MÓDULO LAB VOLT**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención de título de Ingeniero Eléctrico en sistemas eléctricos de potencia.

Autor/es:

Cabay Borja Santiago Javier

Chadán Analuisa Felix Wilfrido

Tutor Académico:

Ing. MSc. León Marco Aníbal

LATACUNGA – ECUADOR

2022



DECLARACIÓN DE AUDITORIA

Nosotros, de Cabay Borja Santiago Javier y Chadan Analuisa Felix Wilfrido, declaramos ser los autores del presente proyecto de investigación "DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES Y GENERADORES AC Y DC EN EL MÓDULO DE LAB VOLT", siendo MSC. León Segovia Marco Anibal, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la universidad técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, Marzo, 2022

Cabay Borja Santiago Javier

C.I: 172389387-9

Chadan Analuisa Felix Wilfrido

C.I:180473163-4



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES Y GENERADORES AC Y DC EN EL MÓDULO DE LAB VOLT”, de Cabay Borja Santiago Javier y Chadan Analuisa Felix Wilfrido, de la carrera de ingeniería eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo, 2022

El Tutor

Ing. MSc. Leon Segovia Marco Anibal
C.I: 050230540-2



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

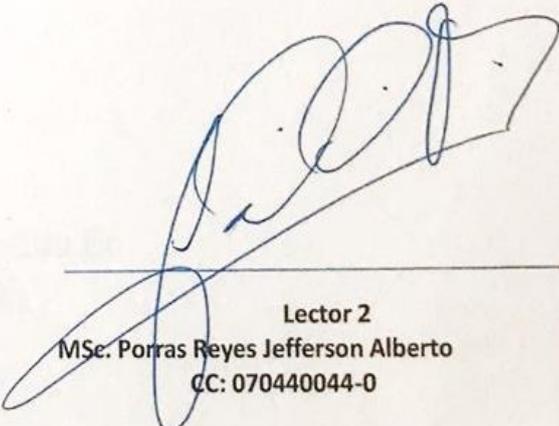
En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de ciencias de la ingeniería y aplicadas; por cuanto, el o los postulantes: Cabay Borja Santiago Javier y Chadan Analuisa Felix Wilfrido con el título de Proyecto de titulación: "DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES Y GENERADORES AC Y DC EN EL MÓDULO DE LAB VOLT", han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

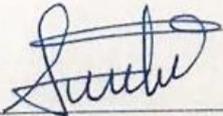
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo 2022

Para constancia firman:


Lector 1 (Presidente)
MSc. Pacheco Mena Carlos francisco
CC: 050307290-2


Lector 2
MSc. Porras Reyes Jefferson Alberto
CC: 070440044-0


Lector 3
MSc. Quinatoa Caiza Carlos Ivan
CC: 050230540-2



AVAL DE IMPLMETANCIÓN

Mediante el presente documento pongo a consideración que el Sr. **Cabay Borja Santiago Javier** y **Chadan Analuisa Felix Wilfrido**, portadores de las cédulas de ciudadanía N ° 1723893879 y N ° 1804731634, estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la Carrera de Ingeniería Eléctrica realizaron el diseño e implementación de su propuesta tecnológica bajo el nombre de “**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES Y GENERADORES AC Y DC EN EL MÓDULO LAB VOLT**”; trabajo que fue desarrollado de manera satisfactoria logrando obtener resultados positivos.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente documento en cuanto estime conveniente mientras se encuentre dentro del marco legal.

Atentamente:

Ing. Carlos Rodolfo Maldonado Chávez
C.I: 1803969748
ADMINISTRADOR LABORATORIOS “F. CIYA-UTC”



ACTA ENTREGA RECEPCIÓN DESCARGO

Por la demostración que antecede la entrega de bienes al Ing. Carlos Rodolfo Maldonado Chávez, quien recibe conforme y queda bajo su responsabilidad y custodia.

Para constancia de lo actuado en fe de conformidad, los involucrados en el presente escrito, se presentan sus firmas.

ENTREGA CONFORME

Cabay Borja Santiago Javier
CI: 1723893879

Chadán Analuisa Félix Wilfrido
CI: 1804731634

RECIBE CONFORME

Ing. Carlos Rodolfo Maldonado Chávez
C.I: 1803969748
ADMINISTRADOR LABORATORIOS "F. CIYA-UTC"

Pdta. Se hace la entrega de la declaración juramentada del costo del prototipo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios que me ha guiado en todo este largo camino universitario y haberme dado la oportunidad de culminar mis estudios superiores,

A mis padres, hermanos Anabel y Francisco por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me han brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi le agradeceré infinitamente por brindarme la oportunidad de estudiar la carrera de Ingeniería Eléctrica, Finalmente a todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

FELIX WILFRIDO CHADAN ANALUISA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, por la fortaleza para llegar a estas instancias en la culminación de mi carrera

A mi madre Julia y a mi abuela digna por el cariño, respeto y el apoyo incondicional, pero en especial a mi abuela por ser el pilar fundamental quien por medio de sus sabios y valiosos consejos entregándome cada día un aliento de apoyo, también quiero agradecer a mis hermanos Daysi y Josué por su inmenso cariño.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi y los docentes de la carrera de Ingeniería Eléctrica quienes con su profesionalismo y ética nos proporcionaron los conocimientos, necesarias para un aprendizaje integral como profesionales y seres humanos, dedico un agradecimiento a nuestros lectores y tutor por el apoyo y confianza.

SANTIAGO JAVIER CABAY BORJA

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mi padre Luis Chadan por sus consejos y enseñanzas que me ha brindado y por nunca dejarme de apoyarme en los buenas y malos momentos.

A mi madre Jaqueline Analuiza, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

Todo este sacrificio ha valido la pena con esfuerzo sudor por todas esa malas noche a tenido sus recompensas nada es fácil en la vida debes luchas por tus sueños y seguir siempre a delante.

FELIX WILFRIDO CHADAN ANALUISA

DEDICATORIA

Este Trabajo de tesis está dedicado a mi madre y mi abuela quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí una persona con valores porque lo que soy ahora se los debo.

A mis hermanos y familiares que han sabido brindar su apoyo y motivación en los momentos de mayor dificultad. A los profesores, amigos que han contribuido al desarrollo de mi trabajo de investigación.

SANTIAGO JAVIER CABAY BORJA

ÍNDICE

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DE TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	v
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	x
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
AVAL DE TRADUCCIÓN	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÒN	2
2.1 EL PROBLEMA:	2
2.1.1 Situación Problémica:.....	2
2.1.2 Formulaci3n del problema:.....	2
2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCI3N	2
2.3 BENEFICIARIOS.....	3
2.4 JUSTIFICACI3N	3
2.5 HIP3TESIS	4
2.6 OBJETIVOS:.....	4
2.6.1 General:	4
2.6.2 Específicos:	4
2.7 SISTEMA DE TAREAS	4
CAPITULO I	6
3. Fundamentaci3n te3rica	6
3.1. máquin3s eléctric3s rotativas	6
3.2. Clasificaci3n de las máquin3s eléctric3s rotativas	7
3.3. Motores de corriente continua	8
3.3.1. Elementos constituyentes de los motores de corriente continua.....	8
3.3.2. Principio de funcionamiento del motor en corriente continua.....	15
3.3.3. Tipos de motores de corriente continua.....	16
3.4. Motores de corriente alterna	17

3.4.1. Principio de funcionamiento del motor de inducción trifásico de jaula de ardilla	18
3.4.2. Despiece del motor asíncrono trifásico de jaula de ardilla	19
3.5. Generadores de corriente continua o dinamos	21
3.5.1. Partes constitutivas de los generadores de corriente continua	21
3.5.2. Principio de operación de un generador de corriente continua	22
3.5.3. Tipos de generadores de corriente continua	23
3.6. Generadores de corriente alterna	24
3.6.1. Principio de funcionamiento de los alternadores	24
3.6.2. Generadores síncronos	25
3.6.3. Alternador asíncrono de inducción	26
CAPITULO II	27
4. MATERIALES Y MÉTODOS	27
4.1. METODOLOGÍA	27
4.1.1. MÉTODO DOCUMENTAL BIBLIOGRÁFICO	27
4.1.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN	27
4.2. TECNICAS E INSTRUMENTOS	28
4.2.1. OBSERVACIÓN	28
CAPITULO III	30
5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.	30
5.1. PRACTICA “WATT, VAR, VOLTAMPERE Y FACTOR DE POTENCIA”	31
5.2. PRACTICA “EL MOTOR UNIVERSAL”	36
5.3. PRACTICA “EL MOTOR DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA”	39
5.4. PRACTICA “EL MOTOR SÍNCRONO”	42
6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	46
6.1. PRESUPUESTO	46
6.2. PRESUPUESTO GENERAL	48
6.3. ANALISIS DE IMPACTOS	48
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
7.1. CONCLUSIONES	49
7.2. RECOMENDACIONES	49
8. BIBLIOGRAFÍA	50
9. ANEXOS	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Diagrama de transformación de energía conforme el tipo de operación.....	7
Figura 1.2. Clasificación de las máquinas eléctricas en función al campo magnético	7
Figura 1.3. Tipos de máquinas eléctricas	8
Figura 1.4. Partes principales de un circuito magnético	9
Figura 1.5. Masas polares de tipo saliente y ranurado	9
Figura 1.6. Detalle de la parte magnética móvil del rotor y su armadura	10
Figura 1.7. Detalle de un circuito inductor de dos polos	10
Figura 1.8. Número de polos en motores DC.....	11
Figura 1.9. Devanado de un motor DC	11
Figura 1.10. Detalle del colector de delgas, su conexión con el devanado y las escobillas.....	13
Figura 1.11. Detalle de las escobillas de un motor de corriente continua.....	13
Figura 1.12. Fijación de las escobillas en la línea neutra.....	14
Figura 1.13. Polos de conmutación en la máquina de corriente continua.....	15
Figura 1.14. Principio de funcionamiento del motor de corriente continua.....	15
Figura 1.15. Inversión del sentido de giro del motor de una espira.....	16
Figura 1.16. Inversión del sentido de giro de un motor con varias bobinas.....	16
Figura 1.17. Excitación independiente.....	16
Figura 1.18. Excitación serie	17
Figura 1.19. Excitación derivación (shunt)	17
Figura 1.20. Excitación compuesta.....	17
Figura 1.21. Rotor de jaula de ardilla	18
Figura 1.22. Giro de un motor eléctrico.....	19
Figura 1.23. Esquematación de la secuencia empleada para controlar la velocidad del motor	19
Figura 1.24. Composición de un motor de corriente alterna	20
Figura 1.25. Rotor de jaula de ardilla en cortocircuito	21
Figura 1.26. Partes constitutivas de un generador de corriente continua.....	21
Figura 1.27. Principio de operación de un generador DC.....	22
Figura 1.28. Modelo de generador DC con un único anillo rozante.....	23
Figura 1.29. Funciones del generador.....	25
Figura 1.30. Rotor de dos polos no salientes de una máquina síncrona	26
Figura 1.31. Rotor de seis polos salientes de una máquina síncrona.....	26
Figura 2.32. Fuente de alimentación trifásica variable 8821-22	29

Figura 3.32. Circuito de práctica 19-1.	31
Figura 3.33. Triangulo de potencia.....	32
Figura 3.34. Circuito de práctica 19-2	33
Figura 3.35. Circuito de práctica 36-2	36
Figura 3.36. Circuito de práctica 36-3	37
Figura 3.37. Circuito de práctica 36-4	38
Figura 3.38. Circuito de práctica 52-1	39
Figura 3.39. Circuito de práctica 52-2	40
Figura 3.40. Circuito de práctica 53-1	42
Figura 3.41. Circuito de práctica 53-2	43
Figura 3.42. Circuito de práctica 53-3	44
Figura 3.43. Circuito de práctica 54-1	45
Figura 3.44. Corriente alterna en función de la corriente directa.	46

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1.1. Descripción del despiece de un motor de corriente alterna.	20
Tabla 2.2. Análisis de las variables.....	28
Tabla 3.3. Mediciones y cálculo de la practica en la primera configuración.	31
Tabla 3.4. Mediciones y cálculo de la practica conectada la fuente de energía y ajústela a 120Vc-a.	33
Tabla 3.5. Mediciones y cálculo de la practica conectada la fuente de energía y con cierre en todos los interruptores de capacitancia y mida la corriente de línea	34
Tabla 3.6. Mediciones y cálculo de la practica con la variación de voltaje y potencia	34
Tabla 3.7. Cálculo de la práctica, capacitor que toma 4kvar se conecta en paralelo con el electroimán.	34
Tabla 3.8. Cálculo de la práctica, Si el capacitor 2 se sustituye con otro que tome 8kvar.	35
Tabla 3.9. Mediciones y cálculo de la practica la potencia aparente suministrada al motor para cada uno de los pares indicados.....	37
Tabla 3.10. Mediciones y cálculo de la practica la potencia aparente suministrada al motor para cada uno de los pares indicados	38
Tabla 3.11. Mediciones y cálculos.....	40
Tabla 3.12. Tabla de medición y cálculo de motor síncrono parte II	45
Tabla 3.13. Presupuesto detallado para la ejecución del proyecto	47
Tabla 3.14. presupuesto general	48

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Título: “DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES Y GENERADORES AC Y DC EN EL MÓDULO LAB VOLT”.

Autores: Cabay Borja Santiago Javier

Chadan Analuisa Felix Wilfrido

RESUMEN

El presente proyecto de tesis se determina los parámetros eléctricos en motores y generadores AC y DC en el módulo Lab volt, está enfocado en los principios fundamentales de funcionamiento de motores y generadores corriente alterna y corriente continua. Para el desarrollo del tema, se realizó el mantenimiento preventivo de los equipos del módulo Lab volt, está diseñado para el entrenamiento y aprendizaje práctico con máquinas eléctricas, cargas capacitivas, resistivas, inductivas e instrumentos de medición como: voltímetro, amperímetro, tacómetro, esto permite la adquisición y medición parámetros eléctricos como: voltaje, corriente, potencia, frecuencia, factor de potencia. Las prácticas se realizó en el módulo tales como: Potencia eléctrica y factor de potencia de un motor, El motor universal, El motor de inducción de jaula de ardilla, El motor síncrono, la cual se orientó en la parte técnica en medición de parámetros eléctricos, para el desarrollo se utilizó el motor de arranque por condensador, motor universal, motor síncrono/generador, motor de inducción de jaula de ardilla de cuatro polos, equipos de medición externos, la interfaz de datos y control, la verificación de datos obtenidos permite comparar resultados. Las mediciones y cálculos con las respectivas ecuaciones, permite que se desarrolle de manera eficiente el registro de parámetros eléctricos en motores y generadores, los resultados se presenta en la parte del análisis y discusión de resultados. En conclusión, mediante el mantenimiento de los equipos se ayudó a mejorar las condiciones de trabajo con Motores y generadores AC Y DC en el módulo LabVolt.

Palabras claves: Modulo Lab-volt, motores y generadores AC y DC, parámetros eléctricos, equipos de medición.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: “DETERMINATION OF ELECTRICAL PARAMETERS OF AC AND DC MOTORS AND GENERATORS IN THE LABVOLT MODULE.”

Authors: Cabay Borja Santiago Javier

Chadan Analuisa Felix Wilfrido

ABSTRACT

This thesis project determines the electrical parameters in AC and DC motors and generators in the LabVolt module, which focuses on electric motors and generators' fundamental operating principles of alternating current and direct current. It is designed for training and practical learning with electrical machines, capacitive, resistive, inductive loads, and measuring instruments such as voltmeter, ammeter, tachometer. This study allows the acquisition and measurement of electrical parameters such as voltage, current, power, frequency, power factor. For the development of the topic, preventive maintenance of the equipment of the LabVolt module was made. The practices were carried out in the module such as: Electrical power and Power Factor of an motor, the universal motor, The squirrel cage induction motor, The synchronous motor, which were oriented in the technical part in the measurement of electrical parameters. It was made with the capacitor starter motor, universal motor, synchronous motor/generator, four-pole squirrel cage induction motor, external measuring equipment, data, and control interface. This research helped to verify the data obtained, which allows comparing results. The measurements and calculations with the respective equations permit the efficient development of the recording of electrical parameters in motors and generators. The results are presented in the analysis and discussion part. In conclusion, the equipment maintenance helped improve the working conditions with AC and DC motors and generators in the LabVolt module.

Keywords: LabVolt module, AC and DC motors and generators, electrical parameters, measurement equipment.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: “**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES Y GENERADORES ACY DC EN EL MÓDULO LABVOLT**” presentado por: **Cabay Borja Santiago Javier y Chadan Analuisa Felix Wilfrido**, egresado de la Carrera de: **Ingeniería en Electricidad**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, marzo del 2022

Atentamente,



Prueba de autenticidad por:
**MAYRA CLEMENCIA
NOROÑA HEREDIA**



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Mayra Clemencia Noroña Heredia
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0501955470



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES Y GENERADORES AC Y DC EN EL MÓDULO LAB VOLT.

Fecha de inicio: Octubre 2021

Fecha de finalización: Marzo 2022

Lugar de ejecución: No aplica

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia: Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Proyecto Macro Asociado: Desarrollo de sistemas eficientes para el abastecimiento y uso de energía eléctrica a nivel local, regional o nacional.

Equipo de Trabajo.

Tutor de Titulación: Ing. MSc. Marco León

Estudiante/s:

Cabay Borja Santiago Javier

Chadan Analuisa Felix Wilfrido

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesionales Afines / 0713 Electricidad y Energía.

Línea de investigación: Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Sublínea 1: Control y Automatización en el uso de la energía del sector Industrial, Comercial y Residencial.

Sublínea 1: Electrónica de potencia en el uso de la energía del sector Industrial, Comercial y

Residencial.

Grupos Temáticos:

1. Accionamiento eléctrico
2. Protecciones eléctricas.
3. Control y automatización de instalaciones Industriales

2. INTRODUCCIÓN

2.1 EL PROBLEMA:

2.1.1 Situación Problemática:

El desarrollo del presente proyecto está enfocado en realizar el mantenimiento del módulo Lab volt, la falta de mantenimiento de los equipos, el registro de datos son erróneos al realizar las prácticas de motores y generadores, no permite el desarrollo del tema que es determinar los parámetros eléctricos en motores y generadores AC y DC en el módulo Lab volt.

Actualmente al realizar el mantenimiento se observa el regular estado del módulo Lab volt, no permite realizar las prácticas de entrenamiento en el módulo, la parte más afectada es la fuente de alimentación, equipos de medición, para perfeccionar el funcionamiento del módulo Lab volt se realiza el mantenimiento de la fuente de alimentación y de los equipos para que el desarrollo practico será favorable.

La utilidad del proyecto estará destinada, para determinar los parámetros eléctricos en motores y generadores AC y DC, permitirá que las personas inmersas en el problema puedan desarrollar sus conocimientos en un ámbito práctico.

2.1.2 Formulación del problema:

El problema consiste en cómo determinar los parámetros eléctricos de motores y generadores AC y DC, si el módulo Lab volt registra datos erróneos en las salidas de la fuente de alimentación.

2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1 Objeto de estudio

El objetivo principal mantener en óptimas condiciones el módulo Lab volt, al realizar el mantenimiento de la fuente de alimentación y equipos, la elaboración de la instalación

eléctrica ayuda a su operación, es vital para determinar los parámetros eléctricos en motores y generadores AC y DC en el módulo Lab volt.

2.2.2 Campo de acción.

El mantenimiento de la fuente y de los equipos permitirá estar condiciones de operación el módulo Lab volt, para determinar los parámetros eléctricos en motores y generadores AC y DC, sin presentar falencias al estar operando.

A modo de síntesis, se considera en forma general el estudio de los parámetros eléctricos tomando en cuenta diversas variables en el funcionamiento de motores y generadores para dar una valoración final del comportamiento a través de prácticas.

330000 Ciencias Tecnológicas / 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 330601 Utilización de la corriente continua / 330602 Aplicaciones Eléctricas / 330603 Motores eléctricos.

2.3 BENEFICIARIOS

Beneficiarios directos:

Universidad Técnica de Cotopaxi.

Beneficiarios indirectos:

Estudiantes de ingeniería eléctrica que estén cursando materias relacionadas con el análisis y control de Maquinas eléctricas.

2.4 JUSTIFICACIÓN

Los motores y generadores han sufrido una evolución desde sus orígenes hasta la actualidad, sabemos que los motores son dispositivos que transforma la energía eléctrica en mecánica y son utilizados en infinidad de aplicaciones industriales, al igual que los generadores son la principal razón ya que transforma la energía mecánica en eléctrica, la evolución empieza con estudios realizados por Michael Faraday, fue quien logro generar por primera vez electricidad, moviendo un conductor eléctrico en un campo magnético producido por un imán, pero años después basándose en los estudios de Faraday, se construye el primer dinamo o en actualidad conocido como generador eléctrico corriente continua.

En la actualidad tenemos módulos aptos para el entrenamiento practico con máquinas eléctricas de corriente alterna y corriente directa es vital para el aprendizaje practico al estar preparándose como ingeniero eléctrico, en el área tenemos sistemas de aprendizaje y servicios para la formación, el conocimiento técnico que se logra con el desarrollo de las

prácticas ayuda al estudiante, tener una mayor confianza y visualización de los aspectos reales a los que debe enfrentarse cuando tenga que hacer uso de motores y generadores eléctricos para solucionar problemas de ingeniería.

La revisión bibliográfica conocida como un estado de arte, ayuda a definir los principios fundamentales de funcionamiento en motores y generadores AC y DC, permite observar de manera técnica los parámetros eléctricos, el desarrollo de prácticas en el módulo influye directamente en el desarrollo del proyecto, y a partir de ahí, se adopta medidas que permitan el mantenimiento en la fuente de alimentación, equipos medición, módulos de cargas, motores, generadores etc, para mantener al módulo Lab volt en óptimas condiciones.

2.5 HIPÓTESIS

Al realizar las prácticas en el módulo para la determinación de los parámetros eléctricos en motores y generadores AC y DC, ayudara que el proyecto de tesis cumpla con las expectativas propuestas el mantener en óptimas condiciones el módulo Lab volt.

2.6 OBJETIVOS:

2.6.1 General:

Determinar los parámetros eléctricos en motores y generadores AC y DC en el módulo Lab volt, implementando la fuente de alimentación y el mantenimiento de equipos para tener un sistema optimo.

2.6.2 Específicos:

- Realizar el estado de arte de los parámetros eléctricos en motores y generadores AC y DC.
- Implementar una fuente de alimentación al módulo Lab volt y accesorios para tener un sistema optimo.
- Realizar prácticas, para determinar los parámetros eléctricos de los motores y generadores utilizando instrumentos de medida.

2.7 SISTEMA DE TAREAS

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Realizar el estado de arte de los parámetros eléctricos en motores y generadores AC y DC.	Realizar una búsqueda bibliográfica en libros, artículos, informes, páginas web, etc.	La fundamentación teórica, ayuda a determinar los parámetros eléctricos en moteres y generadores AC y DC.	Herramientas informáticas. Buscadores de información. Libros, artículos, Repositorios.
Implementar de una fuente de alimentación al módulo Lab volt y accesorios para tener un sistema optimo.	Verificación de la fuente de alimentación del módulo de Lab volt, observación e identificación de los accesorios que presentan falencias Dejar en condiciones óptimas el módulo para el desarrollo de prácticas.	Observar que la fuente de alimentación este en óptimas condiciones para el desarrollo de las prácticas, esto ayudara para obtención de los parámetros eléctricos.	Herramientas de instalaciones eléctricas. Equipos de medición. Modulo Lab volt.

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Realizar prácticas, para determinar los parámetros eléctricos de los motores y generadores utilizando instrumentos de medida.	Realizar las prácticas con motores y generadores AC y DC para determinar los parámetros eléctricos.	Con la obtención de resultados de las practicas realizadas y verificadas con equipos de medición externa, los resultados que se muestre, indica que la fuente de alimentación está en óptimas condiciones para su uso.	Motores, Generadores, Fuente de alimentación, bandas, cables de conexión. Equipos de medición.

CAPITULO I

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS

Las máquinas eléctricas rotativas disponen de la capacidad para trabajar como generador o motor, es decir, pueden transformar la energía mecánica a eléctrica o a la inversa. La Figura 1.1 puntualiza la transformación de energía conforme a los dos tipos de operación.

Al funcionar como motor se consume electricidad inyectada por el estátor mediante fuentes externas. Producto de ello, genera en el entrehierro la energía electromagnética requerida para iniciar la operación de la máquina, lo que finalmente representa un trabajo mecánico.

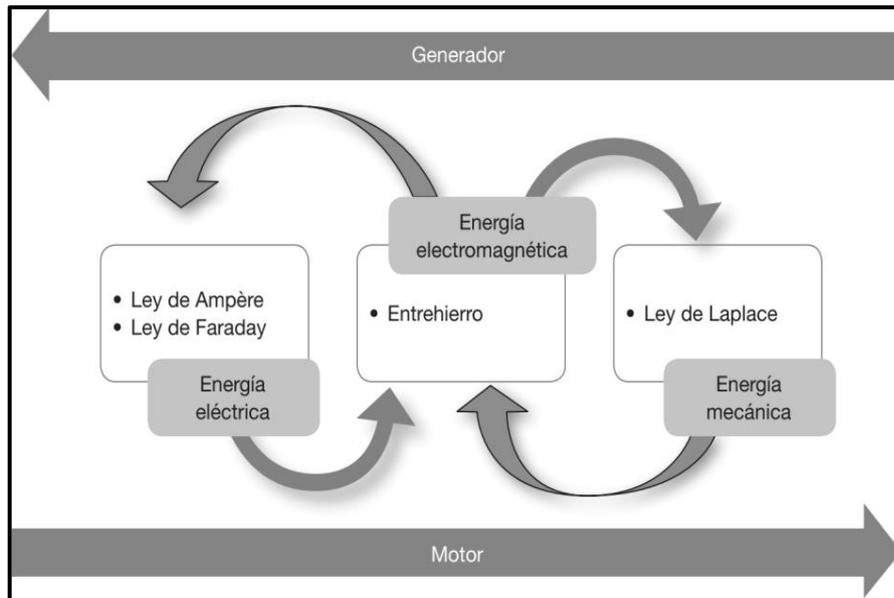


Figura 1.1. Diagrama de transformación de energía conforme el tipo de operación
Fuente: [1]

Por el contrario, durante la operación como generador eléctrico una determinada carga externa motriz hace girar el rotor, y se produce en el estátor electricidad que permite efectuar un trabajo útil [1].

3.2. CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS

Primeramente, se clasifican las máquinas eléctricas rotativas al considerar como criterio la relación existente del inductor e inducido con el campo magnético, según se visualiza en la siguiente Figura 1.2.

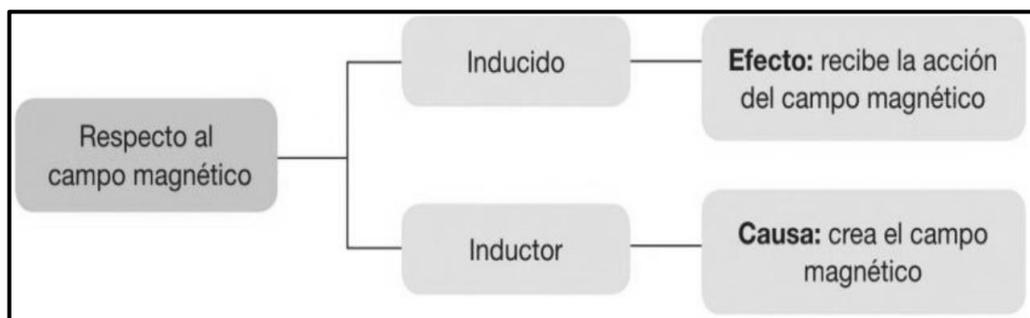


Figura 1.2. Clasificación de las máquinas eléctricas en función al campo magnético
Fuente: [1]

Las máquinas eléctricas rotativas en función de si el rotor o estátor son inductor e inducido, se clasifican en motores y generadores de corriente alterna como continua. La Figura 1.3 detalla de forma esquematizada los tipos más comunes a presentarse [1].

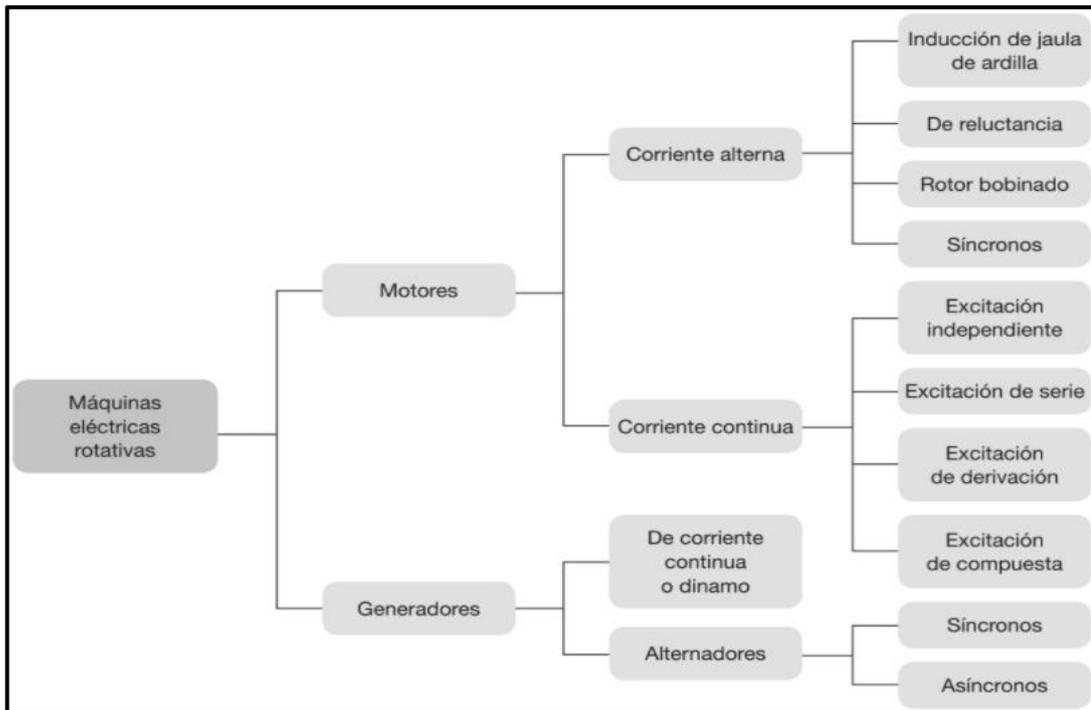


Figura 1.3. Tipos de máquinas eléctricas

Fuente: [1]

3.3. MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

La operación de los motores DC consiste en inyectar corriente continua al estátor y por los contactos del inducido (escobillas), lo que produce el par de arranque necesario para que la máquina eléctrica empiece a girar.

Son comúnmente empleados en aplicaciones donde se precisa una regulación constante de la velocidad del eje de la máquina o cuándo es necesario disponer de un par de arranque elevado, el cual, no es posible alcanzar mediante motores trifásicos.

Sin embargo, los costos de mantenimiento son altos por ser máquinas eléctricas rotativas construidas de varios bobinados, y poseen escobillas que permiten efectuar la conmutación de sus polos [1].

3.3.1. Elementos constituyentes de los motores de corriente continua

Las partes principales de los motores de corriente continua consisten de un circuito magnético y dos eléctricos.

3.3.1.1. Circuito magnético

El circuito magnético se constituye principalmente de la parte fija ubicada en el estátor como otra móvil situada en el rotor, adicionalmente, dispone de la armadura, carcasa, base, y masas polares.

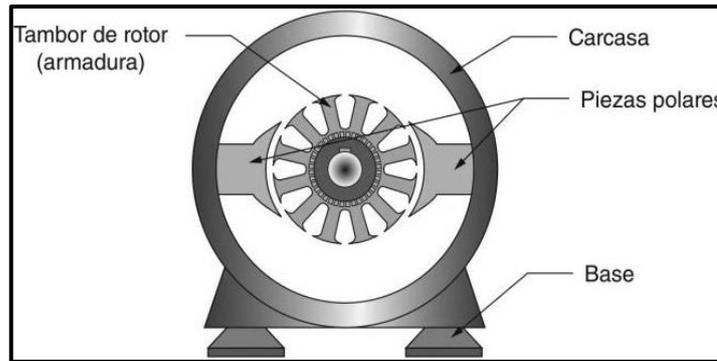


Figura 1.4. Partes principales de un circuito magnético

Fuente: [2]

La parte magnética estática la componen masas polares directamente relacionadas a la cantidad de polos que posee la máquina, y dichas piezas pueden ser del tipo saliente o ranurado que de acuerdo a la Figura 1.5 se fijan a la carcasa (culata) del motor eléctrico para cerrar el circuito magnético.

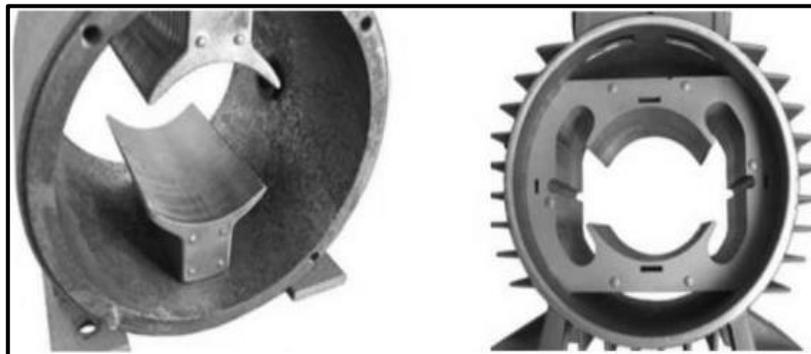


Figura 1.5. Masas polares de tipo saliente y ranurado

Fuente: [2]

El circuito magnético móvil está constituido por un tambor cilíndrico de chapa magnética ranurado de manera axial, conocido también como armadura. En la parte central se tiene el eje del motor, adicionalmente, dispone del colector de delgas y rodamientos [2].

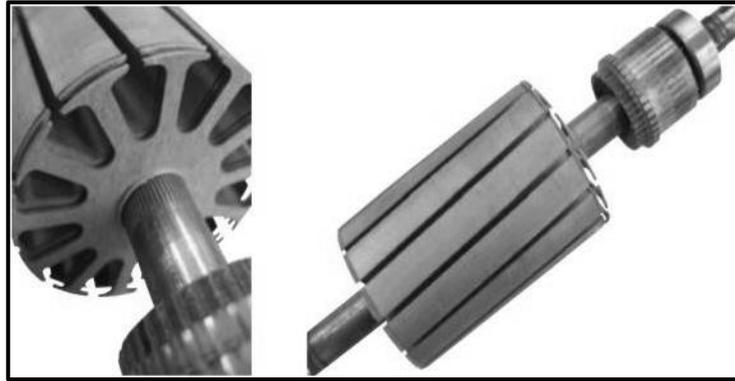


Figura 1.6. Detalle de la parte magnética móvil del rotor y su armadura

Fuente: [2]

3.3.1.2. Circuito eléctrico

El circuito eléctrico lo compone el inductor y el inducido que se detallan a continuación:

a) Circuito inductor

El inductor o estátor es un electroimán compuesto por un número par de polos. Las bobinas inductoras o de campo van arrolladas a unos salientes laminados denominados piezas polares, las cuales producen el campo inductor al circular por ellas la corriente de excitación.

Comúnmente conocido como excitación, de campo o devanado de excitación, está ubicado en el estátor y bobinado sobre las masas polares, se encarga directamente de generar el campo magnético fijo inducido sobre el circuito del rotor. Compuesto de grandes bobinas cuyo número es igual a la cantidad de polos que posee el motor [2], [3].

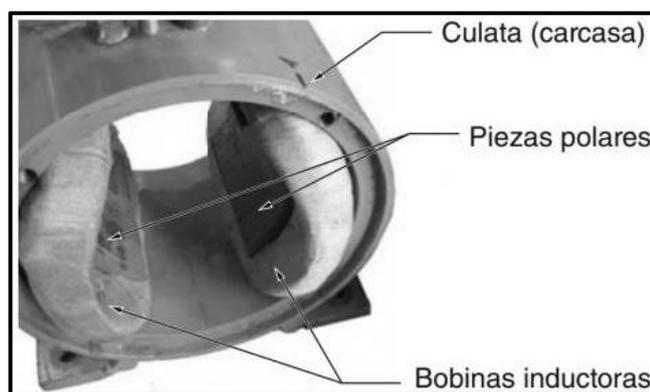


Figura 1.7. Detalle de un circuito inductor de dos polos

Fuente: [2]

El devanado de excitación puede ser:

- *Paralelo o shunt:* hilo de calibre delgado y múltiples vueltas. Su alimentación es independiente del inducido.

- *Serie*: pocas espiras e hilo grueso semejante al del inducido y se conecta en serie con él.
- *Compuesto o compound*: posee tantos devanados en serie como paralelo [3].

Con la finalidad de obtener una polaridad aleatoria (N–S–N–S...) el número de pares de polos de la máquina deberá ser par. El centro de cada polo denominado eje polar será igual a los pares de polos que disponga el motor.

Por otra parte, el eje ubicado entre dos polos se denomina línea neutra y los efectos magnéticos sobre la misma serán nulos. Así, el motor DC dispondrá de tantas líneas neutras como pares de polos posea [2].

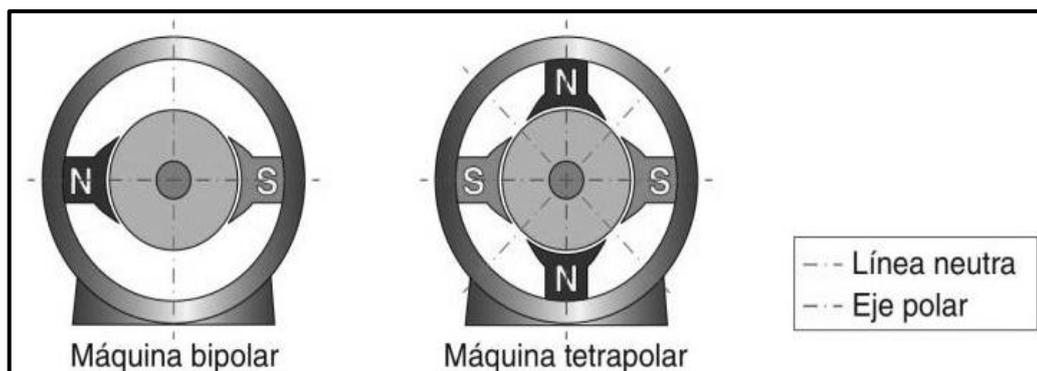


Figura 1.8. Número de polos en motores DC

Fuente: [2]

b) Circuito inducido

El circuito inducido se ubica en el rotor y su devanado dispone de múltiples bobinas alojadas sobre las ranuras del tambor. Además, son conectadas al medio exterior mediante los elementos de conmutación [2].

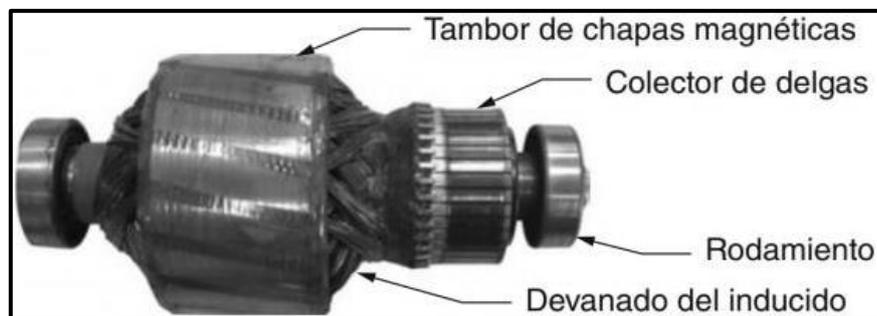


Figura 1.9. Devanado de un motor DC

Fuente: [2]

3.3.1.3. Carcasa

Cilindro de acero con patas que representa la parte estática del motor y aloja los devanados estatóricos, de campo, auxiliares, de compensación, en función tanto del tipo de máquina como su excitación, es decir, sirve de soporte mecánico al resto de los elementos [3].

La carcasa puede estar construida de los siguientes materiales:

- *De aluminio:* para motores de baja potencia.
- *De fundición:* para motores de talla media.
- *De acero y mecano soldado:* para motores de mayor tamaño [1].

3.3.1.4. Ventilador

Este se encuentra montado sobre el eje en uno de los extremos, y está compuesto por aspas las cuales hacen circular aire longitudinalmente por el interior de la máquina eléctrica de corriente continua [3].

3.3.1.5. Elementos de conmutación

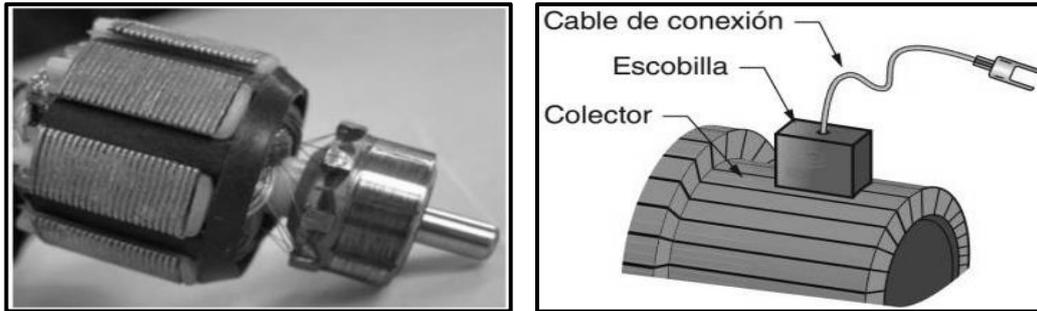
Se encargan de conectar eléctricamente los devanados del inducido con el circuito exterior, bien para entregar energía cuando la máquina trabaja como generador o para recibirla en el caso de los motores.

Por lo tanto, el conjunto de conmutación es el que más desgaste sufre debido al funcionamiento de la máquina, por tanto, también es el elemento que más atención requiere al realizar las tareas de mantenimiento y reparación. Por esta razón, el sistema de conmutación en máquinas de grandes potencias es accesible desde el exterior para su supervisión y comprobación sin necesidad de desmontar el motor [2].

a) Colector

Es un tambor formado por pequeñas láminas de cobre denominadas delgas. A estas láminas se conectan los terminales de las numerosas bobinas que forman el circuito del inducido. Las delgas están aisladas entre sí y también de los otros elementos metálicos de la máquina mediante un material no conductor que suele ser mica o micanita.

El sistema de delgas permite que la corriente se mantenga siempre en el mismo sentido, conservando así la polaridad del campo inducido respecto al principal y, por tanto, permitiendo el giro continuo de la bobina. Según la Figura 3.10 sobre el colector se apoyan las escobillas encargadas de establecer la conexión eléctrica con el inducido a través de las delgas [2], [4].



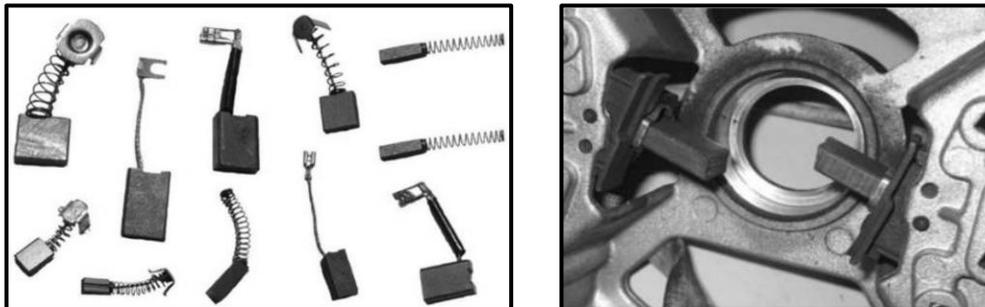
(a) Colector de delgas

(b) Escobilla sobre colector

Figura 1.10. Detalle del colector de delgas, su conexión con el devanado y las escobillas

Fuente: [4]

Las escobillas son normalmente de grafito, aunque en algunas ocasiones se fabrican también de latón. Pueden aparecer de numerosas formas y configuraciones (véase Figura 1.11), pero en general disponen de un cable flexible para su conexión a la caja de bordes de la máquina y un muelle-resorte para que tenga un apoyo óptimo sobre el colector. Estas se alojan en el denominado porta-escobillas, el cual es un hueco que permite al técnico de reparación sustituirlas sin necesidad de desmontar la máquina.



(a) Tipos de escobillas

(b) Dos escobillas de una máquina eléctrica

Figura 1.11. Detalle de las escobillas de un motor de corriente continua

Fuente: [2], [4]

La presión de las escobillas sobre el colector suele ser ajustable generalmente en base a algún tipo de resorte o tensor. En ningún caso el acceso a las escobillas debe hacerse con la máquina en funcionamiento, ya que, además de ser perjudicial para la máquina es muy peligroso para el operador [2], [4].

b) Colocación de escobillas

La misión del elemento de conmutación es mantener el mismo sentido de la corriente en los haces activos de una bobina. Esto debe ocurrir cuando las dos delgas de la bobina han girado lo suficiente como para situarse entre las dos escobillas, siempre con la polaridad invertida.

Por otra parte, el paso de la delga en el colector es muy corto por lo que se garantiza de esta manera que el par del motor sea prácticamente constante, ya que cuando una bobina sale de la línea de máximo par (eje polar) ya ha entrado la siguiente.

Para que la conmutación se realice de forma eficiente las escobillas deben ubicarse en las líneas neutras (véase Figura 1.12). Así, una máquina eléctrica dispondrá de tantas líneas de escobillas como líneas neutras.

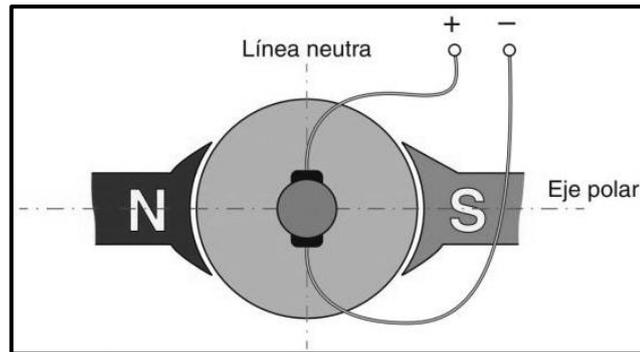


Figura 1.12. Fijación de las escobillas en la línea neutra

Fuente: [2]

Las máquinas eléctricas rotativas de potencias elevadas y de gran tamaño recurren a la instalación de líneas de escobillas, para que el rozamiento en toda la longitud del tambor del colector sea uniforme [2].

3.3.1.6. Polos auxiliares o de conmutación

Los efectos producidos por la reacción del inducido son asumibles en máquinas de pequeña potencia y en aquellas cuya carga es constante. Sin embargo, en máquinas de gran potencia cuya carga cambia de forma continua es necesario realizar el calado de las escobillas cada vez que se produce un cambio.

Por esta razón, para evitar el desplazamiento de la línea de escobillas debido a la reacción del inducido se colocan en la culata o carcasa los denominados polos de conmutación o polos auxiliares.

Los polos de conmutación son piezas polares de menor tamaño que las principales que se ubican en la línea neutra de la máquina. Su devanado se conecta en serie con el inductor y genera un campo de compensación que evita la distorsión del campo de excitación y, también la necesidad de realizar el desplazamiento de la línea de escobillas [1], [2].

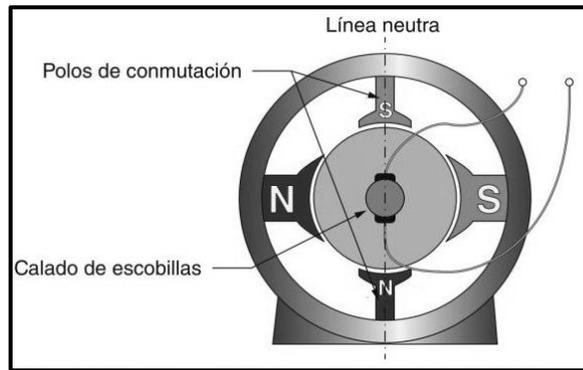


Figura 1.13. Polos de conmutación en la máquina de corriente continua

Fuente: [2]

3.3.2. Principio de funcionamiento del motor en corriente continua

La Figura 1.14 indica como una espira es alimentada desde un sistema de conmutación (colector) con dos delgas (A y B). En la posición inicial 1 la delga A es alimentada desde el positivo de la fuente de alimentación. Teniendo en cuenta el sentido de las líneas de fuerza del campo inductor (N - S) y el sentido de la corriente que circula por el conductor, se originará un par de fuerzas que producirá un giro de la espira sobre su propio eje según la regla de la mano izquierda.

En esta situación el par es máximo si la espira logra vencer la posición 2 en la que las dos delgas cortocircuitan el sistema de alimentación y, por tanto, el par es nulo, la delga B pasa a la posición 3, en la que queda conectada al positivo de la alimentación. De esta forma, el lado activo opuesto de la espira es recorrido por una corriente del mismo sentido y se presenta nuevamente el par de fuerzas inicial, que hace girar la espira de forma continua.

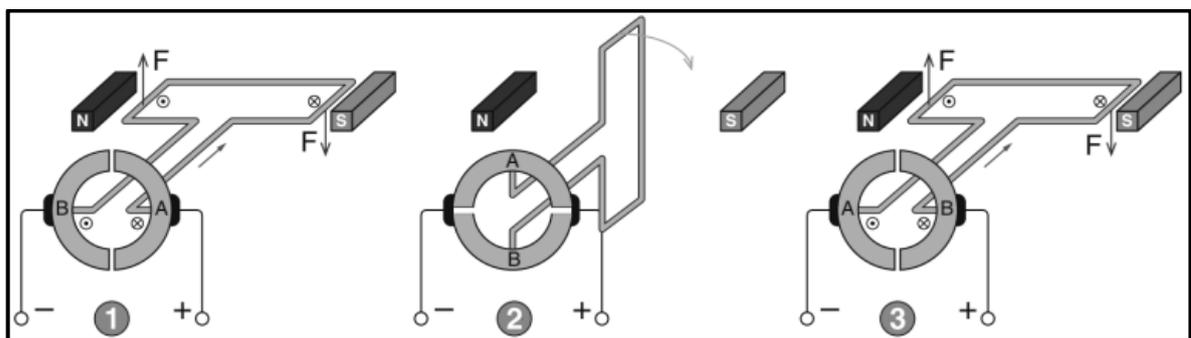


Figura 1.14. Principio de funcionamiento del motor de corriente continua

Fuente: [2]

En el motor de una única espira o bobina se puede observar gráficamente (ver Figura 3.15) como el par cambia de sentido si el campo de excitación se mantiene fijo y se invierte el sentido de la corriente en la bobina [2].

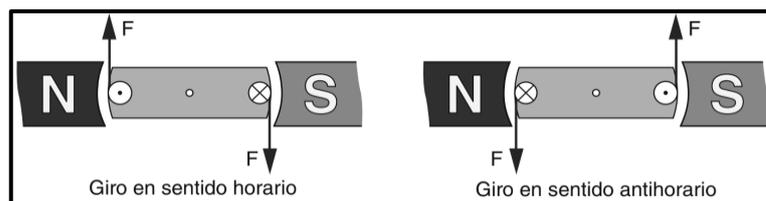


Figura 1.15. Inversión del sentido de giro del motor de una espira

Fuente: [2]

Si la máquina dispone de varias bobinas y por tanto de un mayor número de delgas, de forma que la conmutación permita que en todos los conductores que están enfrentados a un polo se induzca una fuerza electromotriz del mismo sentido, el par de fuerzas se mantendrá constante y hará que giren de forma continuada sobre su propio eje.

De igual forma que con solo una espira, si se invierte el sentido de la corriente de las bobinas, también lo hará el sentido del par de fuerzas y con ello el giro del motor, conforme se visualiza en la Figura 3.16 [2].



Figura 1.16. Inversión del sentido de giro de un motor con varias bobinas

Fuente: [2]

3.3.3. Tipos de motores de corriente continua

Los motores DC atendiendo al tipo de bobinado de campo o excitación se pueden clasificar de la siguiente manera:

- *Motores con excitación independiente:* son aquellos cuyos circuitos del inductor y del inducido se alimentan de fuentes independientes.

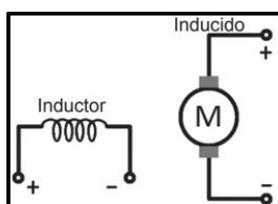


Figura 1.17. Excitación independiente

Fuente: [5]

- *Motores con excitación serie:* aquellos cuyos circuitos del inductor y del inducido están conectados en serie.

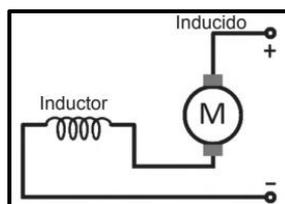


Figura 1.18. Excitación serie

Fuente: [5]

- *Motores con excitación derivación (shunt):* en los cuales los circuitos del inductor y del inducido se alimentan de la misma fuente.

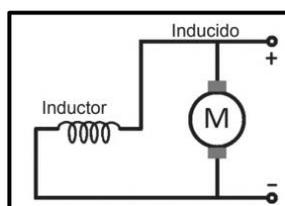


Figura 1.19. Excitación derivación (shunt)

Fuente: [5]

- *Motores con excitación compuesta (compound):* en los cuales la excitación está repartida entre dos devanados, uno colocado en serie y otro en paralelo [5].

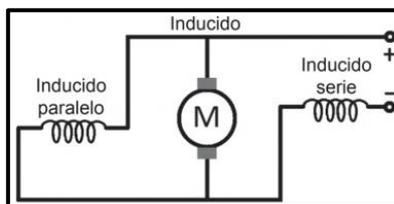


Figura 1.20. Excitación compuesta

Fuente: [5]

3.4. MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

El motor de corriente alterna es ideal para su uso tanto en máquinas como equipos de media tensión con un voltaje de alimentación de 230 V_{CA} [6]. Además, son ampliamente utilizados en la industria debido a la facilidad de disponer de electricidad de esa naturaleza, siendo robustos, fiables y de bajo costo económico.

Los motores de corriente alterna se clasifican en:

- Motores síncronos.
- Motores asíncronos:
 - Monofásicos.
 - ✓ De fase partida.

- ✓ Con condensador.
- ✓ Con espira en cortocircuito.
- Trifásicos.
 - ✓ De rotor bobinado.
 - ✓ De rotor en cortocircuito (jaula de ardilla) [7].

3.4.1. Principio de funcionamiento del motor de inducción trifásico de jaula de ardilla

Este motor va ligado al fenómeno de la inducción magnética, proceso causante de la transmisión energética del estator al rotor, producida en el entrehierro, que es donde interaccionan los campos magnéticos inductor e inducido. Esto implica que la máquina no necesita ayuda externa para comenzar a girar, de aquí que se caractericen como de inducción.

Un motor de inducción trifásico de jaula de ardilla tiene tres fases repartidas en la circunferencia del núcleo magnético, de forma que la distancia que separa cada una de las fases es 120° . Esto ocasiona, según el teorema de Ferraris, un campo magnético rotativo o giratorio en el entrehierro de la máquina. Este campo magnético giratorio envuelve el rotor del motor como se representa en la Figura 3.21.

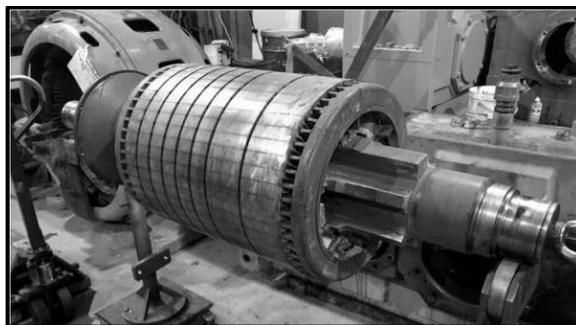


Figura 1.21. Rotor de jaula de ardilla

Fuente: [1]

El rotor de jaula de ardilla no es más que un número definido de barras de material conductor, habitualmente de cobre o aluminio, distribuidas de forma circular sobre la periferia del paquete de chapas magnéticas del rotor y con el circuito cerrado por dos aros en los extremos del mismo material conductor, denominados aros de cortocircuito.

En esta jaula de ardilla situada en el rotor, al haber un conductor inmenso en un campo magnético variable, surge la aparición de una fuerza electromotriz inducida, tal y como enuncia la ley de Faraday y, al ser un circuito cerrado, aparecerá también una corriente inducida que circulará por dicho circuito [1].

Según la ley de Laplace, un conductor por el cual circula una corriente y que está inmerso en un campo magnético sufrirá una fuerza que tenderá a ponerlo en movimiento. Ocurre que en la jaula de ardilla aparecen pares de fuerza de sentido contrario distribuidas de tal modo que, debido al grado de restricción del rotor, harán que este empiece a girar, tal y como se muestra en la Figura 1.22.

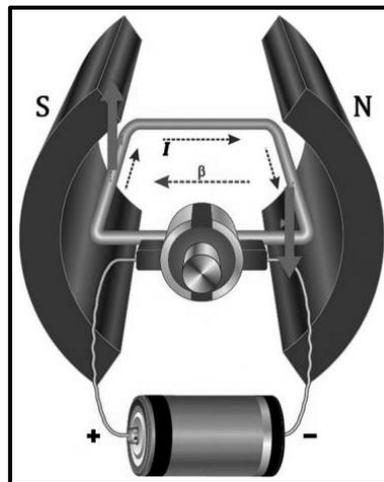


Figura 1.22. Giro de un motor eléctrico

Fuente: [1]

La variación de su velocidad implica la variación de la frecuencia de la alimentación, por lo que es necesario disponer de un convertidor electrónico que transforme la tensión de red en un voltaje de frecuencia variable, también conocido como variador de frecuencia (véase figura 1.23) [1].

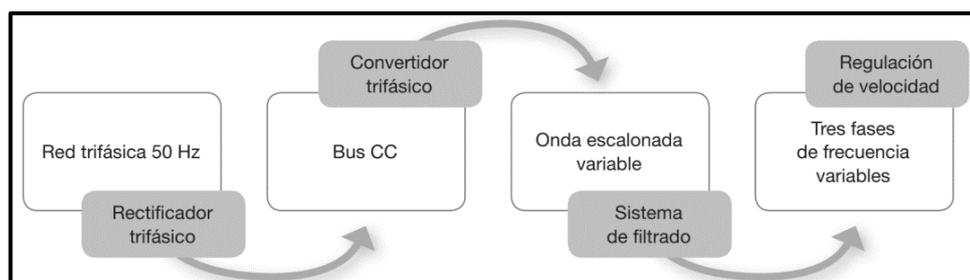


Figura 1.23. Esquematización de la secuencia empleada para controlar la velocidad del motor

Fuente: [1]

3.4.2. Despiece del motor asíncrono trifásico de jaula de ardilla

El conjunto del motor va ensamblado sobre la carcasa, que tiene forma solidaria o atornillada, las patas o la brida servirán para atornillar el motor a su bancada. En la carcasa igualmente están dispuestas las orejetas o los agujeros roscados, que permiten el izado del motor. Además, sobre la carcasa se sujetan la caja o las cajas de bordes, principales y auxiliares.

El ventilador externo del motor recoge el aire del entorno, a menor temperatura que el motor, y lo conduce a través de las rejillas de ventilación de la carcasa, hacia el lado opuesto del motor (lado accionamiento), refrigerando a su pasó el estator.

En la Figura 3.24 se visualiza los elementos básicos que conforman un motor trifásico de inducción de jaula de ardilla y, en la Tabla 3.1 su respectiva descripción [1].

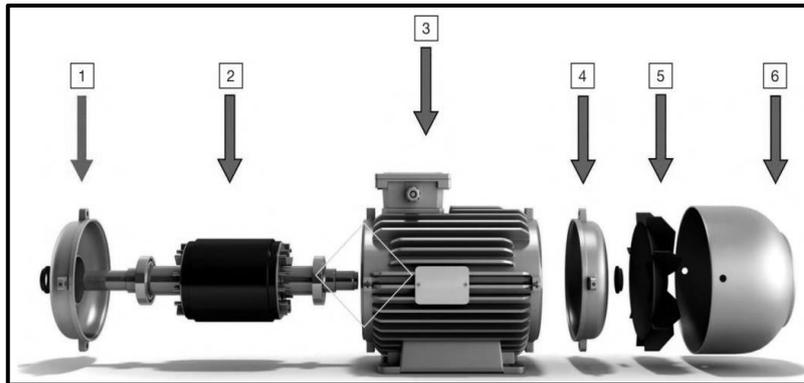


Figura 1.24. Composición de un motor de corriente alterna

Fuente: [1]

Tabla 1.1. Descripción del despiece de un motor de corriente alterna.

Posición	Descripción
1	Escudo lado accionamiento (LA).
2	Rotor de jaula de ardilla de fundición aluminio.
3	Carcasa.
4	Escudo porta rodamiento lado contrario al accionamiento (LOA).
5	Ventilador externo.
6	Protección ventilador.

Fuente: [1]

3.4.2.1. Estátor

El estator o inductor de los motores de inducción está constituido por una corona tubular de planchas magnéticas que llevan realizadas unas ranuras. Las mismas pueden tener sección rectangular o trapezoidal y, en ellas, se encuentran alojados los conductores que forman los bobinados.

Sobre el armazón del estator se coloca la placa de bornes, que puede tener 3, 6 o más bordes, el caso más frecuente es el de 6 bordes con las denominaciones O, V, W como principios de fase, y X, Y, Z que son los finales de fase [8].

3.4.2.2. Rotor

Es la parte giratoria de la máquina eléctrica, su localización es el interior del estator, además, está constituido por planchas magnéticas apiladas y se monta en el eje del motor. Tiene unas ranuras en las que se alojan los bobinados cerrados en cortocircuito [8].

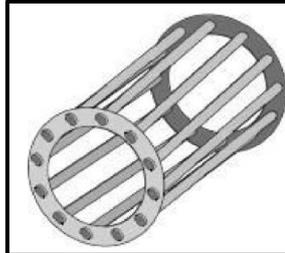


Figura 1.25. Rotor de jaula de ardilla en cortocircuito

Fuente: [8]

3.5. GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA O DINAMOS

Un dinamo es una máquina eléctrica rotativa capaz de producir energía eléctrica aprovechando el fenómeno de inducción electromagnética, que consiste en la generación de una corriente eléctrica a partir de una variación de flujo magnético.

Básicamente están compuestas por un imán que crea un campo magnético (circuito inductor) y un cilindro bobinado que gira dentro de los polos del imán cortando dicho flujo (circuito inducido). La parte móvil de la dinamo y de toda máquina eléctrica rotativa se denomina rotor y la fija estator [9].

3.5.1. Partes constitutivas de los generadores de corriente continua

En general, las partes constitutivas de un generador de corriente continua se representan en la Figura 1.26.

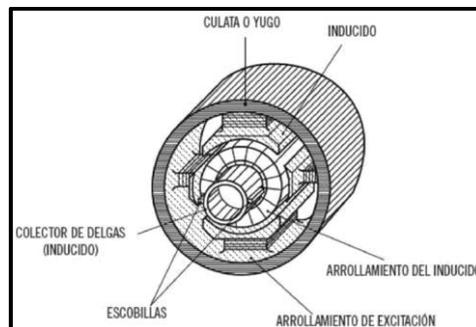


Figura 1.26. Partes constitutivas de un generador de corriente continua

Fuente: [9]

- *Colector de delgas*: láminas conductoras, conectadas al rotor, aisladas unas de otras, sobre las que frotan las escobillas.
- *Escobilla*: pieza conductora destinada a ser conexión entre un elemento móvil y otro fijo.
- *Arrollamiento o devanado de excitación o inductor*: devanado o bobinado destinado a la creación del campo magnético en el estator.
- *Arrollamiento o devanado inducido*: es el bobinado arrollado en el rotor y conectado al exterior (carga), aquí es donde se crea la corriente eléctrica como consecuencia de la variación del flujo magnético.
- *Inducido*: conjunto formado por todo el bloque inducido: colector, devanado inducido, entre otros.
- *Culata*: parte ferromagnética sin bobinar destinada a unir los polos magnéticos.
- *Estator*: pieza estática, en el dinamo, el circuito inductor está aquí constituyéndolo el propio estator (imán permanente) o con un devanado de autoexcitación.
- *Rotor*: es la pieza giratoria de una máquina eléctrica, en el dinamo, el circuito o devanado inducido se encuentra ubicado en el rotor [9].

3.5.2. Principio de operación de un generador de corriente continua

Al producirse el giro, se origina una variación de flujo en la espira que produce una fuerza electromotriz (conforme lo establece la Ley de Faraday) alterna entre los extremos de la misma (véase figura 1.27).

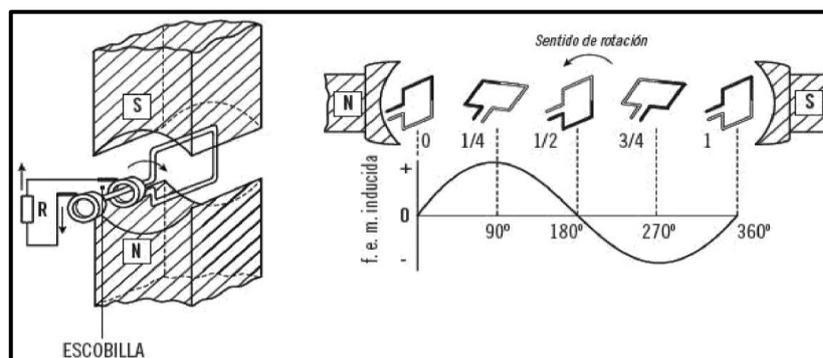


Figura 1.27. Principio de operación de un generador DC

Fuente: [9]

Para poder utilizar esta f.e.m. es necesario disponer de elementos (escobillas) que hagan contacto sobre unos anillos rozantes situados en los terminales de la espira.

Por consiguiente, se plantea un sistema similar al anterior, pero en lugar de utilizar dos anillos se dispone de uno solo dividido en dos partes, uno por cada extremo de la espira, denominado como colector de delgas junto con dos escobillas que recojan la corriente, como se evidencia en la Figura 1.28.

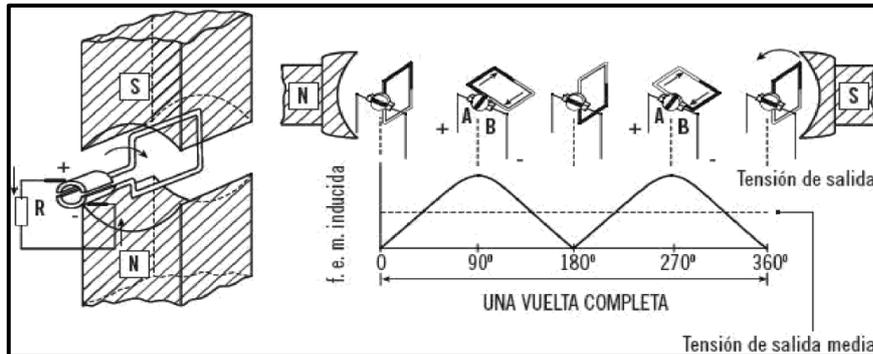


Figura 1.28. Modelo de generador DC con un único anillo rozante

Fuente: [9]

En este modelo, cada escobilla hace contacto con un mismo extremo de la espira cada media vuelta, lo que origina una señal diferente. Al aumentar el número de espiras conectadas se observaría una señal rectificadora muy similar a forma de señal continua [9].

3.5.3. Tipos de generadores de corriente continua

Los generadores DC de acuerdo a la forma en que se produce el flujo de campo se pueden clasificar de la siguiente manera:

- *Generador de excitación separada:* el flujo de campo se deriva de una fuente de potencia separada independiente del generador en sí mismo.
- *Generador en derivación:* el flujo de campo se deriva de la conexión del circuito de campo directamente a través de las terminales del generador.
- *Generador en serie:* el flujo de campo se produce por la conexión del circuito de campo en serie con el inducido del generador.
- *Generador compuesto acumulativo:* en él están presentes tanto el campo en derivación como el campo en serie y sus efectos son aditivos.
- *Generador compuesto diferencial:* en él se encuentran tanto el campo en derivación como el campo en serie, pero sus efectos se restan.

Estos tipos de generadores DC difieren en sus características en las terminales (voltaje-corriente), y por tanto en las aplicaciones para las cuales son adecuados [10].

3.6. GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA

El generador de corriente alterna es aquel capaces de convertir potencia mecánica en energía eléctrica de CA, a estas máquinas se las denomina como alternadores y pueden ser asíncronos o síncronos [8], [10].

3.6.1. Principio de funcionamiento de los alternadores

El funcionamiento del alternador se basa en la introducción de cierta energía eléctrica de corriente continua la máquina, por un lado, y, por otro, energía mecánica, siendo el resultado de la transformación energía eléctrica en forma de corriente alterna.

A la introducción de energía eléctrica se le denomina excitación y la suministra la excitatriz. Dicho elemento alimenta de corriente continua al rotor de la máquina, por ende, se crea un campo magnético constante. Por otra parte, se introduce por el otro lado energía mecánica, procedente de una máquina motriz que produce un giro a una velocidad N en revoluciones por minuto [8].

Al girar el rotor el campo magnético creado gira a la misma velocidad y se introducen tensiones E_v en el estator, con frecuencia de acuerdo a (3.1):

$$f = (p \cdot N) / 60 \quad (3.1)$$

Donde:

f: frecuencia.

p: polos.

N: velocidad de giro.

Por tanto, si se conecta una carga en el estator se produce una circulación de corriente eléctrica. Está corriente creará un campo magnético giratorio en el estator, así, el campo magnético resultante será la suma de los campos magnéticos del inducido e inductor, es decir, rotor y estator respectivamente.

La tensión entre los bordes de salida del alternador será de corriente alterna, aproximadamente de valor E_v , pero, siempre menor debido a las posibles pérdidas mecánicas de la máquina eléctrica, para una mejor referencia véase Figura 1.29 [8].

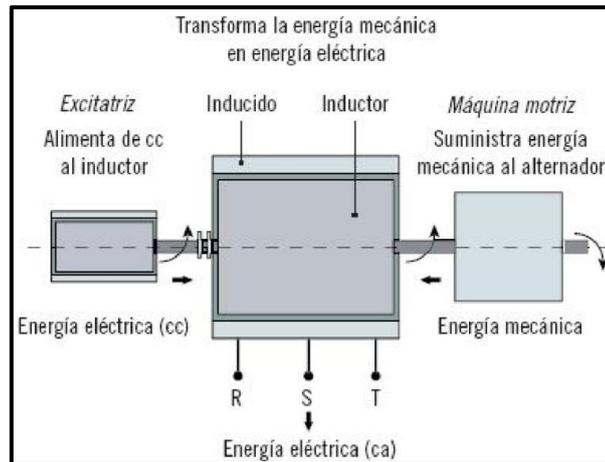


Figura 1.29. Funciones del generador

Fuente: [8]

3.6.2. Generadores síncronos

En un generador síncrono se produce un campo magnético en el rotor ya sea mediante el diseño de éste como un imán permanente o mediante la aplicación de una corriente de cd a su devanado para crear un electroimán. En seguida, el rotor del generador gira mediante un motor primario, y produce un campo magnético giratorio dentro de la máquina. Este campo magnético giratorio induce un conjunto de voltajes trifásicos dentro de los devanados del estator del generador.

Dos términos que por lo general se utilizan para describir los devanados de una máquina son devanados de campo y devanados del inducido. En general, el primer término se aplica a los devanados que producen el campo magnético principal en la máquina, mientras que el segundo se aplica a los devanados donde se induce el voltaje principal. En las máquinas síncronas, los devanados de campo están en el rotor, por lo que los términos devanados del rotor y devanados de campo se utilizan indistintamente. De manera similar, los términos devanados del estator y devanados del inducido se utilizan de manera indistinta.

El rotor de un generador síncrono es en esencia un electroimán grande. Los polos magnéticos del rotor pueden ser tanto salientes como no salientes. El término saliente significa proyectado hacia “afuera” o “prominente” y un polo saliente es un polo magnético proyectado hacia afuera del eje del rotor. Por otro lado, un polo no saliente es un polo magnético construido al mismo nivel de la superficie del rotor. En la Figura 1.30 se muestra un rotor de polos no salientes, donde, los devanados del electroimán están incrustados en muescas sobre la superficie del rotor [10].

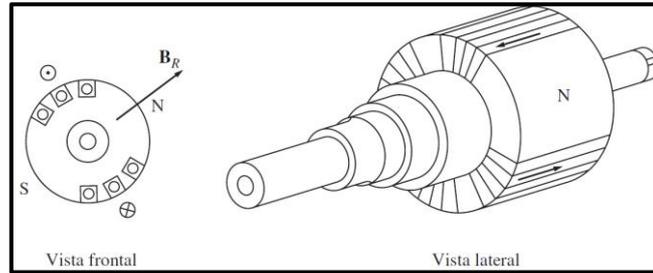


Figura 1.30. Rotor de dos polos no salientes de una máquina síncrona

Fuente: [10]

La Figura 1.31 se puede observar un rotor de polos salientes. Los devanados del electroimán están cubiertos alrededor del polo mismo, en lugar de estar incrustados en muescas sobre la superficie del rotor. Por lo regular, los rotores de polos no salientes se utilizan para rotores de dos o cuatro polos, mientras que los rotores de polos salientes normalmente se usan para rotores con cuatro o más polos [10].

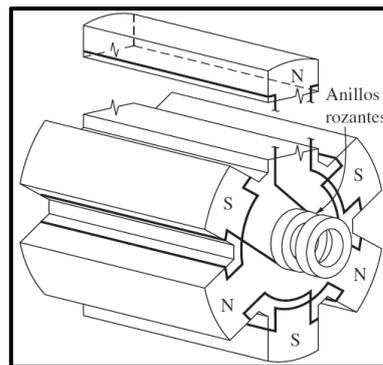


Figura 1.31. Rotor de seis polos salientes de una máquina síncrona

Fuente: [10]

3.6.3. Alternador asíncrono de inducción

Un generador de inducción o alternador asíncrono se construye exactamente igual que un motor asíncrono de inducción. Para hacerlo funcionar como generador se conecta a la red eléctrica, y se le hace girar por encima de su velocidad de sincronismo. Esto se consigue al aplicársele al eje un par motor mediante una turbina que consigue que la potencia mecánica aplicada se convierte en energía eléctrica.

El generador asíncrono se puede construir con rotor bobinado o con rotor en jaula de ardilla, aunque esté último es más utilizado debido a su bajo costo económico y reducido mantenimiento [11].

CAPITULO II

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. METODOLOGÍA

4.1.1. MÉTODO DOCUMENTAL BIBLIOGRÁFICO

Para el análisis de los parámetros eléctricos como el voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, frecuencia en motores y generadores AC y DC, se utilizó una variedad de citas bibliográficas para desarrollar una metodología y verificación técnica de funcionamiento del módulo Lab-volt 8110-20, ya que este módulo se presentó con falencias que fueron reparadas.

4.1.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

4.1.2.1. Investigación aplicada

Este tipo de investigaciones están orientadas a mejorar, perfeccionar u optimizar el funcionamiento de los sistemas, los procedimientos, normas, reglas tecnológicas actuales a la luz de los avances de la ciencia y la tecnología; por tanto, este tipo de investigación no se presta a la calificación de verdadero, falso o probable sino a la de eficiente, deficiente, ineficiente, eficaz o ineficaz [12].

Mediante la investigación aplicada se logrará determinar, que se encuentre en óptimas condiciones los elementos que forman parte del módulo Lab volt, por lo cual permita realizar las prácticas de laboratorio para la determinación de los parámetros eléctricos donde se utiliza los submódulos como, fuente de alimentación, motores, generadores, cargas resistivas, capacitivas, inductivas y equipos de medición, estos conforman el módulo Lab volt 8110-20, el módulo Lab volt se presentó con falencias que fueron reparadas, para posteriormente realizar un análisis de los parámetros eléctricos que van a ser medidos, verificación de funcionamiento del mismo y así como indica este tipo de investigación demostrar si es eficiente o ineficiente.

4.1.2.2. Investigación descriptiva

La investigación descriptiva es una forma de estudio para saber quién, dónde, cuándo, cómo y por qué del sujeto del estudio. En otras palabras, la información obtenida en un estudio descriptivo, explica perfectamente a una organización el consumidor, objetos y conceptos [12].

El objetivo con la investigación descriptiva es únicamente establecer la determinación de los parámetros eléctricos en motores y generadores AC y DC, para continuar debemos optar por el uso del módulo Lab volt, con ayuda del mismo se analizará las características de los motores y

generadores AC y DC, al observar la configuración y los procesos que componen los fenómenos, sin pararse a valorarlos.

4.1.2.3. Investigación Explicativa

La investigación explicativa cuyo objetivo principal es la verificación de hipótesis causales o explicativas, expliquen las relaciones causales de las propiedades o dimensiones de los hechos, eventos del sistema y de los procesos sociales. Trabajan con hipótesis causales, es decir que explican las causas de los hechos, fenómenos, eventos y procesos naturales o sociales [13].

Para ello la investigación explicativa se pueden usarse diferentes métodos, como la del método observacional, el objetivo es crear modelos explicativos al realizar las prácticas de laboratorio observar secuencias de causa-efecto, y ayudara para obtener un resultado verídico conforme a la dificultad que presenta las conexiones eléctricas, al elaborar las prácticas en el módulo Lab volt.

4.2. TECNICAS E INSTRUMENTOS

4.2.1. Observación

Mediante la técnica se puede evaluar las falencias que presenta el módulo Lab, para realizar un análisis completo de los equipos que se encuentran en regulares condiciones la cual son indispensables para el funcionamiento del mismo, la forma que se va a registrar los datos son tabulaciones.

Tabla 2.2. Análisis de las variables.

Variable directa	Variable indirecta	Relación
Daños en la fuente de alimentación variable del módulo de Lab volt.	Una incorrecta medición de los parámetros de voltaje y corriente.	Interpretación errónea de medición de resultados.
Malas condiciones que se encuentra los equipos de medición del módulo, al igual la parte de las cargas resistivas, y cambios accesorios en los equipos del módulo.	El cambio respectivo de los accesorios que ya cumplieron su tiempo de vida útil.	Tener en óptimas condiciones el módulo Lab volt.

<p>Como medio de verificación que el módulo de estudio este en óptimas condiciones se realizara la guía práctica.</p>	<p>Descripción de los pasos de las conexiones que deben realizar para su desarrollo.</p>	<p>Resultados obtenidos para el análisis.</p>
--	--	---

Fuente: autores

4.2.1.1. Implementación de la fuente de alimentación al módulo Lab volt y accesorios para tener un sistema optimo.

La fuente de alimentación está encerrada en un módulo EMS de tamaño completo. Se puede utilizar para alimentar la mayoría de los módulos EMS del equipo de formación en electricidad y nuevas energías. Esta fuente de alimentación proporciona alimentación de CC y CA, tanto fija como variable, monofásica y trifásica. Los conectores banana de seguridad codificados por colores brindan acceso a todas las fuentes de alimentación en la fuente de alimentación. Todas estas fuentes de energía se pueden usar simultáneamente, siempre que la corriente total consumida no exceda la clasificación de corriente máxima. Un voltímetro incorporado con interruptor selector y pantalla de cristal líquido (LCD) indica el voltaje proporcionado por cualquiera de las fuentes de alimentación. Las entradas y salidas de la Fuente de Alimentación están protegidas por disyuntores independientes [14].



Figura 2.32. Fuente de alimentación trifásica variable 8821-22

Fuente: [14]

Desarrollo para la implantación de la fuente de Alimentación, con la evaluación técnica y visual a la fuente se determina que presenta varias falencias al variar su voltaje ya que su principal trabajó es variar los voltajes, al desmantelar la fuente se observa que los carbones de los transformadores variables están de cambiar y a su vez dar el mantenimiento del mismo, también tenemos conductores internos desoldados y desprendidos de su punto de origen la cual se

procedió al reparo de la fuente. Donde la fuente no consta de un disyuntor trifásico de un solo mando (IEL111-1-62-15.0), se realiza la implementación del mismo, para poder encender y apagar la fuente.

La observación desarrollada en las prácticas de laboratorio con motores y generadores AC y DC, permite medir los parámetros eléctricos, los elementos del módulo Lab volt son de mucha importancia son indispensables, de esta forma se obtiene los resultados verídicos y para la verificación se realiza practicas con más dificultad, con el fin de tener el módulo funcionando en óptimas condiciones.

Además, se aplica la técnica de comparación para la selección de los equipos adecuados para la ejecución de las practicas, de donde es la mejor manera de obtener los parámetros eléctricos.

Ítem	Técnicas	Instrumentos
1	Investigación	Búsqueda de información bibliográfica acertada de fuentes confiables. (Libros, artículos y Tesis)
2	Practicas	Elaboración de prácticas. (Componentes del módulo Lab volt y cables de pruebas)
3	Observación	Funcionamiento de motores y generadores en tiempo real. (medición con equipos como: voltímetro, amperímetro y vatímetro)
4	Verificación	Determinar los parámetros eléctricos de los motores y generadores, al realizar eventos prácticos en el módulo Lab volt. (parámetros eléctricos y verificación de funcionamiento del módulo)

CAPITULO III

5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Para la determinación los parámetros tales como: voltaje, corriente, potencia y factor potencia, se analizará mediante prácticas que son desarrolladas en el módulo Lab volt, la cual nos enfocamos en la parte técnica de medición de parámetros eléctricos, para el desarrollo tenemos el uso de instrumentos de medición (voltímetros, amperímetro, vatímetro), para el análisis de los resultados medidos.

5.1. PRACTICA “WATT, VAR, VOLTAMPERE Y FACTOR DE POTENCIA”

Para la realización de esta práctica es esencial la comprensión del funcionamiento de los motores de fase hendida el cual tiene un arrollamiento de trabajo y uno auxiliar, los ejes magnéticos están desplazados entre sí 90° y sus bobinas se conecta en paralelo entre sí.

El voltaje se obtiene para el análisis si los valores tomados en el módulo Lab Volt así con el módulo se guían al test, el proceso determina la corriente, voltaje y factor de potencia, Se uso los Módulos de motor monofásico de fase Hendida/arranque por capacitor, medición de c-a, vatímetro y fuente de energía, para conectar el circuito que aparece en la Figura 3.32. Con los cables cortos para unir las terminales 1^a3, 2^a6, y 4^a7, en modulo del motor. Según se muestra en la figura.

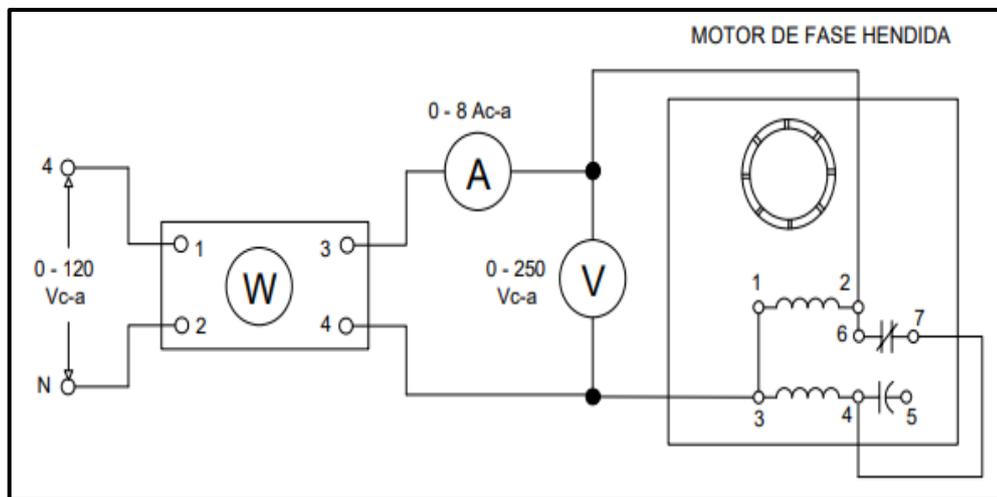


Figura 3.32. Circuito de práctica 19-1.

Fuente: Libro de prácticas

Mediante las pruebas y mediciones realizadas donde se observó un correcto funcionamiento de los equipos en la tabla se registró los datos medidos y calculados.

Mediciones

Tabla 3.3. Mediciones y cálculo de la practica en la primera configuración.

Mediciones y cálculos	
Corriente de línea	$I_L = 3,146A$
Potencia real	$P=68,71 \quad W$
Potencia aparente	$PA=377,52 \text{ VA}$

Factor de Potencia	FP=0,182
Potencia Reactiva	PR=371,21 VAR

Fuente: Los autores

Cálculos

$$\begin{aligned}
 PA &= I * LV \\
 PA &= (3,146A) (120V) \\
 PA &= 377,52 VA \\
 FP &= P/PA \\
 FP &= 68,71W/377,52VA \\
 FP &= 0,182 \\
 PR &= \sqrt{(PA)^2 - (P)^2} \\
 PR &= \sqrt{(377,52)^2 - (68,71)^2} \\
 PR &= 371,21 var
 \end{aligned}$$

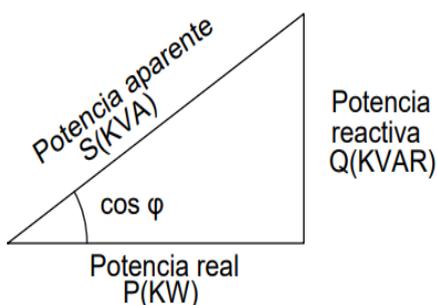


Figura 3.33. Triangulo de potencia

Autor: autores

En la tabla se demuestra los valores obtenidos en la configuración presentada en la Figura 3.32. del cual se identifica que un bajo factor de potencia permite una eficiencia baja de la energía significando un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil, los efectos de un factor de potencia bajo además del impacto en la facturación eléctrica el mayor consumo de la corriente, aumento en pérdidas en conductores e incrementos de las caídas de voltaje.

Calculo la potencia aparente $PA = V * I$ (1)

Cálculo del factor de potencia $FP = P/PA$ (2)

Cálculo de la potencia reactiva $PR = \sqrt{(PA)^2 - (P)^2}$ (3)

Se conecto en paralelo los módulos de capacitancia y el motor como se indica en la figura con los todos los interruptores articulados de los capacitores abiertos.

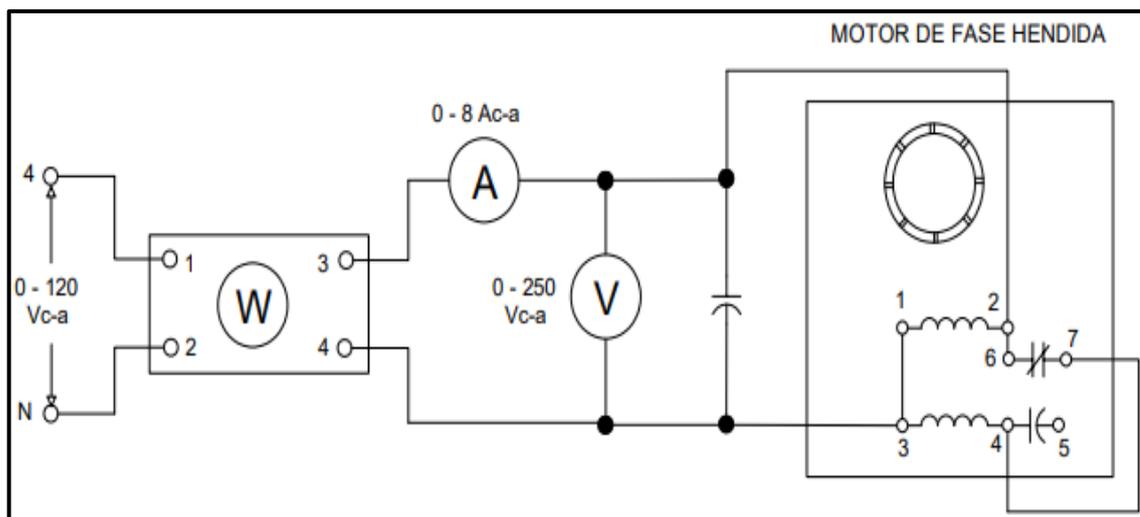


Figura 3.34. Circuito de práctica 19-2

Fuente: Libro de prácticas

Conectado con la fuente de energía ajustado a 120V c-a, el motor debe estar en funcionamiento con lo cual se aumentó la capacitancia del circuito cerrando los interruptores uno a la vez, se observó que la corriente de línea disminuyó al aumentar la capacitancia. Se ajustó la capacitancia para obtener un valor mínimo de corriente de línea los datos son representados en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Mediciones y cálculo de la practica conectada la fuente de energía y ajústela a 120Vc-a.

Mediciones y cálculos	
Corriente de línea	$I_L = 1,638A$
Potencia real	$P=80,76W$
Potencia aparente	$PA=196,86 VA$
Factor de Potencia	$FP=0,41$
Potencia Reactiva	$PR=179,531VAR$

Fuente: Los autores

Con ajuste la capacitancia para obtener un mínimo de corriente de línea, se compara los resultados de las mediciones y cálculos de las tablas 1 y 2, donde se observó una reducción importante en la corriente de línea al agregar la capacitancia

$$\begin{aligned}
 PA &= I * V \\
 PA &= (1,638) (120V) \\
 PA &= 196,86 VA \\
 FP &= P/PA
 \end{aligned}$$

$$FP = 80,76W/176VA$$

$$FP = 0,41$$

$$PR = \sqrt{(PA)^2 - (P)^2}$$

$$PR = \sqrt{(196,86)^2 - (80,76)^2}$$

$$PR = 179,53 \text{ var}$$

Tabla 3.5. Mediciones y cálculo de la practica conectada la fuente de energía y con cierre en todos los interruptores de capacitancia y mida la corriente de línea

Mediciones y cálculos	
+Corriente de línea	$IL = 1,638A$
Potencia real	$P=80,76 W$
reactancia	$XC =57,142 \Omega$

Fuente: Los autores

El valor de reactancia proporciona la corriente de línea más baja fue de $XC=57,142 \Omega$

Se reduce a cero el voltaje y desconecta la fuente de alimentación, un electroimán toma 3Kw de potencia real y 4kvar de potencia reactiva con esto volvemos a calcular la potencia aparente y factor de potencia.

Tabla 3.6. Mediciones y cálculo de la practica con la variación de voltaje y potencia

Mediciones y cálculos	
Potencia real	$P=3 KW$
Potencia aparente	$PA=5 VA$
Factor de Potencia	$FP=0,6$
Potencia Reactiva	$PR=4K VAR$

Fuente: Los autores

Como se evidencia el factor de potencia aumenta con lo que nos permite decir que la eficiencia mejoro en relación a la tabla 3.3.

Un capacitor que toma 4kvar se conecta en paralelo con el electroimán.

Tabla 3.7. Cálculo de la práctica, capacitor que toma 4kvar se conecta en paralelo con el electroimán.

Mediciones y cálculos	
Potencia real	$P=3 \text{ KW}$
Potencia aparente	$PA=3\text{K VA}$
Nueva Potencia Reactiva	$PR=0\text{K VAR}$
Nueva Potencia real	$P=3\text{KVA}$
Factor de Potencia	$FP=1$

Fuente: Los autores

Como se puede observar el factor de potencia es 1 siendo esta la eficiencia es del 100% denotando que a través de las conexiones realizadas se pudo mejorar el rendimiento.

Los condensadores de potencia conectados en paralelo con la carga, absorben una corriente reactiva de tipo capacitivo que está desfasada 90° en adelante respecto a la tensión, Esta corriente se halla en oposición de fase con respecto a la corriente reactiva de tipo inductivo de la carga, produciendo su superposición una disminución de la corriente (y potencia) reactiva total de la instalación.

Si el capacitor se sustituye con otro que tome 8kvar

Tabla 3.8. Cálculo de la práctica, Si el capacitor 2 se sustituye con otro que tome 8kvar.

Mediciones y cálculos	
Potencia real	$P=3 \text{ KW}$
Potencia Reactiva	$PR=4\text{K VAR} -8\text{KVAR}$
Potencia aparente	$PA=5\text{K VA}$
Nueva Potencia Reactiva	$PR=4\text{K VAR}$
Nueva Potencia real	$P=4\text{KVA}$
Factor de Potencia	$FP=0,6$

Fuente: Los autores

En los resultados de la tabla 3.8 se evidencia un cambio de factor de potencia a 0,6 con respecto al anterior existe un decremento de 0,4

Se produjo una reducción importante en la corriente de línea al agregar la capacitancia, sin afectar el funcionamiento del motor al aumentar la capacitancia, se requiere la misma potencia

real, independientemente de que se añada o no capacitancia, debido a la potencia necesaria para que el motor funcione sin embargo las capacitancias ayudan a disminuir el valor de la potencia reactiva.

5.2. PRACTICA “EL MOTOR UNIVERSAL”

El motor universal es una máquina universal de 0,2 kW montada en un módulo EMS de tamaño completo. Sus barras conmutadoras y cepillos ajustables están expuestos para permitir que los estudiantes estudien el efecto de las reacciones del inducido y la conmutación mientras la máquina funciona bajo carga. El devanado del inducido, el devanado de campo en serie y el devanado de compensación terminan independientemente en el panel frontal del módulo mediante conectores tipo banana de 4 mm codificados por color. Los estudiantes pueden observar los efectos de la compensación inductiva y conductiva en la velocidad y el par del motor para fuentes de voltaje de entrada de CA y CC.

El motor universal de ca/ cd se utiliza en herramientas, portátiles como sierras, taladro, etc. En aparatos caseros la principal consiste en que necesita conmutación y escobillas.

Una de las principales características es su funcionamiento en corriente alterna y corriente continua, posee un par de arranque muy elevado, su velocidad es directa proporcional a la corriente y para invertir el sentido de rotación, se invierte el sentido de la corriente en cualquiera de los bobinados.

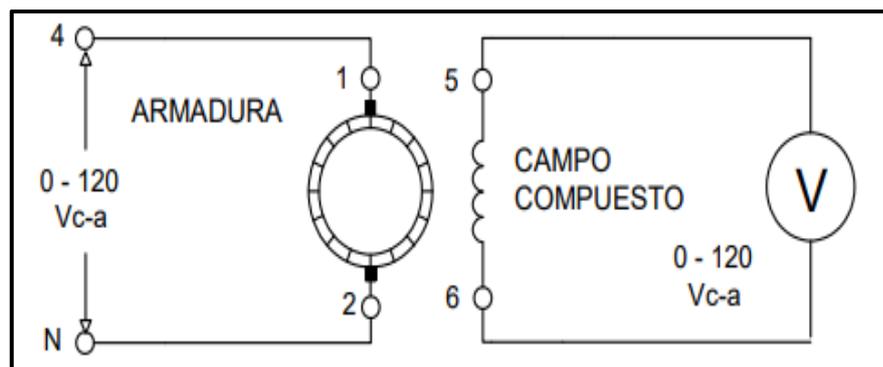


Figura 3.35. Circuito de práctica 36-2

Fuente: Libro de prácticas

Se realizó las debidas conexiones como en la figura mostrada tomando en cuenta los pasos del libro de prácticas en la que Si la corriente de línea es menor que 1A c-a al aplicar 30V c-a, el devanado de compensación está produciendo un flujo en el mismo sentido que el de armadura, incrementando con ello la inductancia (y la reactancia). Si esto sucede, intercambie los cables

de la armadura o los del devanado de compensación, lo siguiente fue la toma de mediciones y cálculos de los parámetros requeridos en la tabla 3.9.

Tabla 3.9. Mediciones y cálculo de la practica la potencia aparente suministrada al motor para cada uno de los pares indicados

Mediciones y cálculos						
PAR lb/plg	PAR n/m	I (amps)	VA	P (watts)	VELOCIDAD (r/min)	HP
0	0	1,928	231,36	218,7	2717	0,293058
3	1	1,945	233,4	235,1	2894	0,315034
6	2	1,9	228	230,5	2937	0,284482
9	3	1,892	227,04	228,2	2969	0,353358

Fuente: Los autores

En la tabla 3.9 se representa los valores obtenidos donde se observa a medida que se incrementa el par la corriente aumenta y por consiguiente la potencia crece no a su vez la potencia reactiva disminuye.

La potencia y par motor no son lo mismo, están interrelacionadas, los dos conceptos hacen referencia a la fuerza que genera un motor y a la rapidez a la que puede llegar a trabajar.

$$PA = V * I$$

$$HP = W * 0,00134$$

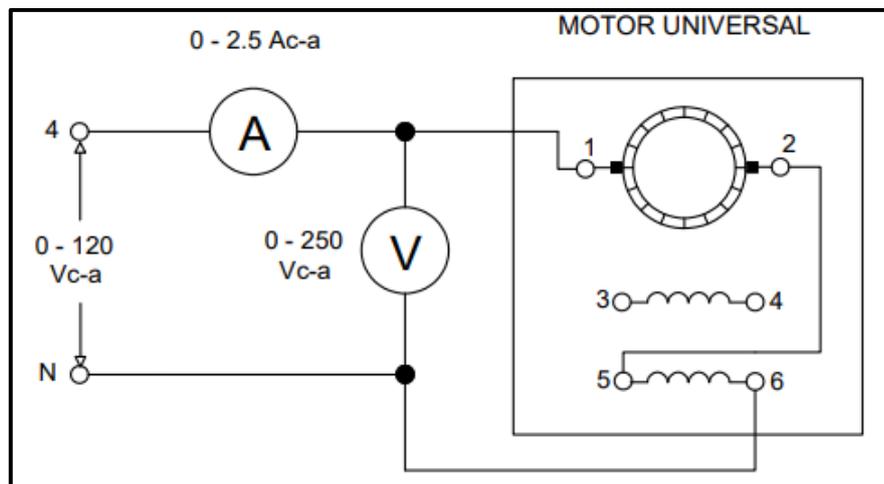


Figura 3.36. Circuito de práctica 36-3

Fuente: Libro de prácticas

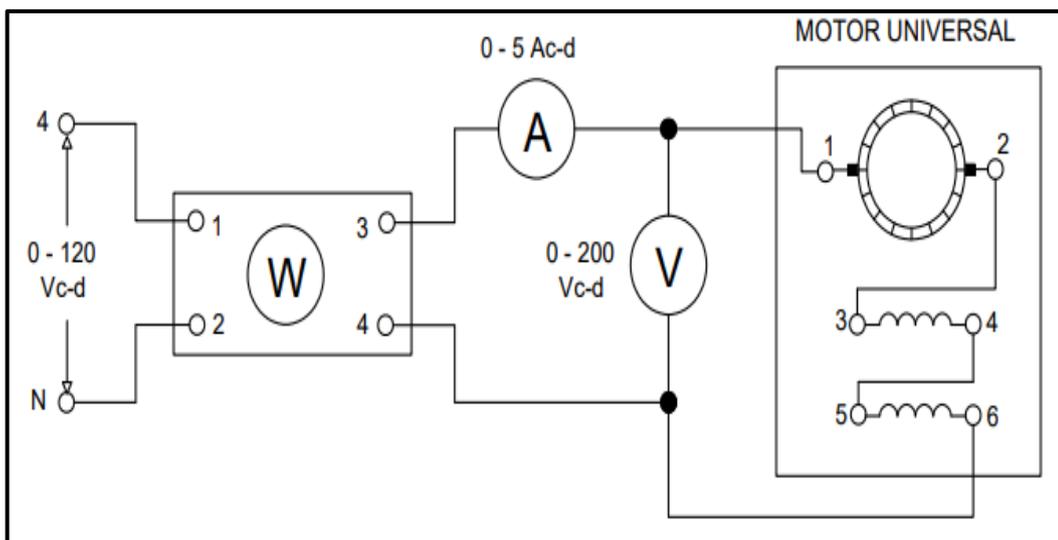


Figura 3.37. Circuito de práctica 36-4

Fuente: Libro de prácticas

Tabla 3.10. Mediciones y cálculo de la practica la potencia aparente suministrada al motor para cada uno de los pares indicados

Mediciones y cálculos						
PAR lb/plg	PAR n/m	I (amps)	VA	P (watts)	VELOC IDAD (r/min)	HP
0	0	1,928	231,36	218,7	3746	0,293058
3	0,3389	1,945	233,4	235,1	3802	0,315034
6	0,6779	2,3	276	212,3	3095	0,284482
9	1,0169	2,8	336	263,7	2672	0,353358

Fuente: Los autores

De acuerdo con la tabla los siguientes datos cuando el motor funciona en vacío y con c-a. Se reemplaza el amperímetro y el voltímetro de c-a por medidores de c-d y se conecta la entrada a la salida variable de c-d terminales 7 y N de la fuente de alimentación, como se ilustra en la Figura 3.36.

En la tabla 3.10 de las mediciones se observa que la potencia activa se acerca lo más posible a la potencia aparente, es decir a mayor potencia activa y menor potencia reactiva tendremos un factor de potencia más cercano a la unidad siendo este el caso ideal.

En c-d al invertir la corriente continua del motor en serie, el sentido de rotación permanece constante. Si se aplica corriente alterna a un motor en serie, el flujo de corriente en la armadura y en el campo se invierte simultáneamente, el motor seguirá girando en el mismo sentido.

En a-c Al invertir la corriente continua del motor en serie, el sentido de rotación permanece constante. Si se aplica corriente alterna a un motor en serie, el flujo de corriente en la armadura y en el campo se invierte simultáneamente, el motor seguirá girando en el mismo sentido.

5.3. PRACTICA “EL MOTOR DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA”

En el desarrollo de la práctica se observará la estructura de un motor trifásico de jaula de ardilla. Determinación de sus características de arranque en vacío y a plena carga.

El motor más sencillo y de mayor aplicación en los motores de inducción, es el que se denomina de jaula de ardilla, de donde se deriva el nombre de motor de inducción de jaula de ardilla, el principal de funcionamiento de basa en la generación de un campo magnético rotatorio en el centro del motor, en un bobinado estático.

Se conectó el circuito que se ilustra en la Figura 3.37, usando los Módulos EMS de motor de jaula de ardilla y módulos de medición, al conectar la fuente de alimentación y ajustar a 208V c-a. El motor debe comenzar a funcionar con el seguimiento de la práctica se tomaron las medidas.

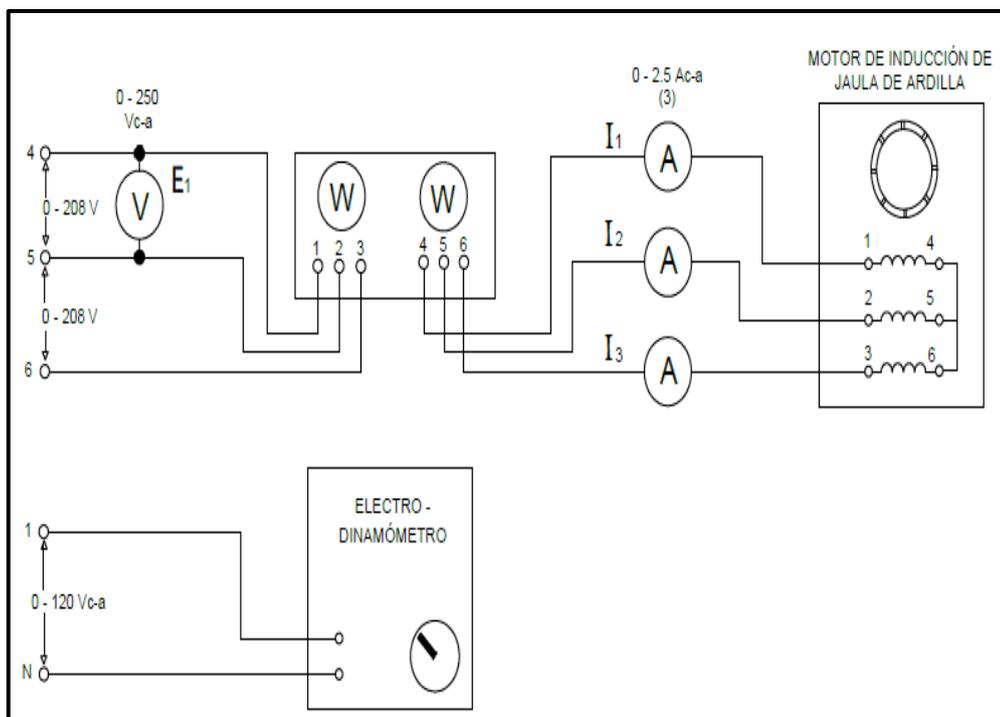


Figura 3.38. Circuito de práctica 52-1

Fuente: Libro de prácticas 52-1

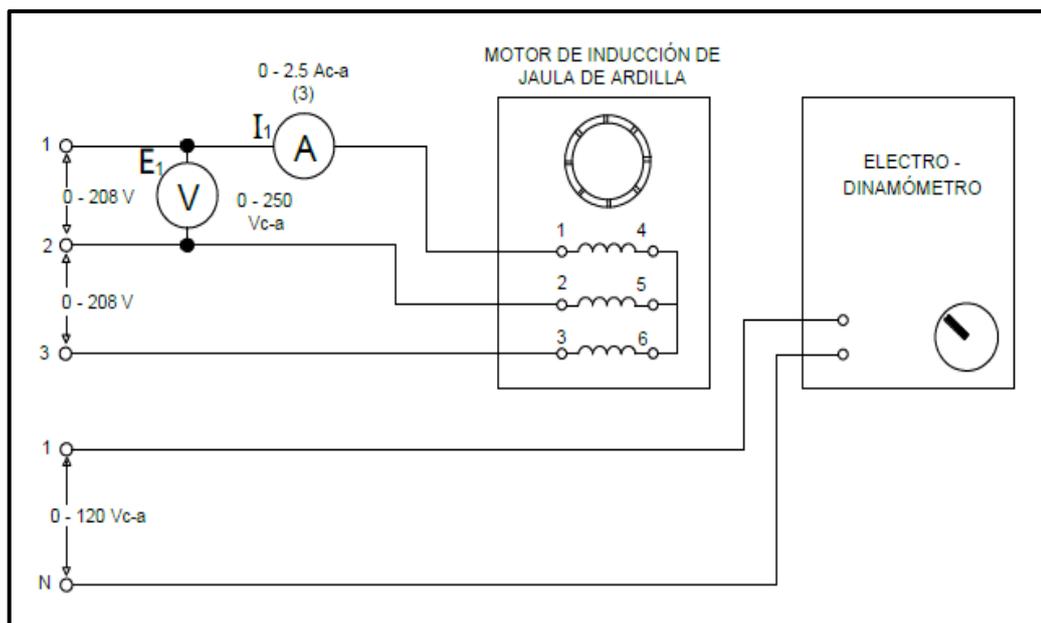


Figura 3.39. Circuito de práctica 52-2

Fuente: Libro de prácticas 52-2

Datos:

$E_1 = 240 \text{ V c-a}$

$I_1 = 4,7 \text{ A c-a}$

Par de arranque = $27 \text{ lbf} \cdot \text{plg}$

La potencia aparente del motor para el par de arranque.

$$PA = V * I (1)$$

$$PA = 240V * 4,7A$$

Potencia aparente = 1128 VA

Tabla 3.11. Mediciones y cálculos

Mediciones y cálculos						
Par	I1	I2	I3	W1	W2	Velocidad
0	0,65	0,7	0,72	80	15	1782
3	0,75	0,8	0,81	120	20	1748
6	0,9	1	1	150	27	1732
9	1,1	1,1	1,1	180	77	1702
12	1,2	1,3	1,3	220	130	1600

Fuente: Los autores

En la representación de la tabla se evidencia el cambio de velocidad con respecto al par y el incremento de la corriente, con los resultados de la tabla 52-1, se calculó las características en vacío del motor de jaula de ardilla

La corriente media es el promedio de las corrientes $I_{prom} = 2,71 \text{ A}$

Es el resultado que se obtiene al hacer la multiplicación entre el voltaje y la corriente media trifásica $S = 977,6 \text{ VA}$

La potencia real es el resultado de la multiplicación entre el voltaje y la corriente y el factor de potencia $P = 456,2 \text{ w}$

Potencia reactiva $Q = 846,6 \text{ var}$

Factor de potencia $FP = 0,5$

El motor de jaula de ardilla consta de un rotor constituido por una serie de conductores metálicos (normalmente de aluminio) dispuestos paralelamente unos a otros, y cortocircuitados en sus extremos por unos anillos metálicos, esto es lo que forma la llamada jaula de ardilla por su similitud gráfica con una jaula de ardilla. Esta 'jaula' se rellena de material, normalmente chapa apilada. De esta manera, se consigue un sistema n-fásico de conductores (siendo n el número de conductores) situado en el interior del campo magnético giratorio creado por el estator, con lo cual se tiene un sistema físico muy eficaz, simple, y muy robusto (básicamente, no requiere mantenimiento).

El motor de rotor bobinado tiene un rotor constituido, en vez de por una jaula, por una serie de conductores bobinados sobre él en una serie de ranuras situadas sobre su superficie. De esta forma se tiene un bobinado en el interior del campo magnético del estator, del mismo número de polos (ha de ser construido con mucho cuidado), y en movimiento. Este rotor es mucho más complicado de fabricar y mantener que el de jaula de ardilla, pero permite el acceso al mismo desde el exterior a través de unos anillos que son los que cortocircuitan los bobinados. Esto tiene ventajas, como la posibilidad de utilizar un reóstato de arranque que permite modificar la velocidad y el par de arranque, así como el reducir la corriente de arranque.

El motor de inducción de jaula de ardilla es una de las máquinas más seguras y más usadas en la industria porque esta 'jaula' se rellena de material, normalmente chapa apilada. De esta manera, se consigue un sistema n-fásico de conductores (siendo n el número de conductores) situado en el interior del campo magnético giratorio creado por el estator, con lo cual se tiene un sistema físico muy eficaz, simple, y muy robusto (básicamente, no requiere mantenimiento).

5.4. PRACTICA “EL MOTOR SÍNCRONO”

La estructura del motor síncrono trifásico. Determinación de las características de arranque del motor síncrono trifásico.

El nombre del motor síncrono se da por su velocidad sincrónica, la cual es la velocidad del campo magnético giratoria del estator, el principio de operación se aplica una fuente c-a a los devanados del estator produciendo un campo magnético, si se le añade una carga al rotor tendrá un atraso momentáneo en relación al campo giratorio sin embargo girará a la misma velocidad sincrónica.

Para la realización de la práctica se deben tener los conocimientos esenciales de normas de seguridad, en base al diagrama y manual de prácticas se procedió a la conexión del módulo de motor síncrono/generador.

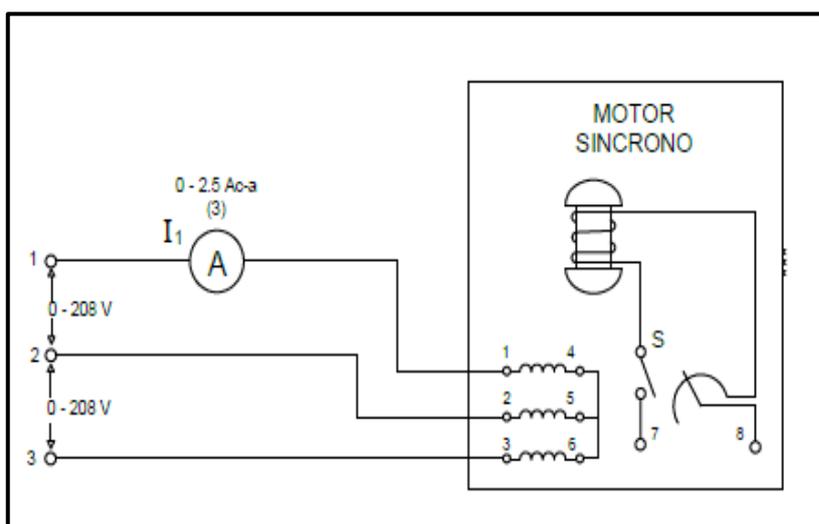


Figura 3.40. Circuito de práctica 53-1

Fuente: Libro de prácticas

En la medición de datos se obtuvieron los siguiente:

Voltaje 120 V una corriente nominal de los devanados del estator 1A, el devanado del rotor se conecta atreves del reóstato de 150Ω con una corriente nominal del devanado del rotor de 0,6A, se observó una velocidad nominal y una potencia del motor de 1800rpm hp $\frac{1}{4}$.

Se conecto la fuente de alimentación el motor comienza suavemente a funcionar y sigue operando como un motor ordinario de inducción con una corriente de 1,21A con el giro en sentido horario, para poder identificar el giro se e intercambie dos de los tres cables que van a la fuente de alimentación con un giro en sentido anti horario y con la misma corriente, para el

siguiente paso desconectamos la fuente de alimentación, con los Módulos EMS del electrodinamómetro y el interruptor de sincronización. Acople el motor al electrodinamómetro por medio de la banda.

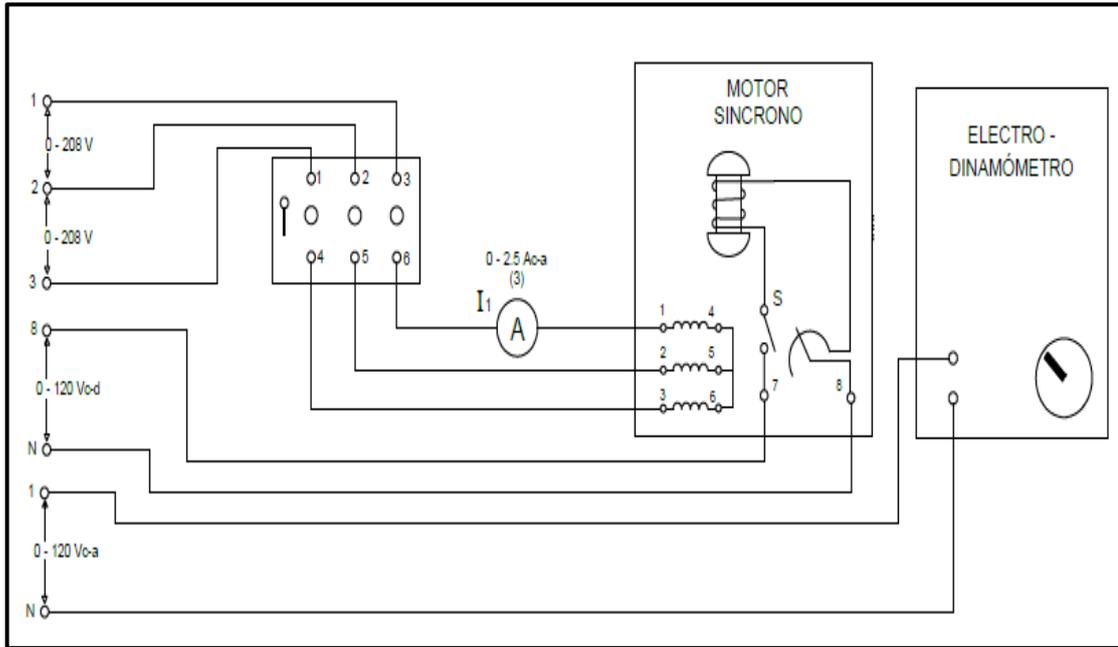


Figura 3.41. Circuito de práctica 53-2

Fuente: Libro de prácticas

El módulo de interruptor de sincronización se utilizará como interruptor para la potencia trifásica que va a los devanados del estator, el electrodinamómetro se conecta a la salida fija de 120V c-a de la fuente de alimentación, terminales 1 y N. Ajuste la perilla de control del dinamómetro al 40 % aproximadamente de excitación, el motor se conecta a la salida fija de 120 V de la fuente de alimentación. A continuación, se aplicó potencia trifásica cerrando el interruptor de sincronización y lo que sucede con el motor es que no pudo arrancar conectando la corriente directamente, se produjo vibraciones en el motor con una lectura alta de corriente de 5,2A, Si un motor síncrono tuviera carga no operaría al tener un bajo par de arranque no trabaja.

Se conecto rotor del motor síncrono a la salida variable de 0-120V c-d de la fuente de alimentación, terminales 7 y N, con el control del voltaje variable de salida en cero se aplica una potencia trifásica cerrando el interruptor de sincronización, El motor si funcionó ya que la I (corriente) suministrada fue gradual provocando que el motor lentamente inicie con la carga conectada. Al no trabajar con corriente directa funciona el motor, funciona como motor de

inducción, se ajustó la salda de la fuente de alimentación, se observó que la corriente de arranque disminuye y la corriente de excitación aumento.

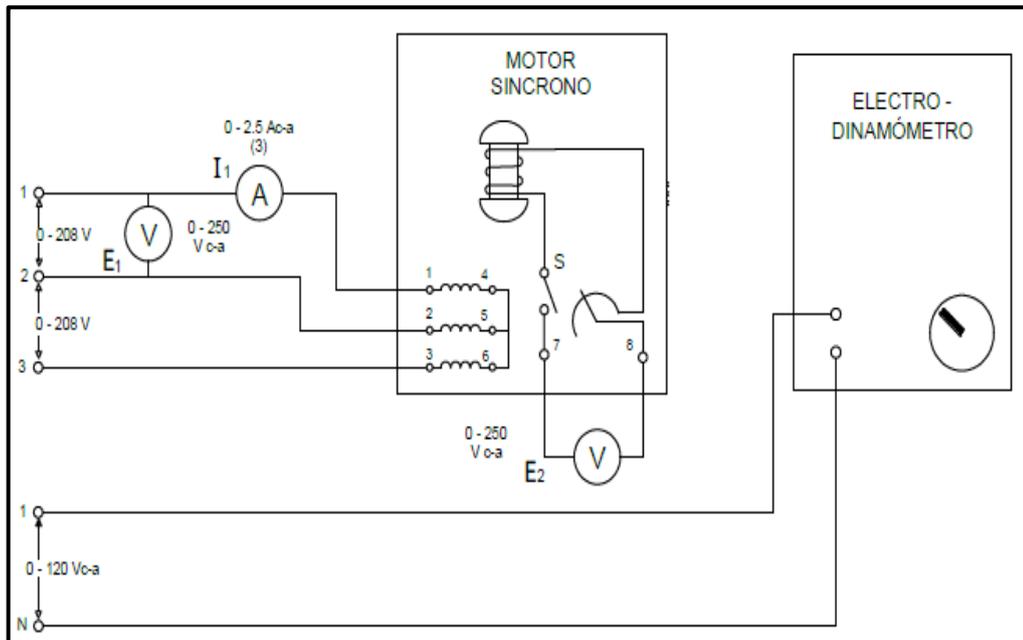


Figura 3.42. Circuito de práctica 53-3

Fuente: Libro de prácticas

Se indujo un alto voltaje en c-a, E2 en los devanados del rotor. Porque el voltaje se índice esto debido al campo magnético de los devanados, se reduce E2 conforme se incrementa la velocidad del motor, se deja de inducir voltaje cuando llega a su velocidad nominal.

Precauciones deben tomarse durante el período de arranque de un motor síncrono, estar sin carga del motor, debido a que una nueva carga produce que comience a vibrar y el arranque sea casi nulo Si se quitara el devanado de jaula de ardilla de un motor síncrono, ¿podría arrancar por sí solo? No arranca al bajo par nominal. razones por las que el devanado del rotor de un motor síncrono se conecta casi siempre a una resistencia externa durante el arranque: Para el aumento del par de arranque con una resistencia variable y la disminución de la corriente de arranque.

PRACTICA EL MOTOR SÍNCRONO PARTE II

Datos observados:

Observe I_1 , I_2 , W_1 , W_2

$I_1 \text{ min} = 0.9 \text{ A c-a}$, $I_2 \text{ min} = 0.6 \text{ A c-d}$

Tabla 3.12. Tabla de medición y cálculo de motor síncrono parte II

I₂ (amps)	E₁ (volts)	I₁ (amps)	POTENCIA (VA)	W₁	W₂	POTENCIA (watts)	FP
0	225	1,25	281	75	165	281,25	0,58
0,1	225	1,1	247	65	135	247,5	0,54
0,2	225	0,8	180	45	100	180	0,55
0,3	225	0,65	146	30	80	146,25	0,54
0,4	225	0,5	112	20	60	112,5	0,53
0,5	225	0,3	67	0	25	67,5	0,37
0,6	225	0,2	45	0	10	45	0,22
0,7	225	0,15	33	15	0	33,75	0
0,8	225	0,23	45	30	0	51,75	0
0,9	225	0	0	40	5	0	0

Fuente:

$$PR = \sqrt{281,25^2 - 165^2} = 227,76 \text{ VAR}$$

El factor de potencia ¿es adelantado o atrasado? Atrasado, de acuerdo con los resultados de la Tabla 3.12, la potencia reactiva para la máxima corriente del rotor en c-d. = 0.

Adelantado (Teóricamente debe ser adelantado, debido a que los datos obtenidos no son los correctos, este dato no puede ser mostrado) De acuerdo con los resultados de la Tabla 3.12, calcule la potencia reactiva a la corriente mínima de estator. Potencia reactiva = 33,77var (en este caso sucede lo mismo, debido a los datos obtenidos no se puede asegurar que el dato sea el correcto).

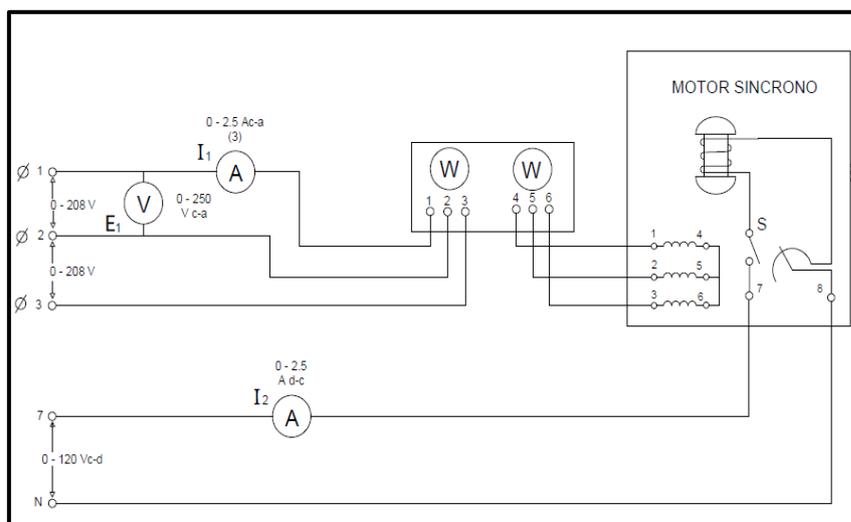


Figura 3.43. Circuito de práctica 54-1

Fuente: Libro de prácticas

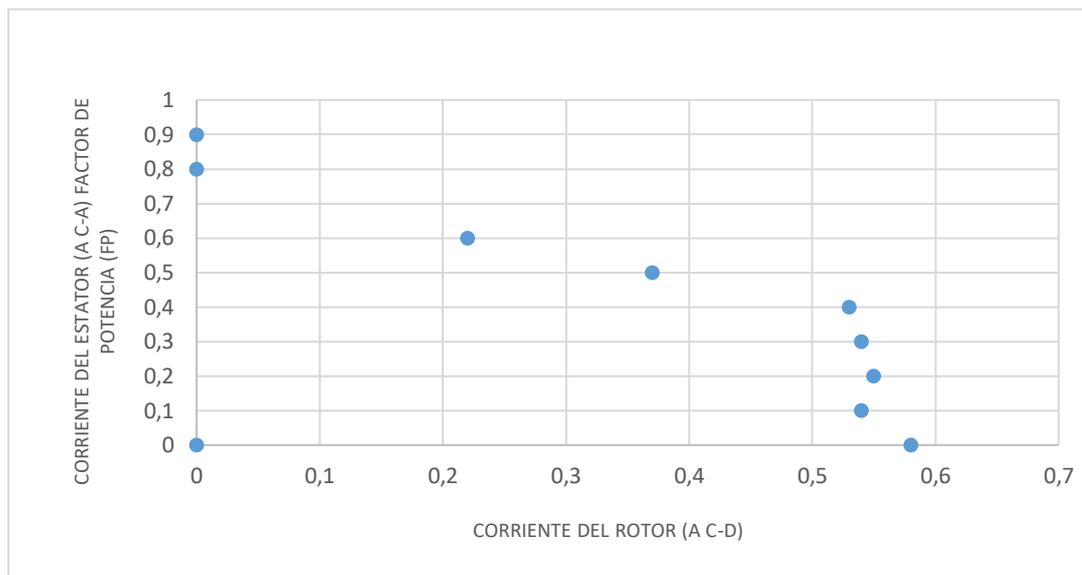


Figura 3.44. Corriente alterna en función de la corriente directa.

Fuente: los autores

A medida que se aumenta la corriente se corrige el factor de potencia, el motor síncrono se denomina a veces capacitor síncrono, la corriente es alta en el rotor al igual que en el campo magnético, corrigiendo el factor de potencia

Al igual que se pudo variar el factor de potencia del motor síncrono en vacío, se puede cambiarlo en condiciones de plena carga. Aunque el factor de potencia del motor se mantiene normalmente cerca del 100 por ciento, se puede sobreexcitarlo con una corriente directa a fin de mejorar el factor de potencia general de un sistema eléctrico grande.

La potencia reactiva es negativa al no estar sobre excitado el motor, En la excitación del motor con cd, si sobrepasa los polos causa un desajuste la máquina pierde sincronismo.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

Los accesorios del módulo se realizó el respectivo mantenimiento, donde se presentó con algunos daños por el tiempo de utilización del mismo, para dejar en su óptimo funcionamiento para más detalle se presenta la tabla de presupuesto y materiales que se utilizaron para la respectiva implementación de la fuente y de los accesorios que fueron cambiados.

6.1. PRESUPUESTO

En referencia al análisis y resultados se muestra los recursos detallados para la ejecución del proyecto.

Tabla 3.13. Presupuesto detallado para la ejecución del proyecto

Recursos	Cantidad	unidad de medida	costos unitarios	costo total
Recursos de materiales (suministros y materiales)				
Disyuntor Magnético trifásico (IEL111-1-62-25)	1	u	150	150
Cable Plug Banana banana 4mm Módulos Didácticos 0.5 m	10	m	4	40
Cable Plug Banana banana 4mm Módulos Didácticos 1m	20	m	6	120
Juego de banda	3	u	7	21
cable flexible centelsa #18	10	m	0,2	2
spaghetti fibra de vidrio 3mm	10	m	0,4	4
Jack banana rojo	8	u	0,6	4,8
Jack banana azul	8	u	0,6	4,8
carbón b-104 CBB104	2	u	4	8
lija fina #120	1	u	0,5	0,5
cable flexible #18 negro	1	m	0,2	0,2
fusible cristal 20mm 8A	7	u	0,15	1,05
Terminal ojo camscos # 22-16 rojo vf 1 25-4	10	u	0,8	8
Terminal ojo camscos # 22-18 rojo vf 1 25-5	10	u	0,7	7
Terminal hembra camscos # 16-14 azul 4120B	10	u	0,1	1
Terminal U camscos # 22-16 azul vf2-5y	10	u	0,8	8
Cable solido #10 rojo	24	m	0,7	16,8
Cable solido #12 verde, azul, blanco	8	m	0,5	4
toma corriente doble polarización	1	u	2,75	2,75
cinta aislante taípe	1	u	0,6	0,6
caja térmica	1	u	12	12
tubo EMT de 1 pulgada	1	u	9,5	9,5
conectores de EMT 1 pulgada	3	u	0,75	2,25
codo 90 grados EMT	1	u	3,5	3,5
Abrazadera de metal 1 pulgada	3	u	0,5	1,5
disco de cortar metal	1	u	4,5	4,5
broca para hormigón F8	1	u	1,25	1,25
tira fondo y tornillo F8	8	u	0,15	1,2
corta picos 6 servicios	1	u	4	4
Cinta espuma doble faz	1	u	1,6	1,6
silicona líquida	1	u	1,6	1,6
waípe multicolor	2	u	0,5	1
recursos tecnológicos				
Uso de internet	100	h	0,6	60
Scanner	12	u	0,5	6
impresiones Gigantografía	1	u	12	12

impresiones normales	200	u	0,1	20
Gastos varios				
alimentación	30	u	2,5	75
Movilización	30	u	2	60
sub total				681,4
Imprevistos 10%				125
TOTAL				806,4

Fuente: autores

6.2. PRESUPUESTO GENERAL

En referencia a la tabla se muestra los recursos y valores del presupuesto general para la ejecución del proyecto.

Tabla 3.14. presupuesto general

RECURSOS DE MATRIALES	448,4
RECURSOS TECNOLOGICOS	98
GASTOS VARIOS	135
IMPREVISTOS	125
TOTAL	806,4

Fuente: autores.

6.3. ANALISIS DE IMPACTOS

Impacto practico: ¿Para qué sirve?

Sirve para utilizar los motores y generadores AC y DC, submódulo de medición, submódulo de cargas etc, del módulo Lab volt, también para determinar los parámetros en motores y generadores, además los estudiantes puedan realizar prácticas de conexiones en los motores y generadores.

¿Qué permite hacer que sin ella sería imposible?

Utilizar los motores y generadores AC y DC, submódulo de medición, submódulo de cargas etc, del módulo Lab volt, permite realizar prácticas de entrenamientos referente a motores y generadores AC y DC.

Facilita la comprensión del Funcionamiento de los motores y generadores.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- El mantenimiento de la fuente de alimentación, en el módulo Lab volt, se observó varios elementos en regular estado, los mismos son indispensables para tener un óptimo funcionamiento, por ejemplo el equipo de protección de la fuente debe ser de las mismas características técnicas y físicas para su reemplazo, la característica más importante de la fuente es la variación de voltaje donde de obtenía resultados erróneos, la cual se verifico con instrumentos de medida externos obteniendo resultados eficientes.
- Mediante la elaboración del manual de usuario y de una guía práctica el estudiante puede realizar las conexiones en el módulo Lab volt y observar el comportamiento de los motores y generadores AC y DC y así obtener valores representativos de los parámetros eléctricos voltaje.
- Al ejecutar la practicas en el módulo Lab volt se observa varias opciones de medición de parámetros eléctricos en motores y generadores AC y DC, siendo una de ellas la utilización del módulo de interfaz de datos.

7.2. RECOMENDACIONES

- Para realizar una implantación debemos realizar una inspección técnica y revisar el datasheet del elemento que se va a reemplazar, para tener una solución óptima al problema, en este caso la fuente de alimentación y equipos del módulo Lab volt tienes varias falencias se recomendaría dar un mantenimiento preventivo para que el módulo tenga optimo funcionamiento.
- Se recomienda seguir las indicaciones proporcionadas en la guía práctica elaborada, para el uso adecuado de los equipos del módulo Lab volt, las conexiones realizadas son el punto de arranque para la experimentación con los mismos, el uso correcto de las guías sirve para no ocasionar cortocircuitos y no tener problemas con los equipos y que el docente y estudiante pueden incrementar datos y equipos para futuras prácticas.
- Al realizar las conexiones eléctricas en base a la práctica que esté desarrollando, se debe verificar que la interfaz de adquisición de datos y de control verificar que se encuentre apagada para no ocasionar daños internos en el equipo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. G. Suárez, Mantenimiento electromecánico de motores eléctricos, Madrid, España: Paraninfo, SA, 2020.
- [2] J. C. M. Castillo, Máquinas eléctricas, Madrid: Editex, S.A, 2021.
- [3] M. B. Carreras, Electrotecnia, vol. 1ra edición, Madrid: Editex, 2017.
- [4] J. C. M. Castillo, Equipos eléctricos y electrónicos, vol. Primera edicion, Madrid: Editex, S.A, 2018.
- [5] J. Cantos Serrano y J. Pérez Llorens, Instalaciones eléctricas básicas, Madrid: Ediciones Paraninfo, SA, 2018.
- [6] J. R. Fernández, Equipos eléctricos y electrónicos, vol. 2da edicion, Madrid: Ediciones Paraninfo, SA, 2018.
- [7] L. M. C. Filiu, Instalaciones eléctricas y automatismos, vol. 1ra edición, Madrid: Ediciones Paraninfo, SA, 2014.
- [8] J. G. Pérez, Montaje y mantenimiento de máquinas eléctricas rotativas. ELEE0109, vol. 1ra edición, Anquera: ic editorial, 2012.
- [9] R. G. Pérez, UF0149: Electrotecnia, vol. 2da edicion, Antequera: IC Editorial, 2017.
- [10] S. Chapman, Maquinas eléctricas, vol. 5ta edición, Monterrey: McGraw Hill, 2012.
- [11] P. A. S. Miguel, Electrotecnia, vol. 6ta Edicion, Madrid: Ediciones Paraninfo, 2019.
- [12] N. N. T. Esteban, «Tipos de investigación,» Universidad Santo Domingo de Guzmán.
- [13] M. Naghi, Metodología de la Investigación, Mexico: Limusa, 2005.
- [14] FESTO, «LabVolt Series by Festo didactic,» © 2021 Festo Didactic Inc. All Rights Reserved., 2021. [En línea]. Available: https://labvolt.festo.com/solutions/6_power_energy/50-8821-20_power_supply. [Último acceso: 17 02 2022].

- [15] J. Roldán, «Motores de Corriente Continua,» de Motores de Corriente Continua: Motorización de Máquinas y Vehículos; Características, Cálculos y Aplicaciones , España, Paraninfo, S.A., 2014, pp. 106-126.
- [16] D. M. R. Vadillo, Montaje y reparación de sistemas eléctricos y electrónicos de bienes de equipo y maquinas industriales, Málaga: IC Editorial, 2019.

9. ANEXOS.

ANEXO 1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-01	

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</p> <p style="text-align: center;">PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA</p>
---	--

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
S.Cabay F. Chadan		
FECHA:10-04-2018	FECHA:10-04-2018	FECHA: 10-04-2018

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTRICA	IELE	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:		DURACIÓN (HORAS)
01	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Watt, Var, Voltampere y Factor de Potencia	

1	OBJETIVO
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entender cómo se relacionan el watt, el var y el voltampere. 2. Determinar la potencia aparente, real y reactiva de un motor monofásico. 3. Aprender cómo se puede mejorar el factor de potencia de un motor.

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p>Exposición</p> <p>El motor universal de CA/CD se utiliza en herramientas portátiles como taladros, sierras, pulidoras eléctricas, batidoras, licuadoras, etc., en los que la alta velocidad, mucha potencia y tamaño pequeño constituyen una ventaja.</p> <p>Básicamente es más semejante al motor de c-d que al de c-a y tiene ciertas desventajas que se pueden evitar en motores de inducción de c-a. La principal desventaja consiste en que necesita conmutación y escobillas.</p>

El motor universal es fundamentalmente un motor de c-d diseñado especialmente para funcionar con c-a y con c-d. Un motor serie normal de c-d funciona muy deficientemente en c-a, debido sobre todo a dos razones:

La alta reactancia de los devanados de armadura y campo limitan la corriente de c-a a un valor mucho menor que la corriente directa (para el mismo voltaje de línea).

Si se usa acero sólido para el marco o yugo del estator, el flujo de c-a producirá grandes corrientes parasitas en él y, por lo tanto, se calentará.

La reactancia del devanado armadura puede reducirse colocando un devanado de compensación en el estator, de tal modo que los flujos se opongan o “anulen” entre si. Este mismo devanado de compensación se puede conectar en serie con el de armadura. En este caso se dice que el motor está conductivamente compensando. En estas condiciones, el motor universal tendrá características de operación similares, ya sea que funcione en c-a o en c-d.

El devanado de compensación puede conectarse en circuito corto para que se comporte como el secundario de un transformador en corto circuito (el devanado de armadura actúa como primario). La corriente inducida de c-a en el devanado de compensación produce un flujo que se opone o “neutraliza” al de la corriente de armadura y se dice que el motor está inductivamente compensado. La reactancia del devanado de campo se puede mantener a un valor bajo, limitando el número de vueltas.

2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Módulo de Fuente de Energía (0-120V c-a,)

Módulo de motor monofásico de fase hendida con arranque por capacitor

Módulo de Medición de c-a (2.5/8A)

Módulo de Medición de c-a (250V)

Módulos de Capacitancia (2)

Módulo de Interfaz de adquisición de datos

Cables de conexión

2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

EPP: Mandil, gafas claras, guantes.

Instrucciones de seguridad:

Lea y comprenda la presente guía de laboratorio

Lea y comprenda el manual de seguridad y operación de la máquina de ensayos universales

No corra dentro del laboratorio

Absténgase de usar el teléfono celular

Aleje sus manos de las partes móviles del equipo

3 PROCEDIMIENTO

Procedimiento

Advertencia: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga ninguna conexión cuando la fuente está conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

1. Use los Módulos EMS de motor monofásico de fase Hendida/arranque por capacitor, medición de c-a, la interfaz de adquisición de datos y de control y fuente de energía, para conectar el circuito que aparece en la figura 1.

Conexión del diagrama

- Verificar que los equipos estén apagados.
- Conecte los terminales 4 y N de la fuente de alimentación a los terminales del módulo de interfaz de adquisición de datos 4 con I_1 , (rojo) N a (negro).
- Del terminal E_1 (negro) a I_2 (Negro) del módulo de Interfaz.
- Se conecta I_1 (negro) del módulo de Interfaz al terminal 2 del módulo de motor monofásico de fase hendida
- Conecte los terminales 2 y 6 del módulo de motor monofásico de fase hendida
- Conecte las terminales 7 y 4 del motor entre sí.
- Del terminal 1 del motor conecte al 3.
- Posteriormente conecte el terminal 3 de motor a N de la fuente de alimentación.

(Ahora, el motor ha quedado conectado para funcionar en fase hendida,)

!NO APLIQUE CORRIENT EN ESTE MOMENTO!

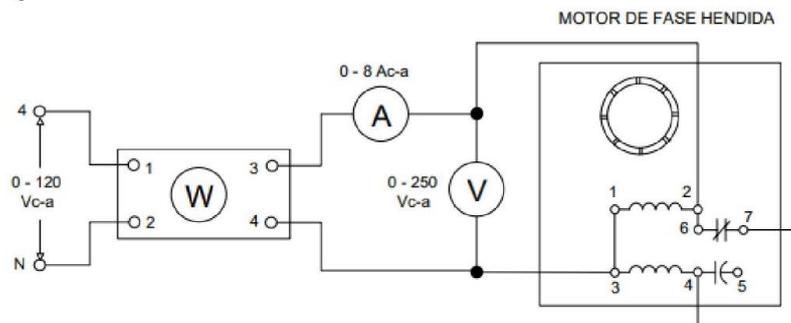


Figura 1

2. Muestre al maestro el circuito que acaba de conectar para que él lo revise.

3. Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 120V c-a, guiándose por las lecturas que dé el voltímetro de c-a conectado al motor. (el motor debe estar funcionando.)

a) Mida y anote la corriente de línea.

$$I_L = 3,146 \text{ Ac} - a$$

b) Mida y anote la potencia real.

$$P = 68,71 W$$

4. Baje a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.

a) Calcule la potencia aparente.

$$PA = I * LV$$

$$PA = (3,146A) (120V)$$

$$PA = 377,52 VA$$

b) Calcule el factor de potencia.

$$FP = P/PA$$

$$FP = 68,71W/377,52VA$$

$$FP = 0,182$$

c) Calcule la potencia reactiva.

$$PR = \sqrt{(PA)^2 - (P)^2}$$

$$PR = \sqrt{(377,52)^2 - (68,71)^2}$$

$$PR = 371,21 var$$

5. Conecte en paralelo todos los módulos de capacitancia y el motor, como se indica en la figura 2. Conecte las seis secciones de capacitancia en paralelo y abra (posición abajo) todos los interruptores articulados de los capacitores.

- Conecte el terminal 2 del motor al módulo de carga capacitiva (parte superior rojo, negro y azul)
- Conecte el terminal 3 del motor al módulo de carga capacitiva (parte inferior rojo, negro, azul).

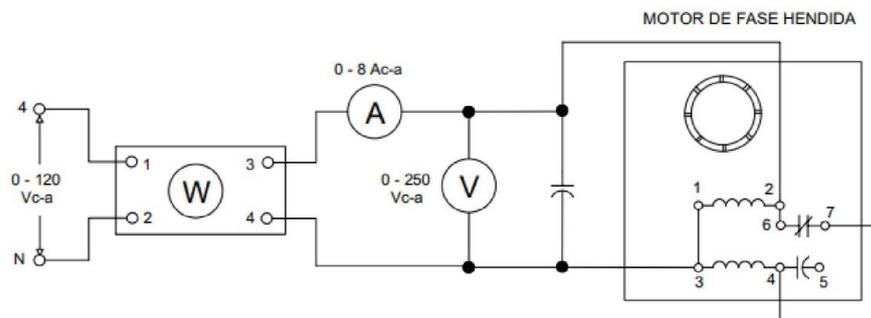


Figura 2

6.a) Conecte la fuente de energía y ajústela a 120Vc-a, como se hizo en el procedimiento 3. (el motor debe estar funcionando.)

b) Comience a aumentar la capacitancia del circuito cerrando los interruptores uno a la vez. Observe que la corriente de línea disminuye conforme aumenta la capacitancia. En algún punto, mientras sigue aumentando la capacitancia, la corriente de línea principiará a aumentar. (la corriente de línea ya ha pasado por su valor mínimo.)

c) Ajuste la capacitancia para obtener un mínimo de corriente de línea.

d) Mida y anote la corriente de línea.

$$IL = 1,638 Ac - a$$

e) Mida y anote la potencia real.

$$P = 80,76 \text{ W}$$

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

d) calcule la potencia aparente.

$$PA = I * V$$

$$PA = (1,638) (120V)$$

$$PA = 196,86 \text{ VA}$$

b) Calcule el factor de potencia.

$$FP = P/PA$$

$$FP = 80,76W/176VA$$

$$FP = 0,41$$

c) Calcule la potencia reactiva.

$$PR = \sqrt{(PA)^2 - (P)^2}$$

$$PR = \sqrt{(196,86)^2 - (80,76)^2}$$

$$PR = 179,53 \text{ var}$$

8. Compare los resultados de los procedimientos 3 y 4 con los obtenidos en los procedimientos 6 y 7.

a) ¿Se produjo una reducción importante en la corriente de línea al agregar la capacitancia?

Si se produjo

b) ¿Se altero el funcionamiento del motor al aumentar la capacitancia?

No, el motor toma la potencia necesaria para el funcionamiento

c) ¿Se requiere más o menos la misma potencia real, independientemente de que se añada o no capacitancia?

Si, requiere la misma potencia real.

¿Explique el por qué?

Porque esa es la potencia necesaria para que el motor funcione sin embargo las capacitancias ayudan a disminuir el valor de la potencia reactiva.

9. Conecte la fuente de energía y ajústela a 120Vc-a como antes.

a) Cierre todos los interruptores de capacitancia y mida la corriente de línea.

$$IL = 2,5A \quad c - a$$

b) Ajuste cuidadosamente los interruptores hasta obtener la mínima corriente de línea, en tanto que sigue aplicando a, exactamente, 120Vc-a al motor.

¿Qué valor de reactancia proporciona la corriente de línea más baja?

$$XC = 57,142 \text{ ohms}$$

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

4 PRUEBAS DE CONOCIMIENTO

• Un electroimán toma 3Kw de potencia real y 4kvar de potencia reactiva.

a) calcule la potencia aparente.

$$PA = \sqrt{(PR)^2 + (P)^2}$$

$$PA = \sqrt{(4K)^2 + (3K)^2}$$

$$PA = \sqrt{25}$$

$$PA = 5 \text{ KVA}$$

b) Calcule el factor de potencia.

$$FP = P/PA$$

$$FP = 3/5$$

$$FP = 0,6$$

•Un capacitor que toma 4kvar se conecta en paralelo con el electroimán de la pregunta 1.

a) calcule el nuevo valor de potencia aparente.

$$PA = \sqrt{(PR)^2 - (P)^2}$$

$$PA = \sqrt{(4K)^2 - (4K)^2 + (3K)^2}$$

$$PA = \sqrt{25}$$

$$PA = 3K \text{ VA}$$

b)¿Cuál es el nuevo valor de potencia reactiva?

$$PR = \sqrt{(PA)^2 - (P)^2}$$

$$PR = \sqrt{(3k)^2 - (3)^2}$$

$$PR = 0 \text{ var}$$

c)¿Cuál es el nuevo valor de potencia real?

$$P = \sqrt{(PA)^2 - (PR)^2}$$

$$P = \sqrt{(3K)^2 - (0)^2}$$

$$P = \sqrt{9}$$

$$P = 3K \text{ VA}$$

$$P = 3000 \text{ VA}$$

d)¿Cuál es el nuevo factor de potencia?

$$FP = P/PA$$

$$FP = 3/3$$

$$FP = 1$$

3. Si el capacitor de la pregunta 2 se sustituye con otro que tome 8kvar, calcule:

a) El nuevo valor de la potencia aparente

$$PA = \sqrt{(PR)^2 + (P)^2}$$

$$PA = \sqrt{(4K - 8K)^2 + (3K)^2}$$

$$PA = \sqrt{25}$$

$$PA = 5K \text{ VA}$$

b) La nueva potencia reactiva

$$PR = \sqrt{(PA)^2 - (P)^2}$$

$$PR = \sqrt{(5k)^2 - (3k)^2}$$

$$PR = \sqrt{16}$$

$$PR = 4K \text{ var}$$

c) La nueva potencia real

$$P = \sqrt{(PA)^2 - (PR)^2}$$

$$P = \sqrt{(5K)^2 - (4K)^2}$$

$$P = \sqrt{9}$$

$$P = 3K VA$$

$$P = 3000 VA$$

d) El nuevo factor de potencia

$$FP = P/PA$$

$$FP = 3/5$$

$$FP = 0,6$$

e) ¿Se logró algo con la adición del capacitor? Explique por qué.

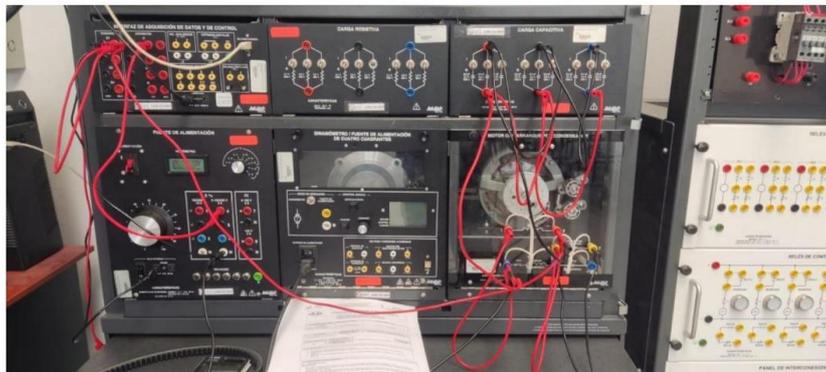
El capacitor genera un ángulo de desfase opuesto al de la inductancia

4. Cuando se agregó la capacitancia en este Experimento de Laboratorio, ¿varió la corriente que pasa por los devanados del motor?
5. ¿Cambiará la potencia real proporcionada al motor cuando se conectan capacitores en paralelo con éste? Explique por qué
No, debido a que se mantuvo la misma potencia, voltaje y corriente.

5 CONCLUSIONES

- Se demostró que las cargas capacitivas ayudan a mejorar el factor de potencia de un circuito logrando un menor consumo de intensidad y por lo tanto ahorrando energía.
- Cuando se agregó la capacitancia en este Experimento de laboratorio, vario disminuyo debido a que el capacitor ayuda a disminuir el valor de corriente absorbida por las inductancias.
- Se logra contrarrestar el valor de potencia reactiva generada por el inductor, porque el capacitor genera un ángulo de desfase opuesto al de la inductancia.

6 ANEXOS





7 Bibliografía

- [1] Maquinas Eléctricas, SED. FRAILE MORA JESÚS. EDIT: MC GRAW HILL.
- [2] Introducción a maquinas eléctricas y transformadores. MC PHERSON, GEORGE.
Hojas de laboratorio #36 El motor Universal Parte I TXT Wildi De Vito Eficiencias de las Máquinas Eléctricas

Anexo 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	PRÁCTICAS DE LABORATORIOS	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-02	

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
S.Cabay F. Chadan		
FECHA:10-04-2018	FECHA:10-04-2018	FECHA: 10-04-2018

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTRICA	IELE	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:		DURACIÓN (HORAS)
02	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	EL MOTOR UNIVERSAL	

1	OBJETIVO
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar la estructura del motor universal. 2. Determinar las características en vacío y plena carga cuando funciona con corriente alterna. 3. Determinar sus características en vacío y plena carga cuando funciona con corriente directa.

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p>Exposición</p> <p>El motor universal de CA/CD se utiliza en herramientas portátiles como taladros, sierras, pulidoras eléctricas, batidoras, licuadoras, etc., en los que la alta velocidad, mucha potencia y tamaño pequeño constituyen una ventaja.</p> <p>Básicamente es más semejante al motor de c-d que al de c-a y tiene ciertas desventajas que se pueden evitar en motores de inducción de c-a. La principal desventaja consiste en que necesita conmutación y escobillas.</p> <p>El motor universal es fundamentalmente un motor de c-d diseñado especialmente para funcionar con c-a y con c-d. Un motor serie normal de c-d funciona muy deficientemente en c-a, debido sobre todo a dos razones:</p>

La alta reactancia de los devanados de armadura y campo limitan la corriente de c-a a un valor mucho menor que la corriente directa (para el mismo voltaje de línea). Si se usa acero sólido para el marco o yugo del estator, el flujo de c-a producirá grandes corrientes parasitas en él y, por lo tanto, se calentará.

La reactancia del devanado armadura puede reducirse colocando un devanado de compensación en el estator, de tal modo que los flujos se opongan o “anulen” entre si. Este mismo devanado de compensación se puede conectar en serie con el de armadura. En este caso se dice que el motor está conductivamente compensando. En estas condiciones, el motor universal tendrá características de operación similares, ya sea que funcione en c-a o en c-d.

El devanado de compensación puede conectarse en circuito corto para que se comporte como el secundario de un transformador en corto circuito (el devanado de armadura actúa como primario). La corriente inducida de c-a en el devanado de compensación produce un flujo que se opone o “neutraliza” al de la corriente de armadura y se dice que el motor está inductivamente compensado. La reactancia del devanado de campo se puede mantener a un valor bajo, limitando el número de vueltas.

2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Módulo del motor universal
Módulo de fuente de alimentación (0-120V c-a, 0/120V c-d)
Módulo de electrodinamómetro
Módulo de medición de c-a (2.5/8A)
Módulo de medición de c-a (100/250V)
Módulo de medición de c-d (200V,2.5/5A)
Interfaz de adquisición de datos y control
Tacómetro de mano
Cables de conexión
Banda

2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

EPP: Mandil, gafas claras, guantes.

Instrucciones de seguridad:

Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
Lea y comprenda el manual de seguridad y operación de la máquina de ensayos universales
No corra dentro del laboratorio
Absténgase de usar el teléfono celular
Aleje sus manos de las partes móviles del equipo

3 PROCEDIMIENTO

Advertencia: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga ninguna conexión cuando la fuente esté conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

1. Examine la estructura del Módulo de motor universal EMS 8254, dando especial atención al motor, las escobillas, las terminales de conexión y el alambrado.
2. Si se observa el motor desde la parte posterior del módulo:
 - a) Identifique el devanado de armadura.
 - b) Identifique el estator.
 - c) Identifique el devanado principal en serie.
 - d) Identifique el devanado de compensación.
3. Si se observa el motor desde la parte delantera del módulo:
 - a) Identifique el conmutador.
 - b) Identifique las escobillas.
 - c) La posición neutra de las escobillas se indica mediante una línea roja marcada en la carcasa del motor. Identifíquela.
 - d) Las escobillas se pueden ubicar en el conmutador moviendo la palanca a la derecha o a la izquierda y luego vuélvala a su posición neutra.
4. Al observar la cara delantera del módulo:
 - a) El devanado principal en serie se conecta a las terminales 3 y 4.
 - b) El devanado de compensación está conectado a las terminales 5 y 6.
 - c) Las escobillas (conmutador y devanado de armadura) están conectadas a las terminales 1 y 2.

COMO ENCONTRAR LA POSICIÓN NEUTRA

5. A continuación, determinará la posición neutral de las escobillas del motor, utilizando corriente alterna. Conecte el circuito que parece en la Figura 1, utilizando los Módulos EMS de fuente de alimentación, medición de c-a y motor.

- Conexión de la fuente de alimentación y la Interfaz de adquisición de datos y de control.
- Verificar que los equipos estén apagados.
- Conecte los terminales 4 d la fuente de alimentación al terminal 1 del módulo de motor universal.
- Conecte las terminales N de la fuente de alimentación a la terminal 2 del módulo de motor universal.
- Del terminal 5 del módulo del motor al módulo de voltímetro Ac en la entrada 1 del primer voltímetro.
- Del terminal 6 del módulo del motor al módulo de voltímetro Ac en la entrada 2 del primer voltímetro.

Las terminales 4 y N de la fuente de alimentación proporciona los 0-120V c- a variables conforme se haga girar la perilla de control de la salida de voltaje.

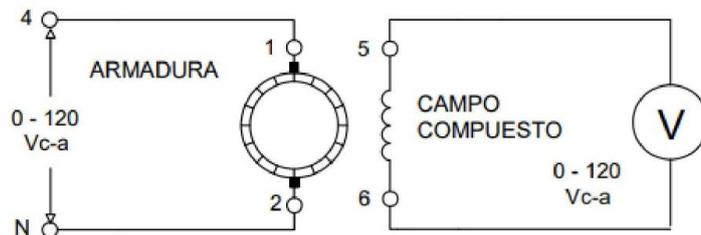


Figura 1

6. Desprenda el Módulo de motor Universal y jálelo aproximadamente 10 centímetros hacia adelante. Meta la mano detrás de la carátula delantera del módulo y mueva la palanca para que las escobillas giren en sentido de las manecillas del reloj y lleguen su posición máxima. Dejen el módulo donde está (porque más tarde tendrá que mover otra vez las escobillas).

7. Conecte la fuente de alimentación y ajuste el control de salida hasta que se aplique aproximadamente 80 V c-a a la armadura. El voltaje de c-a que aparece en el devanado de compensación se induce por medio de la corriente alterna que pasa por la armadura.

8.

- a) Meta la mano con cuidado detrás de la cara delantera del módulo (no olvide meter la otra mano en el bolsillo). y mueva las escobillas de una posición extrema a la otra. Observara que, al girar las escobillas en el sentido contrario a las manecillas del reloj, el voltaje aumenta y luego disminuye cuando las escobillas se acercan a la otra posición extrema.
- b) Deje las escobillas en la posición en que el voltaje inducido llega al máximo; éste es el punto neutral del motor universal. Cada vez que use el motor Universal, las escobillas se deben colocar en la posición neutra.
- c) Vuelva el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación. Coloque el Modulo de motor universal en su lugar.

- Conecte el terminal 4 de la fuente de alimentación al terminal 1 del módulo de Amperímetros Ac.
- La salida 2 del módulo de Amperímetros al terminal 1 del módulo del motor
- Conecte las terminales 2 y 5 del módulo de motor universal.
- Del terminal 6 del módulo de motor universal conecte al terminal N de la fuente de alimentación.
- Conecte el terminal 1 de un voltímetro del módulo de medición al terminal 1 del módulo de motor universal.
- Conecte el terminal 2 de un voltímetro del módulo de medición al terminal 6 del módulo de motor universal.

9. Conecte los devanados de armadura y compensación en serie a la salida de 0-120V c-a de la fuente de alimentación, como se ilustra en la Figura 2.

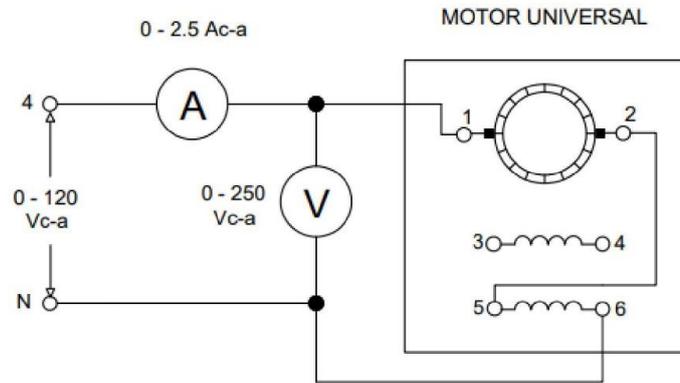


Figura 2

10.

- Conecte la fuente de energía y ajústela a 30V c-a.
- Si la corriente de línea es menor que 1A c-a al aplicar 30V c-a, el devanado de compensación está produciendo un flujo en el mismo sentido que el de armadura, incrementando con ello la inductancia (y la reactancia). Si esto sucede, intercambie los cables de la armadura o los del devanado de compensación.
- Mida y anote la corriente de línea.

$$I = 1,49 \text{ A c-a}$$

NOTA: Si gira la armadura, las escobillas no están exactamente en la posición neutra.

- Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.
 - Conecte el terminal 4 de la fuente de alimentación al terminal I_1 (rojo) del módulo de la Interfaz de adquisición de datos.
 - Conecte el terminal N de la fuente de alimentación al terminal E_1 (negro) del módulo de la Interfaz de adquisición de datos.
 - Del terminal E_1 (rojo) del módulo de Interfaz de adquisición de datos al terminal I_1 (negro).
 - Del terminal I_1 (negro) conecte al terminal 1 del módulo de motor universal.
 - Conecte las terminales 2 y 3 del módulo de motor universal.
 - Conecte las terminales 4 y 5 del módulo del motor universal.
 - Conecte el terminal 6 del módulo de motor universal al terminal N de la fuente de alimentación.

11. Conecte el circuito de la Figura 3 con los Módulos EMS electrodinamómetro. (Recuerde que debe tener las mismas conexiones de los devanados de armadura y compensación que en el Procedimiento 10).

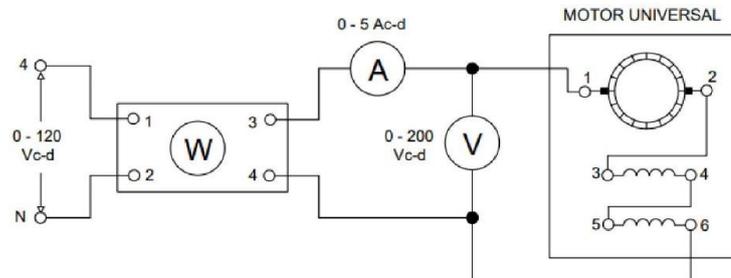


Figura 3

12.
 - a) Acople el electrodinamómetro al motor universal mediante la banda.
 - b) Conecte las terminales de entrada del electrodinamómetro a la salida fija de 120V c-a de la fuente de alimentación, terminales 1 y N.
 - c) Haga girar la perilla de control del electrodinamómetro en el sentido contrario al de las manecillas del reloj hasta su posición extrema (para proporcionar una carga mínima en el arranque del motor universal).
13.
 - a) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 120V c-a.
 - b) Mida y anote en la Tabla 1 la corriente de línea, la potencia y la velocidad del motor. Observe que hay un chisporroteo muy reducido en las escobillas.
 - c) Repita la operación (b) por cada par indicado en la Tabla, manteniendo el voltaje de entrada a 120V c-a.
 - d) Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.
14.
 - a) Calcule y anote en la Tabla la potencia aparente suministrada al motor para cada uno de los pares indicados.
 - b) Calcule y anote en la Tabla la potencia en hp desarrollada para cada par señalado.

$$HP = W * 0,00134102$$

TABLA 1						
PAR lb/plg	PAR n/m	I (amps)	VA	P (watts)	VELOCIDAD (r/min)	HP
0	0	1,8	216	110	3292	0,1475
3	0,3389	2	240	147	3620	0,1971
6	0,6779	2,6	312	191,7	2733	0,2570
9	1,0169	3,15	378	259,6	2911	0,3481

15. Substituya el amperímetro y el voltímetro de c-a por medidores de c-d y conecte la entrada a la salida variable de c-d terminales 7 y N de la fuente de alimentación, como se ilustra en la Figura 4.

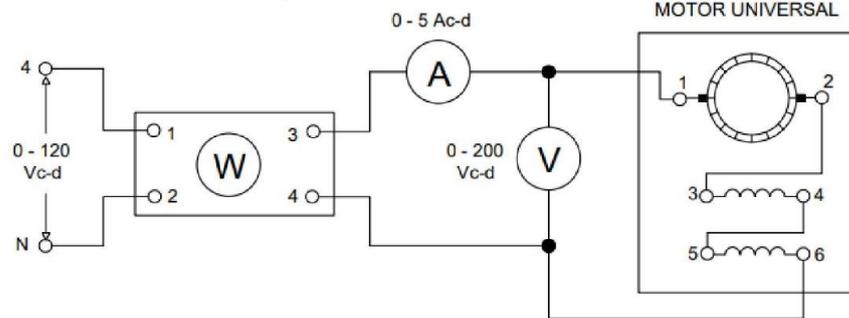


Figura 4

16. Repita los Procedimientos 13 y 14 utilizando potencia de c-d en lugar de c-a y llene la Tabla 2.

4 PRUEBAS DE CONOCIMIENTO

1. De acuerdo con la Tabla 1, indique los siguientes datos cuando el motor funciona en vacío y con c-a:
 - a) Potencia aparente=216 VA.
 - b) Potencia real=110 W.
 - c) Potencia reactiva= 185,9 var.
 - d) Factor de potencia= 0,51
 - e) Velocidad del motor= 3292 r/min.
2. De acuerdo con la Tabla 1, indique los siguientes datos cuando el motor funciona a plena carga y en c-a:
 - a) Potencia aparente= 378 VA.
 - b) Potencia real= 259,6 W.
 - c) Potencia reactiva= 274,8 var.
 - d) Factor de potencia=0,68
 - e) Velocidad del motor=2911 r/min.
 - f) Potencia entregada=0,3481 hp
3. De acuerdo con la Tabla 2, indique los siguientes datos cuando el motor funciona en vacío y con c-d:

- a) Potencia = 0 W.
 - b) Velocidad del motor = 37467 r/min.
4. De acuerdo con la Tabla 2, indique los siguientes datos cuando el motor opera a plena carga y con c-d:
 - a) Potencia real = 263,7 W.
 - b) Velocidad del motor = 2672 r/min.
 - c) Potencia entregada = 0,3536 hp.
 5. Compare las características de operación del motor universal en c-a y c-d haciendo énfasis en las diferencias. En c-d al invertir la corriente continua del motor en serie, el sentido de rotación permanece constante. Si se aplica corriente alterna a un motor en serie, el flujo de corriente en la armadura y en el campo se invierte simultáneamente, el motor seguirá girando en el mismo sentido. En a-c Al invertir la corriente continua del motor en serie, el sentido de rotación permanece constante. Si se aplica corriente alterna a un motor en serie, el flujo de corriente en la armadura y en el campo se invierte simultáneamente, el motor seguirá girando en el mismo sentido.

5 CONCLUSIONES

- En aplicaciones especiales se emplean algunos tipos de máquinas dinamoeléctricas combinadas. Por lo general, es deseable cambiar de corriente continua a alterna o a la inversa, o cambiar de voltaje de alimentación de corriente continua, o la frecuencia o fase con alimentación de corriente alterna.
- Una forma de realizar dichos cambios es usar un motor que funcione con el tipo disponible de alimentación eléctrica para que haga funcionar un generador que proporcione a su vez la corriente y el voltaje deseados

6 ANEXOS





7 Bibliografía

- [1] Maquinas Eléctricas, 5ED. FRAILE MORA JESÚS. EDIT: MC GRAW HILL.
[2] Introducción a maquinas eléctricas y transformadores. MC PHERSON, GEORGE.
Hojas de laboratorio #36 El motor Universal Parte I TXT Wildi De Vito Eficiencias de las Máquinas Eléctricas

Anexo 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	PRÁCTICAS DE LABORATORIOS	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-03	

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
S. Cabay F. Chadán		
FECHA: 10-04-2018	FECHA: 10-04-2018	FECHA: 10-04-2018

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTRICA	IELE	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:		DURACIÓN (HORAS)
03	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	El motor de inducción de jaula de ardilla	

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

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

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	PRÁCTICAS DE LABORATORIOS	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-03	

En comparación con el complicado devanado del rotor devanado, o con la armadura de un motor de c-d, el rotor de jaula de ardilla es relativamente simple. Es fácil de fabricar y generalmente trabaja sin ocasionar problemas de servicio. En un motor de inducción de jaula de ardilla ensamblado, la periferia del rotor está separada del estator por medio de un pequeño entrehierro. La magnitud de este entrehierro es, en efecto, tan pequeña como 10 permitan los requerimientos mecánicos. Esto asegura que, al efectuarse la inducción electromagnética ésta sea la más fuerte posible.

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

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

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

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

2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Módulo de motor de inducción de jaula de ardilla
- Módulo de electrodinamómetro
- Módulo de Interfaz de adquisición de datos
- Módulo de fuente de alimentación (0-120/208V, 3cf)
- Módulo de medición de e-a (250V)
- Módulo de medición de e-a (2.5/ 2.5/ 2.5/ 8A)
- Tacómetro de mano
- Cables de conexión
- Banda

2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

EPP: Mandil, gafas claras, guantes.

Instrucciones de seguridad:

Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
 Lea y comprenda el manual de seguridad y operación de la máquina de ensayos universales
 No corra dentro del laboratorio
 Absténgase de usar el teléfono celular
 Aleje sus manos de las partes móviles del equipo

3 PROCEDIMIENTO

Procedimiento

Advertencia: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga ninguna conexión cuando la fuente esté conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

1. Examine la construcción del Módulo EMS 8221 de motor de inducción de caja de ardilla, fijándose especialmente en el motor, las terminales de conexión y el alambrado.
2. Identifique los devanados del estator. Observe que se componen de muchas vueltas de alambre de un diámetro pequeño, uniformemente espaciadas alrededor del estator. (Los devanados del estator son idénticos a los de un motor de inducción de rotor devanado.)
 - a) Identifique el abanico de enfriamiento.
 - b) Identifique los anillos de los extremos del rotor de jaula de ardilla.
 - c) Observe la longitud del entrehierro entre el estator y el rotor.
 - d) ¿Existe alguna conexión eléctrica entre el rotor y cualquier otra parte del motor?
3. Se observa el módulo desde la cara delantera:
 - a) Los devanados independientes del estator, se conectan a terminales: 1 y 4, 2 y 5, 3 y 6.
 - b) La corriente nominal del estator es de 1,5 A
 - c) El voltaje nominal de los devanados del estator es de 120 V
 - d) La velocidad nominal es de 1670 r / min, y la potencia del motor es de 14hp
 - Conexión de la fuente y la interfaz de adquisición de datos y de control.
 - Verificar que la fuente de alimentación y la interfaz estén apagados sin conexión a una alimentación.
 - Conecte las terminales 4,5,6 de la fuente de alimentación a las terminales de tensión E_1 , E_2 y E_3 (rojo) respectivamente.
 - De las terminales E_1 , E_2 y E_3 (rojo) conecte en los terminales de corriente de 4A I_1 , I_2 y I_3 respectivamente.
 - Realice la conexión de las terminales de la fuente 4 y con el terminal de interfaz en tensión E_3 , 5 con E_1 y 6 con E_2 .
 - Conecte el cable USB tipo A/B a la computadora y la alimentación de 24 voltios.
 - Conecte las terminales del motor 1 con el terminal de la Interfaz en corriente con I_1 , 2 con I_2 y 3 con I_3 .
 - Conecte las terminales 4,5 y 6 de motor entre sí.
4. Conecte el circuito que se ilustra en la Figura 1, usando los Módulos EMS de motor de jaula de ardilla, electrodinamómetro, Interfaz de adquisición de datos trifásico, fuente de alimentación y medición de e-a, ¡No acople el motor al dinamómetro todavía! Observe que los devanados del

estator están conectados en estrella a través del Interfaz de adquisición de datos , a la salida trifásica variable de la fuente de alimentación, terminales 4, 5 Y 6.

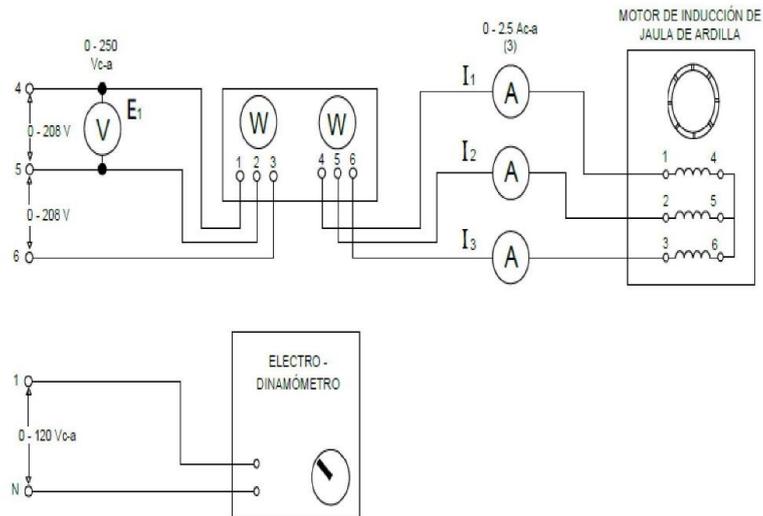


Figura 1

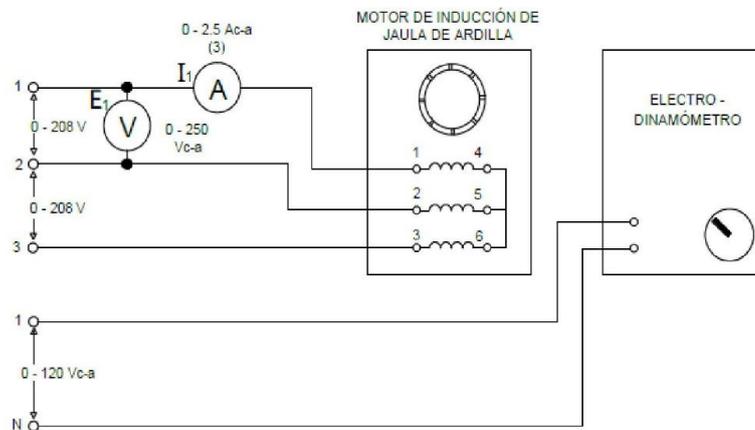


Figura 2

5. Conecte la fuente de alimentación y ajuste E_1 a 208V e-a. El motor debe comenzar a funcionar.
 - a) Mida y anote en la Tabla 1, las tres corrientes de línea, las lecturas del Interfaz de adquisición de datos y la velocidad del motor.
 - b) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

6. Acople el motor al electrodinamómetro por medio de la banda.
 - a) Mueva la perilla de control del dinamómetro a su posición extrema haciéndola girar en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.
 - b) Repita el Procedimiento 5 para cada uno de los pares anotados en la Tabla 1, manteniendo el voltaje de entrada en 208V c-a.
 - c) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.
7. Conecte el circuito que aparece en la Figura 2. Observe que ahora se utiliza la salida trifásica fija de la fuente de alimentación, terminales 1, 2 Y 3.
 - a) Ponga la perilla de control del dinamómetro en su posición extrema haciéndola girar en el sentido de las manecillas del reloj (con el fin de darle al motor una carga máxima en el arranque).
8. Conecte la fuente de alimentación y mida rápidamente E" 1, I1 Y el par de arranque desarrollado.

$$E1 = 208 \text{ V c - a}$$

$$I1 = 3,9 \text{ A c - a}$$

$$\text{Par de arranque} = 27 \text{ lbf} * \text{plg}$$

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

$$PA = V * I (1)$$

$$PA = 208\text{V} * 3,9\text{A}$$

$$\text{Potencia aparente} = 811.2 \text{ VA}$$

Par	I1	I2	I3	W1	W2	Velocidad
0	0,65	0,7	0,72	80	15	1782
3	0,75	0,8	0,81	120	20	1748
6	0,9	1	1	150	27	1732
9	1,1	1,1	1,1	180	77	1702
12	1,2	1,3	1,3	220	130	1600

Tabla 1

4 PRUEBAS DE CONOCIMIENTO

1. Con los resultados de la tabla 1, calcule las características en vacío del motor de jaula de ardilla
 - a) Corriente media: la corriente media es el promedio de las corrientes
 $I_{prom} = 2.71 \text{ A}$
 - b) Potencia aparente: Es el resultado que se obtiene al hacer la multiplicación entre el voltaje y la corriente media trifásica

$$PA = V * I (1)$$

$$PA = 208\text{V} * 4,7\text{A}$$

$$PA = 977,6 \text{ VA}$$
 - c) Potencia real: La potencia real es el resultado de la multiplicación entre el voltaje y la corriente y el factor de potencia
 $P = 256,2 \text{ w}$
 - d) Potencia reactiva = 846,6 var
 - e) Factor de potencia FP = 0,5

2. Compare las características de operación de jaula de ardilla con las del motor de rotor devanado. El motor de jaula de ardilla consta de un rotor constituido por una serie de conductores metálicos (normalmente de aluminio) dispuestos paralelamente unos a otros, y cortocircuitados en sus extremos por unos anillos metálicos, esto es lo que forma la llamada jaula de ardilla por su similitud gráfica con una jaula de ardilla. Esta 'jaula' se rellena de material, normalmente chapa apilada. De esta manera, se consigue un sistema n-fásico de conductores (siendo n el número de conductores) situado en el interior del campo magnético giratorio creado por el estator, con lo cual se tiene un sistema físico muy eficaz, simple, y muy robusto (básicamente, no requiere mantenimiento).

El motor de rotor bobinado tiene un rotor constituido, en vez de por una jaula, por una serie de conductores bobinados sobre él en una serie de ranuras situadas sobre su superficie. De esta forma se tiene un bobinado en el interior del campo magnético del estator, del mismo número de polos (ha de ser construido con mucho cuidado), y en movimiento. Este rotor es mucho más complicado de fabricar y mantener que el de jaula de ardilla, pero permite el acceso al mismo desde el exterior a través de unos anillos que son los que cortocircuitan los bobinados. Esto tiene ventajas, como la posibilidad de utilizar un reostato de arranque que permite modificar la velocidad y el par de arranque, así como el reducir la corriente de arranque.

El motor de inducción de jaula de ardilla es una de las máquinas más seguras y más usadas en la industria porque esta 'jaula' se rellena de material, normalmente chapa apilada. De esta manera, se consigue un sistema n-fásico de conductores (siendo n el número de conductores) situado en el interior del campo magnético giratorio creado por el estator, con lo cual se tiene un sistema físico muy eficaz, simple, y muy robusto (básicamente, no requiere mantenimiento).

5 CONCLUSIONES

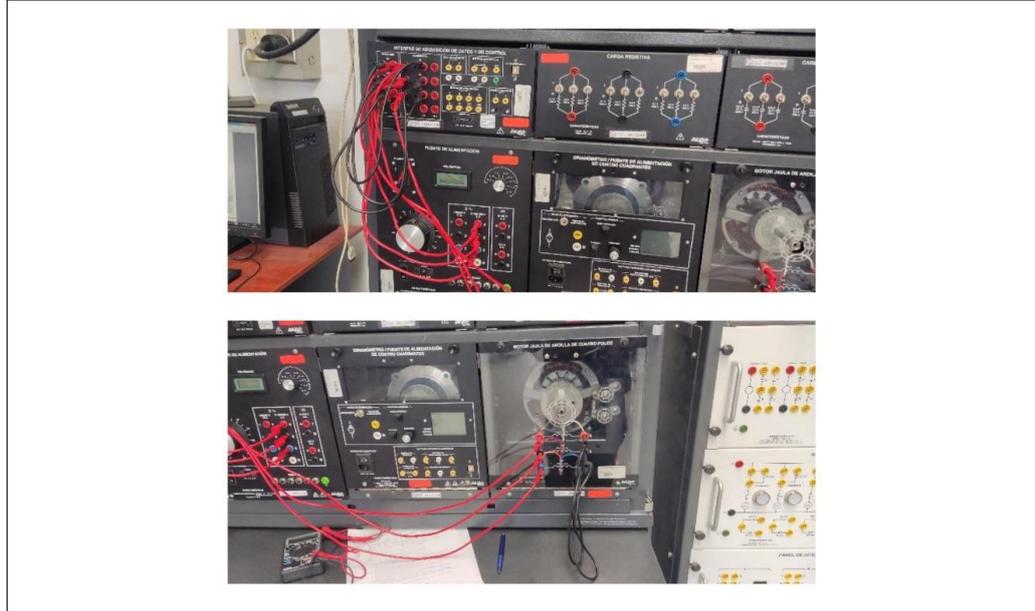
- En aplicaciones especiales se emplean algunos tipos de máquinas dinamoeléctricas combinadas. Por lo general, es deseable cambiar de corriente continua a alterna o a la inversa, o cambiar de voltaje de alimentación de corriente continua, o la frecuencia o fase con alimentación de corriente alterna.
- Una forma de realizar dichos cambios es usar un motor que funcione con el tipo disponible de alimentación eléctrica para que haga funcionar un generador que proporcione a su vez la corriente y el voltaje deseados

6 ANEXOS









7 Bibliografía

- [1] Maquinas Eléctricas, 5ED. FRAILE MORA JESÚS. EDIT: MC GRAW HILL.
 - [2] Introducción a maquinas eléctricas y transformadores. MC PHERSON, GEORGE.
- Hojas de laboratorio #52 El motor Universal Parte I TXT Wildi De Vito Eficiencias de las Máquinas Eléctricas

Anexo 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	PRÁCTICAS DE LABORATORIOS	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-04	

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
S.Cabay F. Chadan		
FECHA:10-04-2018	FECHA:10-04-2018	FECHA: 10-04-2018

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTRICA	IELE	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:		DURACIÓN (HORAS)
04	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	El motor síncrono parte I	

1	OBJETIVO
	1.- Analizar la estructura de un motor síncrono trifásico. 2- Calcular las características de arranque del motor síncrono trifásico.

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	2.1. INTRODUCCIÓN Exposición El motor síncrono deriva su nombre del término velocidad síncrona, que es la velocidad natural del campo magnético giratorio del estator. Como ya se vio antes, la velocidad natural de rotación está determinada por el número de pares de polos y la frecuencia de la potencia aplicada. Al igual que el motor de inducción, el motor síncrono utiliza un campo magnético giratorio, pero a diferencia del motor de inducción, el par desarrollado no depende de las corrientes de inducción del rotor. En resumen, el principio de operación del motor síncrono es el siguiente: se aplica una fuente multifásica de c-a a los devanados del estator y se produce un campo magnético rotatorio. Se aplica una corriente directa a los devanados del rotor y se produce un campo magnético fijo. El motor está construido en tal forma que cuando estos dos campos magnéticos reaccionan entre sí, el rotor gira a la misma velocidad que el campo magnético giratorio. Si se aplica una carga al eje del rotor, éste tendrá un atraso momentáneo con relación al campo giratorio; pero seguirá girando a la misma velocidad síncrona.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	PRÁCTICAS DE LABORATORIOS	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-04	

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

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

2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Módulo de motor síncrono /generador
Módulo de electrodinamómetro
Módulo de fuente de alimentación
(0-120/208V, 3Ø, 120V c-d, 0-120 V c-d)
Módulo de interruptor de sincronización
Módulo de medición de c-a (8)
Módulo de medición de c-a (250V)
Tacómetro de mano
Cables de conexión
Banda

2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

EPP: Mandil, gafas claras, guantes.

Instrucciones de seguridad:

Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
Lea y comprenda el manual de seguridad y operación de la máquina de ensayos universales
No corra dentro del laboratorio
Absténgase de usar el teléfono celular
Aleje sus manos de las partes móviles del equipo

3 PROCEDIMIENTO

Procedimiento

Advertencia: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga ninguna conexión cuando la fuente esté conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

1. Examine la estructura del Módulo EMS 8241 de motor síncrono generador, fijándose especialmente en el motor, los anillos colectores, el reóstato, las terminales de conexión y el alambrado.
2. Observe el motor desde la parte posterior del módulo:
 - a) Identifique los dos anillos colectores y las escobillas.
 - b) ¿Se pueden mover las escobillas? = SI
 - c) Observe que las terminales de los dos devanados del rotor se llevan hasta los anillos colectores a través de una ranura en el eje del rotor.
 - d) Identifique los devanados amortiguadores de c-d en el rotor. (Aunque sólo son dos devanados, están conectados en tal forma que sus fuerzas magnetomotrices actúan en oposición, creando así cuatro polos.)
 - e) Identifique los cuatro polos salientes inmediatamente debajo de los devanados de amortiguación.
 - f) Identifique el devanado del estator y observe que es idéntico al de los motores trifásicos de jaula de ardilla y de rotor devanado.
3. Observe desde la cara delantera del módulo:
 - a) Los tres devanados independientes del estator están conectados a las terminales = 1y 4, 2y 5, 3y 6
 - b) ¿Cuál es el voltaje nominal de los devanados del estator? = 120 V
 - c) ¿Cuál es la corriente nominal de los devanados del estator? = 1 A
 - d) El devanado del rotor se conecta (a través del reóstato de 150Ω) a las terminales = 7y 8.
 - e) ¿Cuál es la corriente nominal del devanado del rotor? $I = 0,6$ A.
 - f) ¿Cuál es el voltaje nominal del devanado del rotor? = 120 V c-d.
 - g) ¿Cuál es la velocidad nominal y la potencia del motor?

r/min = 1800 rpm

hp = $\frac{1}{4}$ hp

CARACTERÍSTICAS DE ARRANQUE

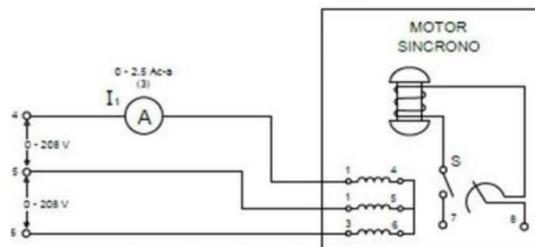


Figura 1

4. Conecte el circuito ilustrado en la Figura 1, utilizando los Módulos EMS de motor síncrono/generador, fuente de alimentación y medición de c-a.

- Conexión de la fuente y la interfaz de adquisición de datos y de control.
- Verificar que la fuente de alimentación y la interfaz estén apagados sin conexión a una alimentación.
- Conecte el terminal 1 de la fuente de alimentación al terminal 1 del amperímetro, la salida 2 del amperímetro al terminal 1 del módulo de motor síncrono/generador
- Conecte los terminales 4, 5 y 6 del módulo de motor síncrono/generador entre si
- Conecte el terminal 2 de la fuente de alimentación al terminal 2 del módulo de motor síncrono/generador
- Conecte el terminal 3 de la fuente de alimentación al terminal 3 del módulo de motor síncrono/generador

Observe que los tres devanados del estator están conectados en estrella a la salida trifásica fija de 208V de la fuente de alimentación, terminales 1,2 y 3

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

Rotación = Sentido horario $I_l = 1,21A$ c-a

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

Rotación = Anti horario $I_l = 1,21A$ c-a

La Comenté en diferente conexión es la misma diferencia es en el sentido de rotación del motor

- e) Desconecte la fuente de alimentación.
6. Conecte el circuito que aparece en la Figura 2, con los Módulos EMS del electrodinamómetro y el interruptor de sincronización.
 - Conexión de la fuente y la interfaz de adquisición de datos y de control.
 - Verificar que la fuente de alimentación y la interfaz estén apagados sin conexión a una alimentación.
 - Conecte las terminales 4,5,6 de la fuente de alimentación a las terminales 1, 2 y 3 del módulo de interruptor de sincronismo respectivamente.
 - Conecte el terminal 6 del módulo de interruptor de sincronismo al terminal 1 del amperímetro, la salida 2 del amperímetro al terminal 1 del módulo de motor síncrono/generador
 - Conecte el terminal 5 del módulo de interruptor de sincronismo al terminal 2 del módulo de motor síncrono/generador
 - Conecte el terminal 6 del módulo de interruptor de sincronismo al terminal 3 del módulo de motor síncrono/generador
 - Conecte los terminales 4, 5 y 6 del módulo de motor síncrono/generador entre si
 - Conecte el terminal 8 de la fuente de alimentación al terminal 7 del módulo de motor síncrono/generador

- Conecte el terminal N de la fuente de alimentación al terminal 8 del módulo de motor síncrono/generador
- Los terminales 1 y 2 de la fuente de alimentación conecte a la alimentación de módulo de electrodinámometro

Acople el motor al electrodinámometro por medio de la banda.

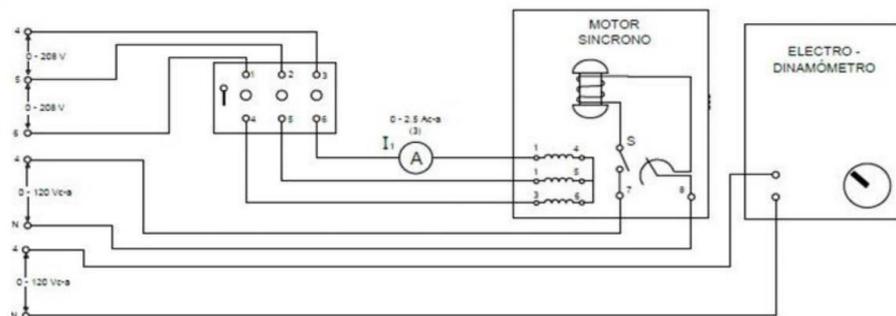


Figura 2

- a) El módulo de interruptor de sincronización se utilizará como interruptor para la potencia trifásica que va a los devanados del estator. Ponga el interruptor en la posición "off".
 - b) El electrodinámometro se conecta a la salida fija de 120V c-a de la fuente de alimentación, terminales 1 y N. Ajuste la perilla de control del dinamómetro al 40 por ciento aproximadamente de excitación
 - c) El rotor del motor síncrono se conecta a la salida fija de 120V c-d de la fuente de alimentación 8 y N. Ajuste el reóstato de campo a una resistencia cero (la perilla de control debe ponerse en la posición extrema, haciéndola girar en el sentido de las manecillas del reloj).
 - d) Si el motor síncrono tiene el interruptor S, ciérrelo al llegar a este paso.
- a) Conecte la fuente de alimentación. A continuación aplique potencia trifásica cerrando el interruptor de sincronización y observe lo que sucede. ¡No aplique la potencia más de 10 segundos!
 - b) Describa lo que sucede. El motor no puede arrancar conectando la corriente directamente, se produjeron vibraciones en el motor
 - c) ¿Qué lectura dio el amperímetro? = 5,2 A
 - d) Si un motor síncrono tiene carga, ¿debe arrancarlo cuando existe excitación de c-d en su campo? Al tener un bajo par de arranque no trabaja
- a) Conecte el rotor del motor síncrono a la salida variable de 0-120V c-d de la fuente de alimentación, terminales 7 y N. No cambie ninguna de las otras conexiones o los ajustes del control.
 - b) Con el control del voltaje variable de salida en cero, conecte la fuente de alimentación. Aplique potencia trifásica cerrando el interruptor de sincronización y observe lo que sucede.
 - c) Describa lo que pasó.

El motor si funcionó ya que la I (corriente) suministrada fue gradual provocando que el motor lentamente inicie con la carga conectada.

- d) ¿Funciona el aparato como motor de inducción?
 - e) Al no trabajar con corriente directa funciona el motor
 - f) Ajuste cuidadosamente la salida de la fuente de alimentación a 120V c-d, según lo indique el medidor de la fuente de alimentación.
 - g) Describa lo que sucede. = La I de arranque disminuye y la I de excitación aumento
- 10.
- a) Conecte el circuito que se ilustra en la Figura 1-3. Observe cómo está conectado el motor síncrono; ésta es la configuración normal de arranque (como un motor de inducción trifásico de jaula de ardilla).
 - Conexión de la fuente y la interfaz de adquisición de datos y de control.
 - Verificar que la fuente de alimentación y la interfaz estén apagados sin conexión a una alimentación.
 - Conecte el terminal 1 de la fuente de alimentación al terminal 1 del amperímetro, la salida 2 del amperímetro al terminal 1 del módulo de motor síncrono/generador
 - Conecte los terminales 4, 5 y 6 del módulo de motor síncrono/generador entre sí
 - Conecte el terminal 2 de la fuente de alimentación al terminal 2 del módulo de motor síncrono/generador
 - Conecte el terminal 3 de la fuente de alimentación al terminal 3 del módulo de motor síncrono/generador
 - Conecte el terminal 1 de la fuente de alimentación al terminal 1 del primer voltímetro
 - Conecte el terminal 2 de la fuente de alimentación al terminal 2 del primer voltímetro
 - Conecte el terminal 7 del módulo de motor síncrono/generador al terminal 1 del segundo voltímetro
 - Conecte el terminal 8 del módulo de motor síncrono/generador al terminal 2 del segundo voltímetro
 - b) Ajuste la perilla de control del dinamómetro en su posición extrema haciéndola girar en el sentido de las manecillas del reloj (a fin de proporcionarle al motor síncrono la máxima carga en el arranque).
 - c) Si el motor síncrono tiene el interruptor S, ciérrelo al llegar a este paso.

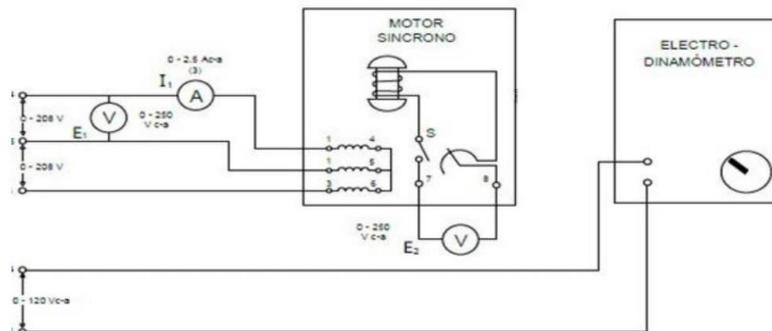


Figura 3

- 11.
- Conecte la fuente de alimentación y mida rápidamente E1, E2, I1 y el par de arranque desarrollado. Desconecte la fuente de alimentación.
 - Calcule la potencia aparente suministrada al motor en el arranque.
Potencia aparente El dato obtenido de la corriente es muy elevado y me arroja un voltaje muy alto
 - Calcule el par a plena carga correspondiente a 1/4 hp a 1 800 r/min.
=0,729 lbf.plg
 - Explique por qué se indujo un alto voltaje en c-a, E2 en los devanados del rotor.
Porque el voltaje se índice esto debido al campo magnético de los devanados
12. Sin cambiar el circuito, conecte la fuente de alimentación y, para reducir la carga, haga girar con lentitud la perilla de control del dinamómetro en sentido contrario al de las manecillas del reloj. El motor aumentará a velocidad plena y funcionará como motor de inducción de jaula de ardilla. Observe el efecto producido en el voltaje inducido E2.
- ¿Por qué se reduce E2 conforme se incrementa la velocidad del motor? =
Se deja de inducir voltaje cuando llega a su velocidad nominal

- | | |
|----------|--------------------------------|
| 4 | PRUEBAS DE CONOCIMIENTO |
|----------|--------------------------------|
- ¿Qué precauciones deben tomarse durante el período de arranque de un motor síncrono?
Estar sin carga del motor, debido a que una nueva carga produce que comience a vibrar y el arranque sea casi nulo
 - Si se quitara el devanado de jaula de ardilla de un motor síncrono, ¿podría arrancar por si solo?
No arranca al bajo par nominal
 - Indique dos razones por las que el devanado del rotor de un motor síncrono se conecta casi siempre a una resistencia externa durante el arranque. =
 - Para el aumento del par de arranque con una resistencia variable
 - La disminución de la corriente de arranque
 - Compare las características de arranque el motor síncrono con las del motor de inducción trifásico de jaula de ardilla
La velocidad de la máquina síncrona es la misma en la que hora el campo magnético mientras que la velocidad del motor de inducción depende de la alimentación, frecuencia.
El motor síncronico tiene bajo par de arranque mientras el motor inducido un alto par de arranque.

- | | |
|----------|---------------------|
| 5 | CONCLUSIONES |
|----------|---------------------|
- Una de la característica principal de este tipo de motores es que trabaja a una velocidad constante que depende de la frecuencia de la red.
 - La corrección del factor de potencia ayuda a reducir los costos y mejorar la eficiencia del motor.
 - Actúa en un amplio rango de velocidad y la estabilidad es constante sin importar la variación de carga.

6 ANEXOS



7 Bibliografía

- [1] Maquinas Eléctricas, 5ED. FRAILE MORA JESÚS. EDIT: MC GRAW HILL.
 - [2] Introducción a maquinas eléctricas y transformadores. MC PHERSON, GEORGE.
- Hojas de laboratorio #53 El motor Universal Parte I TXT Wildi De Vito Eficiencias de las Máquinas Eléctricas

Anexo 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	PRÁCTICAS DE LABORATORIOS	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-05	

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
S. Cabay F. Chadán		
FECHA: 10-04-2018	FECHA: 10-04-2018	FECHA: 10-04-2018

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTRICA	IELE	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	DURACIÓN (HORAS)
05	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	El motor síncrono parte II

1	OBJETIVO
	1.- Entender por qué el motor síncrono puede comportarse como inductancia o capacitancia variables. 2.- Obtener la curva característica de la corriente de c-a en función de la corriente en c-d, para el motor síncrono.

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

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

Si el rotor se excita más todavía, tendiendo a crear más magnetismo que el que requiere el motor, entonces la línea de potencia comienza a proporcionar una potencia reactiva negativa al estator a fin de mantener constante el flujo total. Sin embargo, la potencia reactiva negativa corresponde a un capacitor y el motor síncrono actúa entonces como una carga capacitiva trifásica con relación a la línea de potencia.

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

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

2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Módulo de motor/generador síncrono
- Módulo de electrodinamómetro
- Módulo de interfaz de adquisición de datos y control
- Módulo de fuente de alimentación
(0-120/208V, 3Ø, 0-120 V c-d)
- Módulo de medición de c-a (0.5/2.5A)
- Módulo de medición de c-a (250V)
- Módulo de medición de c-d (0.5/2.5A)
- Cables de conexión

2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

EPP: Mandil, gafas claras, guantes.

Instrucciones de seguridad:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación de la máquina de ensayos universales
- No corra dentro del laboratorio
- Absténgase de usar el teléfono celular
- Aleje sus manos de las partes móviles del equipo

3 PROCEDIMIENTO

Procedimiento

Advertencia: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga ninguna conexión cuando la fuente esté conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

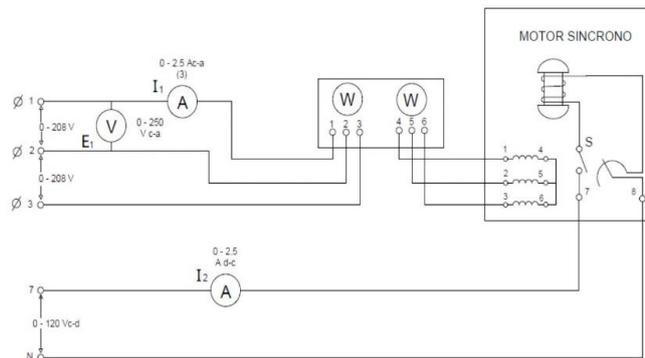


Figura 1

1.- Conecte el circuito que aparece en la Figura 1, utilizando los Módulos EMS de motor/generador sincrónico, interfaz de adquisición de datos y control, fuente de alimentación y módulos de medición.

Observe qué los devanados del estator están conectados, a través del interfaz de adquisición de datos y control, a la salida fija de 208V, 3Ø de la fuente de alimentación, terminales 1, 2 y 3. El devanado de rotor está conectado, a través del amperímetro, a la salida variable de 0-120V c-d de la fuente de alimentación, terminales 7 y N. La perilla de control de voltaje debe estar en cero.

b) Si el motor está equipado con un interruptor S, ábralo al llegar a este paso.

c) Ajuste el campo del reóstato para resistencia cero (haga girar totalmente la perilla en el sentido de las manecillas del reloj).

2.- a) Conecte la fuente de alimentación; el motor debe comenzar a funcionar. Observe el valor de la corriente alterna El motor toma potencia reactiva positiva de la fuente de alimentación a una excitación de c-d igual a cero, y funciona como un inductor.

b) Si el motor tiene un interruptor S, ciérrelo al llegar a este paso.

c) Aumente gradualmente la excitación de c-d hasta que la corriente alterna I_1 esté en su valor mínimo. La interfaz de adquisición de datos y control deben indicar lecturas positivas idénticas y, en lo que respecta a la fuente de alimentación, el motor se comporta como una resistencia.

d) Observe I_1 , I_2 , W_1 , Y W_2

$$\begin{array}{ll}
 I_1 \text{ min} = 0,9 \text{ A c-a,} & I_2 \text{ min} = 0,6 \text{ A c-d} \\
 W_1 = 10 \text{ W,} & W_2 = 10 \text{ W}
 \end{array}$$

e) Aumente la excitación de c-d y observe que la corriente alterna I_1 comienza a aumentar nuevamente. El motor toma una potencia reactiva negativa de la fuente de alimentación y se comporta como un capacitor.

3.- a) Reduzca la excitación de c-d a cero; mida y anote E₁, I₁, W₁ y W₂, en la Tabla 1.
 b) Repita esta operación para cada valor de corriente directa indicado en la Tabla 1. Cuando la excitación exceda de 0.6A c-d, tome las mediciones tan rápidamente como sea posible. Desconecte la fuente de alimentación y cambie la escala del amperímetro cuando la corriente descienda por abajo de 0.5A c-d. c) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

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

I₂ (amps)	E₁ (volts)	I₁ (amps)	POTENCIA (VA)	W₁	W₂	POTENCIA (watts)	FP
0	225	1,25	281	75	165	281,25	0,58
0,1	225	1,1	247	65	135	247,5	0,54
0,2	225	0,8	180	45	100	180	0,55
0,3	225	0,65	146	30	80	146,25	0,54
0,4	225	0,5	112	20	60	112,5	0,53
0,5	225	0,3	67	0	25	67,5	0,37
0,6	225	0,2	45	0	10	45	0,22
0,7	225	0,15	33	15	0	33,75	0
0,8	225	0,23	45	30	0	51,75	0
0,9	225	0	0	40	5	0	0

Tabla 1

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

$$PR = \sqrt{281,25^2 - 165^2} = 227,76 \text{ VAR}$$

b) El factor de potencia ¿es adelantado o atrasado? = Atrasado.

6.- a) De acuerdo con los resultados de la Tabla 1, calcule la potencia reactiva para la máxima corriente del rotor en c-d. = 0

b) ¿El factor de potencia (es adelantado o atrasado)? = Adelantado (Teóricamente debe ser adelantado, debido a que los datos obtenidos no son los correctos, este dato no puede ser mostrado)

7.- De acuerdo con los resultados de la Tabla 1, calcule la potencia reactiva a la corriente mínima de estator.

Potencia reactiva = 33,77 var (en este caso sucede lo mismo, debido a los datos obtenidos no se puede asegurar que el dato sea el correcto)

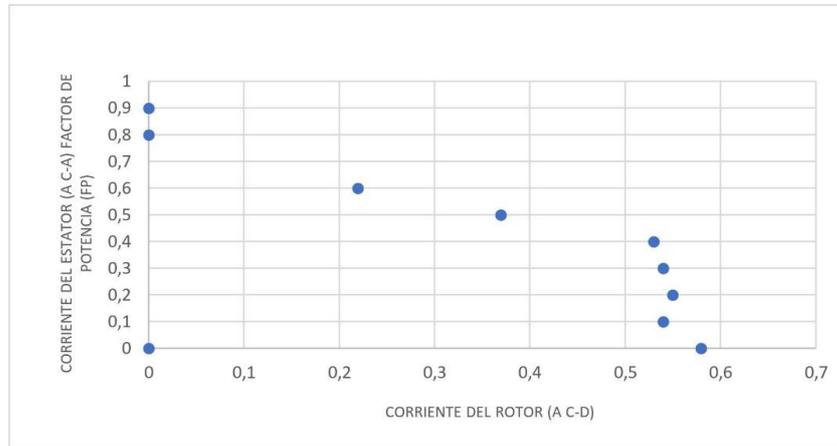


Figura 2

4 PRUEBAS DE CONOCIMIENTO

- 1.- a) En la gráfica de la Figura 2 marque los valores anotados de corriente alterna en función de los valores de corriente directa según la Tabla 1.
- b) Trace una curva continua por todos los puntos marcados.
- c) En la gráfica de la Figura 2 marque los factores de potencia medidos en función de los valores de corriente según la Tabla 1.
- d) Dibuje una curva continua por los puntos marcados.
- e) Haga sus comentarios acerca de la forma de ambas curvas.
A medida que se aumenta la corriente se corrige el factor de potencia
- 2.- El motor síncrono se denomina a veces capacitor síncrono. Explique esto.
La corriente es alta en el rotor al igual que en el campo magnético, corrigiendo el factor de potencia
- 3.- ¿Podría llamarse a un motor síncrono, inductor síncrono?
Con una corriente pequeña mina en el rotor y el único campo magnético sería del estator, atrasando el factor de potencia.
- 4.- Escriba sus observaciones acerca de la potencia real consumida por el motor durante el Procedimiento 3
Cuando se sube la excitación en el rotor se disminuye la potencia real

5 CONCLUSIONES

- La velocidad a la que rota también es constante y depende de la frecuencia, el rotor gira a las mismas revoluciones que lo hace el campo magnético, lo que garantiza un par de motor constante.

6 ANEXOS



7 Bibliografía

- [1] Maquinas Eléctricas, 5ED. FRAILE MORA JESÚS. EDIT: MC GRAW HILL.
 - [2] Introducción a maquinas eléctricas y transformadores. MC PHERSON, GEORGE.
- Hojas de laboratorio #53 El motor Universal Parte I TXT Wildi De Vito Eficiencias de las Máquinas Eléctricas

Anexo 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	PRÁCTICAS DE LABORATORIOS	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-01	

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTICAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:		DURACIÓN (HORAS)
	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Watt, Var, Voltampere y Factor de Potencia	

1	OBJETIVO
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entender cómo se relacionan el watt, el var y el voltampere. 2. Determinar la potencia aparente, real y reactiva de un motor monofásico. 3. Aprender cómo se puede mejorar el factor de potencia de un motor.

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p>Exposición</p> <p>El motor universal de CA/CD se utiliza en herramientas portátiles como taladros, sierras, pulidoras eléctricas, batidoras, licuadoras, etc., en los que la alta velocidad, mucha potencia y tamaño pequeño constituyen una ventaja.</p> <p>Básicamente es más semejante al motor de c-d que al de c-a y tiene ciertas desventajas que se pueden evitar en motores de inducción de c-a. La principal desventaja consiste en que necesita conmutación y escobillas.</p>

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
	PRÁCTICAS DE LABORATORIOS	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-01	

El motor universal es fundamentalmente un motor de c-d diseñado especialmente para funcionar con c-a y con c-d. Un motor serie normal de c-d funciona muy deficientemente en c-a, debido sobre todo a dos razones:

La alta reactancia de los devanados de armadura y campo limitan la corriente de c-a a un valor mucho menor que la corriente directa (para el mismo voltaje de línea).

Si se usa acero sólido para el marco o yugo del estator, el flujo de c-a producirá grandes corrientes parasitas en él y, por lo tanto, se calentará.

La reactancia del devanado armadura puede reducirse colocando un devanado de compresión en el estator, de tal modo que los flujos se opongan o “anulen” entre si. Este mismo devanado de compensación se puede conectar en serie con el de armadura. En este caso se dice que el motor está conductivamente compensando. En estas condiciones, el motor universal tendrá características de operación similares, ya sea que funcione en c-a o en c-d.

El devanado de compensación puede conectarse en circuito corto para que se comporte como el secundario de un transformador en corto circuito (el devanado de armadura actúa como primario). La corriente inducida de c-a en el devanado de compensación produce un flujo que se opone o “neutraliza” al de la corriente de armadura y se dice que el motor está inductivamente compensado. La reactancia del devanado de campo se puede mantener a un valor bajo, limitando el número de vueltas.

2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Módulo de Fuente de Energía (0-120V c-a,)
- Módulo de motor monofásico de fase hendida con arranque por capacitor
- Módulo de Medición de c-a (2.5/8A)
- Módulo de Medición de c-a (250V)
- Módulos de Capacitancia (2)
- Módulo de Interfaz de adquisición de datos
- Cables de conexión

2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

EPP: Mandil, gafas claras, guantes.

Instrucciones de seguridad:

Lea y comprenda la presente guía de laboratorio

Lea y comprenda el manual de seguridad y operación de la máquina de ensayos universales

No corra dentro del laboratorio

Absténgase de usar el teléfono celular

Aleje sus manos de las partes móviles del equipo

3 PROCEDIMIENTO

Procedimiento

Advertencia: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga ninguna conexión cuando la fuente está conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

1. Use los Módulos EMS de motor monofásico de fase Hendida/arranque por capacitor, medición de c-a, la interfaz de adquisición de datos y de control y fuente de energía, para conectar el circuito que aparece en la figura 1.

Conexión del diagrama

- Verificar que los equipos estén apagados.
- Conecte los terminales 4 y N de la fuente de alimentación a los terminales del módulo de interfaz de adquisición de datos 4 con I_1 , (rojo) N a (negro).
- Del terminal E_1 (negro) a I_2 (Negro) del módulo de Interfaz.
- Se conecta I_1 (negro) del módulo de Interfaz al terminal 2 del módulo de motor monofásico de fase hendida
- Conecte los terminales 2 y 6 del módulo de motor monofásico de fase hendida
- Conecte las terminales 7 y 4 del motor entre sí.
- Del terminal 1 del motor conecte al 3.
- Posteriormente conecte el terminal 3 de motor a N de la fuente de alimentación.

(Ahora, el motor ha quedado conectado para funcionar en fase hendida,)
!NO APLIQUE CORRIENT EN ESTE MOMENTO!

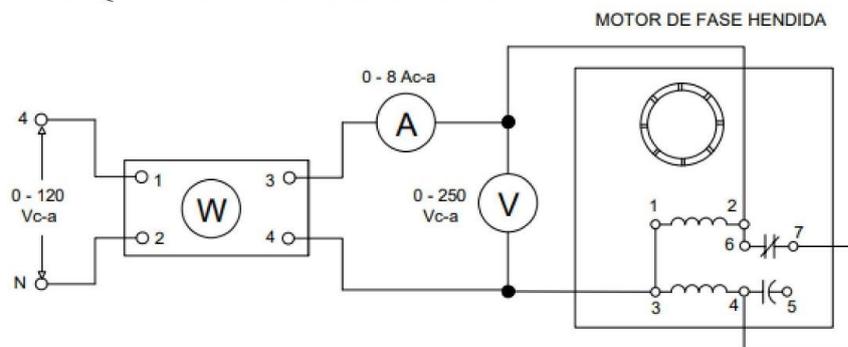


Figura 1

2. Muestre al maestro el circuito que acaba de conectar para que él lo revise.

3. Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 120V c-a, guiándose por las lecturas que dé el voltímetro de c-a conectado al motor. (el motor debe estar funcionando.)

a) Mida y anote la corriente de línea.

$$I_L = \dots \text{Ac} - a$$

b) Mida y anote la potencia real.

$$P = \dots \dots W$$

4. Baje a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.

a) Calcule la potencia aparente.

$$PA = \dots \dots VA$$

b) Calcule el factor de potencia.

$$FP = \dots$$

c) Calcule la potencia reactiva.

$$PR = \dots \dots var$$

5. Conecte en paralelo todos los módulos de capacitancia y el motor, como se indica en la figura 2. Conecte las seis secciones de capacitancia en paralelo y abra (posición abajo) todos los interruptores articulados de los capacitores.

- Conecte el terminal 2 del motor al módulo de carga capacitiva (parte superior rojo, negro y azul)
- Conecte el terminal 3 del motor al módulo de carga capacitiva (parte inferior rojo, negro, azul).

6.a) Conecte la fuente de energía y ajústela a 120Vc-a, como se hizo en el procedimiento 3. (el motor debe estar funcionando.)

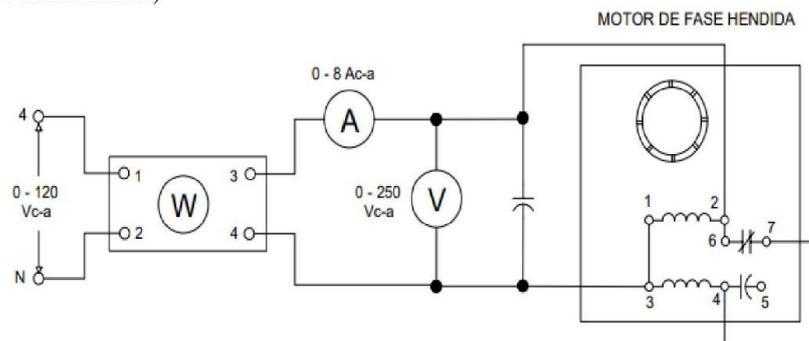


figura 2

b) Comience a aumentar la capacitancia del circuito cerrando los interruptores uno a la vez. Observe que la corriente de línea disminuye conforme aumenta la capacitancia. En algún punto, mientras sigue aumentando la capacitancia, la corriente de línea principiara a aumentar. (la corriente de línea ya ha pasado por su valor mínimo.)

c) Ajuste la capacitancia para obtener un mínimo de corriente de línea.

d) Mida y anote la corriente de línea.

$$IL = \dots \dots Ac - a$$

e) Mida y anote la potencia real.

$$P = \dots \dots W$$

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

d) calcule la potencia aparente.

$$PA = \dots \dots VA$$

b) Calcule el factor de potencia.

$$FP = \dots \dots$$

c) Calcule la potencia reactiva.

$PR = \dots \dots \dots \text{ var}$

8. Compare los resultados de los procedimientos 3 y 4 con los obtenidos en los procedimientos 6 y 7.

a) ¿Se produjo una reducción importante en la corriente de línea al agregar la capacitancia?
.....

b) ¿Se altero el funcionamiento del motor al aumentar la capacitancia?
.....

c) ¿Se requiere más o menos la misma potencia real, independientemente de que se añada o no capacitancia?
.....

¿Explique el por qué?

9. Conecte la fuente de energía y ajústela a 120Vc-a como antes.

a) Cierre todos los interruptores de capacitancia y mida la corriente de línea.
$$IL = \dots \dots \dots \text{ Ac - a}$$

b) Ajuste cuidadosamente los interruptores hasta obtener la mínima corriente de línea, en tanto que sigue aplicando a, exactamente, 120Vc-a al motor.
¿Qué valor de reactancia proporciona la corriente de línea más baja?
$$XC = \dots \dots \dots \text{ ohms}$$

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

4 PRUEBAS DE CONOCIMIENTO

1. Un electroimán toma 3Kw de potencia real y 4kvar de potencia reactiva.

a) calcule la potencia aparente.
$$PA = \dots \dots \dots \text{ VA}$$

b) Calcule el factor de potencia.
$$FP = \dots \dots$$

2. Un capacitor que toma 4kvar se conecta en paralelo con el electroimán de la pregunta 1.

a) calcule el nuevo valor de potencia aparente.
$$PA = \dots \dots \text{ VA}$$

b) ¿Cuál es el nuevo valor de potencia reactiva?
$$PR = \dots \dots \text{ var}$$

c) ¿Cuál es el nuevo valor de potencia real?
$$P = \dots \dots \text{ W}$$

d) ¿Cuál es el nuevo factor de potencia?

$FP =$

3. Si el capacitor de la pregunta 2 se sustituye con otro que tome 8kvar, calcule:

a) El nuevo valor de la potencia aparente
 $PA = \dots \quad VA$

b) La nueva potencia reactiva
 $PR = \dots \quad var$

c) La nueva potencia real
 $P = \dots \quad W$

d) El nuevo factor de potencia
 $FP = \dots$

e) ¿Se logró algo con la adición del capacitor? Explique por qué.

4. Cuando se agregó la capacitancia en este Experimento de Laboratorio, ¿varió la corriente que pasa por los devanados del motor?

5. ¿Cambiará la potencia real proporcionada al motor cuando se conectan capacitores en paralelo con éste?
 Explique por qué

5	CONCLUSIONES

6	ANEXOS

7	Bibliografía

Anexo 7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	PRÁCTICAS DE LABORATORIOS	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-02	

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
S.Cabay F. Chadan		
FECHA:10-04-2018	FECHA:10-04-2018	FECHA: 10-04-2018

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTRICA	IELE	

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:		DURACIÓN (HORAS)
02	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	EL MOTOR UNIVERSAL	

1	OBJETIVO
	<ol style="list-style-type: none"> 1. analizar la estructura del motor universal. 2. Determinar las características en vacío y plena carga cuando funciona con corriente alterna. 3. Determinar sus características en vacío y plena carga cuando funciona con corriente directa.

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p>Exposición</p> <p>El motor universal de CA/CD se utiliza en herramientas portátiles como taladros, sierras, pulidoras eléctricas, batidoras, licuadoras, etc., en los que la alta velocidad, mucha potencia y tamaño pequeño constituyen una ventaja.</p> <p>Básicamente es más semejante al motor de c-d que al de c-a y tiene ciertas desventajas que se pueden evitar en motores de inducción de c-a. La principal desventaja consiste en que necesita conmutación y escobillas.</p> <p>El motor universal es fundamentalmente un motor de c-d diseñado especialmente para funcionar con c-a y con c-d. Un motor serie normal de c-d funciona muy deficientemente en c-a, debido sobre todo a dos razones:</p>

La alta reactancia de los devanados de armadura y campo limitan la corriente de c-a a un valor mucho menor que la corriente directa (para el mismo voltaje de línea). Si se usa acero sólido para el marco o yugo del estator, el flujo de c-a producirá grandes corrientes parasitas en él y, por lo tanto, se calentará.

La reactancia del devanado armadura puede reducirse colocando un devanado de compensación en el estator, de tal modo que los flujos se opongan o “anulen” entre si. Este mismo devanado de compensación se puede conectar en serie con el de armadura. En este caso se dice que el motor está conductivamente compensando. En estas condiciones, el motor universal tendrá características de operación similares, ya sea que funcione en c-a o en c-d.

El devanado de compensación puede conectarse en circuito corto para que se comporte como el secundario de un transformador en corto circuito (el devanado de armadura actúa como primario). La corriente inducida de c-a en el devanado de compensación produce un flujo que se opone o “neutraliza” al de la corriente de armadura y se dice que el motor está inductivamente compensado. La reactancia del devanado de campo se puede mantener a un valor bajo, limitando el número de vueltas.

2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Módulo del motor universal
Módulo de fuente de alimentación (0-120V c-a, 0/120V c-d)
Módulo de electrodinamómetro
Módulo de medición de c-a (2.5/8A)
Módulo de medición de c-a (100/250V)
Módulo de medición de c-d (200V,2.5/5A)
Interfaz de adquisición de datos y control
Tacómetro de mano
Cables de conexión
Banda

2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

EPP: Mandil, gafas claras, guantes.

Instrucciones de seguridad:

Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
Lea y comprenda el manual de seguridad y operación de la máquina de ensayos universales
No corra dentro del laboratorio
Absténgase de usar el teléfono celular
Aleje sus manos de las partes móviles del equipo

3 PROCEDIMIENTO

Advertencia: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga ninguna conexión cuando la fuente esté conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

1. Examine la estructura del Módulo de motor universal EMS 8254, dando especial atención al motor, las escobillas, las terminales de conexión y el alambrado.
2. Si se observa el motor desde la parte posterior del módulo:
 - a) Identifique el devanado de armadura.
 - b) Identifique el estator.
 - c) Identifique el devanado principal en serie.
 - d) Identifique el devanado de compensación.
3. Si se observa el motor desde la parte delantera del módulo:
 - a) Identifique el conmutador.
 - b) Identifique las escobillas.
 - c) La posición neutra de las escobillas se indica mediante una línea roja marcada en la carcasa del motor. Identifíquela.
 - d) Las escobillas se pueden ubicar en el conmutador moviendo la palanca a la derecha o a la izquierda y luego vuélvala a su posición neutra.
4. Al observar la cara delantera del módulo:
 - a) El devanado principal en serie se conecta a las terminales y
 - b) El devanado de compensación está conectado a las terminales y
 - c) Las escobillas (conmutador y devanado de armadura) están conectadas a las terminales y

COMO ENCONTRAR LA POSICIÓN NEUTRA

5. A continuación, determinará la posición neutral de las escobillas del motor, utilizando corriente alterna. Conecte el circuito que parece en la Figura 1, utilizando los Módulos EMS de fuente de alimentación, medición de c-a y motor.
 - Conexión de la fuente de alimentación y la Interfaz de adquisición de datos y de control.
 - Verificar que los equipos estén apagados.
 - Conecte los terminales 4 d la fuente de alimentación al terminal 1 del módulo de motor universal.
 - Conecte las terminales N de la fuente de alimentación a la terminal 2 del módulo de motor universal.
 - Del terminal 5 del módulo del motor al módulo de voltímetro Ac en la entrada 1 del primer voltímetro.
 - Del terminal 6 del módulo del motor al módulo de voltímetro Ac en la entrada 2 del primer voltímetro.

Las terminales 4 y N de la fuente de alimentación proporciona los 0-120V c- a variables conforme se haga girar la perilla de control de la salida de voltaje.

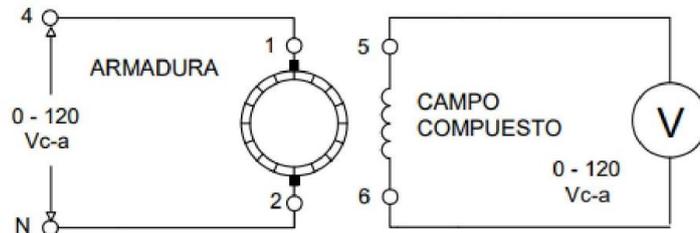


Figura 1

6. Desprenda el Módulo de motor Universal y jálelo aproximadamente 10 centímetros hacia adelante. Meta la mano detrás de la carátula delantera del módulo y mueva la palanca para que las escobillas giren en sentido de las manecillas del reloj y lleguen su posición máxima. Dejen el módulo donde está (porque más tarde tendrá que mover otra vez las escobillas).

7. Conecte la fuente de alimentación y ajuste el control de salida hasta que se aplique aproximadamente 80 V c-a a la armadura. El voltaje de c-a que aparece en el devanado de compensación se induce por medio de la corriente alterna que pasa por la armadura.

8.

- a) Meta la mano con cuidado detrás de la cara delantera del módulo (no olvide meter la otra mano en el bolsillo). y mueva las escobillas de una posición extrema a la otra. Observara que, al girar las escobillas en el sentido contrario a las manecillas del reloj, el voltaje aumenta y luego disminuye cuando las escobillas se acercan a la otra posición extrema.
- b) Deje las escobillas en la posición en que el voltaje inducido llega al máximo; éste es el punto neutral del motor universal. Cada vez que use el motor Universal, las escobillas se deben colocar en la posición neutra.
- c) Vuelva el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación. Coloque el Módulo de motor universal en su lugar.

- Conecte el terminal 4 de la fuente de alimentación al terminal 1 del módulo de Amperímetros Ac.
- La salida 2 del módulo de Amperímetros al terminal 1 del módulo del motor
- Conecte las terminales 2 y 5 del módulo de motor universal.
- Del terminal 6 del módulo de motor universal conecte al terminal N de la fuente de alimentación.
- Conecte el terminal 1 de un voltímetro del módulo de medición al terminal 1 del módulo de motor universal.
- Conecte el terminal 2 de un voltímetro del módulo de medición al terminal 6 del módulo de motor universal.

9. Conecte los devanados de armadura y compensación en serie a la salida de 0-120V c-a de la fuente de alimentación, como se ilustra en la Figura 2.

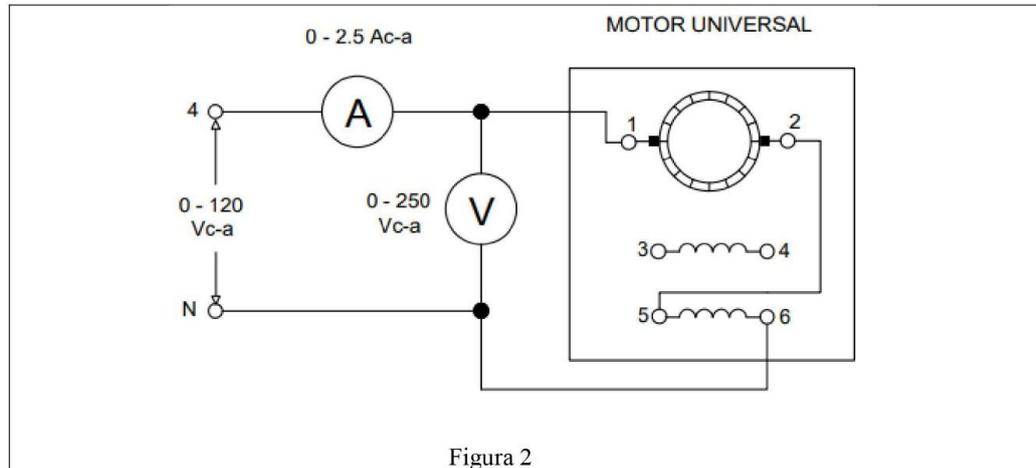


Figura 2

10.

- Conecte la fuente de energía y ajústela a 30V c-a.
- Si la corriente de línea es menor que 1A c-a al aplicar 30V c-a, el devanado de compensación está produciendo un flujo en el mismo sentido que el de armadura, incrementando con ello la inductancia (y la reactancia). Si esto sucede, intercambie los cables de la armadura o los del devanado de compensación.
- Mida y anote la corriente de línea.

$$I = \dots\dots A \text{ c-a}$$

NOTA: Si gira la armadura, las escobillas no están exactamente en la posición neutra.

- Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.
 - Conecte el terminal 4 de la fuente de alimentación al terminal I_1 (rojo) del módulo de la Interfaz de adquisición de datos.
 - Conecte el terminal N de la fuente de alimentación al terminal E_1 (negro) del módulo d la Interfaz de adquisición de datos.
 - Del terminal E_1 (rojo) del módulo de Interfaz de adquisición de datos al terminal I_1 (negro).
 - Del terminal I_1 (negro) conecte al terminal 1 del módulo de motor universal.
 - Conecte las terminales 2 y 3 del módulo d motor universal.
 - Conecte las terminales 4 y 5 del módulo del motor universal.
 - Conecte el terminal 6 del módulo de motor universal al terminal N de la fuente de alimentación.

11. Conecte el circuito de la Figura 3 con los Módulos EMS electrodinamómetro. (Recuerde que debe tener las mismas conexiones de los devanados de armadura y compensación que en el Procedimiento 10).

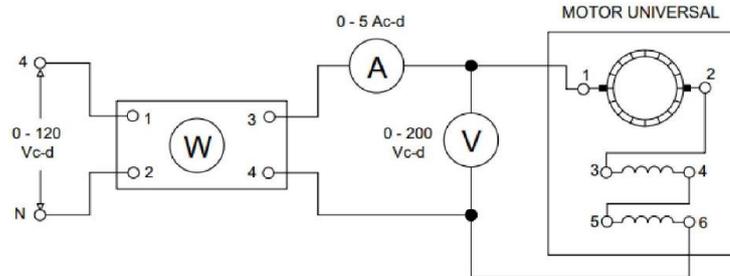


Figura 3

- 12.
- Acople el electrodinamómetro al motor universal mediante la banda.
 - Conecte las terminales de entrada del electrodinamómetro a la salida fija de 120V c-a de la fuente de alimentación, terminales 1 y N.
 - Haga girar la perilla de control del electrodinamómetro en el sentido contrario al de las manecillas del reloj hasta su posición extrema (para proporcionar una carga mínima en el arranque del motor universal).
- 13.
- Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 120V c-a.
 - Mida y anote en la Tabla 1 la corriente de línea, la potencia y la velocidad del motor. Observe que hay un chisporroteo muy reducido en las escobillas.
 - Repita la operación (b) por cada par indicado en la Tabla, manteniendo el voltaje de entrada a 120V c-a.
 - Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.
- 14.
- Calcule y anote en la Tabla la potencia aparente suministrada al motor para cada uno de los pares indicados.
 - Calcule y anote en la Tabla la potencia en hp desarrollada para cada par señalado.

$$HP = W * 0,00134102$$

TABLA 1

PAR lb/plg	PAR n/m	I (amps)	VA	P (watts)	VELOCIDAD (r/min)	HP
0						
3						
6						
9						

15. Substituya el amperímetro y el voltímetro de c-a por medidores de c-d y conecte la entrada a la salida variable de c-d terminales 7 y N de la fuente de alimentación, como se ilustra en la Figura 4.

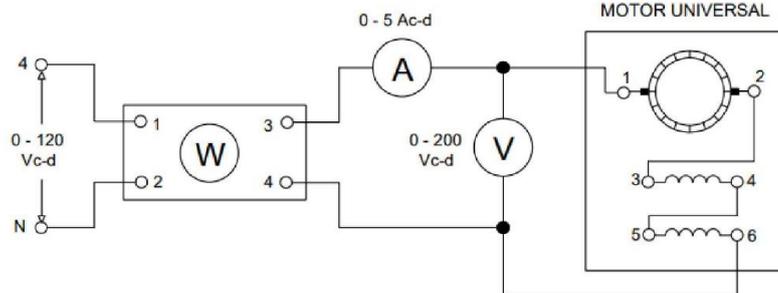


Figura 4

16. Repita los Procedimientos 13 y 14 utilizando potencia de c-d en lugar de c-a y llene la Tabla 2.

TABLA 2						
PAR lb/plg	PAR n/m	I (amps)	VA	P (watts)	VELOCIDAD (r/min)	HP
0						
3						
6						
9						

4	PRUEBAS DE CONOCIMIENTO
1.	De acuerdo con la Tabla 1, indique los siguientes datos cuando el motor funciona en vacío y con c-a: a) Potencia aparente=..... VA. b) Potencia real=.... W. c) Potencia reactiva= ... var. d) Factor de potencia= ... e) Velocidad del motor= ... r/min.

2. De acuerdo con la Tabla 1, indique los siguientes datos cuando el motor funciona a plena carga y en c-a:
 - a) Potencia aparente= VA.
 - b) Potencia real= W.
 - c) Potencia reactiva= var.
 - d) Factor de potencia=.....
 - e) Velocidad del motor=..... r/min.
 - f) Potencia entregada=..... hp

3. De acuerdo con la Tabla 2, indique los siguientes datos cuando el motor funciona en vacío y con c-d:
 - a) Potencia =0 W.
 - b) Velocidad del motor=7 r/min.

4. De acuerdo con la Tabla 2, indique los siguientes datos cuando el motor opera a plena carga y con c-d:
 - a) Potencia real= W.
 - b) Velocidad del motor= r/min.
 - c) Potencia entregada=.....hp.

5. Compare las características de operación del motor universal en c-a y c-d haciendo énfasis en las diferencias. En c-d al invertir la corriente continua del motor en serie, el sentido de rotación permanece constante. Si se aplica corriente alterna a un motor en serie, el flujo de corriente en la armadura y en el campo se invierte simultáneamente, el motor seguirá girando en el mismo sentido. En a-c Al invertir la corriente continua del motor en serie, el sentido de rotación permanece constante. Si se aplica corriente alterna a un motor en serie, el flujo de corriente en la armadura y en el campo se invierte simultáneamente, el motor seguirá girando en el mismo sentido.

5	CONCLUSIONES

6	ANEXOS

7	Bibliografía

Anexo 8

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	PRÁCTICAS DE LABORATORIOS	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-03	

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:		DURACIÓN (HORAS)
03	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	El motor de inducción de jaula de ardilla	

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

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

En comparación con el complicado devanado del rotor devanado, o con la armadura de un motor de c-d, el rotor de jaula de ardilla es relativamente simple. Es fácil de fabricar y generalmente trabaja sin ocasionar problemas de servicio. En un motor de inducción de jaula de ardilla ensamblado, la periferia del rotor está separada del estator por medio de un pequeño entrehierro. La magnitud de este entrehierro es, en efecto, tan pequeña como 10 permitan los requerimientos mecánicos. Esto asegura que, al efectuarse la inducción electromagnética ésta sea la más fuerte posible.

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

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

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

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

2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Módulo de motor de inducción de jaula de ardilla
- Módulo de electrodinamómetro
- Módulo de Interfaz de adquisición de datos
- Módulo de fuente de alimentación (0-120/208V, 3cf)
- Módulo de medición de e-a (250V)
- Módulo de medición de e-a (2.5/ 2.5/ 2.5/ 8A)
- Tacómetro de mano
- Cables de conexión
- Banda

2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

EPP: Mandil, gafas claras, guantes.

Instrucciones de seguridad:

Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
 Lea y comprenda el manual de seguridad y operación de la máquina de ensayos universales
 No corra dentro del laboratorio
 Absténgase de usar el teléfono celular
 Aleje sus manos de las partes móviles del equipo

3 PROCEDIMIENTO

Procedimiento

Advertencia: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga ninguna conexión cuando la fuente esté conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

1. Examine la construcción del Módulo EMS 8221 de motor de inducción de caja de ardilla, fijándose especialmente en el motor, las terminales de conexión y el alambrado.
2. Identifique los devanados del estator. Observe que se componen de muchas vueltas de alambre de un diámetro pequeño, uniformemente espaciadas alrededor del estator. (Los devanados del estator son idénticos a los de un motor de inducción de rotor devanado.)
 - a) Identifique el abanico de enfriamiento.
 - b) Identifique los anillos de los extremos del rotor de jaula de ardilla.
 - c) Observe la longitud del entrehierro entre el estator y el rotor.
 - d) ¿Existe alguna conexión eléctrica entre el rotor y cualquier otra parte del motor?
3. Se observa el módulo desde la cara delantera:
 - a) Los devanados independientes del estator, se conectan a terminales: .. y ..., ... y, y
 - b) La corriente nominal del estator es de A
 - c) El voltaje nominal de los devanados del estator es de V
 - d) La velocidad nominal es de r / min, y la potencia del motor es de hp
 - Conexión de la fuente y la interfaz de adquisición de datos y de control.
 - Verificar que la fuente de alimentación y la interfaz estén apagados sin conexión a una alimentación.
 - Conecte las terminales 4,5,6 de la fuente de alimentación a las terminales de tensión E_1 , E_2 y E_3 (rojo) respectivamente.
 - De las terminales E_1 , E_2 y E_3 (rojo) conecte en los terminales de corriente de 4A I_1 , I_2 y I_3 respectivamente.
 - Realice la conexión de las terminales de la fuente 4 y con el terminal de interfaz en tensión E_3 , 5 con E_1 y 6 con E_2 .
 - Conecte el cable USB tipo A/B a la computadora y la alimentación de 24 voltios.
 - Conecte las terminales del motor 1 con el terminal de la Interfaz en corriente con I_1 , 2 con I_2 y 3 con I_3 .
 - Conecte las terminales 4,5 y 6 de motor entre sí.
4. Conecte el circuito que se ilustra en la Figura 1, usando los Módulos EMS de motor de jaula de ardilla, electrodinamómetro, Interfaz de adquisición de datos trifásico, fuente de alimentación y medición de e-a, ¡No acople el motor al dinamómetro todavía! Observe que los devanados del

estator están conectados en estrella a través del Interfaz de adquisición de datos , a la salida trifásica variable de la fuente de alimentación, terminales 4, 5 Y 6.

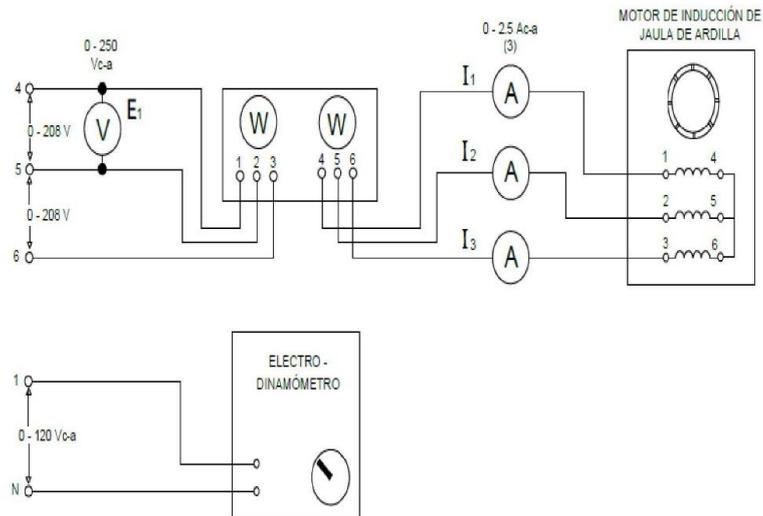


Figura 1

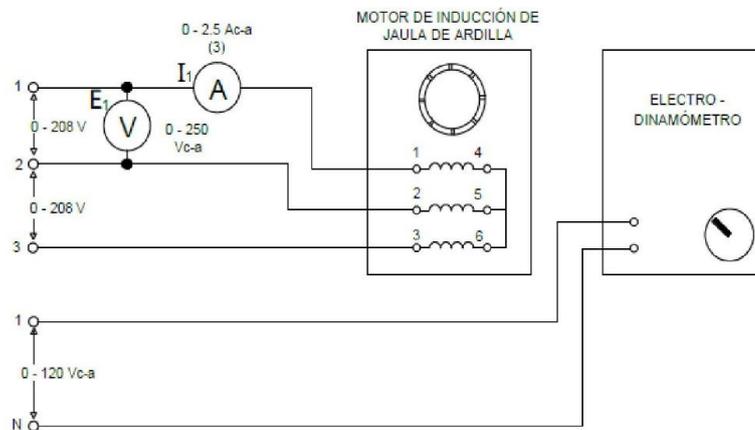


Figura 2

5. Conecte la fuente de alimentación y ajuste E_1 a 208V e-a. El motor debe comenzar a funcionar.
 - a) Mida y anote en la Tabla 1, las tres corrientes de línea, las lecturas del Interfaz de adquisición de datos y la velocidad del motor.
 - b) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

6. Acople el motor al electrodinamómetro por medio de la banda.
 - a) Mueva la perilla de control del dinamómetro a su posición extrema haciéndola girar en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.
 - b) Repita el Procedimiento 5 para cada uno de los pares anotados en la Tabla 1, manteniendo el voltaje de entrada en 208V c-a.
 - c) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.
7. Conecte el circuito que aparece en la Figura 2. Observe que ahora se utiliza la salida trifásica fija de la fuente de alimentación, terminales 1, 2 Y 3.
 - a) Ponga la perilla de control del dinamómetro en su posición extrema haciéndola girar en el sentido de las manecillas del reloj (con el fin de darle al motor una carga máxima en el arranque).
8. Conecte la fuente de alimentación y mida rápidamente E" 1, I1 Y el par de arranque desarrollado.

$$E1 = \dots \dots V c - a$$

$$I1 = \dots \dots A c - a$$

$$\text{Par de arranque} = \text{Ibf} * \text{plg}$$

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

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

Par	I1	I2	I3	W1	W2	Velocidad
0						
3						
6						
9						
12						

Tabla 1

4 PRUEBAS DE CONOCIMIENTO

1. Con los resultados de la tabla 1, calcule las características en vacío del motor de jaula de ardilla
 - a) Corriente media: la corriente media es el promedio de las corrientes
 $I_{prom} = \dots A$
 - b) Potencia aparente: Es el resultado que se obtiene al hacer la multiplicación entre el voltaje y la corriente media trifásica
 $PA = \dots \dots VA$
 - c) Potencia real: La potencia real es el resultado de la multiplicación entre el voltaje y la corriente y el factor de potencia
 $P = \dots w$
 - d) Potencia reactiva = $\dots var$
 - e) Factor de potencia $FP = \dots$
2. Compare las características de operación de jaula de ardilla con las del motor de rotor devanado.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	PRÁCTICAS DE LABORATORIOS	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-03	

5	CONCLUSIONES

6	ANEXOS

7	Bibliografía

Anexo 9

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	PRÁCTICAS DE LABORATORIOS	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-04	

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTICAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:		DURACIÓN (HORAS)
	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	El motor síncrono parte I	

1	OBJETIVO
	1.- Analizar la estructura de un motor síncrono trifásico. 2- Calcular las características de arranque del motor síncrono trifásico.

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	2.1. INTRODUCCIÓN Exposición El motor síncrono deriva su nombre del término velocidad síncrona, que es la velocidad natural del campo magnético giratorio del estator. Como ya se vio antes, la velocidad natural de rotación está determinada por el número de pares de polos y la frecuencia de la potencia aplicada. Al igual que el motor de inducción, el motor síncrono utiliza un campo magnético giratorio, pero a diferencia del motor de inducción, el par desarrollado no depende de las corrientes de inducción del rotor. En resumen, el principio de operación del motor síncrono es el siguiente: se aplica una fuente multifásica de c-a a los devanados del estator y se produce un campo magnético rotatorio. Se aplica una corriente directa a los devanados del rotor y se produce un campo magnético fijo. El motor está construido en tal forma que cuando estos dos campos magnéticos reaccionan entre sí, el rotor gira a la misma velocidad que el campo magnético giratorio. Si se aplica una carga al eje del rotor, éste tendrá un atraso momentáneo con relación al campo giratorio; pero seguirá girando a la misma velocidad síncrona.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	PRÁCTICAS DE LABORATORIOS	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-04	

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

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

2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Módulo de motor síncrono /generador
Módulo de electrodinamómetro
Módulo de fuente de alimentación
(0-120/208V, 3Ø, 120V c-d, 0-120 V c-d)
Módulo de interruptor de sincronización
Módulo de medición de c-a (8)
Módulo de medición de c-a (250V)
Tacómetro de mano
Cables de conexión
Banda

2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

EPP: Mandil, gafas claras, guantes.

Instrucciones de seguridad:

Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
Lea y comprenda el manual de seguridad y operación de la máquina de ensayos universales
No corra dentro del laboratorio
Absténgase de usar el teléfono celular
Aleje sus manos de las partes móviles del equipo

3 PROCEDIMIENTO

Procedimiento

Advertencia: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga ninguna conexión cuando la fuente esté conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

1. Examine la estructura del Módulo EMS 8241 de motor síncrono generador, fijándose especialmente en el motor, los anillos colectores, el reóstato, las terminales de conexión y el alambrado.
2. Observe el motor desde la parte posterior del módulo:
 - a) Identifique los dos anillos colectores y las escobillas.
 - b) ¿Se pueden mover las escobillas? = ..
 - c) Observe que las terminales de los dos devanados del rotor se llevan hasta los anillos colectores a través de una ranura en el eje del rotor.
 - d) Identifique los devanados amortiguadores de c-d en el rotor. (Aunque sólo son dos devanados, están conectados en tal forma que sus fuerzas magnetomotrices actúan en oposición, creando así cuatro polos.)
 - e) Identifique los cuatro polos salientes inmediatamente debajo de los devanados de amortiguación.
 - f) Identifique el devanado del estator y observe que es idéntico al de los motores trifásicos de jaula de ardilla y de rotor devanado.
3. Observe desde la cara delantera del módulo:
 - a) Los tres devanados independientes del estator están conectados a las terminales = ..y .., ..y .., ..y ..
 - b) ¿Cuál es el voltaje nominal de los devanados del estator? = ... V
 - c) ¿Cuál es la corriente nominal de los devanados del estator? = .. A
 - d) El devanado del rotor se conecta (a través del reóstato de 150Ω) a las terminales = ..y ...
 - e) ¿Cuál es la corriente nominal del devanado del rotor? $I = 0..$ A.
 - f) ¿Cuál es el voltaje nominal del devanado del rotor? = .. V c-d.
 - g) ¿Cuál es la velocidad nominal y la potencia del motor?

r/min = rpm

hp = hp

CARACTERÍSTICAS DE ARRANQUE

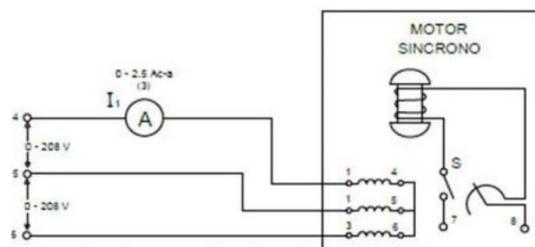


Figura 1

4. Conecte el circuito ilustrado en la Figura 1, utilizando los Módulos EMS de motor síncrono/generador, fuente de alimentación y medición de c-a.

- Conexión de la fuente y la interfaz de adquisición de datos y de control.
- Verificar que la fuente de alimentación y la interfaz estén apagados sin conexión a una alimentación.
- Conecte el terminal 1 de la fuente de alimentación al terminal 1 del amperímetro, la salida 2 del amperímetro al terminal 1 del módulo de motor síncrono/generador
- Conecte los terminales 4, 5 y 6 del módulo de motor síncrono/generador entre si
- Conecte el terminal 2 de la fuente de alimentación al terminal 2 del módulo de motor síncrono/generador
- Conecte el terminal 3 de la fuente de alimentación al terminal 3 del módulo de motor síncrono/generador

Observe que los tres devanados del estator están conectados en estrella a la salida trifásica fija de 208V de la fuente de alimentación, terminales 1,2 y 3

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

Rotación = II =c-a

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

Rotación = II =c-a

La Comenté en diferente conexión es la misma diferencia es en el sentido de rotación del motor

- e) Desconecte la fuente de alimentación.
6. Conecte el circuito que aparece en la Figura 2, con los Módulos EMS del electrodinamómetro y el interruptor de sincronización.
- Conexión de la fuente y la interfaz de adquisición de datos y de control.
 - Verificar que la fuente de alimentación y la interfaz estén apagados sin conexión a una alimentación.
 - Conecte las terminales 4,5,6 de la fuente de alimentación a las terminales 1, 2 y 3 del módulo de interruptor de sincronismo respectivamente.
 - Conecte el terminal 6 del módulo de interruptor de sincronismo al terminal 1 del amperímetro, la salida 2 del amperímetro al terminal 1 del módulo de motor síncrono/generador
 - Conecte el terminal 5 del módulo de interruptor de sincronismo al terminal 2 del módulo de motor síncrono/generador
 - Conecte el terminal 6 del módulo de interruptor de sincronismo al terminal 3 del módulo de motor síncrono/generador
 - Conecte los terminales 4, 5 y 6 del módulo de motor síncrono/generador entre si
 - Conecte el terminal 8 de la fuente de alimentación al terminal 7 del módulo de motor síncrono/generador

- Conecte el terminal N de la fuente de alimentación al terminal 8 del módulo de motor síncrono/generador
- Los terminales 1 y 2 de la fuente de alimentación conecte a la alimentación de módulo de electrodinámometro

Acople el motor al electrodinámometro por medio de la banda.

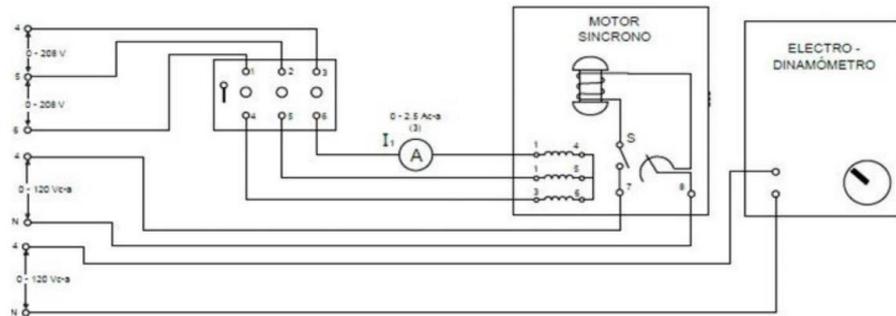


Figura 2

- El módulo de interruptor de sincronización se utilizará como interruptor para la potencia trifásica que va a los devanados del estator. Ponga el interruptor en la posición "off".
 - El electrodinámometro se conecta a la salida fija de 120V c-a de la fuente de alimentación, terminales 1 y N. Ajuste la perilla de control del dinamómetro al 40 por ciento aproximadamente de excitación
 - El rotor del motor síncrono se conecta a la salida fija de 120V c-d de la fuente de alimentación 8 y N. Ajuste el reóstato de campo a una resistencia cero (la perilla de control debe ponerse en la posición extrema, haciéndola girar en el sentido de las manecillas del reloj).
 - Si el motor síncrono tiene el interruptor S, ciérrelo al llegar a este paso.
- Conecte la fuente de alimentación. A continuación aplique potencia trifásica cerrando el interruptor de sincronización y observe lo que sucede. ¡No aplique la potencia más de 10 segundos!
 - Describa lo que sucede
.....
.....
 - ¿Qué lectura dio el amperímetro? = A
 - Si un motor síncrono tiene carga, ¿debe arrancarlo cuando existe excitación de c-d en su campo?
.....
.....
- Conecte el rotor del motor síncrono a la salida variable de 0-120V c-d de la fuente de alimentación, terminales 7 y N. No cambie ninguna de las otras conexiones o los ajustes del control.

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

- d) ¿Funciona el aparato como motor de inducción?

- e) Ajuste cuidadosamente la salida de la fuente de alimentación a 120V c-d, según lo indique el medidor de la fuente de alimentación.
- f) Describa lo que sucede.

- 10.
- a) Conecte el circuito que se ilustra en la Figura 1-3. Observe cómo está conectado el motor síncrono; ésta es la configuración normal de arranque (como un motor de inducción trifásico de jaula de ardilla).
- Conexión de la fuente y la interfaz de adquisición de datos y de control.
 - Verificar que la fuente de alimentación y la interfaz estén apagados sin conexión a una alimentación.
 - Conecte el terminal 1 de la fuente de alimentación al terminal 1 del amperímetro, la salida 2 del amperímetro al terminal 1 del módulo de motor síncrono/generador
 - Conecte los terminales 4, 5 y 6 del módulo de motor síncrono/generador entre sí
 - Conecte el terminal 2 de la fuente de alimentación al terminal 2 del módulo de motor síncrono/generador
 - Conecte el terminal 3 de la fuente de alimentación al terminal 3 del módulo de motor síncrono/generador
 - Conecte el terminal 1 de la fuente de alimentación al terminal 1 del primer voltímetro
 - Conecte el terminal 2 de la fuente de alimentación al terminal 2 del primer voltímetro
 - Conecte el terminal 7 del módulo de motor síncrono/generador al terminal 1 del segundo voltímetro
 - Conecte el terminal 8 del módulo de motor síncrono/generador al terminal 2 del segundo voltímetro
- b) Ajuste la perilla de control del dinamómetro en su posición extrema haciéndola girar en el sentido de las manecillas del reloj (a fin de proporcionarle al motor síncrono la máxima carga en el arranque).
- c) Si el motor síncrono tiene el interruptor S, ciérrelo al llegar a este paso.

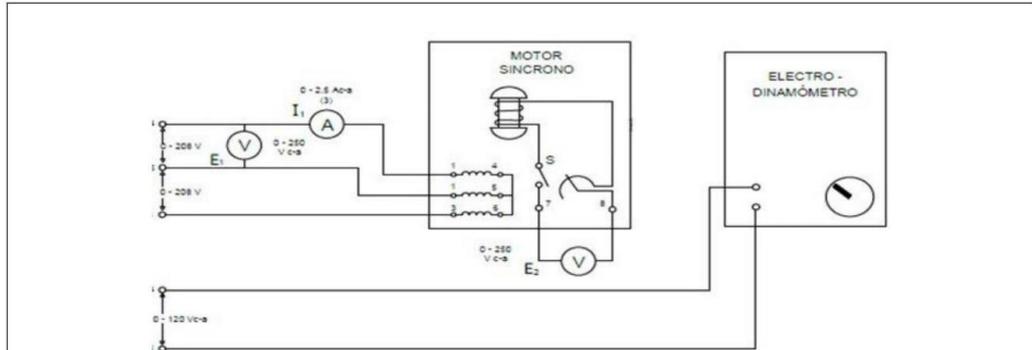


Figura 3

11.
 - a) Conecte la fuente de alimentación y mida rápidamente E1, E2, I1 y el par de arranque desarrollado. Desconecte la fuente de alimentación.
 - b) Calcule la potencia aparente suministrada al motor en el arranque.
.....
 - c) Calcule el par a plena carga correspondiente a 1/4 hp a 1 800 r/min.
=..... lbf.plg
 - d) Explique por qué se indujo un alto voltaje en c-a, E2 en los devanados del rotor.
.....
12. Sin cambiar el circuito, conecte la fuente de alimentación y, para reducir la carga, haga girar con lentitud la perilla de control del dinamómetro en sentido contrario al de las manecillas del reloj. El motor aumentará a velocidad plena y funcionará como motor de inducción de jaula de ardilla. Observe el efecto producido en el voltaje inducido E2.
 - a) ¿Por qué se reduce E2 conforme se incrementa la velocidad del motor? =
.....

4 PRUEBAS DE CONOCIMIENTO

1. ¿Qué precauciones deben tomarse durante el período de arranque de un motor síncrono?
.....
2. Si se quitara el devanado de jaula de ardilla de un motor síncrono, ¿podría arrancar por si solo?
.....
3. Indique dos razones por las que el devanado del rotor de un motor síncrono se conecta casi siempre a una resistencia externa durante el arranque. =
 - a)
 - b)

4. Compare las características de arranque el motor síncrono con las del motor de inducción trifásico de jaula de ardilla

.....
.....

5 CONCLUSIONES

6 ANEXOS

7 Bibliografía

Anexo 10

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	PRÁCTICAS DE LABORATORIOS	
	UTC-CIYA-IELE-LAB-MAQELEC-01-LABVOLT-05	

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:		DURACIÓN (HORAS)
	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	El motor síncrono parte II	

1	OBJETIVO
	1.- Entender por qué el motor síncrono puede comportarse como inductancia o capacitancia variables. 2.- Obtener la cuna característica de la corriente de c-a en función de la corriente en c-d, para el motor síncrono.

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

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

Si el rotor se excita más todavía, tendiendo a crear más magnetismo que el que requiere el motor, entonces la línea de potencia comienza a proporcionar una potencia reactiva negativa al estator a fin de mantener constante el flujo total. Sin embargo, la potencia reactiva negativa corresponde a un capacitor y el motor síncrono actúa entonces como una carga capacitiva trifásica con relación a la línea de potencia.

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

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

2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Módulo de motor/generador síncrono
- Módulo de electrodinamómetro
- Módulo de interfaz de adquisición de datos y control
- Módulo de fuente de alimentación
(0-120/208V, 3Ø, 0-120 V c-d)
- Módulo de medición de c-a (0.5/2.5A)
- Módulo de medición de c-a (250V)
- Módulo de medición de c-d (0.5/2.5A)
- Cables de conexión

2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

EPP: Mandil, gafas claras, guantes.

Instrucciones de seguridad:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación de la máquina de ensayos universales
- No corra dentro del laboratorio
- Absténgase de usar el teléfono celular
- Aleje sus manos de las partes móviles del equipo

3 PROCEDIMIENTO

Procedimiento

Advertencia: ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga ninguna conexión cuando la fuente esté conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

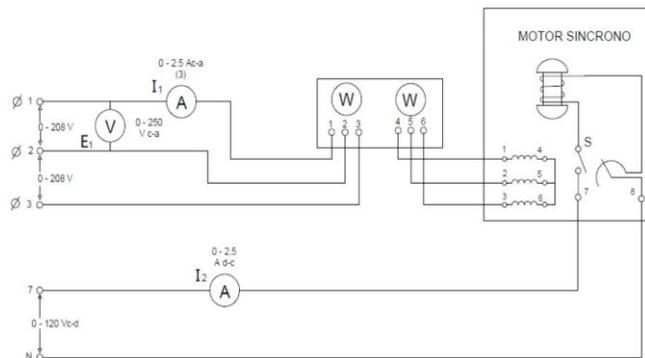


Figura 1

1.- Conecte el circuito que aparece en la Figura 1, utilizando los Módulos EMS de motor/generador sincrónico, interfaz de adquisición de datos y control, fuente de alimentación y módulos de medición.

Observe qué los devanados del estator están conectados, a través del interfaz de adquisición de datos y control, a la salida fija de 208V, 3Ø de la fuente de alimentación, terminales 1, 2 y 3. El devanado de rotor está conectado, a través del amperímetro, a la salida variable de 0-120V c-d de la fuente de alimentación, terminales 7 y N. La perilla de control de voltaje debe estar en cero.

b) Si el motor está equipado con un interruptor S, ábralo al llegar a este paso.

c) Ajuste el campo del reóstato para resistencia cero (haga girar totalmente la perilla en el sentido de las manecillas del reloj).

2.- a) Conecte la fuente de alimentación; el motor debe comenzar a funcionar. Observe el valor de la corriente alterna El motor toma potencia reactiva positiva de la fuente de alimentación a una excitación de c-d igual a cero, y funciona como un inductor.

b) Si el motor tiene un interruptor S, ciérrelo al llegar a este paso.

c) Aumente gradualmente la excitación de c-d hasta que la corriente alterna I1 esté en su valor mínimo. La interfaz de adquisición de datos y control deben indicar lecturas positivas idénticas y, en lo que respecta a la fuente de alimentación, el motor se comporta como una resistencia.

d) Observe I1, I2, W1, Y W2

$$I1 \text{ min} = 0 \dots \dots \text{ c-a}, \quad I2 \text{ min} = \dots \dots \text{ A c-d}$$

$$W1 = \dots \dots \text{ W}, \quad W2 = \dots \dots \text{ W}$$

e) Aumente la excitación de c-d y observe que la corriente alterna I1 comienza a aumentar nuevamente. El motor toma una potencia reactiva negativa de la fuente de alimentación y se comporta como un capacitor.

3.- a) Reduzca la excitación de c-d a cero; mida y anote E_1 , I_1 , W_1 y W_2 , en la Tabla 1.
 b) Repita esta operación para cada valor de corriente directa indicado en la Tabla 1. Cuando la excitación exceda de 0.6A c-d, tome las mediciones tan rápidamente como sea posible. Desconecte la fuente de alimentación y cambie la escala del amperímetro cuando la corriente descienda por abajo de 0.5A c-d. c) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

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

I_2 (amps)	E_1 (volts)	I_1 (amps)	POTENCIA (VA)	W_1	W_2	POTENCIA (watts)	FP

Tabla 1

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

$$PR = \dots \dots VAR$$

b) El factor de potencia ζ es adelantado o atrasado? =

6.- a) De acuerdo con los resultados de la Tabla 1, calcule la potencia reactiva para la máxima corriente del rotor en c-d. =

b) ζ El factor de potencia (es adelantado o atrasado?

7.- De acuerdo con los resultados de la Tabla 1, calcule la potencia reactiva a la corriente mínima de estator.....var

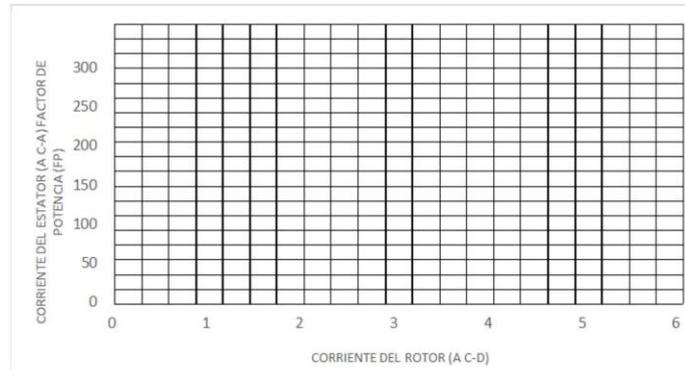


Figura 2

4 PRUEBAS DE CONOCIMIENTO

- 1.- a) En la gráfica de la Figura 2 marque los valores anotados de corriente alterna en función de los valores de corriente directa según la Tabla 1.
- b) Trace una curva continua por todos los puntos marcados.
- c) En la gráfica de la Figura 2 marque los factores de potencia medidos en función de los valores de corriente según la Tabla 1.
- d) Dibuje una curva continua por los puntos marcados.
- e) Haga sus comentarios acerca de la forma de ambas curvas.
.....
- 2.- El motor síncrono se denomina a veces capacitor síncrono. Explique esto.
.....
- 3.- ¿Podría llamarse a un motor síncrono, inductor síncrono?
.....
- 4.- Escriba sus observaciones acerca de la potencia real consumida por el motor durante el Procedimiento 3
.....

5 CONCLUSIONES

6 ANEXOS

7 Bibliografía