



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA

“Repotenciación del módulo para pruebas de máquinas eléctricas Feedback”

AUTORES

Jimmy Jesus Baque Quinde.

Esteban Salomón Ballén Ramírez.

DIRECTOR:

Ing. David Humberto Cárdenas Villacrés Msc.

GUAYAQUIL

2019

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **ESTEBAN SALOMON BALLEEN RAMIREZ** y **JIMMY JESUS BAQUE QUINDE** autorizamos a la **Universidad Politécnica Salesiana** la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, enero 2019

Esteban Salomón Ballén Ramírez

CI. 0927469635

Jimmy Jesus Baque Quinde

CI: 0924456916

CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **ESTEBAN SALOMON BALLEEN RAMIREZ**, con documento de identificación N° **0927469635**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**REPOTENCIACIÓN DEL MÓDULO PARA PRUEBAS DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS FEEDBACK**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, enero 2019

Esteban Salomón Ballén Ramírez

CI. 0927469635

CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **JIMMY JESUS BAQUE QUINDE**, con documento de identificación N° **0924456916**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**REPOTENCIACIÓN DEL MÓDULO PARA PRUEBAS DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS FEEDBACK**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, enero 2019

Jimmy Jesus Baque Quinde

CI. 0924456916

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR**

Yo, **DAVID HUMBERTO CARDENAS VILLACRES**, director del proyecto de Titulación denominado “**REPOTENCIACIÓN DEL MÓDULO PARA PRUEBAS DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS FEEDBACK**” realizado por los estudiantes, **ESTEBAN SALOMON BALLEEN RAMIREZ** y **JIMMY JESUS BAQUE QUINDE** certifico que ha sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, enero 2019

Ing. David Humberto Cárdenas Villacrés Msc.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi Dios Padre YHWH, con quien me he sentido preparado emocionalmente depositando mi confianza en él.

También dedico este trabajo a mis padres quienes siempre me motivaron a continuar con mis estudios, a mi hija Bianka Gabriela que siempre está en mis pensamientos y en mi corazón quien fue la mayor motivación en este proyecto, a mi esposa e hijo Santino quienes llegaron en el momento más oportuno dándome ánimos en los últimos momentos para conseguir y cumplir esta meta.

ESTEBAN SALOMON BALLEEN RAMIREZ

Le dedico este trabajo a Dios, por brindarme la fuerza y la voluntad de luchar cada día por cumplir mis objetivos y sueños.

A mis padres que siempre me brindaron las palabras correctas para no rendirme y seguir adelante, que gracias a su ejemplo de lucha y dedicación me incentivaron a terminar lo que comencé, a mis hermanos, primos, tíos y amigos que se preocuparon por mí y siempre me ayudaron en los momentos complicados y siempre estuvieron ahí.

JIMMY JESUS BAQUE QUINDE

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Dios Padre YHWH, a mis padres, a mis hermanos, a mi hija Bianka, a mi esposa y mi hijo por darme el apoyo moral, emocional e incondicional para concluir esta etapa de mi vida.

Agradezco a mi compañero de tesis, a mis compañeros de curso quienes en conjunta dedicación fuimos adquiriendo el conocimiento, al Ing. David Cárdenas e Ing. Carlos Chávez por el apoyo en todo momento para culminar este proyecto.

ESTEBAN SALOMON BALLEEN RAMIREZ

Agradezco a Dios, por darme la oportunidad de vivir cada día de este proceso que fue terminar mi etapa universitaria, agradezco a toda mi familia por brindarme su apoyo y consejos, siendo estos de mucha ayuda para no rendirme.

Agradezco a mi tutor Ing. David Cárdenas, al Ing. Carlos Chávez y a mi compañero por brindarme la confianza y apoyo en todo momento al realizar este proyecto técnico.

A los demás docentes de la facultad por aportar en mi conocimiento a lo largo de mi carrera universitaria.

JIMMY JESUS BAQUE QUINDE

RESUMEN

En el presente proyecto técnico se da como finalidad la repotenciación de módulo de máquinas eléctricas Feedback a un solo módulo, el cual permitirá el estudio de las máquinas eléctricas tanto en A.C. y D.C., cabe indicar que con esta repotenciación se busca el traslado de este módulo a cualquier laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, el módulo cuenta con fuentes en voltaje directo y alterno, también con medidores de corriente y voltaje, Switches, cargas resistivas y capacitivas, lo cual lo vuelve un equipo muy completo para realizar práctica y reforzar conocimiento.

Las prácticas que se agregan en el módulo fueron traducidas y probadas con el fin de probar que los equipos se encuentran en óptimas condiciones.

Finalmente se escogen las prácticas que son usadas en el pensum de máquinas eléctricas I y II, con el fin de instruir a docentes y al estudiantado en el estudio de máquinas eléctricas.

Palabras claves: MOTORES, GENERADORES, VELOCIDAD SÍNCRONA, VOLTAJE, CORRIENTE, PAR DE MOTORES, POLOS

ABSTRACT

The purpose of the present technical project is to repower the electric machine module Feedback to a single module, which will allow the study of electrical machines both in A.C. and DC, it should be noted that this repowering seeks the transfer of this module to any laboratory of the Salesian Polytechnic University Guayaquil, the module has sources in direct and alternating voltage, also with current and voltage meters, switches, resistive loads and capacitive, which makes it a very complete team to practice and reinforce knowledge.

The practices that are added in the module were translated and tested in order to prove that the equipment is in optimal conditions.

Finally, the practices that are used in the electrical machines I and II are chosen, in order to instruct teachers and students in the study of electrical machines.

Keywords: MOTORS, GENERATORS, SYNCHRONOUS SPEED, VOLTAGE, CURRENT, TORQUE OF MOTORS, POLES

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS.....	iii
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS.....	iv
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE TABLAS	13
ECUACIONES	14
ABREVIATURAS.....	16
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I.....	19
1. Problema a investigar.....	19
1.1. Tema.....	19
1.2. Descripción del tema	19
1.3. Antecedentes	19
1.4. Importancia y alcances	20
1.5. Delimitación o alcance del problema	21

1.6.	Objetivos de la investigación	22
1.6.1.	Objetivo general de la investigación.....	22
1.6.2.	Objetivos específicos de la investigación	22
1.7.	Marco Metodológico	22
1.8.	Métodos, técnicas e instrumentos de la investigación.....	24
1.9.	Hipótesis.....	24
CAPITULO II		25
2.	MARCO TEÓRICO	25
2.1.	Estado del Arte	25
2.2.	Generalidades	25
2.2.1.	Leyes básicas de las máquinas eléctricas.....	26
2.2.1.1.	Ley de Faraday-Lenz.....	26
2.2.1.2.	Coefficiente de autoinducción.....	28
2.2.1.3.	Corrientes de Foucault y Ciclo de Histéresis	28
2.2.2.	Variación del flujo magnético debido a la fuente de alimentación.....	29
2.2.3.	Variación del flujo magnético debido al movimiento de la máquina eléctrica 30	
2.2.4.	Fuerzas de Lorenz. Ley de Laplace	32
2.3.	Máquina de CC: Generadores y motores	33
2.3.1.	Funcionamiento de un motor de corriente continua	34
2.3.2.	Funcionamiento de un generador de corriente continua.....	36
2.4.	Máquinas de CA alternadores y motores (monofásicos y trifásicos).....	37
2.4.1.	Maquinas Eléctricas Síncronas	38
2.4.1.1.	Principio de funcionamiento de una máquina eléctrica síncrona de corriente alterna.....	38
2.4.2.	Motores Asíncronos.....	42

2.4.2.1.	Funcionamiento de un motor asíncrono.....	42
2.5.	Características de Motores y Generadores C.C. y C.A	43
2.5.1.	Motores de corriente continua C.C.....	43
2.5.1.1.	Velocidad	43
2.5.1.2.	Par de motor	43
2.5.1.3.	Potencia Útil.....	44
2.5.2.	Generador corriente continua C.C.	44
2.5.2.1.	Velocidad de Giro	44
2.5.2.2.	Fuerza electromotriz.....	45
2.5.3.	Motor de corriente alterna C.A.....	45
2.5.3.1.	Velocidad de giro	45
2.5.3.2.	Par de motor	45
2.5.4.	Generador de corriente alterna o Alternador	46
2.5.4.1.	Frecuencia	46
2.5.4.2.	Amplitud	46
2.5.4.3.	Fase	47
CAPITULO III.....		48
3.	REPOTENCIACIÓN DEL MÓDULO DE MAQUINÁS ELÉCTRICAS FEEDBACK.....	48
3.1.	Antecedentes	48
3.2.	Importancia de los módulos didácticos	49
3.2.1.	Introducción a módulos didácticos	50
3.3.	Arquitectura del módulo de máquinas eléctricas.....	50
3.3.1.	Materiales usados en la creación de la estructura	51
3.3.2.	Diseño y disposición de los diversos equipos en el modulo.....	52
CAPITULO IV.....		53

4. PRACTICAS PROPUESTAS CON EL MODULO DE MAQUINAS ELECTRICAS	53
4.1. Practica I.....	53
4.1.1. Tema	53
4.1.2. Objetivos.....	53
4.1.3. Duración.....	53
4.1.4. Recursos utilizados	53
4.1.5. Introducción	54
4.1.6. Procedimiento	55
4.2. Practica II	60
4.2.1. Tema	60
4.2.2. Objetivos.....	60
4.2.3. Duración.....	60
4.2.4. Recursos utilizados	60
4.2.5. Introducción	61
4.2.6. Procedimiento	61
4.3. Practica III	65
4.3.1. Tema	65
4.3.2. Objetivos.....	65
4.3.3. Duración.....	65
4.3.4. Recursos utilizados	65
4.3.5. Introducción	66
4.3.6. Procedimiento	66
4.4. Practica IV	71
4.4.1. Tema	71
4.4.2. Objetivos.....	71

4.4.3.	Duración.....	71
4.4.4.	Recursos utilizados	71
4.4.5.	Introducción	72
4.4.6.	Procedimiento	72
4.5.	Practica V	76
4.5.1.	Tema	76
4.5.2.	Objetivos.....	76
4.5.3.	Duración.....	76
4.5.4.	Recursos utilizados	76
4.5.5.	Introducción	77
4.5.6.	Procedimiento	78
4.6.	Practica VI.....	80
4.6.1.	Tema	80
4.6.2.	Objetivos.....	80
4.6.3.	Duración.....	80
4.6.4.	Recursos utilizados	80
4.6.5.	Introducción	81
4.6.6.	Procedimiento	81
4.7.	Practica VII.....	84
4.7.1.	Tema	84
4.7.2.	Objetivos	84
4.7.3.	Duración.....	84
4.7.4.	Recursos utilizados	84
4.7.5.	Introducción	85
4.7.6.	Procedimiento	85
4.8.	Practica VIII	90

4.8.1.	Tema	90
4.8.2.	Objetivos.....	90
4.8.3.	Duración.....	90
4.8.4.	Recursos utilizados	90
4.8.5.	Introducción	91
4.8.6.	Procedimiento	91
4.9.	Practica IX.....	96
4.9.1.	Tema	96
4.9.2.	Objetivos.....	96
4.9.3.	Duración.....	96
4.9.4.	Recursos utilizados	96
4.9.5.	Introducción	97
4.9.6.	Procedimiento	98
4.10.	Practica X.....	104
4.10.1.	Tema.....	104
4.10.2.	Objetivos	104
4.10.3.	Duración.....	104
4.10.4.	Recursos utilizados.....	104
4.10.5.	Introducción	105
4.10.6.	Procedimiento	105
4.11.	Practica XI	113
4.11.1.	Tema.....	113
4.11.2.	Objetivos	113
4.11.3.	Duración.....	113
4.11.4.	Recursos utilizados.....	113
4.11.5.	Introducción	114

4.11.6.	Procedimiento	115
4.12.	Practica XII.....	120
4.12.1.	Tema.....	120
4.12.2.	Objetivos	120
4.12.3.	Duración.....	120
4.12.4.	Recursos utilizados.....	120
4.12.5.	Introducción	121
4.12.6.	Procedimiento	121
CAPÍTULO 5.....		126
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		126
5.1.	Conclusiones	126
5.2.	Recomendaciones	127
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		128
ANEXOS		131

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: SE PRESENTA LA UBICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL	21
FIGURA 2: HISTÉRESIS EN UN MATERIAL FERROMAGNÉTICO[14]	29
FIGURA 3: FUERZA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA EN UNA BOBINA.....	30
FIGURA 4: MOVIMIENTO ROTACIONAL A UNA ESPIRA INTRODUCIDA A UN CAMPO MAGNÉTICO[15]	31
FIGURA 5: USO DE LA REGLA DE LA MANO DERECHA[18]	32
FIGURA 6: PRESENCIA DE LA FUERZA DE LORENZ EN BOBINADO INDUCIDO[17]	32
FIGURA 7: REGLA DE LA MANO IZQUIERDA[20]	33
FIGURA 8: FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE CC	34
FIGURA 9: FUNCIONAMIENTO DE UN GENERADOR DE CC	36
FIGURA 10: VOLTAJE DE SALIDA SEGÚN EL NUMERO DE ESPIRAS EN EL ROTOR.....	37
FIGURA 11: MAQUINAS ELECTRICAS SINCRONAS Y SU FUENTE DE ENTRADA Y SALIDA	38
FIGURA 12: CAMBIO DEL CAMPO MAGNETICO EN UN ESTATOR DE TRES POLOS DESFASADO 120° CON UNA ALIMENTACIÓN TRIFASICA	39
FIGURA 13: GIRO DEL ROTOR EN UN MOTOR SINCRONO.....	40
FIGURA 14: DIAGRAMA DE CIRCUITO	54
FIGURA 15: DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR DE DERIVACIÓN DE DC	55
FIGURA 16: CONEXIONES DEL MOTOR DE DERIVACIÓN.....	56
FIGURA 17: VALORES OBTENIDOS EN LA PRÁCTICA CON EL FRENO PRONY	59

FIGURA 18: EJES DE GRÁFICO DE LA PRÁCTICA PROPUESTA POR EL AUTOR.....	59
FIGURA 19: GENERADOR EXCITADO POR SEPARADO CON DIAGRAMA DE CIRCUITO DE INTERPOLOS	61
FIGURA 20: DIAGRAMA DE CABLEADO DEL GENERADOR DC CON INTERPOLOS EXCITADO POR SEPARADO.....	62
FIGURA 21: CONEXIONES PARA GENERADOR DC CON INTERPOLOS EXCITADO POR SEPARADO	63
FIGURA 22: DIAGRAMA DEL CIRCUITO DEL MOTOR EN SERIE DC.....	66
FIGURA 23: DIAGRAMA DE CABLEADO DEL MOTOR EN SERIE.....	67
FIGURA 24: CONEXIONES PARA EL MOTOR EN SERIE DC	68
FIGURA 25: VALORES OBTENIDOS AL USAR EL FRENO PRONY COMO CARGA.....	70
FIGURA 26: EJES DE GRÁFICOS PROPUESTOS POR EL AUTOR	70
FIGURA 27: DIAGRAMA DE MOTOR EN SERIE CON INTERPOLOS.....	72
FIGURA 28: MOTOR SERIE CON INTERPOLOS DIAGRAMA DE CABLEADO	73
FIGURA 29: CONEXIONES PARA EL MOTOR SERIE DC CON INTERPOLOS	73
FIGURA 30: VALORES OBTENIDOS AL USAR AL FRENO PRONY COMO CARGA.....	75
FIGURA 31: MOTOR COMPUESTO DC, DIAGRAMA DE CIRCUITO DE CORTE LARGO.....	77
FIGURA 32: DIAGRAMA DE CABLEADO DE CONEXIÓN PARA EL MOTOR DC COMPUESTO ACUMULATIVO	78
FIGURA 33: CONEXIONES PARA EL MOTOR DC COMPUESTO ACUMULATIVO.....	79
FIGURA 34: DIAGRAMA DE CIRCUITO MOTOR COMPUESTO CON INTERPOLOS (DERIVACIÓN LARGA).....	81

FIGURA 35: DIAGRAMA DE CABLEADO DEL MOTOR DC COMPUESTO ACUMULATIVO CON INTERPOLOS	82
FIGURA 36: CONEXIONES PARA EL MOTOR DC COMPUESTO ACUMULATIVO CON INTERPOLOS	83
FIGURA 37: DIAGRAMA CIRCUITO DE MOTOR DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA DE 3 FASES	85
FIGURA 38: CONEXIONES PARA MOTOR DE INDUCCIÓN, 3 FASES, 4 POLOS, ESTRELLA	86
FIGURA 39: MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO AC DE 3 FASES, 4 POLOS, DIAGRAMA DE CABLEADO DE CONEXIÓN ESTRELLA	87
FIGURA 40: MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO AC DE 3 FASES, 4 POLOS, DIAGRAMA DE CABLEADO DE CONEXIÓN DELTA	88
FIGURA 41: MEDIDA DE POTENCIA.....	89
FIGURA 42: DIAGRAMA CIRCUITO DE MOTOR DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA DE 3 FASES	91
FIGURA 43: DIAGRAMA DE CABLEADO DE CONEXIÓN EN ESTRELLA MOTOR DE INDUCCIÓN AC, 3 FASES, 2 POLOS	91
FIGURA 44: CONEXIONES PARA 3 FASES, 2 POLOS, MOTOR DE INDUCCIÓN, ESTRELLA CONECTADA.....	93
FIGURA 45: MOTOR DE INDUCCIÓN AC, 3 FASES, 2 POLOS, DIAGRAMA DE CABLEADO DE CONEXIÓN DELTA.....	93
FIGURA 46: MEDIDA DE POTENCIA.....	94
FIGURA 47: CARACTERÍSTICA DE PAR DE VELOCIDAD DEL MOTOR DE JAULA DE ARDILLA TRIFÁSICA	95
FIGURA 48: CARACTERÍSTICA DE PAR DE VELOCIDAD DEL MOTOR DE JAULA DE ARDILLA TRIFÁSICA PROPUESTA POR EL AUTOR	95
FIGURA 49: DIAGRAMA DE CIRCUITO DE CAMPO GIRATORIO DE MOTOR SÍNCRONO TRIFÁSICO AC	97

FIGURA 50: CONEXIONES PARA MOTOR SÍNCRONO AC, 3 FASES, 2 POLOS, CONEXIÓN EN ESTRELLA.....	98
FIGURA 51: DIAGRAMA DE CABLEADO DEL ROTOR	99
FIGURA 52: MOTOR SÍNCRONO AC 3-FASES, 2-POLOS, CONEXIÓN EN ESTRELLA.....	100
FIGURA 53: MOTOR SÍNCRONO AC 3-FASES, 2-POLOS, CONEXIÓN DELTA	101
FIGURA 54: GRAFICA DE EJE CORRIENTE VS TORQUE.....	103
FIGURA 55: GRAFICAS DE EJES CORRIENTE VS TORQUE PROPUESTAS POR EL AUTOR	103
FIGURA 56: DIAGRAMA DEL GENERADOR SÍNCRONO TRIFÁSICO AC..	105
FIGURA 57: DIAGRAMA DE CABLEADO DEL ROTOR	106
FIGURA 58: CONEXIONES PARA GENERADOR SÍNCRONO TRIFÁSICO AC, 2 POLOS, CONEXIÓN ESTRELLA	107
FIGURA 59: MOTOR SÍNCRONO DE CAMPO GIRATORIO AC, 3 FASES, 2 POLOS, CONEXIÓN DE ESTRELLA	108
FIGURA 60: MOTOR SÍNCRONO DE CAMPO GIRATORIO AC, 3 FASES, 2 POLOS, CONEXIÓN DE DELTA.....	108
FIGURA 61: CONEXIONES ENTRE 62-100 Y LA UNIDAD RESISTOR/CONDENSADOR.....	110
FIGURA 62: GRAFICA DE EJE	111
FIGURA 63: GRAFICADE EJES PROPUESTA POR EL AUTOR.....	112
FIGURA 64: DIAGRAMA DEL CIRCUITO	114
FIGURA 65: GENERADOR MONOFÁSICO AC, CAMPO GIRATORIO, BOBINA DISTRIBUIDA DEL ESTATOR	116
FIGURA 66: CONEXIONES PARA GENERADOR AC SINCRONIZADO AL SUMINISTRO DE RED	117
FIGURA 67: FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA SÍNCRONA	119

FIGURA 68: DIAGRAMA DE CABLEADO DEL ROTOR	122
FIGURA 69: GENERADOR SÍNCRONO A.C. 3 FASES, 2 POLOS, CONEXIÓN ESTRELLA.....	122
FIGURA 70: CONEXIONES PARA GENERADOR TRIFASICO AC SINCRONIZADO AL SUMINISTRO DE RED.....	123
FIGURA 71: MODULO FEEDBACK 62-005.....	131
FIGURA 72: MODULO FEEDBACK 62-100 PORTA ACCESORIOS.....	131
FIGURA 73: MODULO FEEDBACK 62-100 SIENDO AJUSTADO AL MÓDULO FEEDBACK 62-005	132
FIGURA 74: MODULO FEEDBACK 62-005 Y 62-100.....	132

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: SE PRESENTAN LOS DATOS REPRESENTATIVOS O ÁMBITOS DEL PROBLEMA CIENTÍFICO DE INVESTIGACIÓN	20
TABLA 2: CLASIFICACIÓN DE MAQUINAS ELECTRICAS GIRATORIAS SEGÚN SU FUENTE DE ENERGÍA	26
TABLA 3: RESUMEN DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR CC[7]	34
TABLA 4: RESUMEN DE FUNCIONAMIENTO DE UN GENERADOR CC	36
TABLA 5: DATOS OBTENIDOS CON FRENO PRONY USADO COMO CARGA EN EL EJE MOTOR DE DERIVACIÓN	58
TABLA 6: DATOS OBTENIDOS USANDO EL FRENO PRONY COMO CARGA EN MOTOR EN SERIE DC	69
TABLA 7: DATOS OBTENIDOS AL USAR EL FRENO PRONY COMO CARGA EN EL MOTOR SERIE DC CON INTERPOLOS.....	74
TABLA 8 DATOS OBTENIDOS AL USAR EL FRENO PRONY COMO CARGA EN MOTOR DE INDUCCION JAULA DE ARDILLA.....	94
TABLA 9: DATOS OBTENIDOS AL USAR EL FRENO PRONY COMO CARGA EN MOTOR SINCRONO.....	102
TABLA 10: DATOS OBTENIDOS AL AUMENTAR LA CORRIENTE EXPONENCIALMENTE.....	111
TABLA 11: DATOS OBTENIDOS AL AGREGAR CARGA AL SINCRONISMO	125

ECUACIONES

Ley de Faraday $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$ (1)

Ley de Faraday $\varepsilon = \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s}$ (2)

Coefficiente de autoinducción $L = \frac{N \cdot \Phi}{I}$ (3)

Ley de Laplace $F = I \times B = I \times B \sin \alpha$ (4)

Velocidad de flujo magnético $\omega_{\text{el\u00e9ctrica}} = p \times \omega_{\text{mec\u00e1nica}}$ (5)

Velocidad s\u00edncrona $n_s = \frac{\omega}{p}$ (6)

Frecuencia $f_1 = \frac{\omega_1}{2 \times \pi}$ (7)

Valor eficaz de la fuerza electromagn\u00e9tica $E_0 = 4,44 \times f_1 \times N \times \Phi_0$ (8)

Frecuencia de rotaci\u00f3n $f_1 = \frac{\omega_1}{2 \times \pi} = \frac{n_1}{60}$ (9)

Velocidad $n = \frac{E}{k \times \Phi}$ (10)

Par de motor $T = k \times \Phi \times I$ (11)

Potencia \u00cdtil $P_u = T \times \omega$ (12)

Velocidad de giro $n = \frac{E}{k \times \Phi}$ (13)

Fuerza electromotriz $\varepsilon = k \times \Phi \times \omega$ (14)

Velocidad de giro $n_1 = f \times \frac{60}{p} \text{ (rpm)}$ (15)

Par de motor $F = I \times B \times \sin \alpha$ (16)

Amplitud

$$\varepsilon = k \times \phi \times \omega \quad (18)$$

Fase

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= k \times \Phi \times \omega \times (\text{sen} \omega \times t) \\ \varepsilon_2 &= k \times \Phi \times \omega \times (\text{sen} \omega \times t - 120^\circ) \\ \varepsilon_3 &= k \times \Phi \times \omega \times (\text{sen} \omega \times t - 240^\circ) \end{aligned} \quad (19)$$

ABREVIATURAS

C.A.	Corriente Alterna
C.C.	Corriente Continua
f.e.m.	Fuerza electromotriz
f	Frecuencia
ω	Velocidad angular
n_s	Velocidad síncrona
Φ	Flujo total
Ω	Ohmios
V	Voltios
A	Amperios
rev/min	Revoluciones por minuto
n	Velocidad del rotor
Hz	Hertz
p	Pares de polos

INTRODUCCIÓN

El tema del proyecto técnico es “Repotenciación del módulo para pruebas de máquinas eléctricas Feedback”, el cual tiene como propósito entregar un tablero de máquinas eléctricas de uso didáctico a los docentes y estudiantes en el cual se puedan realizar pruebas sobre el funcionamiento, el uso de motores y generadores.

Cuyo objetivo principal es repotenciar el módulo Feedback modelo 62-005, el cual será usado para aplicaciones didácticas referentes a las maquinas eléctricas de corriente continua C.C. y corriente alterna C.A., mediante la recopilación y digitalización de los manuales “Dissectible Machines System 62-005, Powerframe’s System Utilites Manual 60-070-UM & 60-007, Dissectible Machines Tutor Basic Componentes 62-100”.

El siguiente proyecto de investigación está formado por cuatro capítulos, los cuales tienen como finalidad contribuir a un adecuado manejo de las Maquinas Eléctricas, esperando que éste sea considerado por parte del estudiantado como una herramienta de consulta o complementación de los conocimientos adquiridos.

Capítulo I, describe los primeros aspectos como son el tema, la presentación del estudio, la formulación, la sistematización y los objetivos de la investigación, además la justificación, la delimitación o alcance de la investigación para finalmente realizar el planteamiento hipotético, la identificación de las variables y operacionalización de las mismas, que permitirá desarrollar la temática de la investigación.

Capítulo II presenta información básica para entender el principio de funcionamiento de los equipos que posee el tablero. Así también conceptos que deben de ser del conocimiento de un estudiante de ingeniería eléctrica, estos se refieren a los diferentes tipos de arranques de motor. Como el tablero posee sistemas de medición, se hace una recopilación del funcionamiento de estos equipos.

El capítulo III presenta información referente al tablero, cabe recalcar que el tablero cuenta con información, pero esta se encuentra en inglés, esta información ha sido complementada y profundizada, logrando de esta manera una mayor explicación del tablero y sus componentes, esto con el fin de hacer de este módulo didáctico una herramienta de fácil uso y de gran aportación didáctica.

El capítulo IV expondrá el trabajo que se realizó en el laboratorio donde se ha logrado integrar de prácticas de laboratorio, ya que estas muestran un fácil desarrollo y un gran valor técnico teórico para el estudiante de la carrera de ingeniería eléctrica.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA A INVESTIGAR

1.1. Tema

Repotenciación del módulo para pruebas de máquinas eléctricas Feedback.

1.2. Descripción del tema

En el laboratorio de motores y generadores de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, se encuentra un módulo de pruebas para máquinas eléctricas, marca Feedback modelo 62-005 con sus respectivos manuales: “Dissectible Machines System 62-005, Powerframe’s System Utilites Manual 60-070-UM & 60-007, Dissectible Machines Tutor Basic Componentes 62-100”; los cuales, se encuentran en forma física con una sola copia, los mismos que están en inglés y no se han realizado las prácticas propuestas, ni tampoco se ha hecho un estudio para aplicarlo en las clases de las materias de máquinas eléctricas de la carrera de ingeniería eléctrica, además las posibles mejoras o actualizaciones del módulo. Así también la dificultad de que el sistema no es móvil, por tanto, resulta complejo su traslado hacia otros laboratorios dentro de las instalaciones.

Las prácticas propuestas por los fabricantes del tablero entraron a un estudio comparativo, el cual estableció una cantidad variada de beneficios estos fueron recopilados, organizarlos y aplicados con el objetivo de que las prácticas tengan mayor eficacia dentro del pensum académico de la carrera de ingeniería eléctrica y electrónica.

1.3. Antecedentes

En la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, se ha visto un incremento del estudiantado debido al cambio de la matriz energética en los últimos años, es por este motivo resulta de mucha importancia que las habilidades y conocimientos se mantengan a la par, las nuevas tecnologías de aprendizaje deben de preparar a los futuros profesionales para nuevos retos.

El estudio de las máquinas eléctricas, es uno de los ejes de la Ingeniería Eléctrica, ya que estos se encuentran desde las aplicaciones más pequeñas a otras mucho más

complejas; el estudio de estos va desde análisis matemáticos, modelamiento, conexiones, etc. Los motores poseen variaciones en sus diagramas de conexión de bobinas, de las cuales las más comunes son: serie, paralelo, conexión corta, conexión larga, su conexión a la red eléctrica también produce cambios en ellas, de esta misma manera los generadores poseen diferentes tipos de conexión es su bobinado esto es reflejado en ventajas de desventajas en la velocidad, torque y eficiencia, debido a la complejidad y extensión del tema estas son estudiadas en varios cursos de la carrera de ingeniería eléctrica.

TABLA 1: SE PRESENTAN LOS DATOS REPRESENTATIVOS O ÁMBITOS DEL PROBLEMA CIENTÍFICO DE INVESTIGACIÓN

Ámbitos de Estudio	Delimitación del campo de investigación
Campo	Eléctrico.
Aspecto	Potencia.
Área	Repotenciación del módulo para pruebas de máquinas eléctricas Feedback.
Tiempo	Período lectivo 2017 – 2018.
Lugar o espacio	Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

1.4. Importancia y alcances

Se consideró importante realizar este proyecto de investigación pues en él se pretenderá realizar un estudio teórico y práctico, este se estableció en el módulo Feedback 62-005, de esta manera se ha podido complementar una forma de estudio más práctica e integral en el conocimiento de los/las estudiantes, a la vez que se realizan pruebas que determinaran el comportamiento de las máquinas eléctricas, por tanto, este conocimiento es de gran interés en el campo laboral.

Los manuales propuestos cuentan con más de 50 prácticas que no se han desarrollado, consideramos que es por el hecho de que existe un solo manual físico y al estar en inglés y estos no han sido utilizados por el estudiantado debido a que no tienen el formato que requiere la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

La propuesta es digitalizar los manuales “Dissectible Machines System 62-005, Powerframe’s System Utilites Manual 60-070-UM & 60-007, Dissectible Machines Tutor Basic Componentes 62-100” e implementar cada formato a las practicas que solicita la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

De esta manera se pueden utilizar en las prácticas de “Laboratorio de Motores y Generadores” para las materias “Maquinas Eléctricas I y Maquinas Eléctricas II” las cuales están implementadas en el pensum académico de la carrera de Ingeniería Eléctrica; además, podrán ser utilizados para los cursos de formación continua.

Los beneficiarios de este proyecto serán los/las estudiantes de ingeniería de las carreras de Eléctrica y Electrónica, así como también al público en general interesado, ya sean estos de empresas públicas o privadas.

1.5. Delimitación o alcance del problema

El siguiente trabajo de investigación tiene como finalidad repotenciar un módulo de máquinas eléctricas el cual puede ser usado como una alternativa pedagógica, y estas pueden ser usadas en estudio de las maquinas asíncronas, de inducción y los tipos de conexiones que se requieran con el propósito de complementar lo aprendido en clases teóricas de “Maquinas Eléctricas I y Maquinas Eléctricas II”.

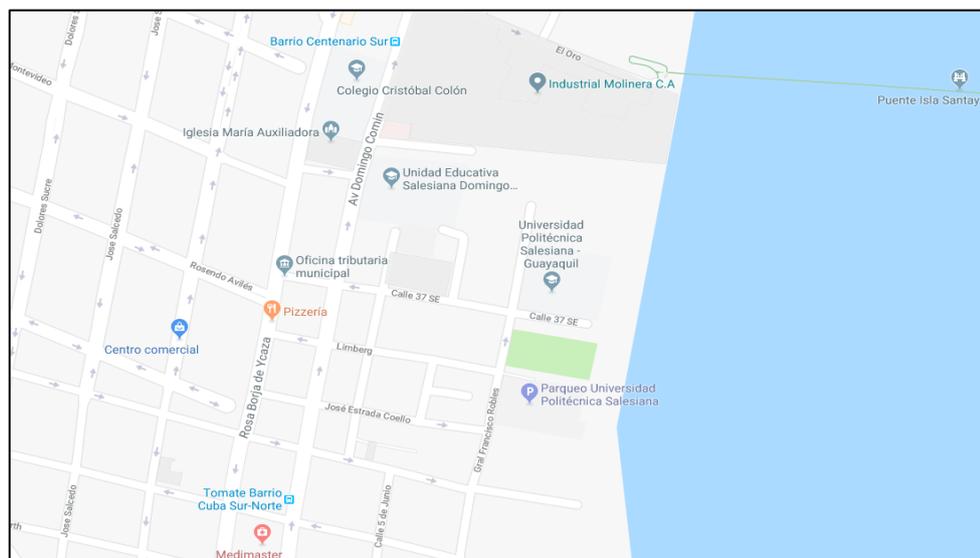


FIGURA 1: SE PRESENTA LA UBICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general de la investigación

Repotenciación del módulo para pruebas de máquinas eléctricas Feedback, el cual será usado para aplicaciones didácticas referentes a las maquinas eléctricas de corriente continua C.C. y corriente alterna C.A., mediante la recopilación y digitalización de los manuales “Dissectible Machines System 62-005, Powerframe’s System Utilites Manual 60-070-UM & 60-007, Dissectible Machines Tutor Basic Componentes 62-100”.

1.6.2. Objetivos específicos de la investigación

- 1.6.2.1.** Adecuar en un sistema móvil el módulo de alimentación y medición con el módulo de máquinas y accesorios para tener un sistema único de aprendizaje.
- 1.6.2.2.** Realizar la traducción, digitalización y aplicación de un formato estandarizado de las prácticas de los manuales “Dissectible Machines System 62-005, Powerframe’s System Utilites Manual 60-070-UM & 60-007, Dissectible Machines Tutor Basic Componentes 62-100”.
- 1.6.2.3.** Evaluar las prácticas propuestas por el creador del módulo, debido a que estas poseen diferentes valores de frecuencia y voltaje por ser estas elaboradas en Europa.
- 1.6.2.4.** Contrastar los valores obtenidos de las prácticas realizadas en los voltímetros y amperímetros del tablero, con equipo externo con el fin de asegurarnos de que estos se encuentren en óptimas condiciones.

1.7. Marco Metodológico

El trabajo de investigación adopto enfoques de carácter exploratorio y de campo en base a la problemática y los objetivos que se deberán alcanzar; esto nos ofrecerá una perspectiva general del problema que debemos conocer y el cual estudiaremos. Posteriormente, los datos que serán obtenidos se agruparan, analizaran y se estandarizaran al formato requerido.

1.7.1. Fundamentación del tipo de investigación

Es necesario realizar una evaluación dado que el equipo fue exportado de otra región del mundo donde sus valores de operación son otros que difieren con región de Latinoamérica, se realizan las prácticas propuestas con el objetivo de verificar su funcionamiento y si estas pueden ser tomadas en cuenta en el pensum de la universidad. Se debe de tomar en cuenta que la investigación que se realizar es descriptiva y documental ya que estas se acoplan a lo antes mencionado.

1.7.1.1. Descriptiva

Según Behar (2010), “Sirven para analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes. Permiten detallar el fenómeno estudiado básicamente a través de la medición de uno o más de sus atributos.”.[2]

El proyecto de investigación se basó en estudios, formatos, análisis, descripciones de equipos ya antes realizadas, con el fin de agruparlos y tenerlos como fuente de conocimiento, para interesados en la materia o público en general.

1.7.1.2. Documental

Según Palella y Martins (2010), “La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes. Indaga sobre un tema en documentos-escritos u orales- uno de, los ejemplos más típicos de esta investigación son las obras de historia”. [3]

Este tipo de investigación se encuentra basada en fuentes bibliográficas, documentales, la hemerográfica y la archivística; todo esto basado en la consulta de libros artículos, periódicos y expedientes.

El presente proyecto de investigación se plantea de carácter documental debido a que se basa en un análisis teórico de las diferentes fuentes de conocimiento, como registros y estadísticas encontrados en libros técnicos, de principios de máquinas eléctricas, manuales técnicos y funcionamiento de los equipos de medición, archivos digitales que contienen datos relevantes para ésta investigación.

1.8. Métodos, técnicas e instrumentos de la investigación

Según Hurtado (2008), “las técnicas tienen que ver con los procedimientos utilizados para la recolección de datos, es decir el cómo esta puede ser de revisión documental”.
[4]

La investigación de campo, es la que se realiza en donde se presenta el fenómeno a estudiar, una de las herramientas que usa este tipo de investigación es la observación, ésta consiste en observar el hecho donde se obtendrá la información, la cual será registrada para ser analizada, existen dos tipos de observación: la observación científica y la observación no científica, la variación entre ellas es la intencionalidad esta define qué tipo se aplicará según el caso, al observar con un objetivo claro y preciso, esta se vuelve observación científica, el observar sin intención alguna o sin previa preparación, se denomina observación no científica.

Por este motivo se llevó a cabo esta investigación utilizando la observación científica la cual se basa en examinar directamente algún hecho, teniendo como propósito recopilar datos para luego ser analizarlos.

Al momento de realizar este trabajo se debió adaptar capacidades de voltaje y frecuencia en el equipo, por este pertenecer a otra región del mundo, al estar los equipos en mucho reposo y almacenamiento estos ya no tienen las mismas propiedades que poseían los elementos que se usan para diseñar las maquinas eléctricas en D.C. y A.C.

1.9. Hipótesis

Si se utiliza el módulo Feedback modelo 62-005 el cual está encaminado a la educación de los estudiantes de sexto semestre de la carrera Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica, se logrará mejorar el conocimiento de Maquinas Eléctricas en C.A. y C.C. y de esta manera se podrán utilizar en las prácticas de laboratorio para las materias propuestas en el pensum académico de la carrera.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estado del Arte

El estudio de las máquinas eléctricas ha estado presente desde su invención la cual fue dada a finales del siglo XIX, éstas han sido desarrolladas en la industria, aunque su evolución se ha dado por la adaptación de nuevos materiales y tecnologías requeridas por diferentes aplicaciones.

Al pensar en máquinas eléctricas tenemos una pequeña idea de que funciona con energía eléctrica y ella produce un movimiento mecánico, aunque el motor de corriente alterna fue desarrollado en 1888 por el científico Nikola Tesla, este tipo de motores poseen una característica principal la cual es la velocidad variable que se presenta en el eje. La razón de esto se debe al deslizamiento de los campos eléctricos en el rotor y el estator, la velocidad constante presente en ellas se debe al modelamiento del fabricante.[5]

2.2. Generalidades

Una maquina eléctrica rotativa es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Se trata de aparatos que, partiendo de una fuente de alimentación de energía eléctrica, producen cierta transformación en la entrada para obtener en la salida o bien energía mecánica en forma del movimiento rotacional o bien energía eléctrica, aunque de características distintas a las del origen.

Las maquinas eléctricas se clasifican según el tipo de energía eléctrica que consumen o que generan. Así, consideraremos en primer lugar las máquinas eléctricas según sean de corriente alterna o de corriente continua.

Las máquinas eléctricas son equipos que convierten energía mecánica o eléctrica según las necesidades que se requieran.[6]

Éste proyecto está encaminado al estudio de las máquinas eléctricas giratorias ya que como se puede saber de antemano existen dos tipos de estas las cuales son clasificadas en dos grupos rotativas y estacionarias.

TABLA 2: CLASIFICACIÓN DE MAQUINAS ELECTRICAS GIRATORIAS SEGÚN SU FUENTE DE ENERGÍA

Según la presencia o no de energía mecánica	Según la fuente de energía	Según el tipo de convención energética efectuado
Máquinas Rotativas	Corriente continua	Generador CC
		Motor CC
	Corriente Alterna	Alternador
		Motor CC

Las máquinas rotativas necesitan de una aportación de energía mecánica para su funcionamiento o, por el contrario, convierten la energía eléctrica en movimiento. Se trata de los generadores de tensión y los motores eléctricos, respectivamente. [7]

Las maquinas eléctricas rotativas según su funcionamiento requieren de energía mecánica si son generadores y energía eléctrica si son motores.

2.2.1. Leyes básicas de las máquinas eléctricas.

2.2.1.1. Ley de Faraday-Lenz.

En este apartado se ahondará un poco sobre la inducción electromagnética, y como con los experimentos realizados por Faraday y Lenz proporcionan lo que hoy conocemos como la Ley de Faraday-Lenz muy importante en el estudio del electromagnetismo.

Experimentos realizados por Faraday, dieron como resultado que en un circuito se induce un f.e.m. (fuerza electromotriz) \mathcal{E} proporcional a la variación del flujo a través de la superficie que limita el circuito. Dicha variación puede ser debida a un cambio del campo magnético \mathbf{B} con el tiempo o al movimiento. [8]

Mientras que Lenz establece que la corriente debida a la f.e.m. inducida se opone al cambio de flujo, es decir, la corriente inducida crea un campo magnético que tiende a conservar el flujo. [9]

Faraday demostró que la fuerza electromotriz inducida en un conductor o espira se relaciona con el flujo que corta y el tiempo que se toma en cortar dicho flujo, mientras Lenz estableció que una tensión inducida producirá una corriente por el circuito cerrado con una dirección opuesta debido al efecto magnético. [10]

Ambas leyes se pueden resumir en una expresión matemática que se conoce como la ley de Faraday, esta expresa que la f.e.m. inducida es igual a menos la derivada sustancial del flujo con respecto al tiempo.

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

La ecuación (1) se puede expresar en función del campo que actúa sobre las cargas del conductor y del campo magnético \mathbf{B} el cual origina el campo magnético sobre la superficie \mathbf{S} que limitara al conductor \mathbf{C} .

$$\varepsilon = \oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} \quad (1.1)$$

El flujo del campo \mathbf{B} sobre la superficie \mathbf{S} que limita el contorno \mathbf{C} es,

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (1.2)$$

Si el campo eléctrico actuara sobre las cargas del conductor que forma un circuito cerrado \mathbf{C} , la fuerza inducida será,

$$\varepsilon = \oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} \quad (1.3)$$

Usando las ecuaciones antes expuestas, podemos expresar la ley de Faraday como la siguiente.

$$\varepsilon = \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} \quad (2)$$

La ecuación (2) expresa una ley general que se aplica a cualquier contorno C, exista o no un conductor sobre C, además demuestra que un campo eléctrico puede ser generado por el flujo variable de un campo magnético.[11]

2.2.1.2. Coeficiente de autoinducción

En las bobinas se presenta el coeficiente de autoinducción, debido al fenómeno de la autoinducción, el cual consiste que cuando una corriente variable circula por una bobina (Ley de Faraday), se autoinduce en ella una fuerza electromotriz.

Este coeficiente se puede calcular con la siguiente formula:

$$L = \frac{N \cdot \Phi}{I} \quad (3)$$

Donde:

L: coeficiente de autoinducción de una bobina, la cual está dada en henrios H

N: número de espiras de la bobina

Φ : flujo en weber Wb

I: corriente que pasa por la bobina, está dada en Amperios

En circuitos de corriente continua, al inicio de su funcionamiento, la corriente de la fuerza electromotriz autoinducida será nula, pero esta ira aumentado hasta que la corriente sea de valor constante.

En los circuitos de corriente alterna el efecto de la fuerza electromotriz autoinducida en una bobina es la resistencia al paso de la corriente y a esta se la conoce como impedancia.

2.2.1.3. Corrientes de Foucault y Ciclo de Histéresis

Si en un material ferromagnético se produce una variación de flujo, por la ley de Lenz, esto producirá fuerzas electromotrices las cuales generaran corrientes internas, dichas corrientes son conocidas como **Corrientes de Foucault**, estas se producirán para crear un flujo en el sentido opuesto de la corriente. Al estar el núcleo compuesto de varias laminas ferromagnéticas y estas estén aisladas eléctricamente unas de otras, las

corrientes serán menores debido a que su área será menor, ya que la f.e.m. generada es menor.[12]

Ciclo de histéresis, este procede de un término griego el cual significa retraso, en la Fig. 2 se puede observar una curva de magnetización la cual relaciona la inducción magnética B y la intensidad del campo magnético H en un material ferromagnético, se puede observar que la trayectoria de inducción magnética B cuando la intensidad de campo magnético H aumenta es diferente a cuando H disminuye. Esto se puede comprender como el retardo de la imanación de un material respecto al campo magnético. [13]

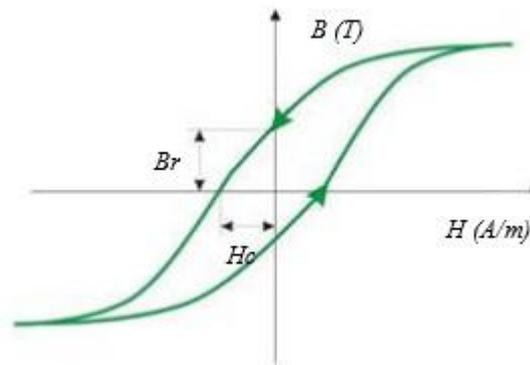


FIGURA 2: HISTÉRESIS EN UN MATERIAL FERROMAGNÉTICO[14]

2.2.2. Variación del flujo magnético debido a la fuente de alimentación

Al conectar una bobina a una fuente de tensión continua, sea esta una batería o una pila, el flujo que generara este será constante y actuara de la misma manera que un imán, sin que este produzca cambio alguno en el flujo con respecto al tiempo. Su comportamiento será igual al de un imán.

En la situación anterior, la fuerza electromotriz inducida será igual a 0, aunque existen maquinas eléctricas que usan este fenómeno para crear un campo magnético constante, el cual se denomina como campo de imanes permanentes.[5]

Al contrario, si la fuerza magnetomotriz es generada a partir de la conexión de una bobina prima a una fuente de tensión alterna, el flujo magnético resultante seguirá la variación sinusoidal de la corriente, esto genera la variación del flujo magnético respecto al tiempo que se derive de la fuente de alimentación de la máquina.[5]

Al conectar una bobina a una fuente de corriente alterna, mientras que al circuito magnético resultante le añadimos una bobina receptora, esto cumplirá la Ley de Faraday-Lenz: la cual indica, que se inducirá una tensión a la bobina secundaria. Este valor se obtendrá a partir de una transformación del circuito magnético del voltaje originario.[5]

Lo anterior ante mencionado se puede definir como el funcionamiento de la maquinas eléctricas estáticas, conocidas como el transformador, en la Fig. 3 se puede observar la fuerza electromotriz y esta es inducida a la bobina más cercana.

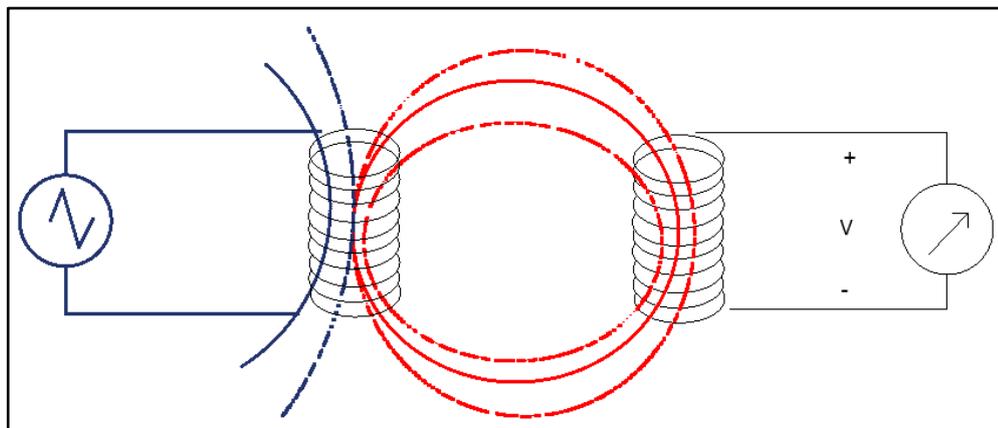


FIGURA 3: FUERZA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA EN UNA BOBINA

2.2.3. Variación del flujo magnético debido al movimiento de la máquina eléctrica

Anteriormente fue descrito, que el flujo magnético es la relación entre el vector de inducción magnética y una superficie de contacto entre el campo magnético y un elemento inducido, para lograr obtener una variación del flujo magnético se deberá modificar en alguna de las dos partes la ecuación.

En el punto anterior, hemos visto qué ocurre cuando la variación aparece en el vector de inducción magnética, ocasionada por una variación en la fuente eléctrica que lo origina, cuando el origen del flujo magnético es producido por una fuente de corriente continua, en el bobinado primario no genera un flujo magnético variable sino uno continuo.[7]

Sabiendo que la inducción magnética es constante debido a su origen continuo, una de las estrategias para conseguir que el flujo varié se deberá modificar la superficie de contacto entre el bobinado secundario y campo.

Se ha visto en la introducción que determinadas máquinas eléctricas se denominaban rotativas porque requerían de energía mecánica para su funcionamiento.

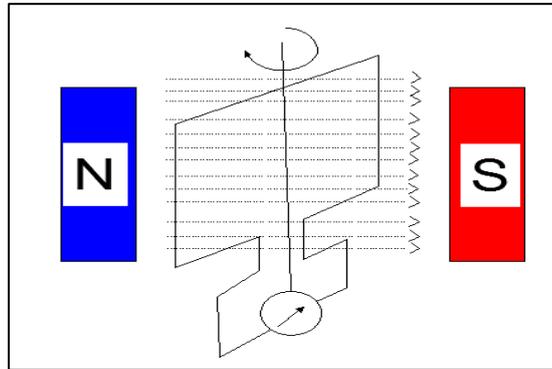


FIGURA 4: MOVIMIENTO ROTACIONAL A UNA ESPIRA INTRODUCIDA A UN CAMPO MAGNÉTICO[15]

Al aplicar movimiento rotacional a una espira inducida, la cual se observará en la Fig. 4, un bobinado sujeto al efecto de un campo magnético, se podrá observar que la superficie de contacto entre ambas partes sufrirá variaciones en el tiempo, en esta también se producirá una variación en su flujo resultante y con esto obtener finalmente una tensión inducida en el bobinado secundario, lo cual fue expuesto en la Ley de Faraday-Lenz.[16]

La máquina eléctrica obtenida es un generador de energía eléctrica, pues debido a el aporte de la energía mecánica la cual se genera por el movimiento de la bobina inducida y con esto obtener una tensión inducida en el secundario.[17]

Para lograr determinar el sentido de circulación de la corriente generada por la fuerza electromotriz inducida, se aplica la conocida regla de la mano derecha. En Fig. 5, se describe detalladamente su uso, esta regla nos indica, como orientar el dedo índice en el sentido correspondiente al campo magnético y el dedo medio se enfocará al movimiento resultante en el conductor. El sentido del flujo de la corriente eléctrica se determinará por el sentido del dedo pulgar, el cual se encuentra perpendicular a los otros dos.[9]

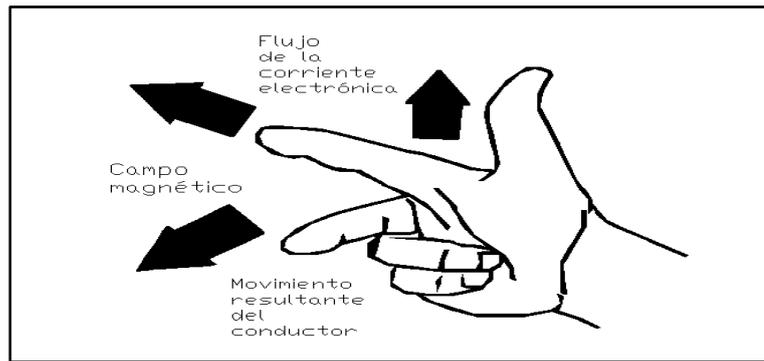


FIGURA 5: USO DE LA REGLA DE LA MANO DERECHA[18]

2.2.4. Fuerzas de Lorentz. Ley de Laplace

Solo se han analizado todas las consecuencias del efecto de un campo magnético sobre el bobinado por el cual no circula ningún tipo de corriente en su interior, se sabe que el paso o circulación de corriente por un conductor generara un campo magnético, aunque se debe de cuestionar lo que ocurre si el campo se produce en el interior de un campo magnético ya existente.

Si se aplica una tensión al bobinado secundario se producirá una inducción magnética, este se encontrará con otro campo ya producido por el bobinado primario o el inductor, como resultado del encuentro entre dichos campos producida una fuerza tangencial en los extremos de cada una de las bobinas, lo que forzara a un movimiento rotacional, el cual es apreciable en la Fig. 6.

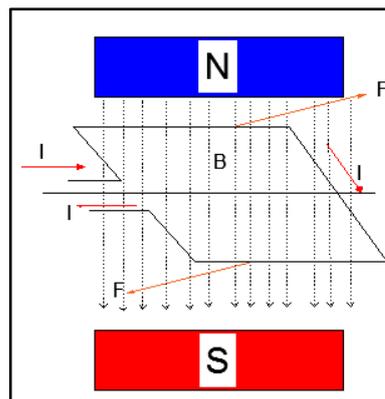


FIGURA 6: PRESENCIA DE LA FUERZA DE LORENTZ EN BOBINADO INDUCIDO[17]

A este par de fuerzas se denomina como fuerza de Lorentz y ellas se representan con la ecuación de la Ley de Laplace

$$F = I \times B = I \times B \sin \alpha \quad (4)$$

Dónde:

F es el par de fuerzas que aparecerá sobre la espira

B el valor de la inducción magnética inductora de movimiento

I el valor de la corriente que circula por el conductor

α el ángulo que forma la espira con el campo magnético.

Las espiras al estar sujetas al eje, las fuerzas de Lorenz generan un movimiento rotacional a partir de su conexión del secundario a una fuente de energía, el principio físico del funcionamiento de los motores eléctricos es la obtención de energía mecánica a partir de la energía eléctrica.[1]

Para lograr una determinación del sentido del par generador, se utilizará la regla de la mano izquierda. La cual la podremos observar en la Figura 7, la cual dice que si colocamos los dedos de la mano para que coincidan con la inducción magnética y la corriente que circula por el conductor, se podrá obtener la dirección de la fuerza generada a partir de la posición del dedo pulgar.[19]

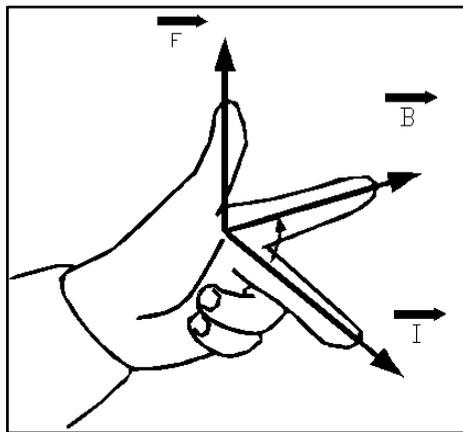


FIGURA 7: REGLA DE LA MANO IZQUIERDA[20]

2.3. Máquina de CC: Generadores y motores

Algo que estableció la Ley de Lorenz fue que un conductor por el que circula una intensidad de corriente eléctrica, que el flujo que circula a través de él se verá afectado por un par de fuerza el cual genera el movimiento rotacional.

Al contrario, la espira que se encuentra en movimiento en el interior del campo magnético en sus extremos se inducirá una fuerza electromotriz, un efecto producido por la Ley de Faraday-Lenz. En ambos fenómenos magnéticos se basan el funcionamiento de las maquinas eléctricas de corriente continua.

2.3.1. Funcionamiento de un motor de corriente continua

El principio básico del funcionamiento se encuentra basado en las fuerzas de Lorenz, el cual se describe como un par de fuerza que aparecen en una espira cuando por esta circula determinada intensidad de corriente cuando en el existe un campo magnético.

En los motores de corriente continua, se obtiene un campo magnético o también llamada fuerza magnetomotriz (f.m.m.), este campo es generado por la corriente de excitación que circula en el bobinado del inductor, los cuales están ubicados en los partir de la fuente de corriente continua. distintos sitios polos del estator, el campo es constante ya que este es generado a partir de la fuente de corriente continua.

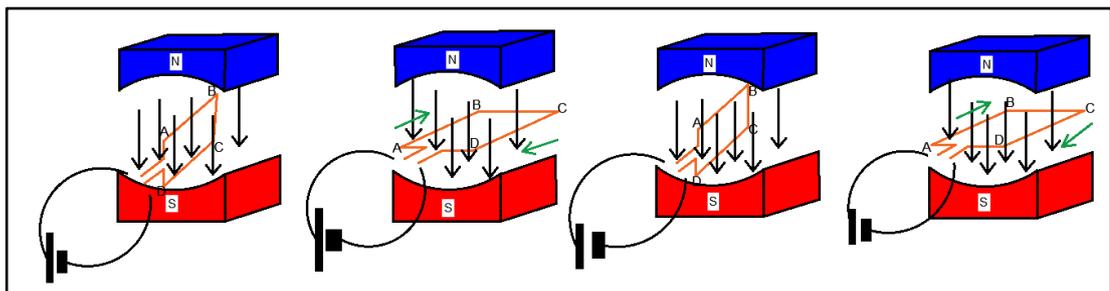


FIGURA 8: FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE CC

TABLA 3: RESUMEN DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR CC[7]

Angulo de incidencia	$\alpha = 0^\circ$	90°	$\alpha = 180^\circ$	$\alpha = 270^\circ$
	$Sen = (0^\circ) = 0$	$Sen = (90^\circ) = 1$	$Sen = (180^\circ) = 0$	$Sen = (270^\circ) = -1$
Sentido de la corriente	0 Conmutación	D - C - B - A	0 Conmutación	A - B - C - D
Fuerza resultante	0	+1	0	$(-1) \times (-1) = +1$

El rotor en el cual se encuentra el bobinado este es inducido por la fuente de corriente constante el cual produce la circulación de una intensidad de corriente por las espiras

de las bobinas, cuando esta corriente circula por el inducido, se inicia la aparición de un par de fuerzas que efectúan el movimiento rotacional del rotor alrededor del eje del motor, esta fuerza generada es proporcional al seno del ángulo que forma la espira con el campo magnético, cuando esta gira completamente, el sentido de la fuerza debe de variar cada 180° . Aunque, el movimiento de un motor es constante y siempre se da en el mismo sentido, al realizarse la conmutación entre el conjunto escobilla-colector este compensa el cambio en el sentido del giro del motor junto con un cambio en el sentido de alimentación de las espiras.

En la Figura 8, se puede observar con mucho detalle el proceso de una revolución completa del rotor en el motor de lo cual se pueden distinguir cuatro fases distintas, cada una nombrada con una letra de la A hasta D, cada una corresponde a la variación del ángulo la cual ocurre en la espira del bobinado del rotor, la variación ocurre por la conmutación en el conjunto colector-escobilla.

- La espira A se posiciona en el ángulo 0° con respecto al campo magnético de excitación. La ley de Laplace nos indicará que su fuerza resultante será 0, por lo cual esta espira no sufrirá el efecto de ninguna fuerza.
- La espira B está situada a 90° con respecto al campo magnético y el vector de flujo. El sentido de la intensidad de corriente recorrerá en sentido D-C-B-A, e par resultante ser positivo con esto garantizará el movimiento del motor en sentido adecuado.
- La espira C se situará a 180° respecto al campo magnético de excitación, al igual que sucedía en la espira A, el seno del ángulo de incidencia será 0 y las fuerzas resultantes desaparecerán.
- Y por último la espira D la cual se situará en 270° del campo magnético y las fuerzas resultantes estas deberían de cambiar su sentido dado que el seno de 270° es -1 y esto modifica el resultado, el sentido de la intensidad de corriente también habrá de cambiar su sentido. La corriente circulará en sentido A-B-C-D, en dirección contraria a lo que sucede en (B), el resultado final de las fuerzas resultantes deberá de seguir con el mismo sentido, lo cual asegura que el motor se mueva en una velocidad constante y regular

2.3.2. Funcionamiento de un generador de corriente continua

Para que una máquina de corriente continua funcione como un generador se deben de intercambiar las fuentes de energía que se suministran. Si no usamos la fuente de corriente constante en el bobinado inducido e impulsamos con un movimiento rotacional el eje del motor usando una fuente de energía mecánica exterior, esto provocara que las espiras del inducido giren en el interior del campo magnético el cual es generado por el inductor. Este movimiento producirá una variación en el flujo magnético de la espira, la Ley de Faraday-Lenz nos indica que una fuerza electromotriz se inducirá en los extremos del bobinado.[21]

Al igual que en el motor, los sentidos que tomara la fuerza electromotriz en los extremos de las espiras variara cada media vuelta siguiendo el valor del seno del ángulo. Este valor es en consecuencia alterno con las variaciones del sentido de la polaridad de cada semiperiodo.[22]

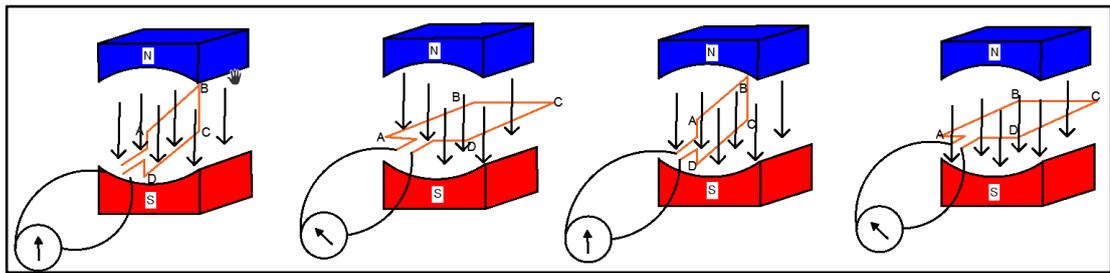


FIGURA 9: FUNCIONAMIENTO DE UN GENERADOR DE CC

TABLA 4: RESUMEN DE FUNCIONAMIENTO DE UN GENERADOR CC

Angulo de incidencia	$\alpha = 0^\circ$ $Sen = (0^\circ) = 0$	90° $Sen = (90^\circ) = 1$	$\alpha = 180^\circ$ $Sen = (180^\circ) = 0$	$\alpha = 270^\circ$ $Sen = (270^\circ) = -1$
Sentido de la corriente	0 Comutación	+D - A	0 Comutación	+A -D
Fuerza resultante	0	+	0	+

Como se observa en la Fig. 9 conseguir una fuerza electromotriz constante se da conmutando el sentido de f.e.m. esta es obtenida de los extremos de la espira a partir

de la rotación del colector el cual ira conjuntamente con el eje del rotor de esta forma se garantiza que el sentido del voltaje en el exterior será constante.

En la Fig. 10, se representa el voltaje obtenido de una maquina con una espira y un colector en el rotor, aunque es continuo este será muy variable. Uno de los objetivos de los generadores de corriente continua es el obtener una fuente de tensión continua y constante, la cual no sufra de muchas variaciones en su voltaje de salida. Para conseguir que el resultado sea constante, se deberá aumentar el número de espiras y de colectores, de esta forma la suma de cada una de estas nos acercara al resultado requerido.

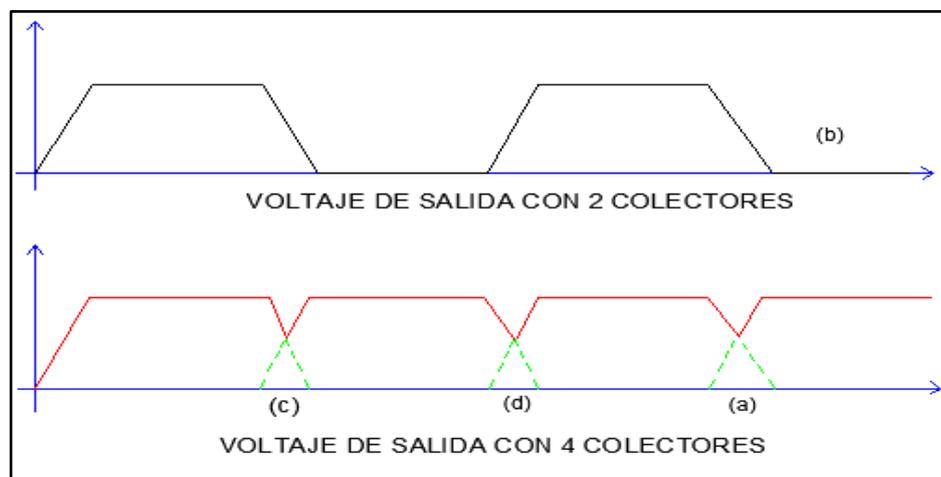


FIGURA 10: VOLTAJE DE SALIDA SEGÚN EL NUMERO DE ESPIRAS EN EL ROTOR

2.4. Máquinas de CA alternadores y motores (monofásicos y trifásicos)

Las maquinas eléctricas de corriente alterna se dividen en dos tipos, esto depende del tipo de fuente de energía que utiliza al momento de funcionar. Aunque existen maquinas que constan de una fuente suplementaria de corriente continua, la cual se encarga de generar un campo magnético que interaccione con el campo que se crea por la fuente de corriente alterna, estas se denominan maquinas síncronas que pueden actuar como generadores según cual la energía de origen.[1]

En los motores cuando una fuente de corriente continua y una de corriente alterna se juntan estos producirán un movimiento rotacional en los motores síncronos, en el caso de unir una fuente de energía mecánica con una fuente de corriente continua esta

generara en su salida una forma de energía eléctrica de corriente continua, para generadores de corriente alterna o alternadores. Los generadores de corriente alterna siempre son máquinas asíncronas, los motores síncronos son también conocidos como motores de inducción, estos son los motores más usados en el mundo por su óptimo funcionamiento y una gran respuesta mecánica.

2.4.1. Maquinas Eléctricas Síncronas

En las maquinas eléctricas síncronas la alimentación puede ser en forma de corriente alterna o de corriente continua, a estos equipos se consideran máquinas de corriente alterna porque su fuente de corriente continua solo se usa para la generación del campo magnético, de forma de un imán fijo el cual interacciona con los efectos de la corriente alterna el cual generara el movimiento o la energía eléctrica, dependiendo si es un motor síncrono o un generador de corriente alterna. En la Fig. 11, se visualiza la diferentes utilizaciones y conversiones de energías eléctricas como mecánica.[23]

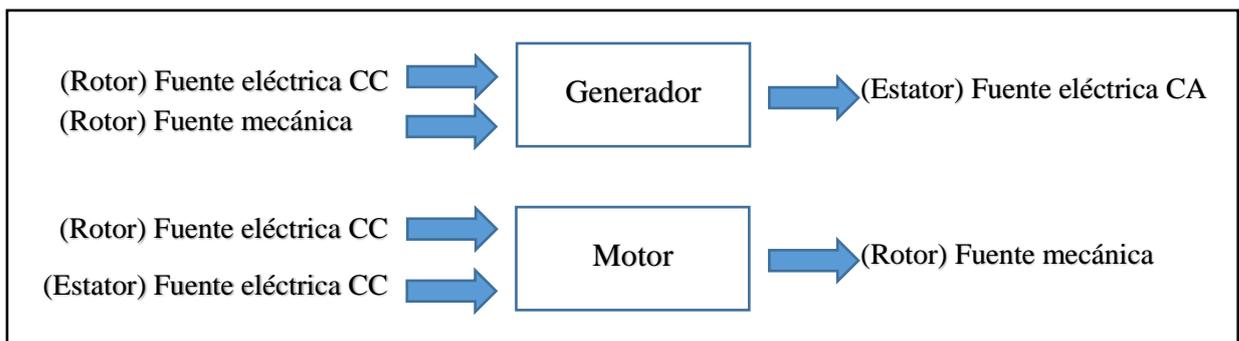


FIGURA 11: MAQUINAS ELECTRICAS SINCRONAS Y SU FUENTE DE ENTRADA Y SALIDA

2.4.1.1. Principio de funcionamiento de una máquina eléctrica síncrona de corriente alterna

Estos equipos constan de una constitución muy similar a la de una maquina eléctrica, aunque en su principio de funcionamiento se deben de distinguir entre motores y generadores de corriente alterna ya que estos están basados en distintos fenómenos magnéticos.[24]

Su función como motor, es dado por el devanado inductor el cual es alimentado por una fuente de corriente continua el cual generara un campo magnético constante este actuara como un imán permanente, en el estator deberán de estar situados los devanados los cuales estarán alimentados por una fuente de corriente alterna, bifásica

o trifásica, estos devanados deberán de estar situados a 180° o 120° , la combinación de dos o tres campos magnéticos dados con las condiciones de montaje establecidas, generan en el entrehierro de la maquina un campo magnético giratorio este será el principio de funcionamiento de los motores asíncronos.

Es posible que se pueda observar cómo se alimentan las bobinas trifásicas, si podemos detenernos en un tiempo en concreto, como se observa en la Fig. 12, el tiempo de voltaje trifásico, en el caso de t_1 el voltaje máximo corresponde a la fase de R, como efecto, la bobina alimentada por esta fase producirá un campo magnético. Ocurrido un instante, en t_2 la tensión máxima será la que corresponde a la fase S, se puede observar en la figura como este se desfasa 120° mecánicos con respecto con la bobina que se encuentra alimentada por la fase R, lo cual producirá un movimiento de 120° en el vector de campo magnético máximo. En t_3 , se puede comprobar que, siguiendo la lógica anterior el campo magnético girara 120° con respecto a t_2 . Debido al carácter periódico de la tensión, solo bastaría con colocarnos nuevamente en t_1 y se repetirá el mismo movimiento de forma periódica, mientras dure la alimentación al motor, entonces se podrá visualizar un campo magnético giratorio.[22]

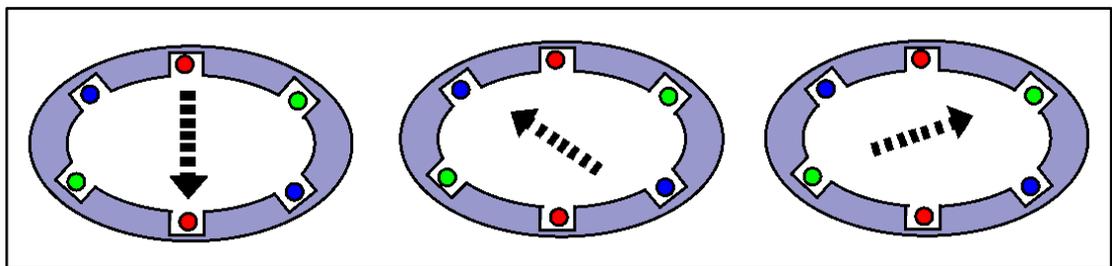


FIGURA 12: CAMBIO DEL CAMPO MAGNETICO EN UN ESTATOR DE TRES POLOS DESFASADO 120° CON UNA ALIMENTACIÓN TRIFASICA

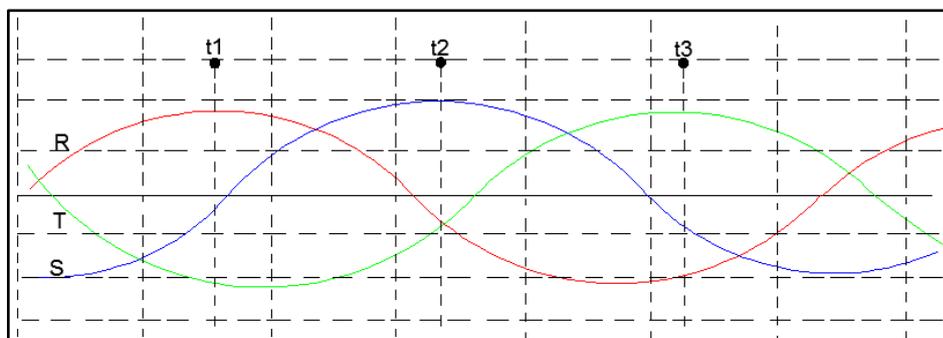


FIGURA 12.1: SISTEMA TRIFASICO QUE ALIMENTA LAS BOBINAS DEL ESTATOR[15]

Este campo magnético obtenido en el estator del motor produce un efecto de atracción sobre el campo magnético que se produce en el rotor, este efecto es parecido al de dos imanes que se atraen polos opuestos y se repelen en los polos idénticos, de esta manera encontraremos en el rotor un imán fijo en el cual se pueda realizar movimientos circulares, mientras que en el estator se generará un campo magnético giratorio, al combinar ambos se producirá el movimiento del motor a una velocidad del campo magnético que fue creado por las bobinas inducidas. En la Fig. 13, se puede ver el proceso que realiza el motor al girar en velocidad síncrona, (a) el campo magnético situado en el entrehierro sigue un movimiento giratorio a una velocidad síncrona, (b) el rotor crea un imán fijo este se alinea con el campo magnético creado con el entrehierro, (c) el rotor continuara con el movimiento giratorio a una velocidad síncrona. Se debe de diferenciar la rotación mecánica del motor y la velocidad del flujo magnético ya que este último varía según el número de polos que posea el equipo, esta relación queda establecida en la siguiente ecuación

$$\omega_{eléctrica} = p \times \omega_{mecánica} \quad (5)$$

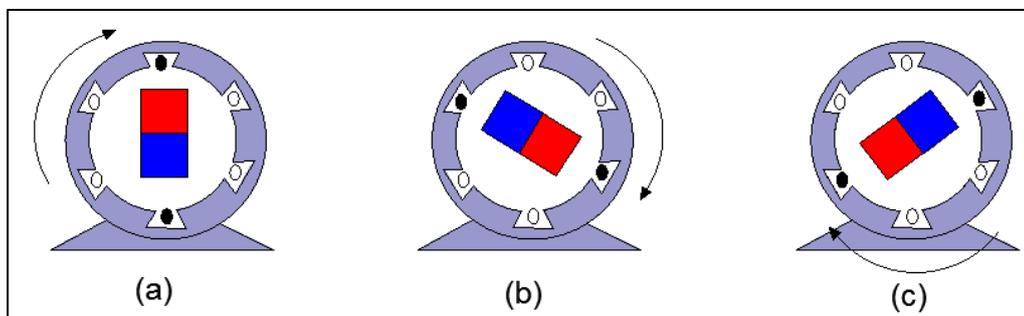


FIGURA 13: GIRO DEL ROTOR EN UN MOTOR SINCRONO

El comportamiento de una maquina asíncrona como generador, es como un convertidor electromecánico de excitación múltiple, el devanado es alimentado por una corriente continua, este genera una fuerza electromotriz este producirá un campo magnético, este campo cambiará a lo largo del entre hierro lo cual producirá una curva de inducción sinusoidal, al mantenerse constante en el tiempo la corriente de excitación y por la bobina del estator no circula ninguna corriente, el campo en este también

será constante en el tiempo, por lo tanto el flujo será unido en la bobina del estator con la del rotor en reposo.[25]

Una máquina rotatoria tiene un numero de pares de polos ρ , y gira una velocidad angular ω , se considera que esta produce un velocidad síncrona n_s , la cual responde a la siguiente formula:

$$n_s = \frac{\omega}{\rho} \quad (6)$$

En las condiciones anteriores no se producirá ningún fenómeno de inducción en la bobina, pero si se usa un par exterior para hacer girar el rotor a una velocidad angular constate ω_1 , el flujo total Φ que circula en la bobina del estator el cual inducirá una fuerza electromotriz que en los bornes de la bobina encontraremos una tensión sinusoidal retrasada 90° respecto al flujo, la frecuencia está dada de la siguiente formula:

$$f_1 = \frac{\omega_1}{2 \times \pi} \quad (7)$$

Al aplicar esta fuerza electromotriz en un circuito externo se determinará la circulación de corriente alterna, con lo cual se obtendrá un generador monofásico bipolar, si disponemos de tres bobinas simples idénticas en el estator las cuales estarán desplazadas entre si 120° el flujo generado por estas bobinas inducirá una fuerza electromotriz, al conectar estas bobinas en estrella o en delta , estaremos al frente de un alternador trifásico de un par de polos, la conexión estrella es una de las más usadas en las máquinas de este tipo, la expresión para el valor eficaz de la fuerza electromagnética inducida en cada fase es:

$$E_0 = 4,44 \times f_1 \times N \times \Phi_0 \quad (8)$$

De donde:

Φ es el flujo de un polo el cual se expresa en Wb

f_1 la frecuencia de rotación que corresponde a la velocidad angular

N el número de espiras por fase

La frecuencia de rotación se puede obtener de la siguiente ecuación:

$$f_1 = \frac{\omega_1}{2 \times \pi} = \frac{n_1}{60} \quad (9)$$

La fórmula llega a variar si el inductor posee pares de polo por lo cual su fórmula sería la siguiente:

$$f_1' = p \times f_1 \quad (9.1)$$

Cuando el devanado se encuentre conectado a un circuito de carga trifásico esto originara una circulación de una corriente por cada una de las fases, dan forma a un sistema trifásico equilibrado.

2.4.2. Motores Asíncronos

Se dice que el uso de los motores asíncronos en el mundo es de un 90%, esto es debido a su facilidad de conexión y gran rendimiento, estas máquinas se alimentan de una fuente de corriente alterna dando como resultado energía mecánica la cual puede ser usada en cualquier proceso que se requiera, los motores asíncronos también son conocidos como motores de inducción.[26]

2.4.2.1. Funcionamiento de un motor asíncrono

Su funcionamiento es muy parecido a las maquinas síncronas, estas máquinas generan un campo magnético rotatorio que se produce en el entrehierro este es producido por el efecto de las tres bobinas desfasada 120° , pero al contrario de las bobinas no se encuentran alimentadas por algún tipo de energía por lo cual estos no generan ningún campo magnético, en el caso de ellas el rotor induce la fuerza electromotriz por el campo magnético generado por el estator, como lo dice el principio de la Ley de Faraday –Lenz.[27]

La complejión de los rotores de las maquinas asíncronas es el de un corto circuito, por lo cual la fuerza electromotriz que es inducida por el rotor generará un flujo de corriente el efecto de este en campo magnético del entrehierro será generar un par de fuerzas de Lorenz, estas fuerzas son las responsables de generar el movimiento rotacional del eje del motor.[27]

A este movimiento rotacional generado en el campo magnético del rotor se lo denomina velocidad de sincronismo, pero la velocidad del rotor nunca será la misma

que la velocidad asíncrona y esto es que si ambas velocidades coincidieran, el par de fuerzas desaparecería y el motor giraría sin ningún tipo de potencia mecánica.[28]

2.5. Características de Motores y Generadores C.C. y C.A

Las maquinas eléctricas son capaces de transformar energía eléctrica en energía mecánica o en sentido contrario transformara energía mecánica en eléctrica, estos equipos comparten características mecánicas y electromagnéticas, aunque se deben de distinguir entre los motores y los generadores al momento de determinar los parámetros principales.

2.5.1. Motores de corriente continua C.C.

Los motores C.C. tienen como una de sus finalidades el movimiento rotacional el cual estará dado a una velocidad y torque adecuado, de esto se deben de tener en cuenta tres puntos lo cuales se nombrarán a continuación.

2.5.1.1. Velocidad

Esta se mide en revoluciones por minuto el cual es representado en por la letra n , este viene dado por la fuerza electromotriz la cual es generada en el inducido y esta a su vez es inversa al flujo magnético del entrehierro.

Donde:

n es la velocidad del motor, expresada en revoluciones por minuto.

k la constante de proporcionalidad.

E la fuerza contraelectromotriz, se expresa en voltios (V)

Φ el flujo magnético generado en cada polo en el estator, expresado en webers (Wb)

$$n = \frac{E}{k \times \Phi} \quad (10)$$

2.5.1.2. Par de motor

Son fuerzas con una dirección tangente al recorrido del motor y de sentido contrario, estas se encuentran situadas en los extremos del diámetro de la, en otras palabras, es la tendencia de una fuerza para hacer girar un objeto alrededor de un eje. Esta se mide en Newton N y se la representa con la T. Donde:

T es el par de fuerzas motor

k la constante de proporcionalidad

Φ el flujo magnético generado en cada polo en el estator

I la intensidad de corriente de la máquina, medida en amperios (A), el valor de la intensidad varía dependiendo del tipo de conexión de las bobinas

$$T = k \times \Phi \times I \quad (11)$$

2.5.1.3. Potencia Útil

La potencia útil se la puede determinar como el trabajo mecánico usado por el motor, donde:

P_u es la potencia útil de salida del motor, expresada en vatios (W)

T el par motor

ω la velocidad angular del motor, medida en radianes por segundo (rad/s)

$$P_u = T \times \omega \quad (12)$$

2.5.2. Generador corriente continua C.C.

Este tipo de máquinas eléctricas entregan en su salida un voltaje, aunque este voltaje depende de la velocidad del giro del motor. Al igual que en los motores estos tienen dos parámetros muy importantes que son:

2.5.2.1. Velocidad de Giro

El generador consta de una máquina eléctrica muy parecida de un motor, esta actúa de una forma contraria al motor, por lo tanto, se usará la misma ecuación del motor eléctrico la cual es la siguiente

$$n = \frac{E}{k \times \Phi} \quad (13)$$

2.5.2.2. Fuerza electromotriz

Es también conocida como voltaje inducido, a ella se la conoce como la que es capaz de mantener un diferencial potencial entre dos puntos de un circuito, es también proporcional al flujo magnético y la velocidad de rotación. Donde:

E es la fuerza electromotriz inducida.

k la constante de proporcionalidad.

Φ el flujo magnético generado en el estator

n la velocidad del motor.

$$E = k \times \Phi \times n \quad (14)$$

2.5.3. Motor de corriente alterna C.A.

Este tipo de máquinas deben de tener dos características principales las cuales son la velocidad de giro y el momento par de fuerzas el cual se genera en el eje del rotor.

2.5.3.1. Velocidad de giro

Esta velocidad se obtiene de la relación entre la velocidad de giro del campo magnético y también del posicionamiento de los devanados del estator. Donde:

n es la velocidad de sincronismo medida en revoluciones por minuto;

f la frecuencia de la corriente alterna que alimenta al estator, se mide en Hertz Hz

p el número de pares de polos que constan en el estator

$$n_1 = f \times \frac{60}{p} (rpm) \quad (15)$$

2.5.3.2. Par de motor

Se lo conoce como el momento de fuerza que se ejerce sobre el eje de un motor, este se sitúa en los extremos del bobinado del rotor, este se calcula con la ayuda de la mano izquierda, se debe de usar la siguiente ecuación.[29]

$$F = I \times B \times \text{sen } \alpha \quad (16)$$

Para determinar el momento del par de fuerzas se debe de aplicar la siguiente formula.

Donde:

F es el par de fuerzas que genera la rotación del motor.

D la distancia, en este caso será el diámetro del rotor.

$$T = F \times d \quad (16.1)$$

Se unimos las ecuaciones anteriores obtendremos

$$T = I_e \times B \times d \times \text{sen } \alpha \quad (16.2)$$

2.5.4. Generador de corriente alterna o Alternador

Este tipo de máquinas funciona con corriente alterna por lo cual se debe de analizar las características de la corriente alterna sinusoidal, la cuales son frecuencia amplitud y fase

Lo que obtendrá de los alternadores será el voltaje eléctrico en los extremos del devanado del estator, aunque cabe recalcar que la forma de este no es completamente sinusoidal, ya que esta dependerá de la construcción de la máquina y sus características y el número de los polos usados.[30]

2.5.4.1. Frecuencia

Se entiende por frecuencia a el fenómeno físico que se repite un número de veces determinadas en un segundo, este puede uno hasta millones de ciclos por segundo.[31]

En el generador este se obtiene de la velocidad de sincronismo que produce la maquina eléctrica.

$$f = n \times \frac{P}{60} \quad (17)$$

2.5.4.2. Amplitud

La amplitud es un movimiento oscilatorio el cual mide la variación máxima del desplazamiento, en el caso del alternador este valor es obtenido en los extremos del mismo y será proporcional a la velocidad del giro y el flujo magnético del inductor.[32]

$$\varepsilon = k \times \Phi \times \omega \quad (18)$$

2.5.4.3. Fase

El voltaje que se obtendrá de los devanados será de igual amplitud, pero tendrán un desfase de 120° , por lo cual cada una de las bobinas del generador dicha ecuación será descrita a continuación:

$$\varepsilon_1 = k \times \Phi \times \omega \times (\text{sen} \omega \times t) \quad (19)$$

$$\varepsilon_2 = k \times \Phi \times \omega \times (\text{sen} \omega \times t - 120^\circ)$$

$$\varepsilon_3 = k \times \Phi \times \omega \times (\text{sen} \omega \times t - 240^\circ)$$

CAPITULO III

3. REPOTENCIACIÓN DEL MÓDULO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS FEEDBACK

3.1. Antecedentes

Al realizar la repotenciación del módulo de máquinas eléctricas FeedBack se debió realizar un boceto de la estructura que soportara a los elementos que contiene esta, el modulo está compuesto de dos partes muy diferenciadas las cuales son módulo FeedBack 62-005 y el módulo de almacenamiento FeedBack 90-100. (Diseño como medidas en anexos 1).

El módulo de pruebas Feedback 62-005 tiene los siguientes componentes:

- Fuente de alimentación universal 60-105
- Fuente de CA/CC variable 5A 60-121
- Interruptores de control 65-130
- Unidad de resistencias y capacitores 67-190
- Resistencia variable 200Ω 67-113
- Mediciones trifásicas 68-110
- Mili amperímetro DC 68-113
- Voltímetro y Amperímetro DC 68-110
- Voltímetro de amperímetro AC 68-117
- Sincronizador de lámparas 68-120
- Voltímetro CA y medidor de frecuencia 68-121
- Compartimiento universal 91-240

El módulo de almacenamiento de máquinas 90-100 consta de los siguientes componentes:

- Panel de almacenamiento 62-101
- Freno Prony 67-470
- Tres contenedores universales

Kit de pruebas el cual contiene:

- 2 ejes
- 4 paletas del rotor paso a paso
- 1 cubo de rotor
- 1 plato de escala graduado en 15 pasos
- 1 perilla con disco puntero
- 4 interpolos
- 6 bobinas del estator L7
- 2 bobinas de rotor L1
- 2 bobinas del estator L8
- 2 bobinas del estator L5
- 2 bobinas de rotor L2
- 2 bobinas de estator L4
- 2 bobinas del estator L9
- 4 bobinas del rotor L3
- Brújula
- 2 Porta escobillas
- 2 acoples flexibles
- Estator de 12 bobinas L6
- Manivela

3.2. Importancia de los módulos didácticos

En el futuro la organización y obtención de información será una actividad muy importante para una gran parte de la población, esto es debido a la evolución de tecnologías en la información, lo cual planteara desafíos en la educación y en el manejo de nuevas destrezas. Es debido a las circunstancias culturales, sociales y tecnológicas, en las que se envuelva la sociedad, obliga a planificar nuevos objetivos los cuales se caracteriza por nuevo orden en la educación de los cuales los más importantes serian:

- Educación para el empleo: esta se entenderá como una fuerza versátil, capaz de responder a los cambios de la economía y la sociedad.

- Educación para la vida: esta se puede visualizar como, entender la realidad de la vida y de uno mismo como individuo.

Los tableros didácticos como recursos, son los mediadores en el desarrollo y adquisición en el proceso de la enseñanza y aprendizaje, estos deben de ser cualificados según su dinámica ya que esta puede ser formativa, correctiva, preventiva y compensatoria, esto dependerá de la actuación del docente hacia los estudiantados potenciando en ellos una situación de aprendizaje, con el único fin de elevar su calidad de eficiencia en cuanto a acciones pedagógicas.[33]

3.2.1. Introducción a módulos didácticos

Dentro de los nuevos objetivos desarrollados, la educación para el empleo nos habla de la preparación para los cambios en esta, la industria ha estado en crecimiento en este último siglo, ellos han desarrollado nuevas formas de control, protección y operación en los procesos industriales.[34]

Los tableros eléctricos con el paso del tiempo han sido centralizados para evitar que el control de estos no sea tan distante, en su evolución se añadieron normas y códigos internacionales, con el fin de normalizar y garantizar su eficiencia y seguridad en la industria.

Se considera a los tableros eléctricos como la parte principal de mayor importancia en la construcción y desarrollo de un proyecto por muy pequeño que este sea, por esta razón el cumplimiento de las normas de seguridad junto a las técnicas de ensamblado garantizarán la seguridad a los operarios a las instalaciones y las máquinas.[26]

3.3. Arquitectura del módulo de máquinas eléctricas

El módulo de máquinas eléctricas está pensado en el desarrollo de actividades que implican su funcionamiento y el uso dentro de la industria, el conjunto de ambos tableros en un solo modulo, brindara la movilidad de este dentro de los laboratorios de la Universidad.

El modelo que ha sido elegido es uno de tipo modular rodante, con protección IP00 lo cual nos indica que no llevará protección alguna, esto debido a que su uso solo se dará en áreas cerradas y con ventilación.[35]

El módulo Feedback 62-005 y el módulo de almacenamiento de máquinas 90-100 se acoplarán en una sola estructura, por lo cual esta debe de estar tener una base robusta hecha de una tubería cuadrada de 2 mm de espesor, para la movilidad del mismo se incorpora a este módulo un juego de ruedas de nylon las cual podrán soportar un peso aproximado a las 200lbs lo cual dará un soporte para un peso máximo de 800lbs aproximadamente.

3.3.1. Materiales usados en la creación de la estructura

En la construcción de la estructura se deberá de utilizar materiales de buena calidad los cuales serán adquiridos en el mercado local, los materiales utilizados serán los siguientes:

- Tubos cuadrados de acero de 1 ½ pulgada de 2mm (6 tuberías de 6m)
- Juego de ruedas de nylon de 4 pulgadas
- Pintura de esmalte negra 1 galón
- Tubo cuadrado de acero de 1 pulgada de 1,5mm (3 tubos de 6 m)
- Juego de ruedas de nylon de 2 1/2 pulgadas
- Tabla de Plywood de 2.5cm
- Rieles expandibles de 3000mm
- Rieles expandibles de 4500mm
- Perfiles de aluminio
- Tomacorriente polarizado
- Canaleta
- Soldadura tipo
- Tornillo 4x35
- Pernos
- Tuerca

Los tubos de acero siguieron un proceso de fosfatizado el cual da a este material muchas nuevas ventajas, entre ellas, acondiciona la superficie para recibir pintura, mejora la superficie para recibir películas plásticas y mejora la resistencia a la corrosión.[36]

La estructura que soportara los 2 módulos anteriormente descritos, ha sido elaborada por tubos cuadrados, con el fin de tener un mejor acabado y una base sólida y robusta.

El objetivo de la estructura es que unir en una sola estructura los módulos para que su almacenamiento y traslado sea fácil y adecuado, la altura que dispondrá el modulo es de... el cual soportara un peso aproximado de

3.3.2. Diseño y disposición de los diversos equipos en el modulo

La antigua estructura de los módulos Feedback será reutilizada y acoplada el almacenamiento y disposición de los equipos que serán utilizados en la practicas de laboratorio.

Se han considerado diferentes variables al momento de diseñarlo las cuales son simetría, movilidad, seguridad y modularidad, las consideraciones fueron tomadas debido al uso que tendrá este en el laboratorio de máquinas eléctricas.

El sistema es flexible debido a las diferentes posibilidades de conexiones y pruebas en ella, es simétrico debido a las consideraciones de espacios entre los módulos para que este sea agradable a la vista lo cual permitirá que el estudiante este enfocado en su práctica, es modular porque tiene bloques identificados para cada actividad, el modulo cuenta con dos partes, la primera será donde se realizan las prácticas y la segunda donde se almacenaran los equipos, cables y partes del módulo. El diseño posee un sistema de alimentación eléctrica el cual posee un juego de clavijas para dicha función, también posee un juego de ruedas para el transporte y movilidad del tablero a cualquier parte dentro fuera del laboratorio. En el anexo se demuestran fotos de los trabajos realizados en el módulo.

CAPITULO IV

4. PRACTICAS PROPUESTAS CON EL MODULO DE MAQUINAS ELECTRICAS

PRÁCTICA #1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.1. Practica I

4.1.1. Tema

Motor en paralelo DC

4.1.2. Objetivos

- Comprender como se da la excitación del campo principal y su variación con condiciones de carga en el eje
- Establecer las conexiones del bobinado tanto al suministro eléctrico como a la armadura.
- Comprender la simplicidad de los requisitos de este motor y su uso como variador de velocidad en sistemas automáticos.

4.1.3. Duración

- 2 horas

4.1.4. Recursos utilizados

- Unidad base
- Conmutador
- 2 carbones y porta-carbones

- 2 Bobinas L4
- 2 Bobinas L1
- 2 Bobinas L2
- 2 polos de campo
- 1 cubo de rotor
- 4 polos de rotor
- Suministro DC de 0-70V, 5A, (FEEDBACK 60-105)
- Voltímetro DC de 0-100V. (FEEDBACK 68-110)
- Amperímetro DC de 0-5A, (FEEDBACK 68-110)
- Resistencia variable, 0-200 ohmios, 2.5A (FEEDBACK 67-113)
- Freno de fricción (prisionero) u otro dinamómetro de 0-1 Nm a 1500 rev/min (FEEDBACK 67-470)
- Tacómetro óptico / de contacto: (FEEDBACK 68-470)

4.1.5. Introducción

En este motor, las bobinas flexibles están conectadas a los terminales del suministro y están en paralelo con el circuito de armadura. Como la excitación del campo principal es independiente de las condiciones de carga del eje, puede hacerse prácticamente constante. En este caso, el motor de derivación se puede diseñar para proporcionar una característica de velocidad/par casi nivelada, y la velocidad falla gradualmente en el extremo superior del rango de carga.

Debido a la simplicidad de sus requisitos de control, el motor de derivación también se usa ampliamente como variador de velocidad y en sistemas automáticos de regulación de velocidad.

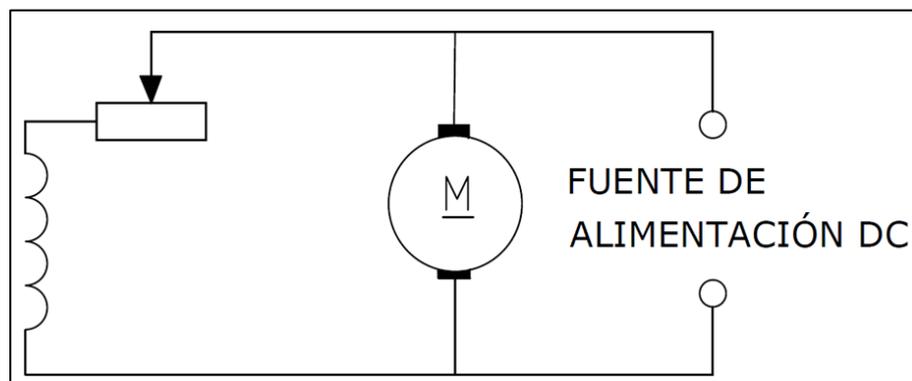


FIGURA 14: DIAGRAMA DE CIRCUITO

4.1.6. Procedimiento

- Ensamble la armadura y el conmutador en el eje y coloque el eje en sus cojinetes. Antes de finalmente apretar los tornillos de la carcasa del cojinete en la placa base, verifique que el eje gire libremente y se mueva axialmente contra la arandela de precarga.
- Conecte las bobinas L4 a los polos del campo, luego conéctelos al anillo del marco en las posiciones de las 3 en punto y las 9 en punto.
- Inserte los cepillos en sus soportes y apriételos a las posiciones del bloque de montaje a cada lado del conmutador. Verifique que las escobillas se muevan libremente en sus soportes.
- Haga el circuito que se muestra en la Fig. 14 de acuerdo con las conexiones que se muestran en la Fig. 15. Conecte la resistencia variable de 67-113 como se muestra.
- Si se usa un freno de fricción (Prisionero) u otro dispositivo de carga, ajuste su marco a la placa base y ajústelo para dejar inicialmente la carga cero.

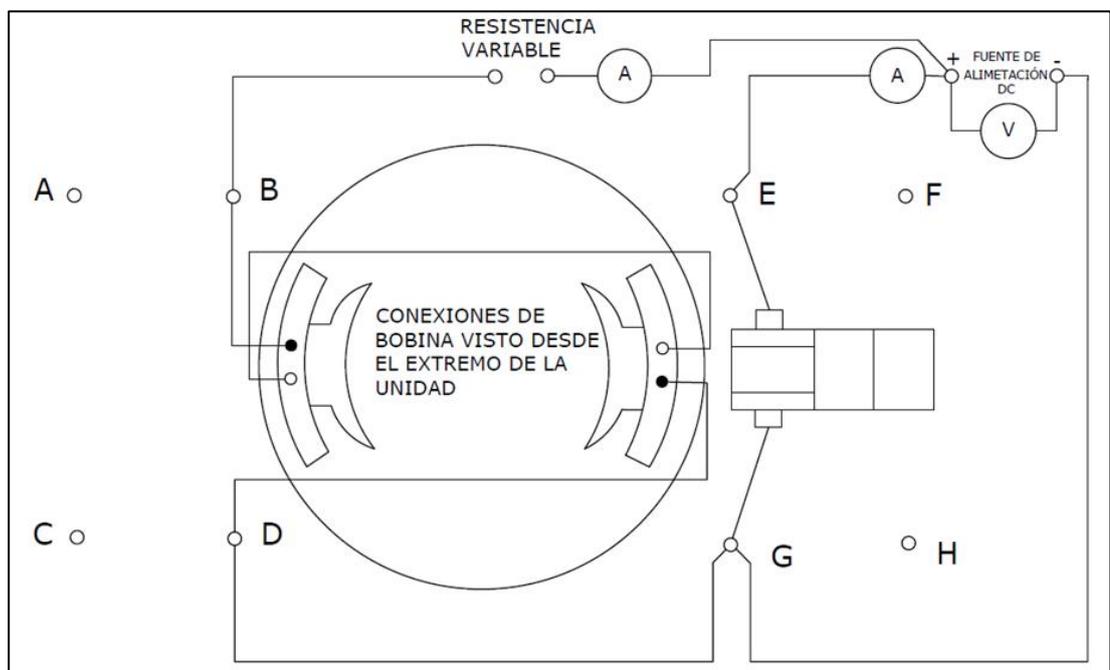


FIGURA 15: DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR DE DERIVACIÓN DE DC

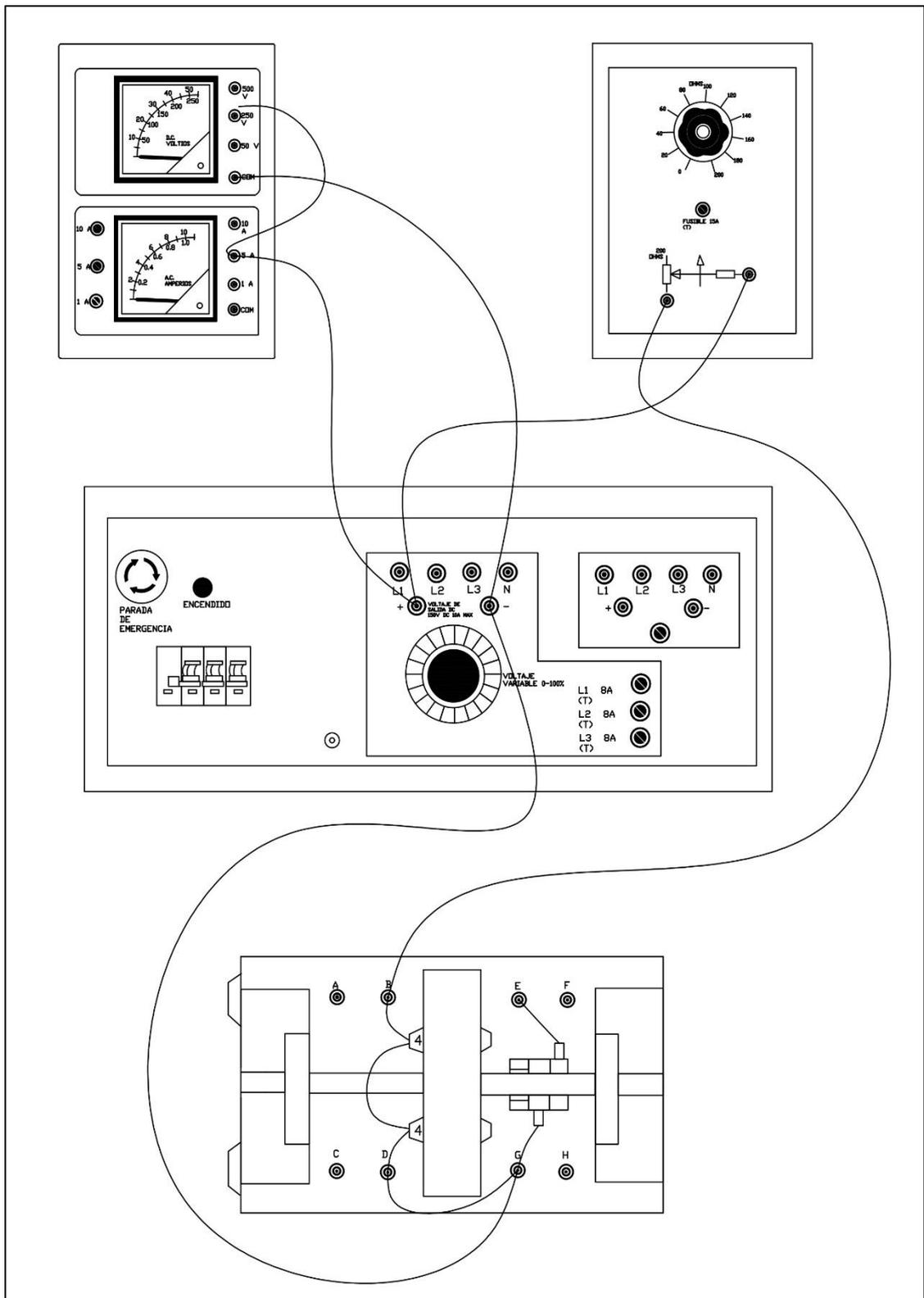


FIGURA 16: CONEXIONES DEL MOTOR DE DERIVACIÓN

Control de velocidad

La velocidad de un motor de derivación se puede controlar mediante el ajuste de la tensión aplicada a la armadura o la corriente en las bobinas de campo principal. Entre los diferentes métodos que pueden usarse para hacer estos ajustes están:

- Resistencias variables en serie con la armadura y/o los bobinados de campo,
- Rectificadores de puente separados que suministran el campo y los devanados de la armadura de una fuente de AC con una transformación variable en el circuito de la armadura.
- Control de fase de un puente de diodo/tiristor que suministra el devanado de armadura desde una fuente de AC.

En este conjunto, los ajustes de velocidad se pueden realizar utilizando una resistencia variable de 200Ω , 2,5 A ubicada en la unidad 67-113.

Las bobinas L4 tienen considerablemente menos resistencia que la bobina de derivación que se usaría en una máquina comercial que funciona a un voltaje DC, por ejemplo, 110 voltios DC. Por esta razón, cuando el suministro excede los 12 voltios DC es aconsejable conectar suficiente resistencia en serie en el circuito de campo para limitar la corriente.

Dirección de Rotación

Sin carga en el eje, aplique de 12 a 15 voltios al motor y tenga en cuenta la velocidad y la dirección de rotación del eje.

Desconecte la fuente de alimentación, invierta las conexiones a los terminales del motor y encienda: se encontrará que el motor funciona a la misma velocidad y en la misma dirección que antes.

Desconecte la fuente de suministro, invierta la polaridad de las conexiones de campo dejando las conexiones de la armadura sin cambios. Encienda y tenga en cuenta que la velocidad del motor es aproximadamente como antes, pero que la dirección de rotación se ha invertido.

Control de velocidad por variación de campo

Con una tensión de alimentación de 40 V, mantenida constante y sin carga en el eje, mida la velocidad y la corriente de campo para diferentes valores de resistencia de campo (por ejemplo, 22 Ω , 33 Ω , 66 Ω).

Repita para una carga de eje moderada de aproximadamente 0.3 Nm.

Trace N contra I_f para cada una de las dos condiciones de carga.

TABLA 5: DATOS OBTENIDOS CON FRENO PRONY USADO COMO CARGA EN EL EJE MOTOR DE DERIVACIÓN

Motor con carga		
R campo	22	Ohm
V	40/50	VCC
Carga [N m]	w [rpm]	I total [A]
0	1890	0
0,1	1800	0,6
0,2	1600	0,9
0,3	1590	1,2
0,4	1540	1,4
0,5	1500	1,8
0,6	1420	2
0,7	1400	2,5
0,8	1360	2,7
0,9	1300	3
1	1290	3,1

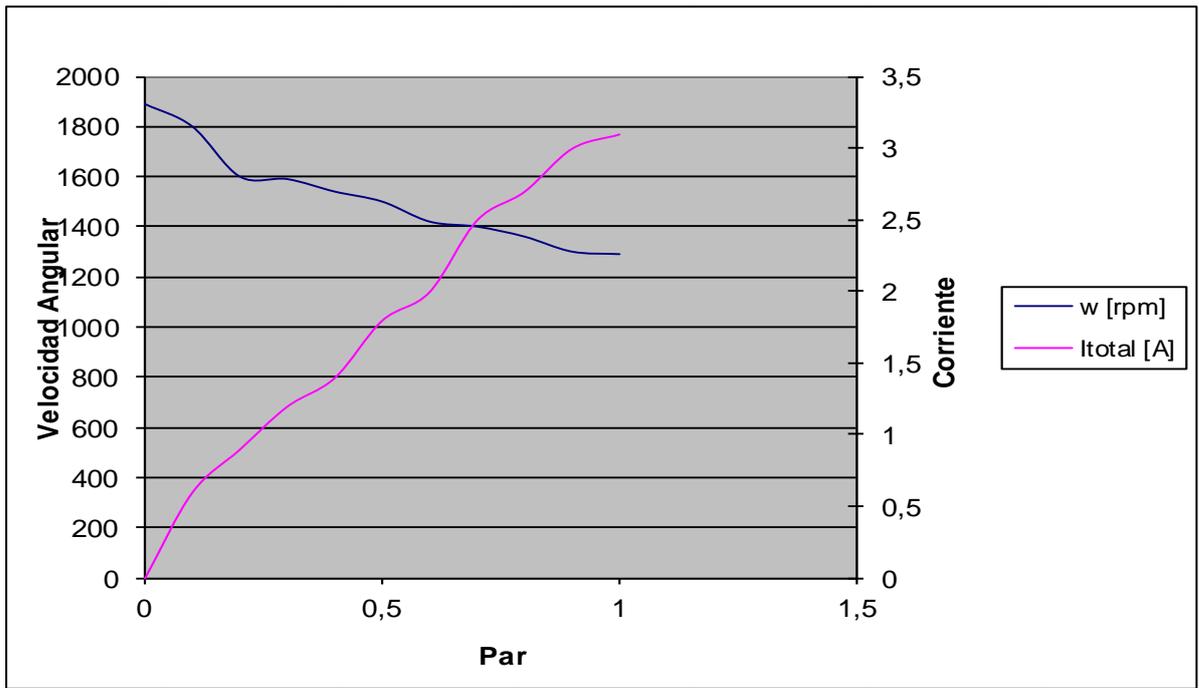


FIGURA 17: VALORES OBTENIDOS EN LA PRÁCTICA CON EL FRENO PRONY

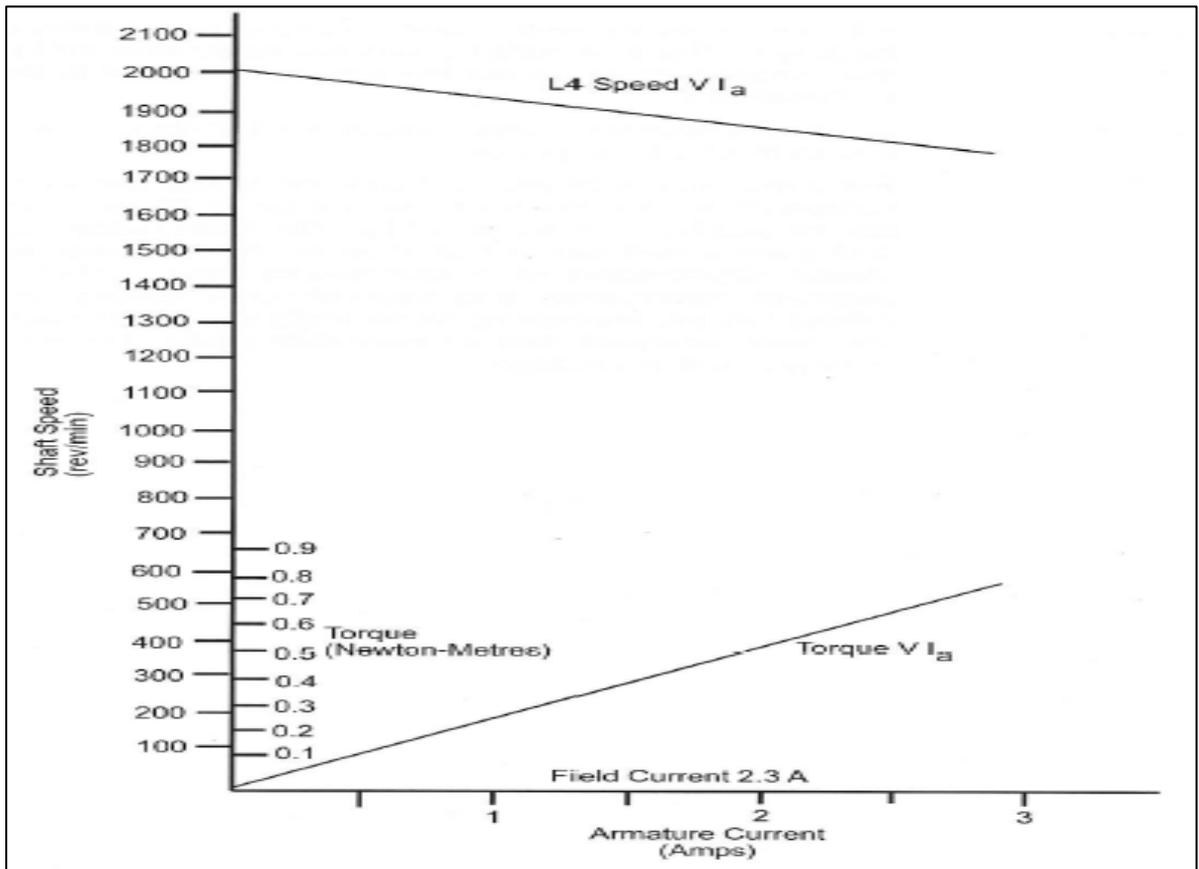


FIGURA 18: EJES DE GRÁFICO DE LA PRÁCTICA PROPUESTA POR EL AUTOR

PRÁCTICA #2	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.2. Práctica II

4.2.1. Tema

Generador DC excitado por separado o independiente

4.2.2. Objetivos

- Relacionar los interpolos con una mejor conmutación en carga.
- Identificar los interpolos con respecto a la dirección de rotación.
- Señalar las ventajas y desventajas al poseer campos separados o independientes

4.2.3. Duración

- 2 horas

4.2.4. Recursos utilizados

- 1 Unidad base
- Conmutador
- 2 Bobinas L1
- 2 Bobinas L2
- 2 Bobinas L9
- 2 Polos de campo
- 1 Cubo de rotor
- 4 Polos de rotor
- 2 Bobinas L8

- 2 Interpolos
- 2 Porta carbones con carbones
- Acoplamiento flexible
- Motor de velocidad variable: 1/3 hp, 1420 rev / min, (FEEDBACK 63-501)
- Fuente de alimentación DC de 0-20V, 5A (FEEDBACK 60-105)
- Voltímetro DC de 0-50V (FEEDBAACK 68-110)
- Amperímetro DC de 0-5A (FEEDBACK 68-110)
- Amperímetro DC Centro-cero 5-0-5A (FEEDBACK 68-113)
- Resistencia variable, 0-200 ohmios, 2.5A (FEEDBACK 67-113)

4.2.5. Introducción

En este generador, las bobinas de campo no están conectadas en serie o en paralelo con la armadura, como en las máquinas auto-excitadas, sino que se llevan a una fuente de DC independiente. El ajuste de la corriente de campo proporciona un control sensible de la potencia de salida, lo que hace que el generador excitado por separado sea especialmente adecuado para los sistemas de control automático, los interpolos se utilizan para mejorar la conmutación en carga. Están aquí conectados de modo que la polaridad de cada interpolador sea la misma que la del siguiente polo principal con respecto a la dirección de rotación.

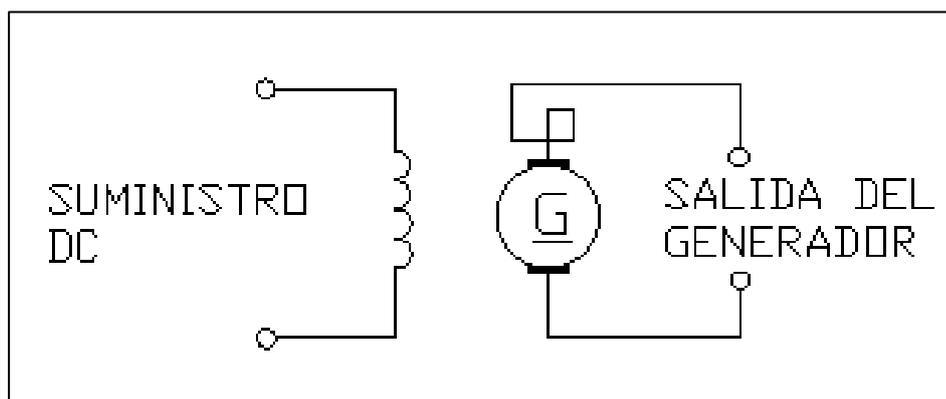


FIGURA 19: GENERADOR EXCITADO POR SEPARADO CON DIAGRAMA DE CIRCUITO DE INTERPOLOS

4.2.6. Procedimiento

- Coloque la armadura y el conmutador en el eje, colocando el conmutador de manera que las ranuras entre los segmentos estén en línea con los huecos del

polo del inducido. Coloque el eje en sus cojinetes, pero antes de apretar finalmente los tornillos de la carcasa del cojinete, verifique que el eje gire libremente y que pueda moverse axialmente contra la arandela de precarga.

- Coloque las bobinas L9 y los polos del campo y fije los polos al anillo del marco en las posiciones de las 3 en punto y las 9 en punto.
- Coloque las escobillas en sus soportes, colóquelas en la carcasa a cada lado del conmutador y verifique que las escobillas se muevan libremente en sus soportes.
- Haga el circuito que se muestra en la Fig. 20 de acuerdo con las conexiones que se muestran en la Fig. 21, pero no realice la conexión de línea interrumpida en esta etapa.
- Fije la placa base del motor de impulsión a la de la unidad base, alinee los dos ejes y conéctelos mediante un acoplamiento flexible.

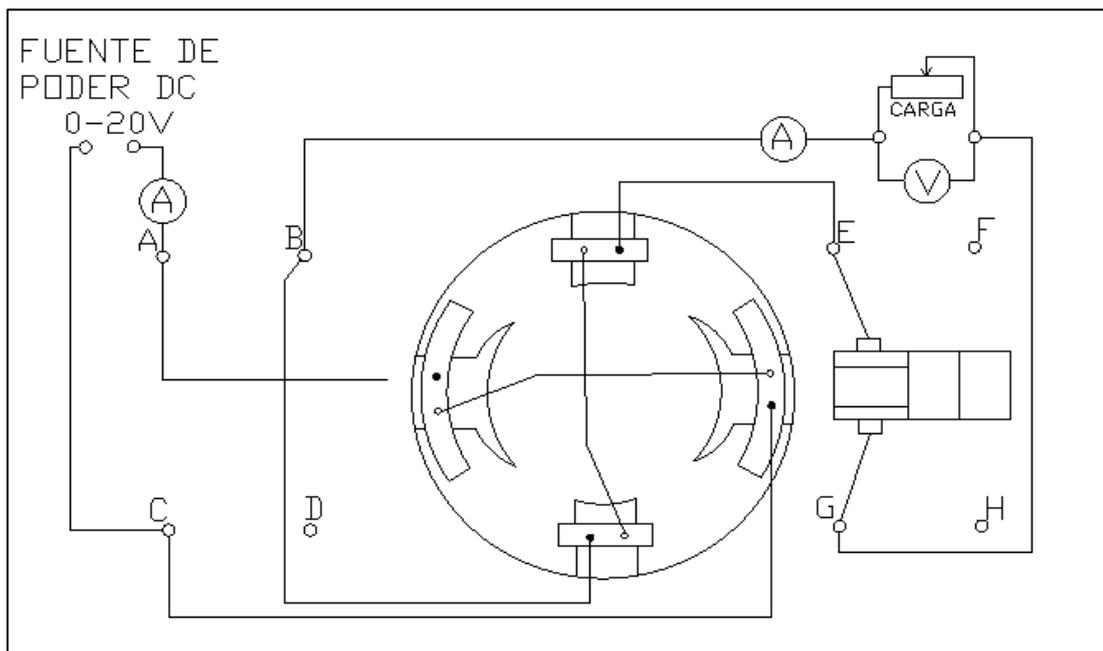


FIGURA 20: DIAGRAMA DE CABLEADO DEL GENERADOR DC CON INTERPOLOS EXCITADO POR SEPARADO

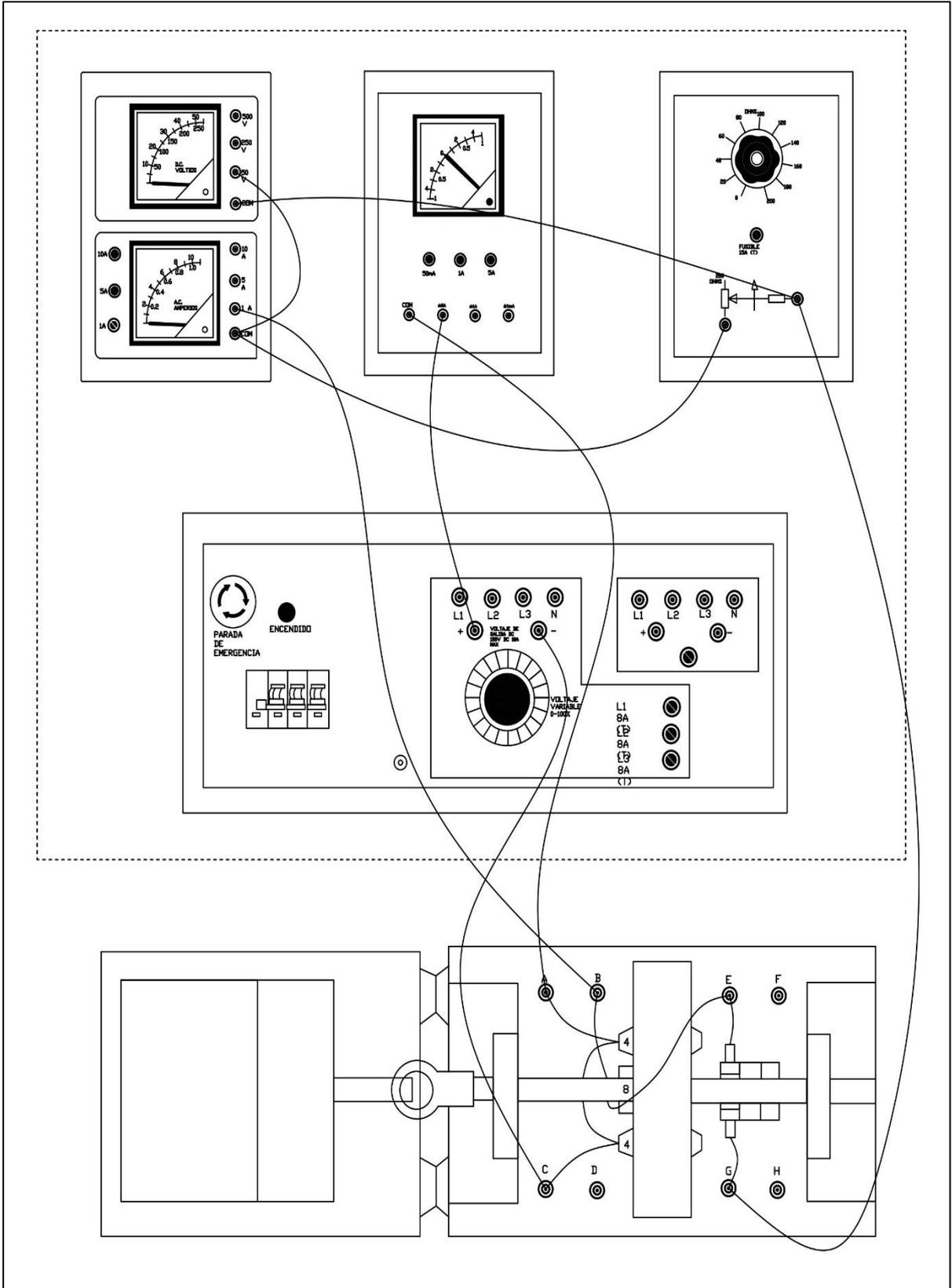


FIGURA 21: CONEXIONES PARA GENERADOR DC CON INTERPOLOS EXCITADO POR SEPARADO

Prueba de circuito abierto

Con la fuente de alimentación de campo desconectada, lleve la velocidad del motor de accionamiento a 1000 rev / min y lea la pequeña tensión de salida generada por el magnetismo residual en el circuito de campo.

Encienda la fuente de alimentación de campo e incremente la corriente en pasos desde cero hasta 3 A, tomando lecturas de la corriente de campo y de la tensión del terminal en cada paso mientras se mantiene constante la velocidad del eje a 1000 rev/min.

Generador en carga

En esta prueba, la velocidad se mantiene constante a 1000 rev / min y la corriente de campo a 1,5amp.

Varíe el valor de la resistencia de carga en pasos de 100 Ω hasta aproximadamente 15 Ω , tomando lecturas de la corriente de carga y del voltaje del terminal en cada paso.

PRÁCTICA #3	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.3. Practica III

4.3.1. Tema

Motor en serie DC

4.3.2. Objetivos

- Conocer cómo controlar la velocidad de este tipo de motor
- Determinar los efectos que se provocan en el eje al aplicar una carga en su eje

4.3.3. Duración

- 2 horas

4.3.4. Recursos utilizados

- 1 Unidad base
- 1 Conmutador / deslizamiento
- 2 Porta carbones con carbones
- 2 Bobinas L9
- 2 Bobinas L1
- 2 Bobinas L2
- 2 Polos de campo
- 1 Cubo de rotor
- 4 Polos de rotor
- Suministro DC de 1-100 V, 5 A (FEEDBACK 60-105)
- Voltímetro DC de 0-150 V (FEEDBAACK 68-110)

- Amperímetro DC de 0 a 5 A (FEEDBACK 68-110)
- Freno de fricción (Prisionero) u otro Dinamómetro: 0-1 Nm a 1500 rev / min (FEEDBACK 67-470)
- Tacómetro óptico / de contacto (FEEDBACK 68-470)

4.3.5. Introducción

El motor en serie tiene un alto par de arranque que lo hace adecuado para motores de tracción, grúas, etc. Su velocidad puede controlarse ajustando la tensión aplicada, pero también depende de la carga. Una carga pesada del eje causará que la corriente de la armadura aumente y también producirá un aumento en la intensidad de campo ya que las bobinas de campo están en serie con la armadura. El par es proporcional al producto del flujo por polo y la corriente del inducido, mientras que la velocidad del eje es inversamente proporcional al flujo por polo. El efecto de la carga es, por lo tanto, aumentar el par disponible y reducir la velocidad del eje.

Si se aplica voltaje total sin carga, la velocidad del motor en serie puede elevarse a una condición de escape. Este conjunto proporciona un motor que puede funcionar de forma segura sin carga con tensiones aplicadas de hasta 30 V.

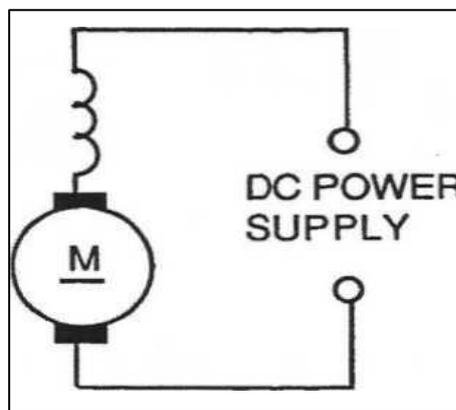


FIGURA 22: DIAGRAMA DEL CIRCUITO DEL MOTOR EN SERIE DC

4.3.6. Procedimiento

- Fije la armadura y el conmutador al eje y coloque el eje en sus cojinetes. Antes de finalmente apretar los tornillos que sujetan la carcasa del cojinete a la placa base, verifique que el eje gire libremente y se mueva axialmente contra la arandela de precarga.

- Coloque las bobinas L9 en los polos del campo y los polos en el anillo del marco en las posiciones de las 3 en punto y las 9 en punto.
- Coloque las escobillas en sus soportes y colóquelas en las posiciones del bloque de montaje a cada lado del conmutador. Las escobillas deben moverse libremente en sus soportes bajo la acción de los resortes de escobilla.
- Haga el circuito que se muestra en la Fig. 23, de acuerdo con las conexiones que se muestran en la Fig. 24 y si el motor debe funcionar sin carga mecánica, asegúrese de que la tensión de alimentación esté ajustada a menos de 30 V.
- Si se usa un freno de fricción (Prisionero) u otro dispositivo de carga, sujete su marco a la placa base y ajústelo para dar una carga cero inicialmente.

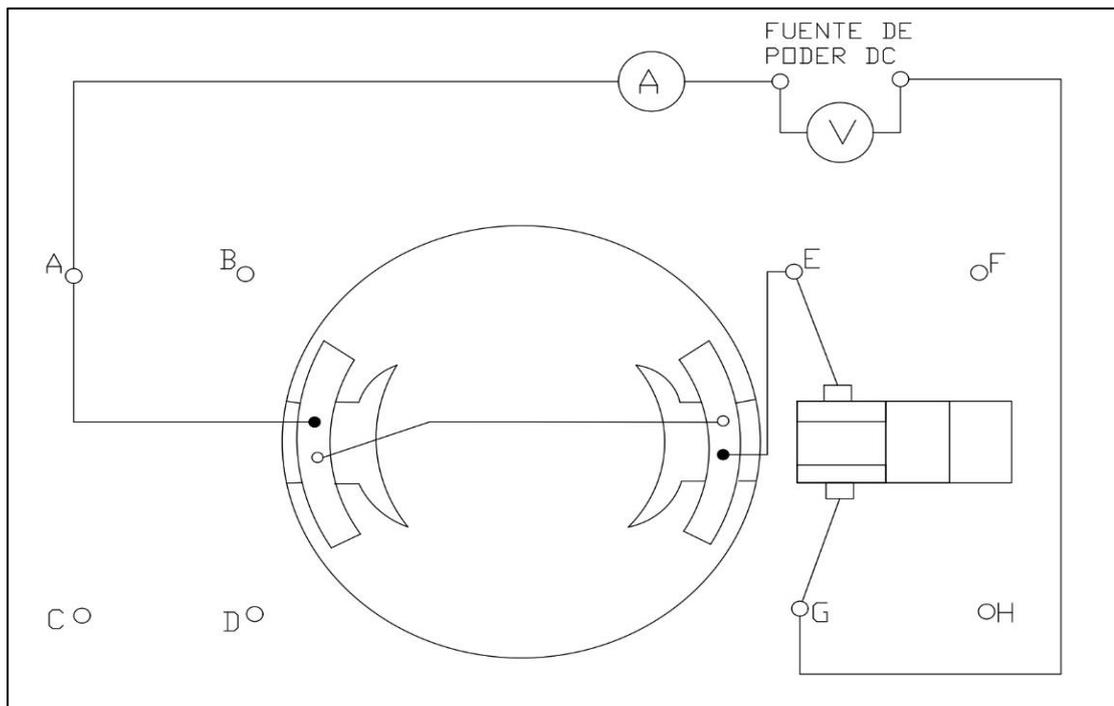


FIGURA 23: DIAGRAMA DE CABLEADO DEL MOTOR EN SERIE

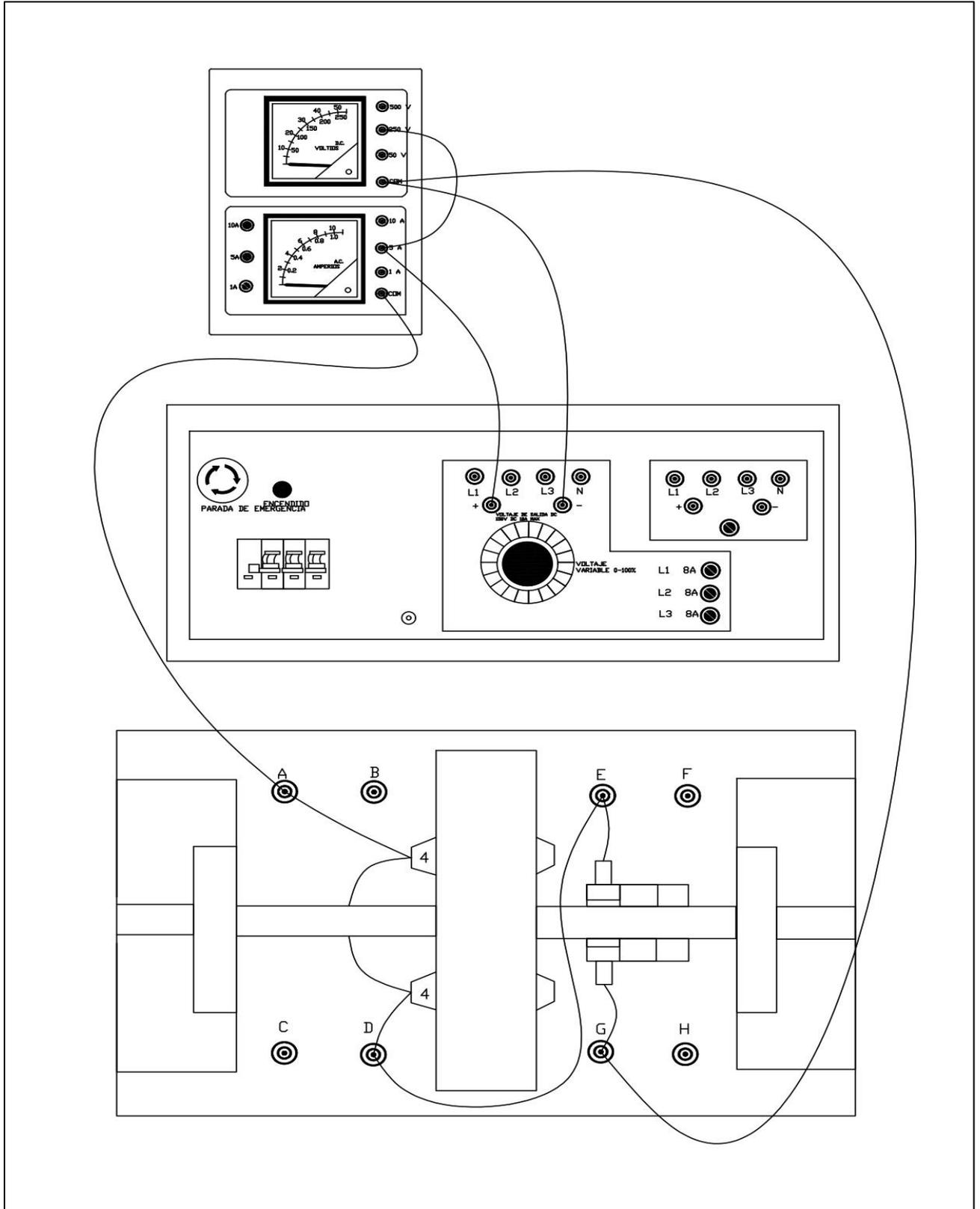


FIGURA 24: CONEXIONES PARA EL MOTOR EN SERIE DC

Motor sin carga

- Encienda la fuente de alimentación. Con un voltaje aplicado de 15 V, la velocidad del eje sin carga será de aproximadamente 500 rev / min y la corriente de entrada de 0.6 A.

Motor con carga

- Sin carga de eje aplicada, encienda la fuente de alimentación del motor y ajústela a 30 voltios. El motor no tendrá tendencia a competir a este voltaje, pero antes de hacer cualquier otro aumento, aplique una carga al eje de transmisión.
- Aumente el voltaje aplicado a 50 V y manténgalo a este nivel durante toda la prueba. Tome lecturas de la corriente de la armadura y la velocidad del eje para los valores establecidos de carga de frenado. Úselos para graficar las características de velocidad/par y corriente de inducido/par. Las curvas características típicas se dan en la Fig. 26.

TABLA 6: DATOS OBTENIDOS USANDO EL FRENO PRONY COMO CARGA EN MOTOR EN SERIE DC

Motor con carga					
V	50	VCC			
Carga [N m]	I [A]	w [rpm]	Pot Elec [W]	Pot Mec [W]	Rend %
0	0,35	950	17,5	0	0%
0,1	0,4	900	20	9,4248	47%
0,2	0,48	830	24	17,38352	72%
0,3	0,5	800	25	25,1328	101%
0,4	0,52	750	26	31,416	121%
0,5	0,55	600	27,5	31,416	114%
0,6	0,59	570	29,5	35,81424	121%
0,7	0,6	520	30	38,11808	127%
0,8	0,61	500	30,5	41,888	137%
0,9	0,62	470	31	44,29656	143%
1	0,64	420	32	43,9824	137%

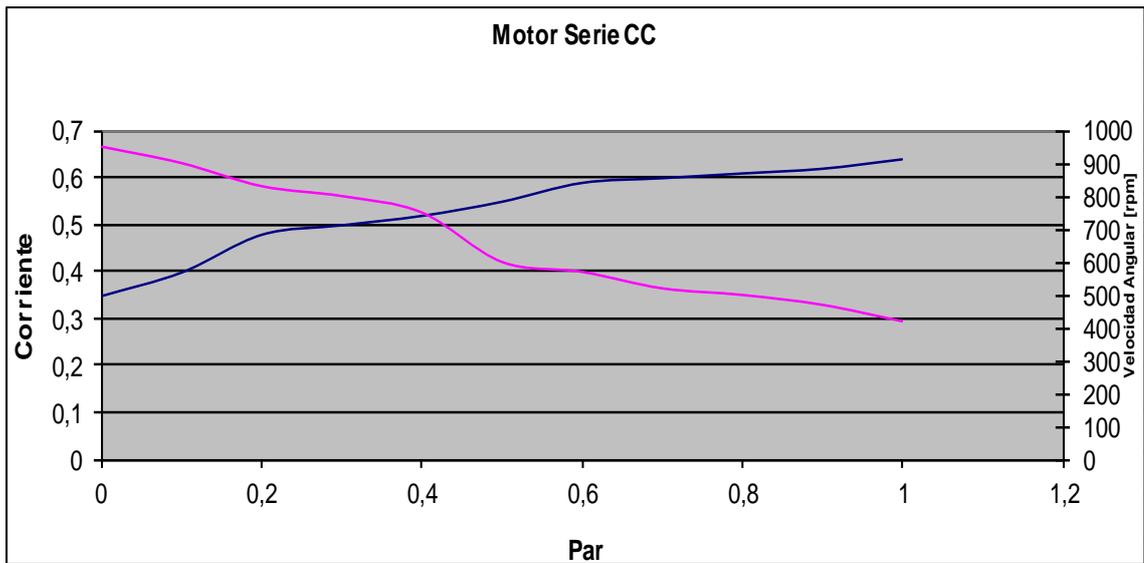


FIGURA 25: VALORES OBTENIDOS AL USAR EL FRENO PRONY COMO CARGA

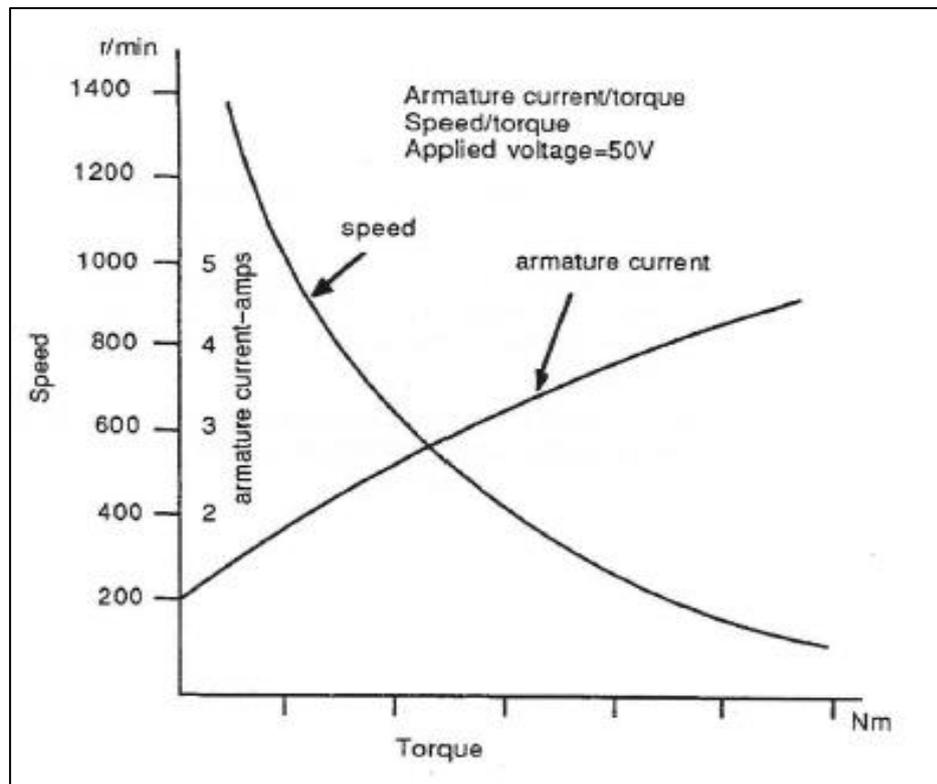


FIGURA 26: EJES DE GRÁFICOS PROPUESTOS POR EL AUTOR

PRÁCTICA #4	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.4. Practica IV

4.4.1. Tema

Motor DC en serie con interpolos

4.4.2. Objetivos

- Relacionar los interpolos como ventajas en los motores en serie
- Describir las conexiones que se deben realizar para este tipo de máquinas eléctricas

4.4.3. Duración

- 2 horas

4.4.4. Recursos utilizados

- Unidad base
- Conmutador / deslizamiento
- 2 Porta carbones con carbones
- 2 Bobinas L1
- 2 Bobinas L2
- 2 Bobinas L4
- 2 Bobinas L5
- 2 Polos de campo
- 1 Cubo de rotor
- 4 Polos de rotor

- 2 Bobinas L8
- 2 Interpolos
- Fuente DC de 1-50 V, 5A (FEEDBACK 60-105)
- Voltímetro DC de 0-50 V
- Amperímetro DC de 0-5A (FEEDBACK 68-110)
- Freno de Fricción (Prisionero) u otro Dinamómetro: 0-1 Nm a 1500 rev / min (FEEDBACK 67-470)
- Tacómetro óptico / de contacto (FEEDBACK 68-470)

4.4.5. Introducción

La adición de interpolos al motor serie mejora la conmutación particularmente en condiciones de carga. La polaridad de cada interpolo en un motor es opuesta a la del siguiente polo principal con respecto a la dirección de rotación.



FIGURA 27: DIAGRAMA DE MOTOR EN SERIE CON INTERPOLOS

4.4.6. Procedimiento

- Fije la armadura y el conmutador al eje y coloque el eje en sus cojinetes. Antes de finalmente apretar los tornillos que sujetan la carcasa del cojinete a la placa base, verifique que el eje gire libremente y se mueva axialmente contra la arandela de precarga.
- Coloque las bobinas L9 en los polos del campo y los polos en el anillo del marco en las posiciones de las 3 en punto y las 9 en punto.
- Coloque las escobillas en sus soportes y colóquelas en las posiciones del bloque de montaje a cada lado del conmutador. Las escobillas deben moverse libremente en sus soportes bajo la acción de los resortes de escobilla.

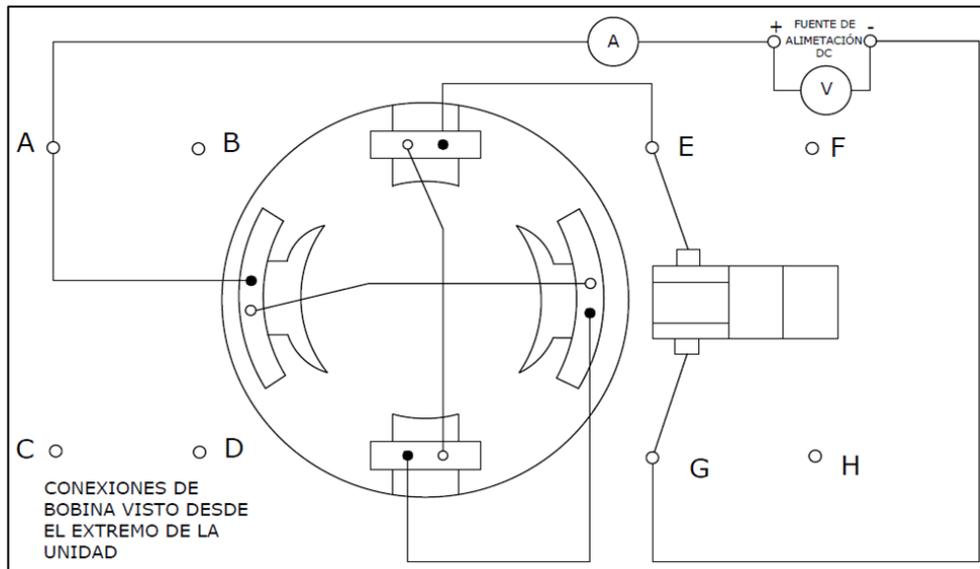


FIGURA 28: MOTOR SERIE CON INTERPOLOS DIAGRAMA DE CABLEADO

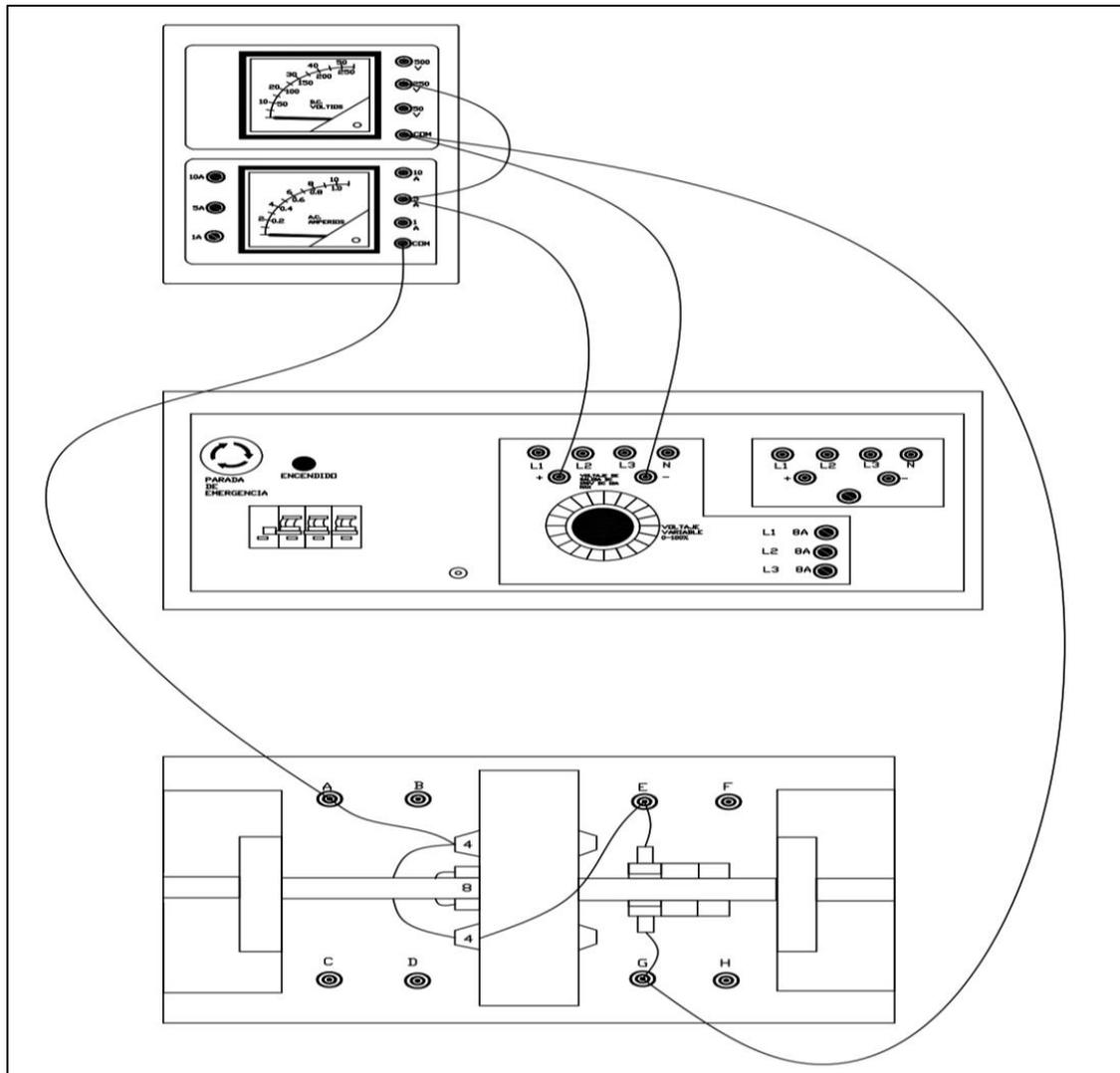


FIGURA 29: CONEXIONES PARA EL MOTOR SERIE DC CON INTERPOLOS

- Haga el circuito que se muestra en la Fig. 28, de acuerdo con las conexiones que se muestran en la Fig. 29 y si el motor debe funcionar sin carga mecánica, asegúrese de que la tensión de alimentación esté ajustada a menos de 30 V.
- Si se usa un freno de fricción (Prisionero) u otro dispositivo de carga, sujete su marco a la placa base y ajústelo para dar una carga cero inicialmente. Siga las instrucciones de la práctica anterior y luego conecte los interpolos con sus bobinas al anillo del marco en las posiciones de las 6 en punto y las 12 en punto.
- Conéctelo como se muestra en las Figuras 28 y 29.
- Coloque el conmutador de manera que las ranuras entre los segmentos estén en línea con los huecos del polo del armazón.

TABLA 7: DATOS OBTENIDOS AL USAR EL FRENO PRONY COMO CARGA EN EL MOTOR SERIE DC CON INTERPOLOS

Motor con carga					
V	50	VCC			
Carga [N m]	I [A]	w [rpm]	Pot Elec [W]	Pot Mec [W]	Rend %
0	4	990	200	0	0%
0,1	0,48	950	24	9,9484	41%
0,2	0,52	900	26	18,8496	72%
0,3	0,55	850	27,5	26,7036	97%
0,4	0,62	810	31	33,92928	109%
0,5	0,68	760	34	39,7936	117%
0,6	0,7	710	35	44,61072	127%
0,7	0,78	690	39	50,57976	130%
0,8	0,8	650	40	54,4544	136%
0,9	0,82	600	41	56,5488	138%
1	0,88	500	44	52,36	119%

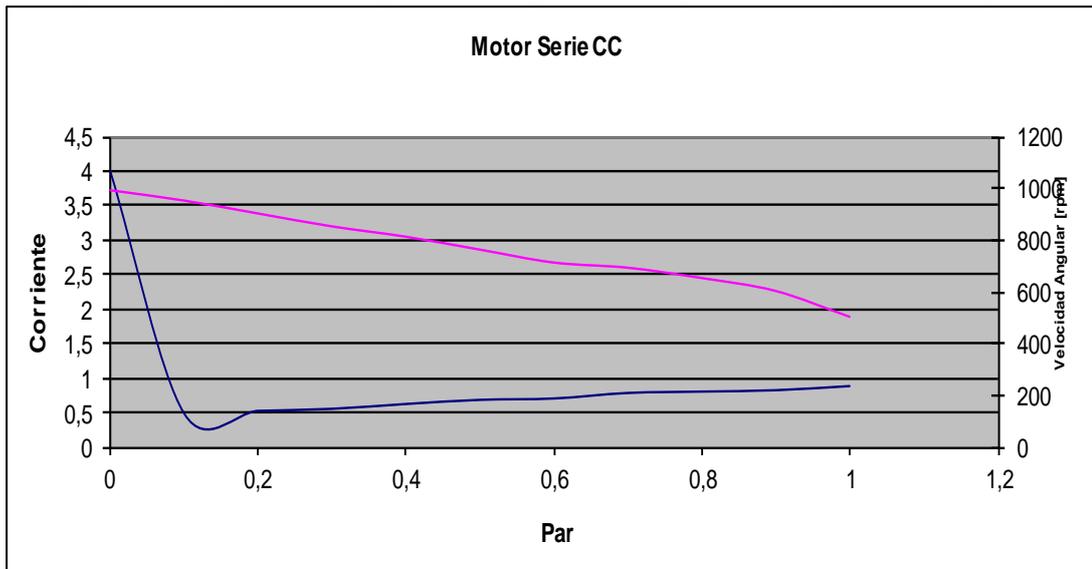


FIGURA 30: VALORES OBTENIDOS AL USAR AL FRENO PRONY COMO CARGA

PRÁCTICA #5	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.5. Practica V

4.5.1. Tema

Motor DC compuesto

4.5.2. Objetivos

- Relacionar las diferentes conexiones que poseen los Motores DC Compuestos
- Señalar las características entre los motores en serie y los motores en conmutación
- Identificar como la corriente aplicada en el inducido causa una disminución en el flujo magnético

4.5.3. Duración

- 2 horas

4.5.4. Recursos utilizados

- Unidad base
- Conmutador/deslizamiento
- 2 Porta carbones con carbones
- 2 Bobinas L1
- 2 Bobinas L2
- 2 Bobinas L4
- 2 Bobinas L5
- 2 Polos de campo

- 1 Cubo de rotor
- 4 Polos de rotor
- Fuente DC de 0-50V, 5A, (FEEDBACK 60-105)
- Voltímetro DC de 0-50V (FEEDBACK 68-110)
- Amperímetro DC de 0-5A (FEEDBACK 68-110)
- Freno de fricción (Prisionero) u otro dinamómetro: 0-1 Nm a 1500 rev / min (FEEDBACK 67-470)
- Tacómetro óptico / de contacto (FEEDBACK 68-470)

4.5.5. Introducción

Los motores compuestos tienen bobinas tanto en serie como en derivación que pueden conectarse para ayudar, compuesto acumulativo u opuesto compuesto diferencial.

Los motores compuestos acumulados tienen características que se asemejan a las de un motor en serie, pero no tienen tendencia a competir cuando se elimina la carga ya que la velocidad sin carga la fija el campo de derivación. Las aplicaciones incluyen motores de elevación, unidades de laminación, etc.

En el caso diferencial, el aumento de la corriente del inducido causa una disminución en el flujo neto que tiende a mantener la velocidad constante del eje. Sin embargo, intensas corrientes de arranque o sobrecargas pueden permitir que el campo de la serie predomine, causando una corriente excesiva de la armadura o incluso la inversión de la rotación.

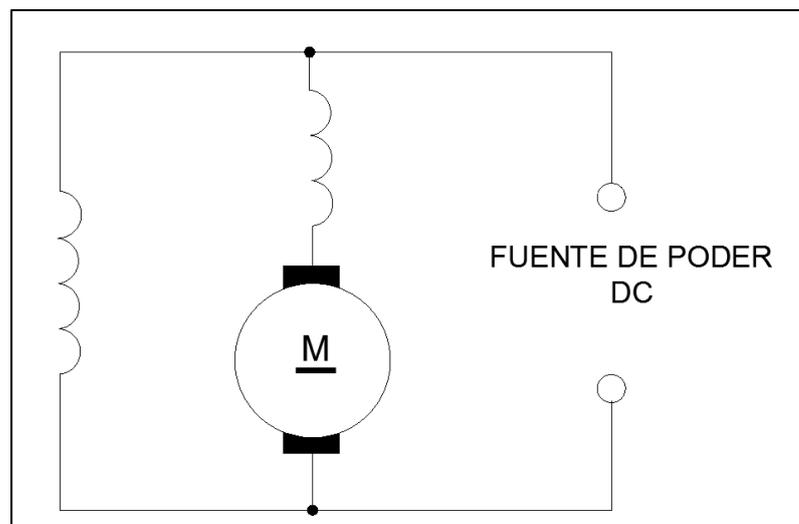


FIGURA 31: MOTOR COMPUESTO DC, DIAGRAMA DE CIRCUITO DE CORTE LARGO

4.5.6. Procedimiento

- Fije la armadura y el conmutador al eje y coloque el eje en sus cojinetes. Antes de finalmente apretar los tornillos de la carcasa del cojinete en la placa base, verifique que el eje gire libremente y se mueva axialmente contra la arandela de precarga.
- Instale las bobinas L4 y L5 en cada poste de campo y fíjelas al anillo del marco en las posiciones de las 3 en punto y las 9 en punto utilizando los tornillos de cabeza hueca largos.
- Coloque los cepillos en sus soportes y atorníllelos en su lugar a cada lado del conmutador. Mejilla que los cepillos se mueven libremente en sus soportes.
- Haga que el circuito se muestre en el diagrama de cableado Fig. 32 de acuerdo con las conexiones que se muestran en la Fig. 33, que es para la versión compuesta acumulativa del motor con derivación larga (es decir, el devanado en derivación se extiende a través del suministro y no a través la armadura, que sería una derivación corta).
- Ajuste el freno de banda a la placa base y ajuste inicialmente la carga cero.

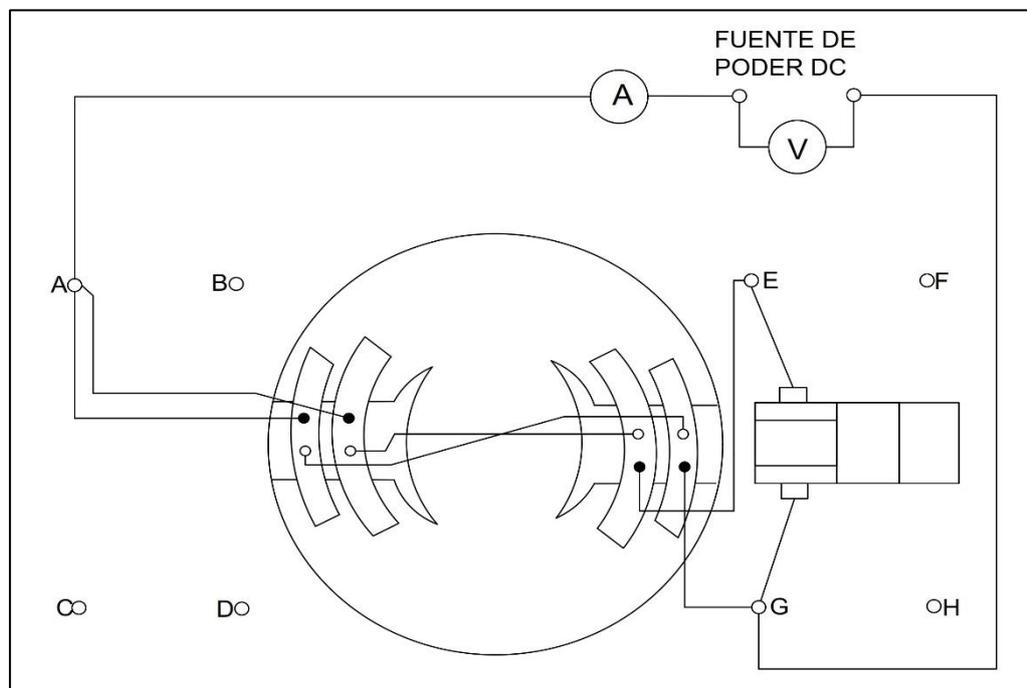


FIGURA 32: DIAGRAMA DE CABLEADO DE CONEXIÓN PARA EL MOTOR DC COMPUESTO ACUMULATIVO

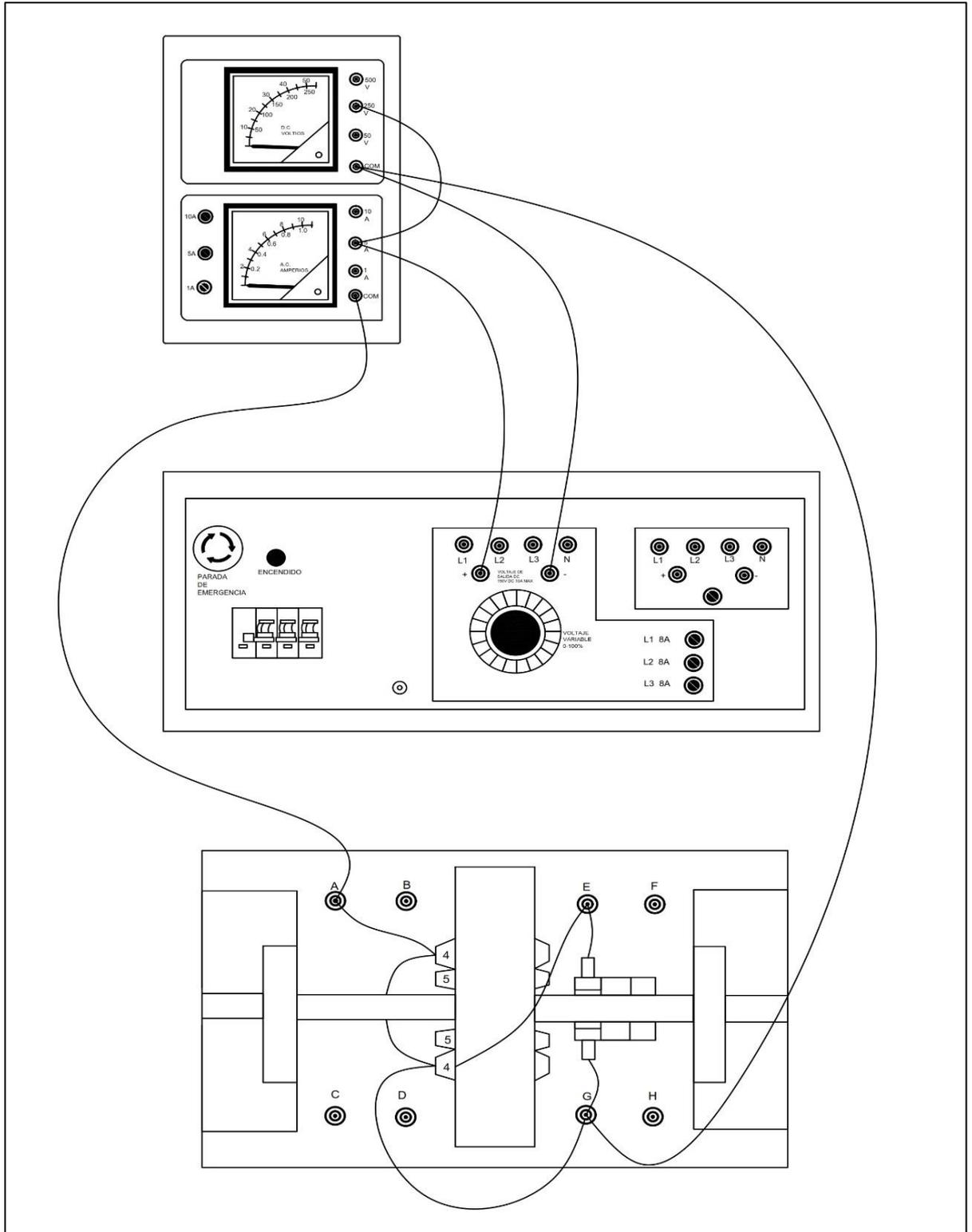


FIGURA 33: CONEXIONES PARA EL MOTOR DC COMPUESTO ACUMULATIVO

PRÁCTICA #6	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.6. Practica VI

4.6.1. Tema

Motor DC compuesto con interpolos

4.6.2. Objetivos

- Aplicar el uso de interpolos para mejorar la conmutación
- Relacionar que la polaridad de los interpolos debe de ser opuesta a su sentido de rotación

4.6.3. Duración

- 2 horas

4.6.4. Recursos utilizados

- Unidad base
- Conmutador / deslizamiento
- 2 Porta carbones con carbones
- 2 Bobinas L1
- 2 Bobinas L2
- 2 Bobinas L4
- 2 Bobinas L5
- 2 Polos de campo
- 1 Cubo de rotor
- 4 Polos de rotor

- 2 Bobinas L8
- 2 Interpolos
- Fuente DC de 1-50 V, 5A (FEEDBACK 60-105)
- Voltímetro DC de 0-50V (FEEDBACK 68-110)
- Amperímetro DC de 0-5A (FEEDBACK 68-110)
- Freno de Fricción (Prisionero) u otro Dinamómetro: 0-1 Nm a 1500 rev / min (FEEDBACK 67-470)
- Tacómetro óptico / de contacto (FEEDBACK 68-470)

4.6.5. Introducción

Se agregan interpolos al motor compuesto para mejorar la conmutación en la carga. La polaridad de cada interpolo en un motor es opuesta a la del siguiente polo principal con respecto a la dirección de rotación.

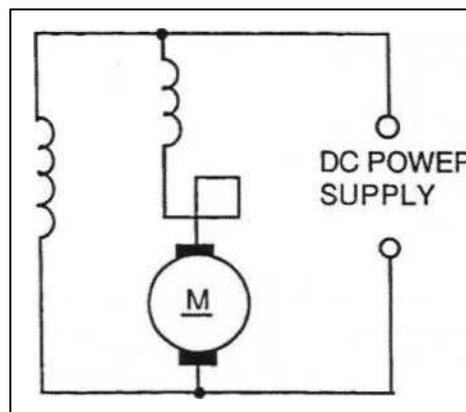


FIGURA 34: DIAGRAMA DE CIRCUITO MOTOR COMPUESTO CON INTERPOLOS (DERIVACIÓN LARGA)

4.6.6. Procedimiento

- Fije la armadura y el conmutador al eje y coloque el eje en sus cojinetes. Antes de finalmente apretar los tornillos de la carcasa del cojinete en la placa base, verifique que el eje gire libremente y se mueva axialmente contra la arandela de precarga.
- Instale las bobinas L4 y L5 en cada poste de campo y fíjelas al anillo del marco en las posiciones de las 3 en punto y las 9 en punto utilizando los tornillos de cabeza hueca largos.

- Coloque los cepillos en sus soportes y atorníllelos en su lugar a cada lado del conmutador. Visualicé que los cepillos se mueven libremente en sus soportes.
- Haga que el circuito se muestre en el diagrama de cableado Fig. 35 de acuerdo con las conexiones que se muestran en la Fig. 36, que es para la versión compuesta acumulativa del motor con derivación larga (es decir, el devanado en derivación se extiende a través del suministro y no a través la armadura, que sería una derivación corta).
- Ajuste el freno de banda a la placa base y ajuste inicialmente la carga cero.
-

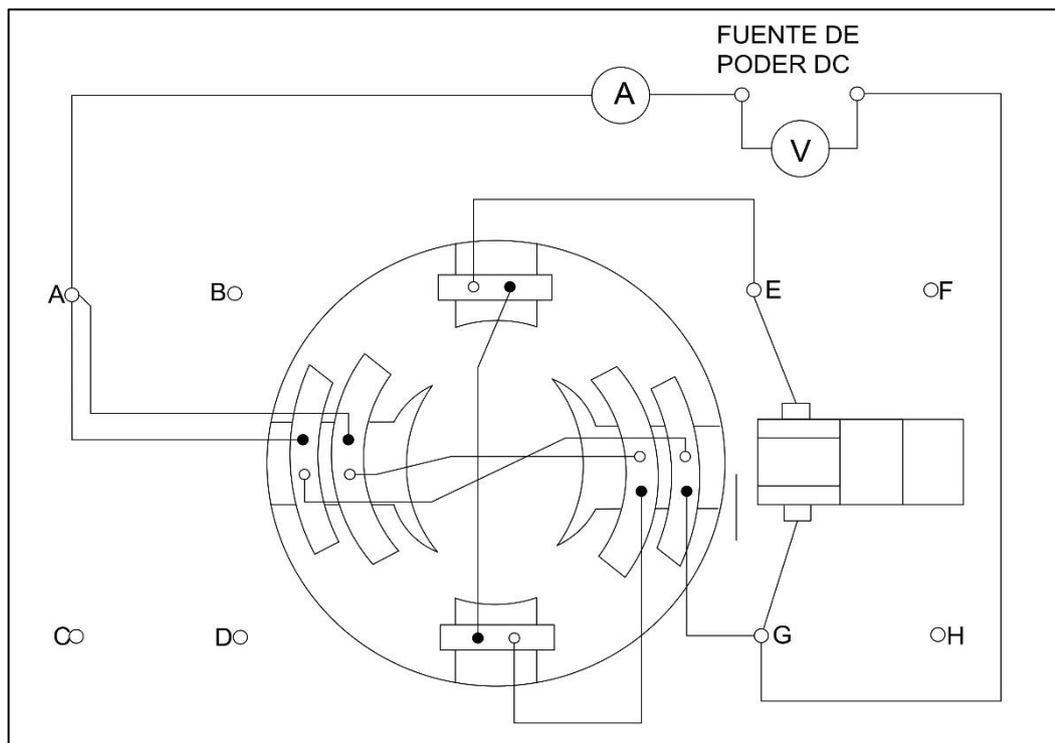


FIGURA 35: DIAGRAMA DE CABLEADO DEL MOTOR DC COMPUESTO ACUMULATIVO CON INTERPOLOS

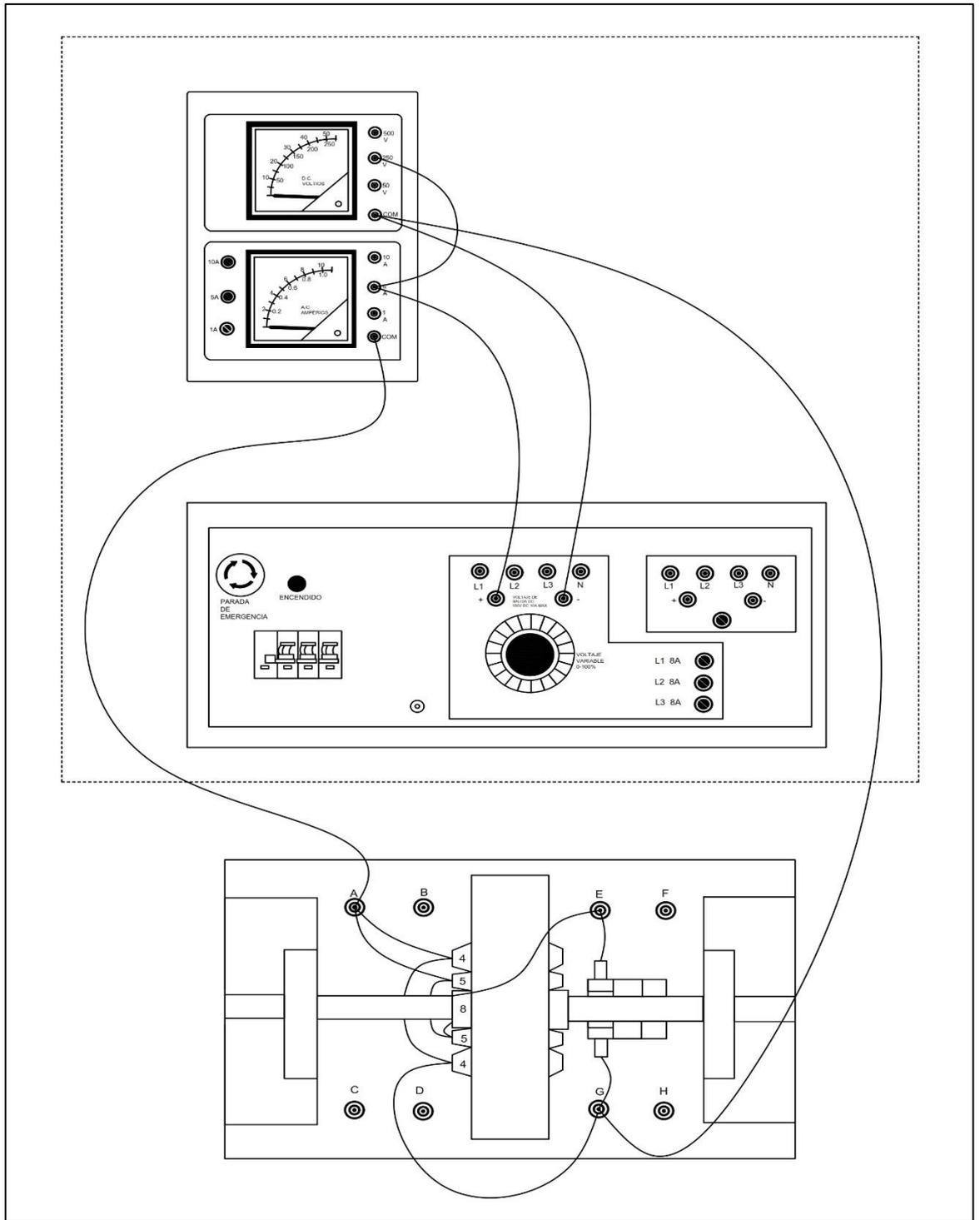


FIGURA 36: CONEXIONES PARA EL MOTOR DC COMPUESTO ACUMULATIVO CON INTERPOLOS

PRÁCTICA #7	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.7. Practica VII

4.7.1. Tema

Motor de inducción, jaula de ardilla de 4 polos, 3-fase

4.7.2. Objetivos

- Describir las 2 conexiones que pueden ser dispuestas en un bobinado
- Señalar las diferencias entre un motor monofásico de un motor de inducción
- Reconocer porque estas máquinas son muy usadas en la industria

4.7.3. Duración

- 2 horas

4.7.4. Recursos utilizados

- Unidad base
- Estator de 12 ranuras enrolladas
- Rotor de jaula de ardilla
- Fuente de alimentación trifásica (FEEDBACK 60-105)
- Voltímetro AC de 0-500 V
- Amperímetro AC de 0 a 5 A (FEEDBACK 68-117)
- Interruptores de control (FEEDBACK 65-130)
- Vatímetro, 500 V, 5 A (FEEDBACK 68-201 -opcional)
- Freno de Fricción (Prisionero) u otro Dinamómetro: 0-1 Nm a 1500 rev / min (FEEDBACK 67-470)

- Tacómetro óptico / de contacto (FEEDBACK 68-470)

4.7.5. Introducción

En este motor, las bobinas del estator están dispuestas para formar un bobinado de estrella o delta y están conectadas directamente a un suministro trifásico. El rotor no tiene conexiones externas, sino que consiste en una jaula de barras de cobre incrustadas en un núcleo de acero laminado y unidas por un anillo de cobre en cada extremo. El estator trifásico produce un campo magnético giratorio y el motor arranca automáticamente. Funciona a una velocidad un poco inferior a la sincrónica.

Los motores trifásicos de jaula de ardilla son ampliamente utilizados en la industria. Requieren poco mantenimiento, sin cepillos ni conmutadores centrífugos, son robustos y relativamente económicos. El par de arranque no es grande, aunque se puede aumentar formando la caja del rotor de un metal con una resistividad más alta que el cobre. Los rotores de jaula de aluminio fundido se utilizan con bastante frecuencia.

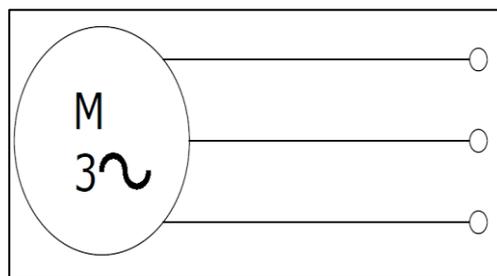


FIGURA 37: DIAGRAMA

INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA DE 3 FASES

CIRCUITO DE MOTOR DE

4.7.6. Procedimiento

- Monte el estator enrollado en el anillo del bastidor, fijándolo en posición con tres tornillos de cabeza de tapa de 1 3/8 "de largo en las posiciones de las 12, 4 y 8 en punto, con la bobina No. 1 en la parte superior.
- Coloque el rotor de jaula de ardilla en el eje, ubicando el tornillo de ajuste del cubo en el hueco cónico en el lado no conductor del eje. Coloque el eje en los alojamientos del cojinete y atornille la carcasa extraíble a la placa base, pero antes de apretarlo por completo compruebe que el eje gira libremente y se mueve axialmente contra la arandela de precarga.

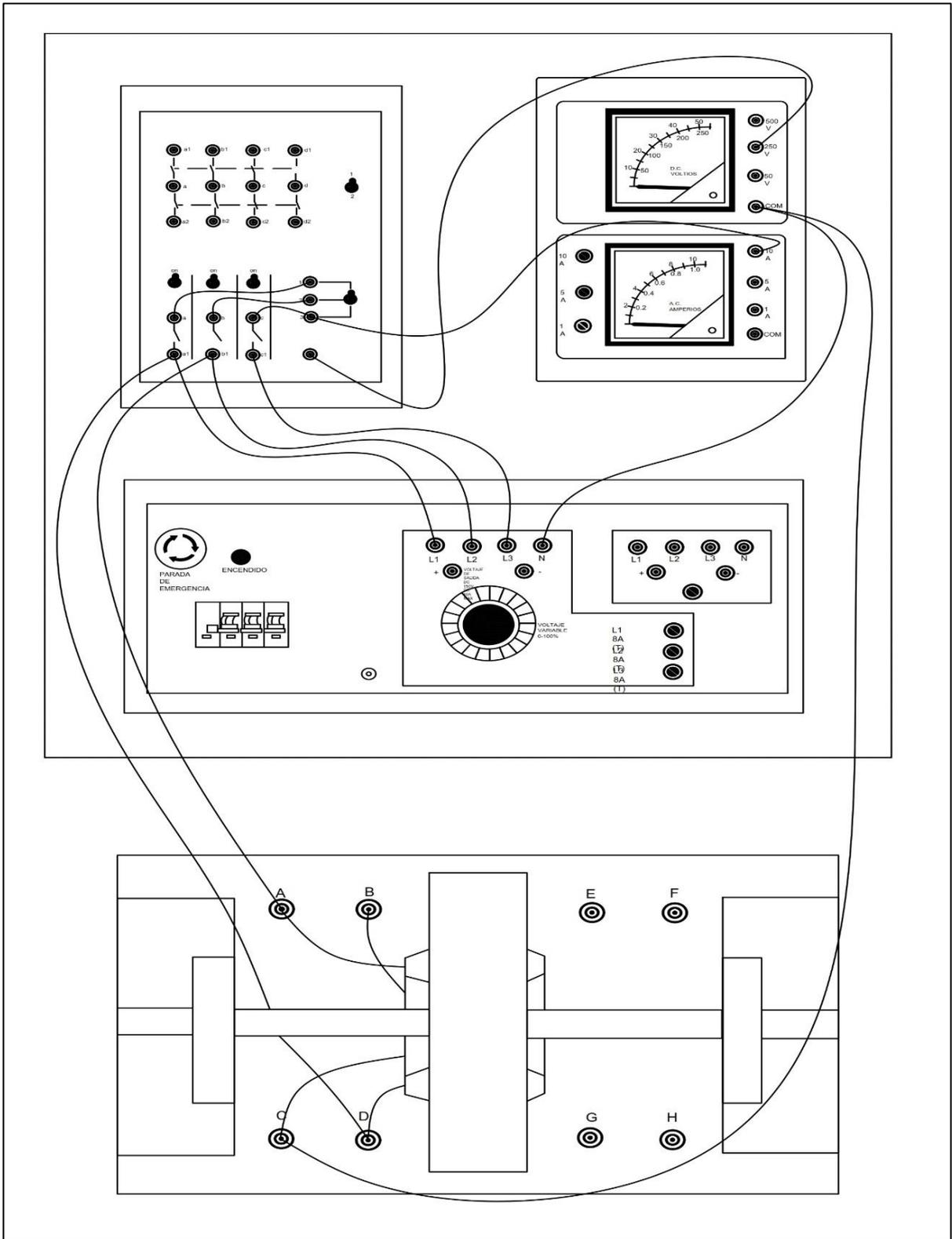


FIGURA 38: CONEXIONES PARA MOTOR DE INDUCCIÓN, 3 FASES, 4 POLOS, ESTRELLA

- Ajuste el freno de fricción (prisionero) a la placa base. Ajuste inicialmente el freno para carga cero.
- Realice los circuitos que se muestran para los devanados de estator de estrella o triángulo trifásicos, Fig. 38 y 39 según sea necesario. Las conexiones adecuadas para el estator conectado en estrella se muestran en la Fig. 39.

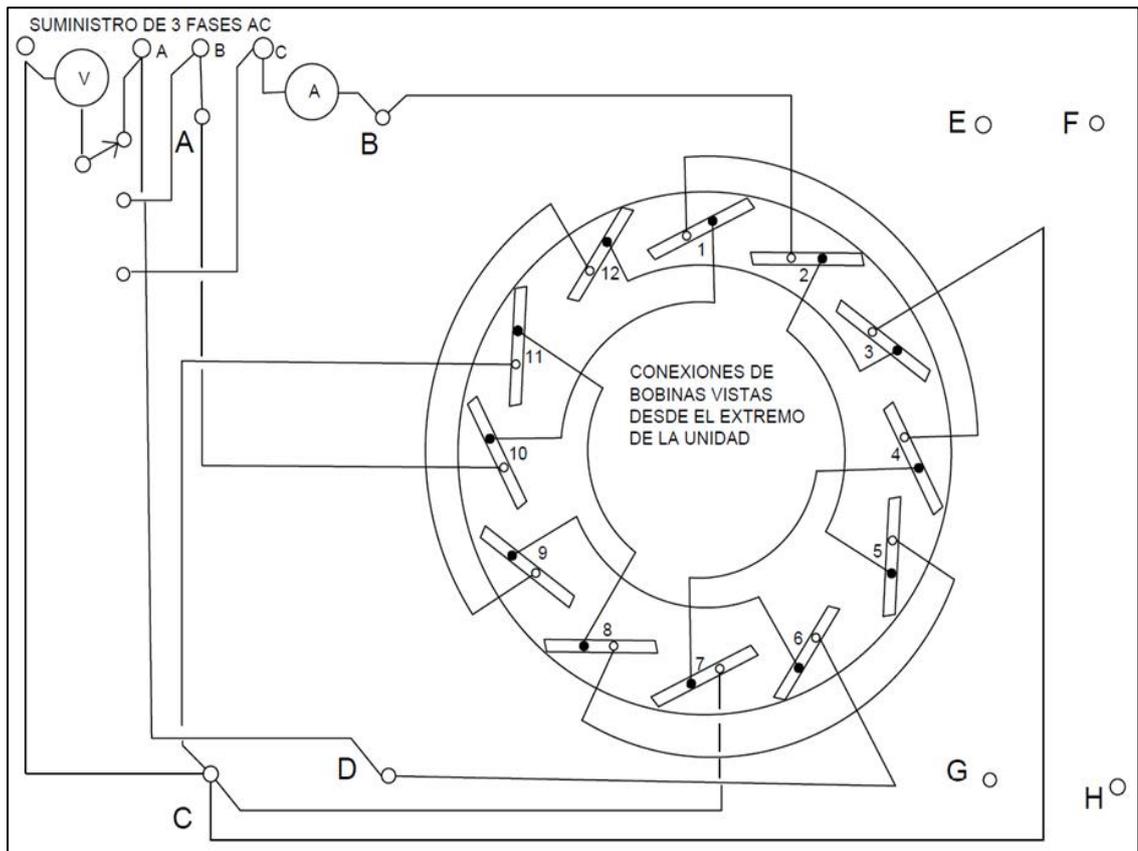


FIGURA 39: MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO AC DE 3 FASES, 4 POLOS, DIAGRAMA DE CABLEADO DE CONEXIÓN ESTRELLA

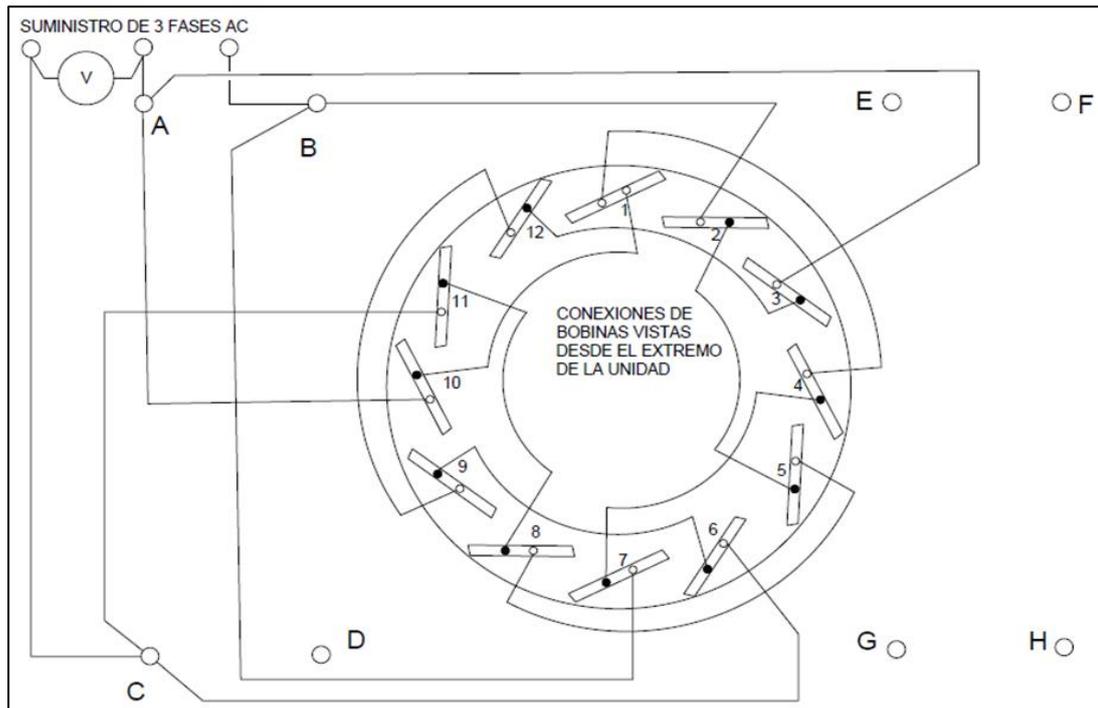


FIGURA 40: MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO AC DE 3 FASES, 4 POLOS, DIAGRAMA DE CABLEADO DE CONEXIÓN DELTA

Cuando los bobinados del estator se activan, configuran un campo magnético que gira a la velocidad síncrona n_s como lo indica la ecuación:

$$n_s = \frac{60 \times \text{frecuencia en Hz}}{\text{fase de acoplador de polos}}$$

Este campo giratorio corta los conductores que forman la caja del rotor, lo que hace que fluyan corrientes inducidas en ellos. Aplicando las reglas de Fleming, se pueden encontrar las direcciones de la corriente inducida y luego la dirección de la fuerza que actúa sobre la caja del rotor. El rotor girará en la misma dirección que el campo del estator, pero no a la misma velocidad, ya que entonces no habría corriente inducida y, por lo tanto, no habría torque del rotor.

La diferencia de velocidad entre el campo del estator giratorio y el rotor se puede expresar como s - el deslizamiento fraccional.

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

Donde $n_s = \text{velocidad síncrona}$

$n = \text{velocidad del rotor}$

Un valor típico de s para un motor de inducción con carga sería 0.05.

La velocidad de operación del motor en rev / min viene dada por la ecuación:

$$n = \frac{60f}{p}(1 - s)$$

En esta asignación, la frecuencia f es 50 o 60 Hz, el par de polos por fase p es 2 y el deslizamiento s toma como 0.05.

Por lo tanto:

$$n = \frac{60 \times 60}{2} \times 0.95 = 1710 \text{ rev/min}$$

PRUEBA DE CARGA

Encienda el suministro trifásico al motor y cuando la velocidad del eje haya alcanzado su valor constante, mida la corriente de línea, la tensión de línea y la velocidad del eje. Aumente la carga de frenado en pasos y con un voltaje aplicado constante, tome lecturas de la velocidad del eje y la corriente de línea para cada valor de carga aplicada. Si hay dos vatímetros disponibles, se pueden usar para medir la potencia de entrada al motor como se muestra en la Fig. 38 (a). De lo contrario, se puede usar un solo vatímetro como se muestra en la Fig. 38 (b).

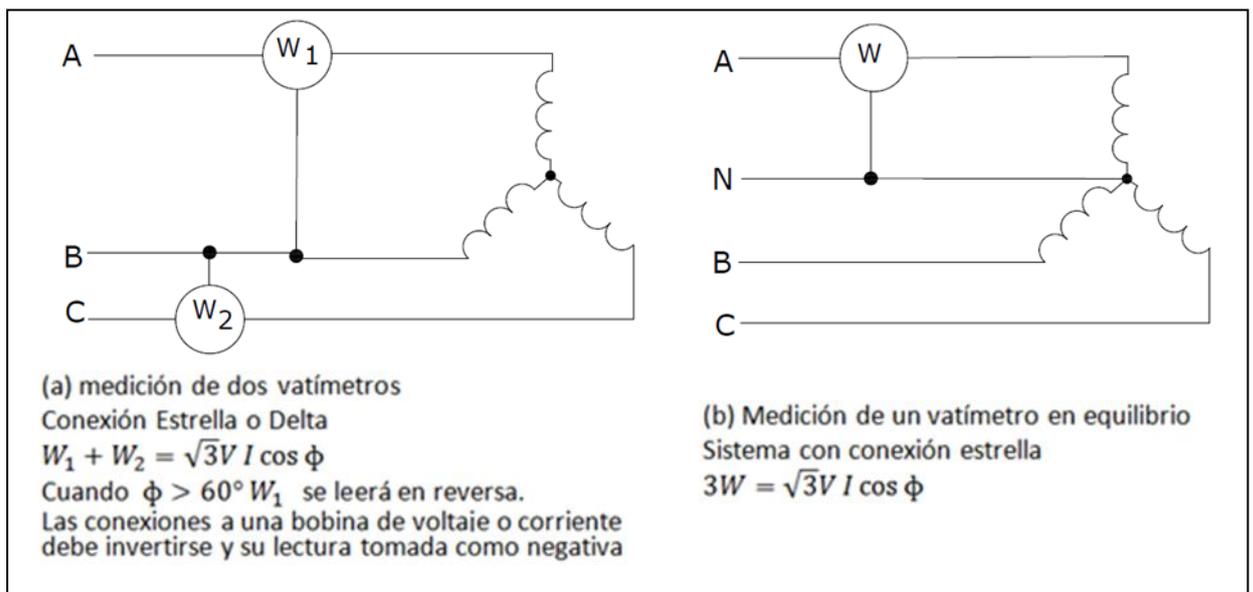


FIGURA 41: MEDIDA DE POTENCIA

PRÁCTICA #8	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.8. Practica VIII

4.8.1. Tema

Motor de inducción jaula de ardilla de 2 polos, 3-fase

4.8.2. Objetivos

- Diferenciar el componente que dispone este motor y el porqué de su nombre
- Señalar el porqué de su nombre tan característico

4.8.3. Duración

- 2 horas

4.8.4. Recursos utilizados

- Unidad base
- Estator de 12 ranuras enrolladas
- Rotor de jaula de ardilla
- Fuente de alimentación trifásica (FEEDBACK 60-105)
- Voltímetro AC de 0-500 V
- Amperímetro AC de 0 a 5 A (FEEDBACK 68-117)
- Interruptores de control (FEEDBACK 65-130)
- Vatímetro, 500 V, 5 A (FEEDBACK 68-201 -opcional)
- Freno de Fricción (Prisionero) u otro Dinamómetro: 0-1 Nm a 1500 rev / min (FEEDBACK 67-470)
- Tacómetro óptico / de contacto (FEEDBACK 68-470)

4.8.5. Introducción

Las bobinas del estator están aquí conectadas para proporcionar una bobina de dos fases trifásica en estrella o triángulo. El motor arranca automáticamente y corre un poco por debajo de la velocidad síncrona de 3000 rev / min.

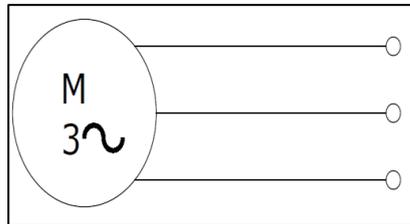


FIGURA 42: DIAGRAMA CIRCUITO DE MOTOR DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA DE 3 FASES

4.8.6. Procedimiento

- Monte el estator enrollado en el anillo del bastidor, fijándolo en posición con tres tornillos de cabeza de tapa de 1 3/8 "de largo en las posiciones de las 12, 4 y 8 en punto, con la bobina 1 en la parte superior.
- Coloque el rotor de jaula de ardilla en el eje, ubicando el tornillo de ajuste del cubo en el hueco cónico en el lado no impulsor del eje. Coloque el eje en los alojamientos del cojinete y atornille la carcasa extraíble a la placa base, pero antes de apretarlo por completo compruebe que el eje gira libremente y se mueve axialmente contra la arandela de precarga

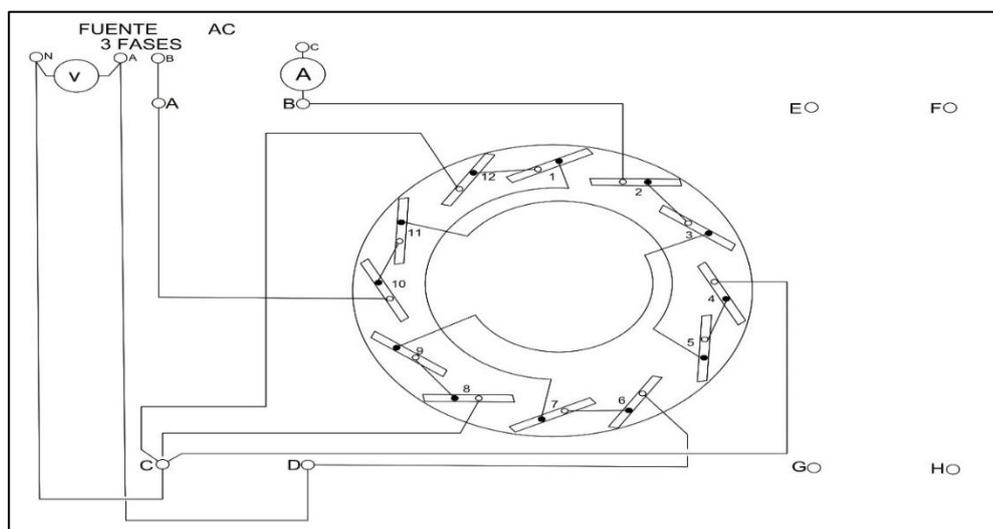


FIGURA 43: DIAGRAMA DE CABLEADO DE CONEXIÓN EN ESTRELLA MOTOR DE INDUCCIÓN AC, 3 FASES, 2 POLOS

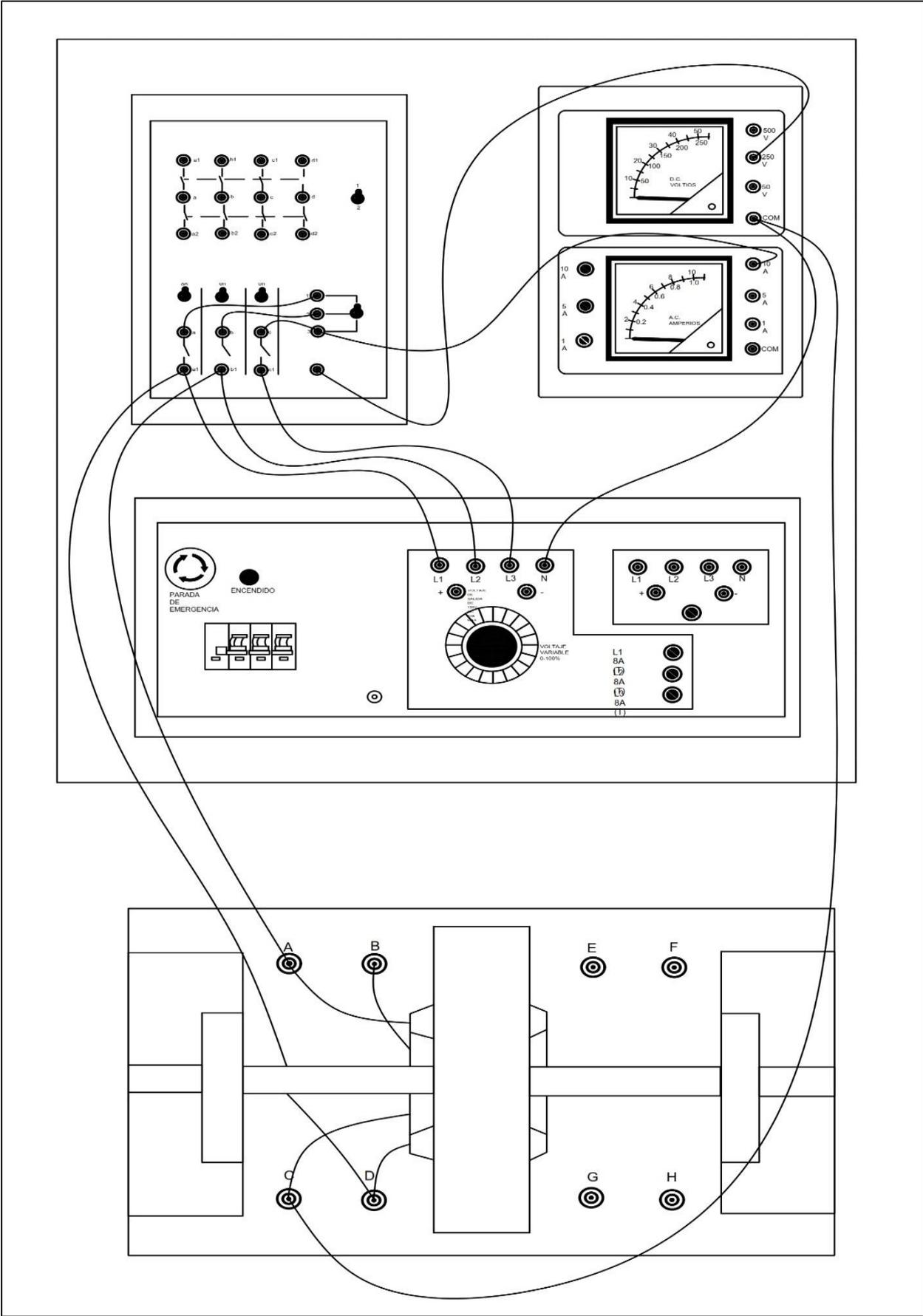


FIGURA 44: CONEXIONES PARA 3 FASES, 2 POLOS, MOTOR DE INDUCCIÓN, ESTRELLA CONECTADA

- Ajuste el freno de fricción (prisionero) a la placa base. Las instrucciones para montar el Freno de prisioneros 67-470 se encuentran en el Manual de utilidades, Hoja 62-100, Capítulo 3, Instrucciones básicas de montaje. 6. Ajuste inicialmente el freno para carga cero.
- Realice los circuitos que se muestran para los devanados de estator de estrella o triángulo trifásicos, Fig. 45 y 43 según sea necesario. Las conexiones adecuadas para el estator conectado en estrella se muestran en la Fig.43.

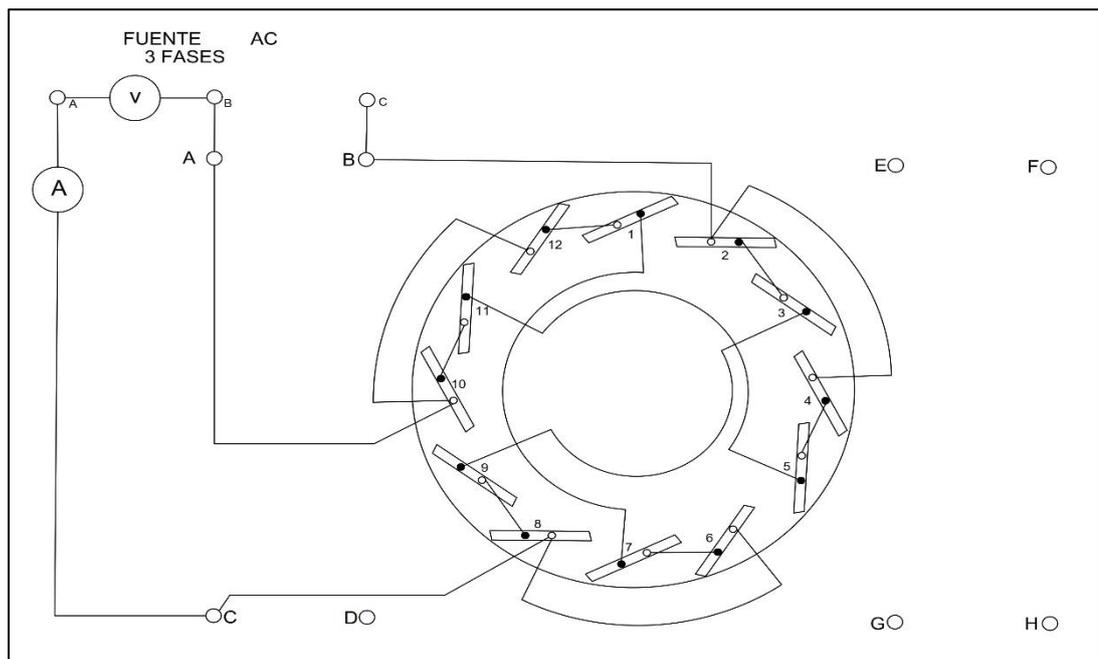


FIGURA 45: MOTOR DE INDUCCIÓN AC, 3 FASES, 2 POLOS, DIAGRAMA DE CABLEADO DE CONEXIÓN DELTA

La velocidad de operación del motor n , viene dada por la ecuación:

$$n = \frac{60}{p} f (1 - s)$$

Dónde p = pares de polos por fase = 1

f = frecuencia (Hz) = 60

s = deslizamiento fraccional, digamos 0.05

Por lo tanto:

$$n = \frac{60}{p} \times 60 (1 - 0.05) = 3420 \text{ rev/min}$$

a este valor particular de deslizamiento y suministro de 60 Hz.

Prueba de carga

Encienda el suministro trifásico al motor y cuando la velocidad del eje haya alcanzado su valor constante, mida la corriente de línea, la tensión de línea y la velocidad del eje. Aumente la carga de frenado en pasos y con un voltaje aplicado constante, tome lecturas de la velocidad del eje y la corriente de línea para cada valor de carga aplicada. Si hay dos vatímetros disponibles, se pueden usar para medir la potencia de entrada al motor como se muestra en la figura A41-5 (a).

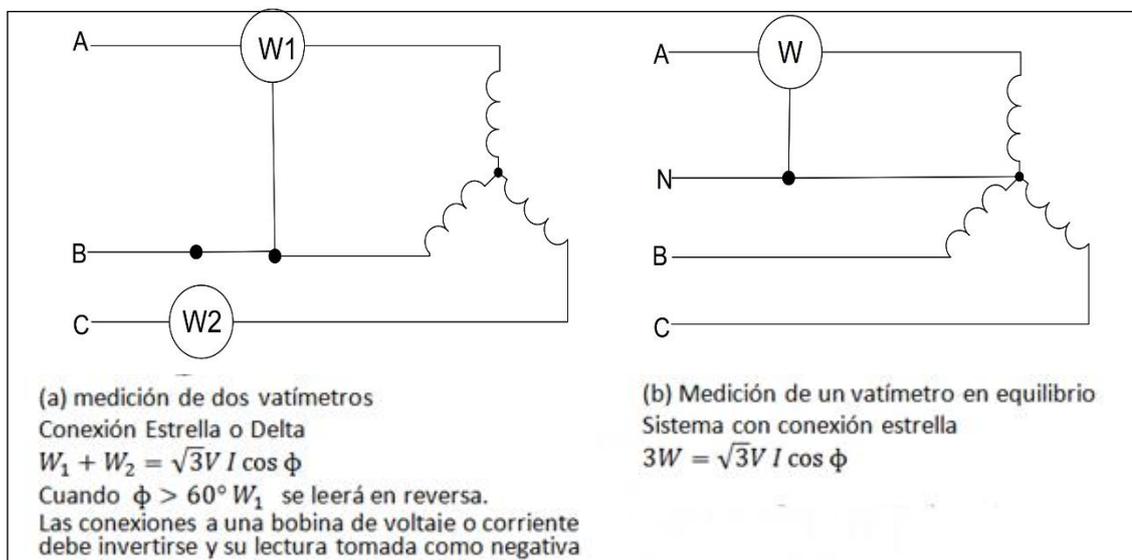


FIGURA 46: MEDIDA DE POTENCIA

TABLA 8 DATOS OBTENIDOS AL USAR EL FRENO PRONY COMO CARGA EN MOTOR DE INDUCCION JAULA DE ARDILLA

f	60	Hz
p	2	Par de polos
VCA	120	V
Carga	I total (A)	W (rpm)
0	0,1	3000
0,1	0,2	2800
0,2	0,4	2700
0,3	0,5	2500
0,4	0,7	2400
0,5	1	2200
0,6	1,2	2000
0,7	1,2	1800
0,8	1,4	1700

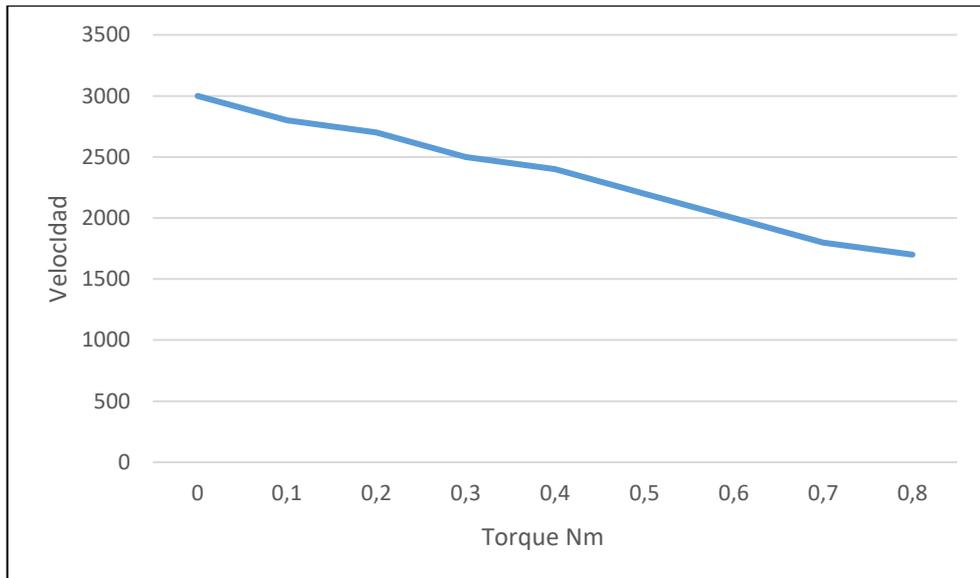


FIGURA 47: CARACTERÍSTICA DE PAR DE VELOCIDAD DEL MOTOR DE JAULA DE ARDILLA TRIFÁSICA

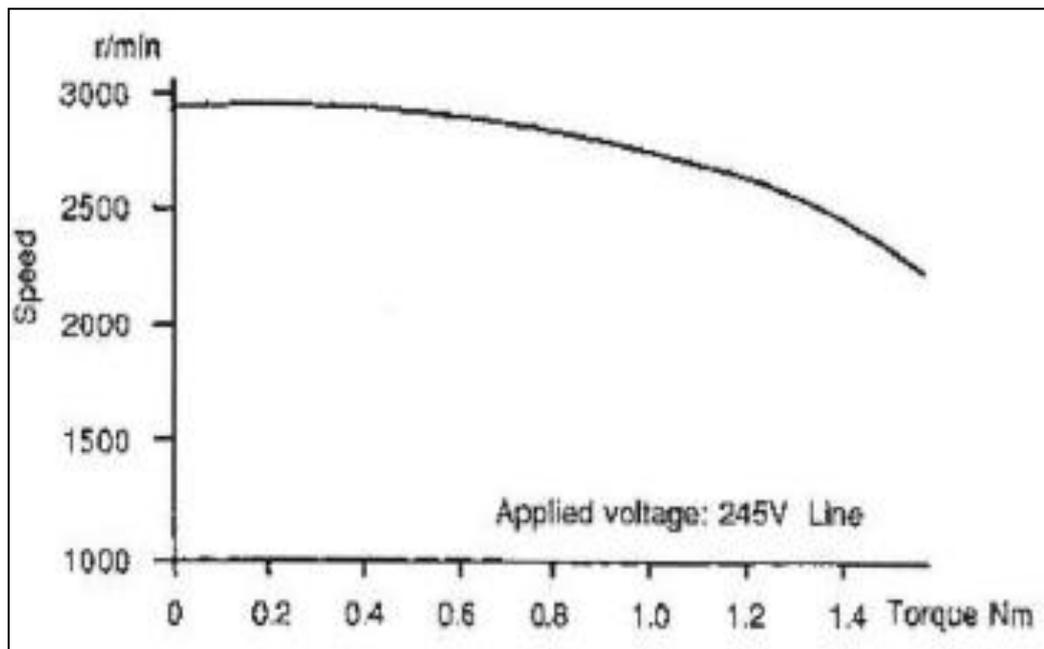


FIGURA 48: CARACTERÍSTICA DE PAR DE VELOCIDAD DEL MOTOR DE JAULA DE ARDILLA TRIFÁSICA PROPUESTA POR EL AUTOR

PRÁCTICA #9	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.9. Practica IX

4.9.1. Tema

Motor C.A. síncrono, 3 fases, 2 polos

4.9.2. Objetivos

- Identificar las características generales de un motor síncrono
- Enumerar las diferentes conexiones que poseen estos motores
- Señalar las distribuciones de los polos en el bobinado

4.9.3. Duración

- 2 horas

4.9.4. Recursos utilizados

- Unidad base
- Conmutador / deslizamiento
- 2 Porta carbones con carbones
- Estator de 12 ranuras enrolladas
- Cubo de rotor
- 4 Polos del rotor
- 2 Bobinas L1
- 1 Acoplamiento flexible
- Motor de velocidad variable: 1/3 hp, 1200 rev/min (FEEDBACK 63-501)

- Freno de Fricción (Prisionero) u otro Dinamómetro: 0-1 Nm a 1500 rev / min (FEEDBACK 67-470)
- Fuente de alimentación trifásica (FEEDBACK 60-105)
- Suministro DC de 0-20V, 5A (FEEDBACK 60-105)
- Voltímetro de AC 0-300V (FEEDBACK 68-117)
- Amperímetro AC de 0 a 5A (FEEDBACK 68-117)
- Voltímetro DC de 0-50V (FEEDBACK 68-110)
- Amperímetro DC de 0-5A (FEEDBACK 68-110)
- Interruptores de control (FEEDBACK 65-130)

4.9.5. Introducción

El estator de un motor síncrono tiene la misma forma general que la de un motor de inducción o generador AC equivalente. Los devanados, generalmente distribuidos, están dispuestos en estrella o en delta y están conectados directamente al suministro AC. El campo giratorio consiste en uno o más pares de polos con bobinados concentrados o distribuidos.

El motor síncrono tiene un par de arranque cero y debe funcionar hasta la velocidad de funcionamiento mediante una unidad externa. Cuando los polos del rotor están casi en sincronismo con el campo giratorio producido por el estator, se ponen en marcha y el rotor funciona a velocidad síncrona. Si se colocan bobinados de jaula de ardilla en las caras de los polos, la máquina arrancará como un motor de inducción y luego se bloqueará y funcionará como un motor síncrono.

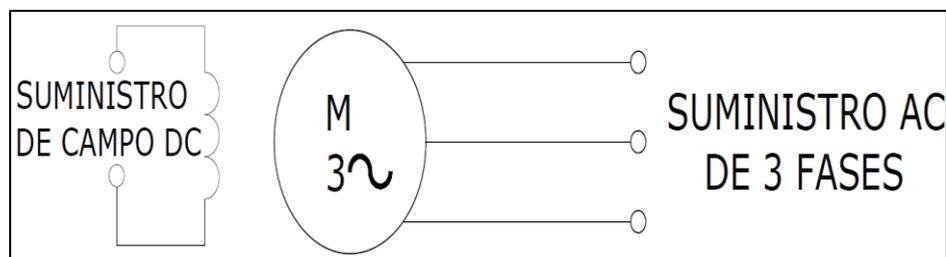


FIGURA 49: DIAGRAMA DE CIRCUITO DE CAMPO GIRATORIO DE MOTOR SÍNCRONO TRIFÁSICO AC

4.9.6. Procedimiento

- Monte el estator enrollado en el anillo del bastidor y colóquelo en su posición con tres tornillos de cabeza hueca de 1 3/8 " en las posiciones de 12, 4 y 8 en punto, con la bobina 1 en la parte superior.
- Ensamble el rotor de 2 polos como se muestra en la Fig. 50, y de la siguiente manera.

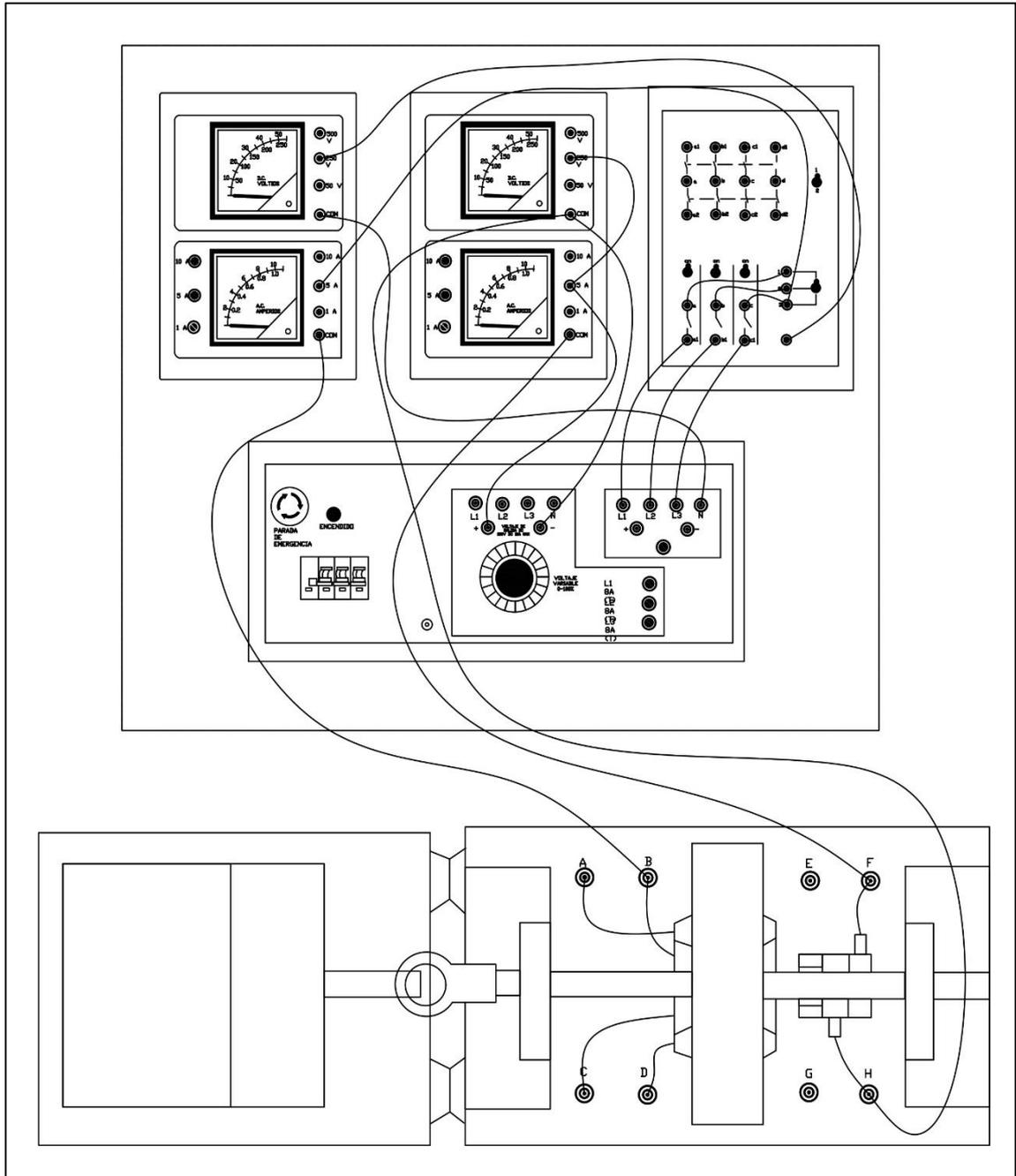


FIGURA 50: CONEXIONES PARA MOTOR SÍNCRONO AC, 3 FASES, 2 POLOS, CONEXIÓN EN ESTRELLA

- Coloque dos bobinas L1 alrededor del cubo del rotor y asegure los polos, B, C y D con los tres tornillos de cabeza de 1 "de largo y disponga las bobinas de manera que los dos lados de las bobinas se mantengan en el espacio entre los polos B y C. Insertar el eje a través del cubo para llevar el extremo no impulsor en el mismo lado que los terminales de la bobina. Inserte el polo A y sujete el rotor al eje con el tornillo de cabeza de tapa de 1 3/4 "que se acopla con el orificio roscado en el eje.

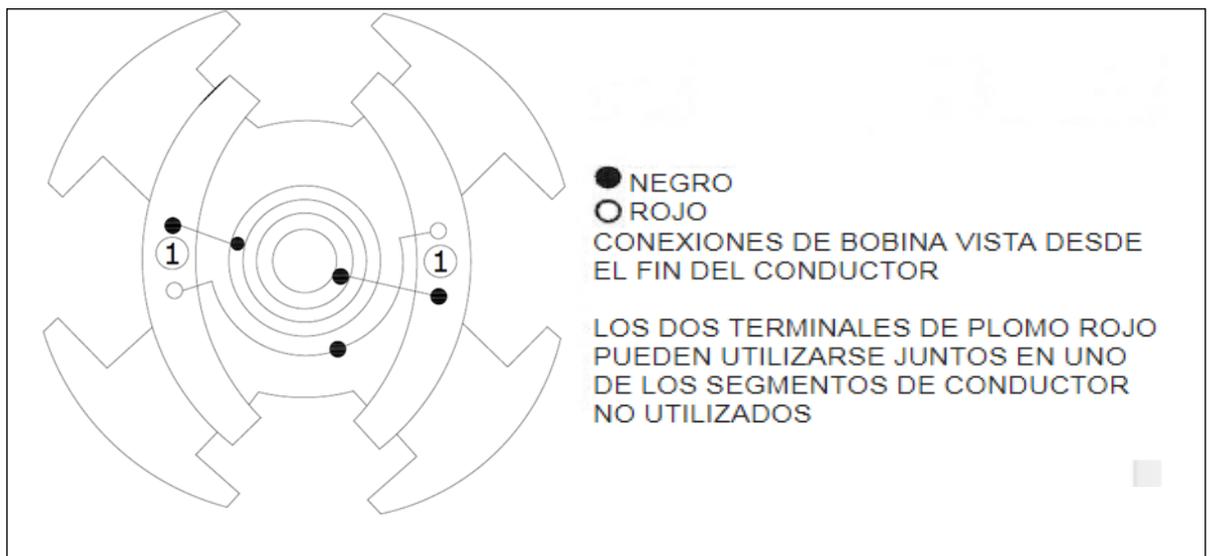


FIGURA 51: DIAGRAMA DE CABLEADO DEL ROTOR

- Deslice los anillos deslizantes sobre el eje, realice las conexiones que se muestran en el diagrama de cableado, y apriete el tornillo de fijación que sujeta los deslizadores al eje: las posiciones finales se pueden ajustar cuando el rotor está montado en sus cojinetes. Une un cable de bobinas a cada deslizamiento a través de un segmento de conmutador.

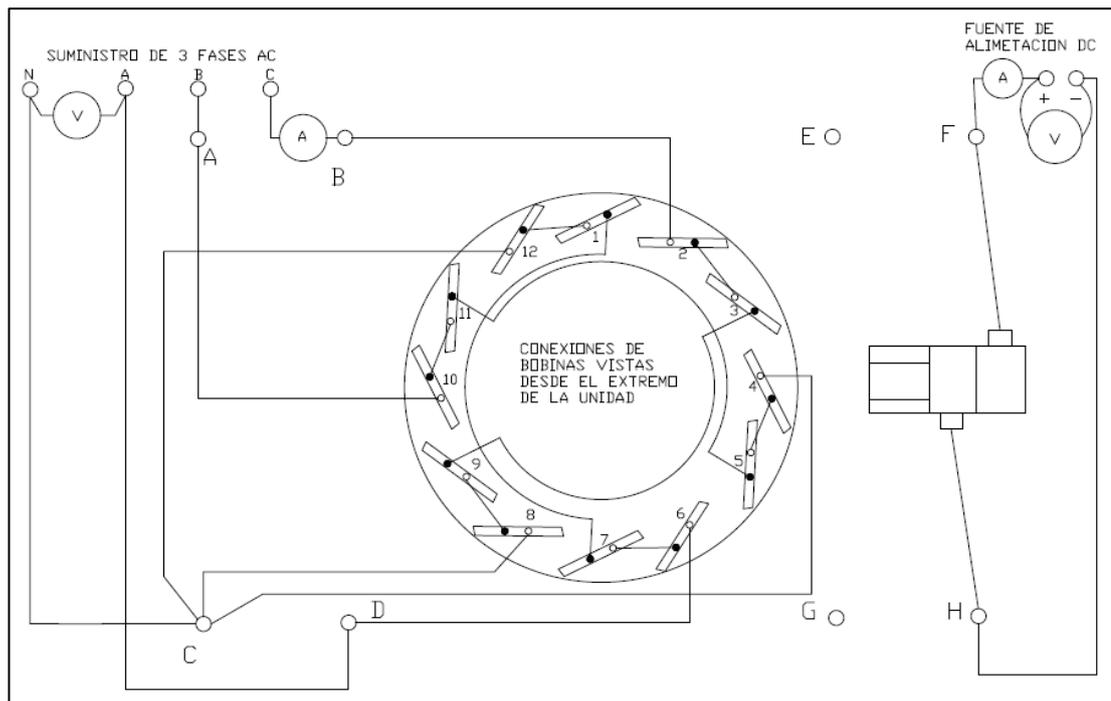


FIGURA 52: MOTOR SÍNCRONO AC 3-FASES, 2-POLOS, CONEXIÓN EN ESTRELLA

- El eje del rotor ahora puede instalarse en los alojamientos del cojinete y la carcasa extraíble atornillarse a la placa base. Antes de finalmente apretar, verifique que el eje gire libremente y se mueva axialmente contra la arandela de precarga.
- Ajuste el freno de fricción (prisionero) a la placa base. Ajuste inicialmente el freno para carga cero.
- Fije la placa base del motor de impulsión a la del 62-100, alinear los dos ejes y conéctelos mediante un acoplamiento flexible.
- Realice los circuitos que se muestran para los devanados de estator de estrella o triángulo trifásicos, Fig. 52 y 53, según sea necesario. Las conexiones adecuadas para el estator conectado en estrella se muestran en la Fig. 52.

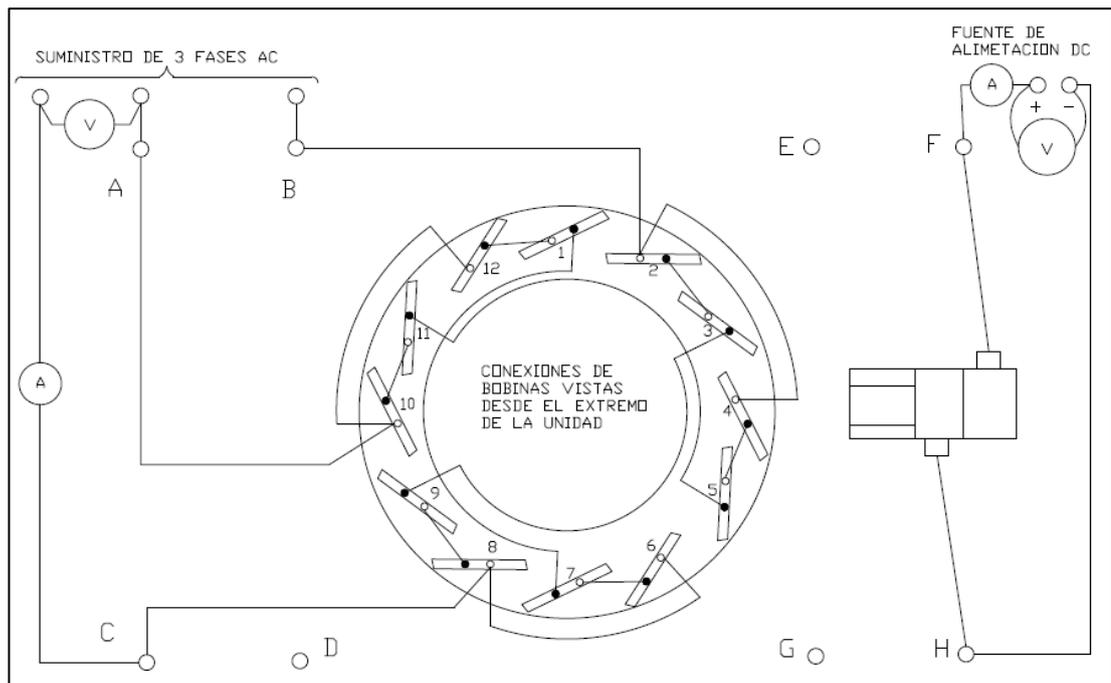


FIGURA 53: MOTOR SÍNCRONO AC 3-FASES, 2-POLOS, CONEXIÓN DELTA

El motor funciona a velocidad síncrona n_s , como lo indica la ecuación:

$$n_s = \frac{60f}{p} \text{ rev/min}$$

Dónde

f = frecuencia de suministro Hz

p = pares de polos por fase

Hay dos polos por fase, por lo que $p = 1$, y con una frecuencia de suministro de 50 Hz, la velocidad del motor es:

$$n_s = \frac{60 \times 50}{1} = 3000 \text{ rev/min}$$

Para arrancar el motor, encienda el suministro del rotor y ajústelo a aproximadamente 2.5 A, pero deje el suministro trifásico de CA al estator apagado. Arranque el motor de accionamiento, ajuste su velocidad a aproximadamente 3000 rev / min y encienda el suministro trifásico. El motor síncrono debe establecer sincronismo y funcionar de manera constante a 3000 rev / min, según lo determine la frecuencia de suministro. La máquina de accionamiento ahora puede estar apagada; Sin embargo, seguirá girando impulsado por el motor síncrono. Si se utiliza un motor de motor como máquina de

accionamiento, es posible que funcione como un generador cuando se lo está impulsando. Puede servir como carga para el motor síncrono.

Prueba de carga

Con la corriente del rotor ajustada en 2.5 A, aplique una carga en el eje y tenga en cuenta la velocidad y la corriente de la línea del estator en una fase. Repita para varias cargas hasta el punto donde se produce la extracción.

TABLA 9: DATOS OBTENIDOS AL USAR EL FRENO PRONY COMO CARGA EN MOTOR SINCRONO

f	60	Hz
p	2	Par de polos
VCA	220	V
Carga	I total (A)	W (rpm)
0	0,1	3000
0,1	0,2	2900
0,2	0,3	2850
0,3	0,4	2700
0,4	0,6	2600
0,5	0,8	2400
0,6	0,9	2000
0,7	1	1800
0,8	1,2	1700

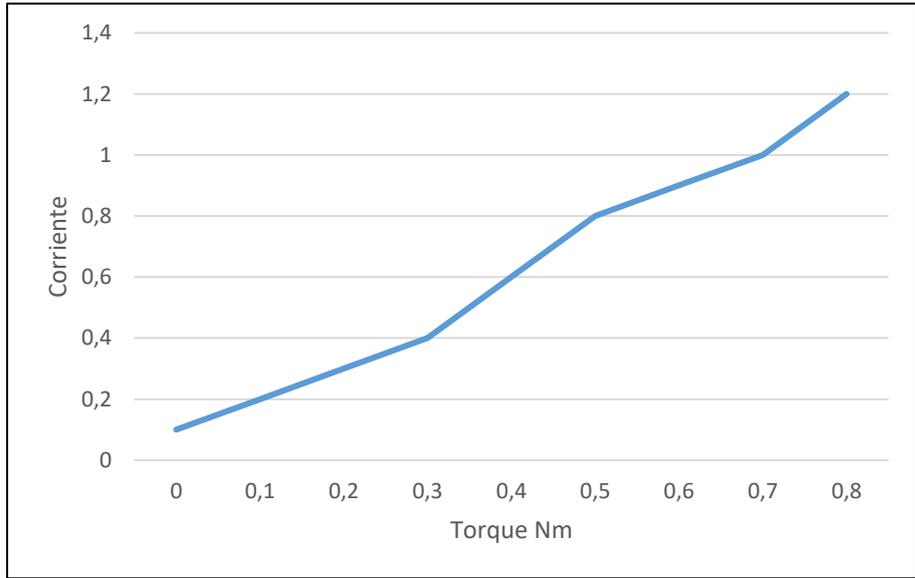


FIGURA 54: GRAFICA DE EJE CORRIENTE VS TORQUE

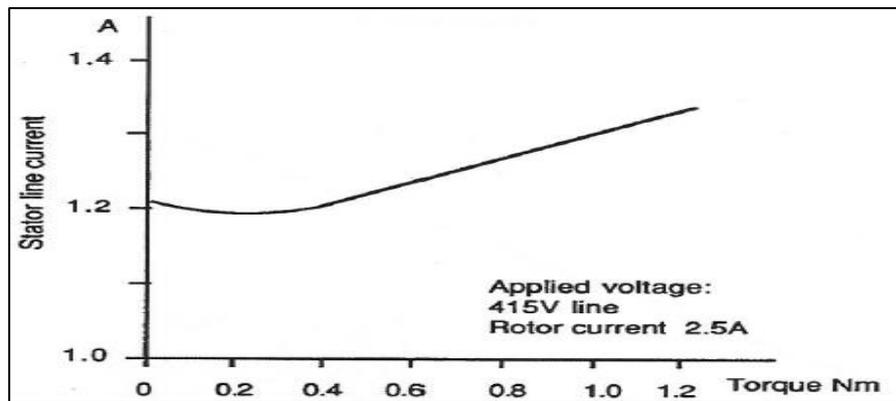
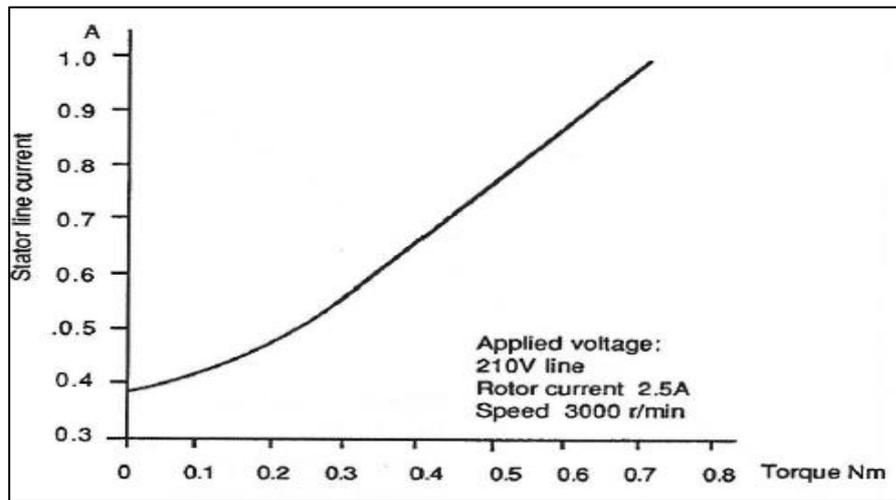


FIGURA 55: GRAFICAS DE EJES CORRIENTE VS TORQUE PROPUESTAS POR EL AUTOR

PRÁCTICA #10	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.10. Practica X

4.10.1. Tema

Generador síncrono C.A., 2 polos, 3 fases.

4.10.2. Objetivos

- Comprender la importancia de los generadores síncronos en el mundo
- Enumerar los tipos de generadores que existen y las características que ellos poseen

4.10.3. Duración

- 2 horas

4.10.4. Recursos utilizados

- Unidad base
- Conmutador / deslizamiento
- 2 Porta-escobillas con cepillos
- 1 Estator de 12 ranuras enrolladas
- 1 Cubo de rotor
- 4 Polos de rotor
- 2 Bobinas L1
- 1 Acoplamiento flexible
- Motor de velocidad variable: 1/3 hp, 1200 rev / min (FEEDBACK 63-501)
- Suministro DC de 0-20 V, 5 A (FEEDBACK 60-105)

- Voltímetro AC de 0-300 V
- Amperímetro AC de 0-5 A (FEEDBACK. 68-117)
- Voltímetro DC de 0-50 V
- Amperímetro DC de 0-5 A (FEEDBACK 68-110)
- Interruptores de control (FEEDBACK 65-130)

4.10.5. Introducción

La mayor parte de la energía eléctrica del mundo es producida por dos tipos de generador trifásico AC: El generador impulsado por turbina de vapor que opera a 3000 o 3600 rev/min con un campo de rotor cilíndrico de dos polos y el generador hidráulico en hidroeléctricas-Estaciones eléctricas que giran a velocidades de alrededor de 300 rev/min con 20 o 24 polos salientes, dependiendo de la frecuencia de suministro.

Aunque se utilizan técnicas avanzadas en el diseño eléctrico, térmico y mecánico de estos generadores, los componentes básicos -vientos, sistema magnético, disposición de rodamientos, etc., son similares a los de máquinas mucho más pequeñas. Existe un parecido familiar entre un generador de turbina trifásico de 750 MVA y la máquina construida en esta práctica.

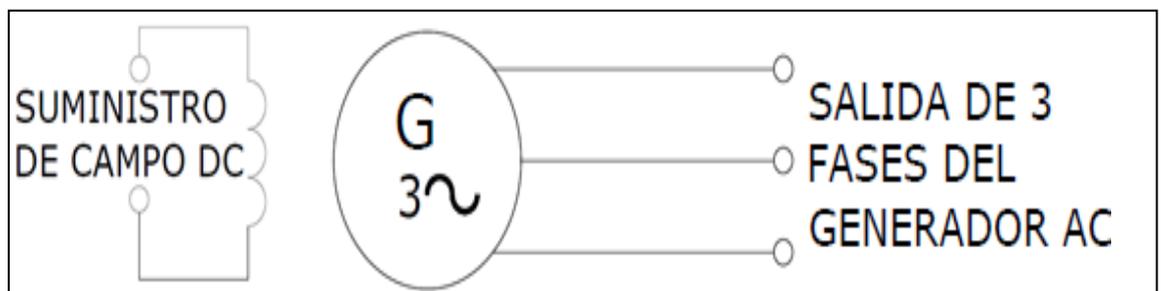


FIGURA 56: DIAGRAMA DEL GENERADOR SÍNCRONO TRIFÁSICO AC.

4.10.6. Procedimiento

- Monte el estator enrollado en el anillo del bastidor y colóquelo en su posición con tres tornillos de cabeza de tapa de 1 3/8 "de largo en las posiciones de las 12, 4 y 8 en punto, con la bobina 1 en la parte superior.

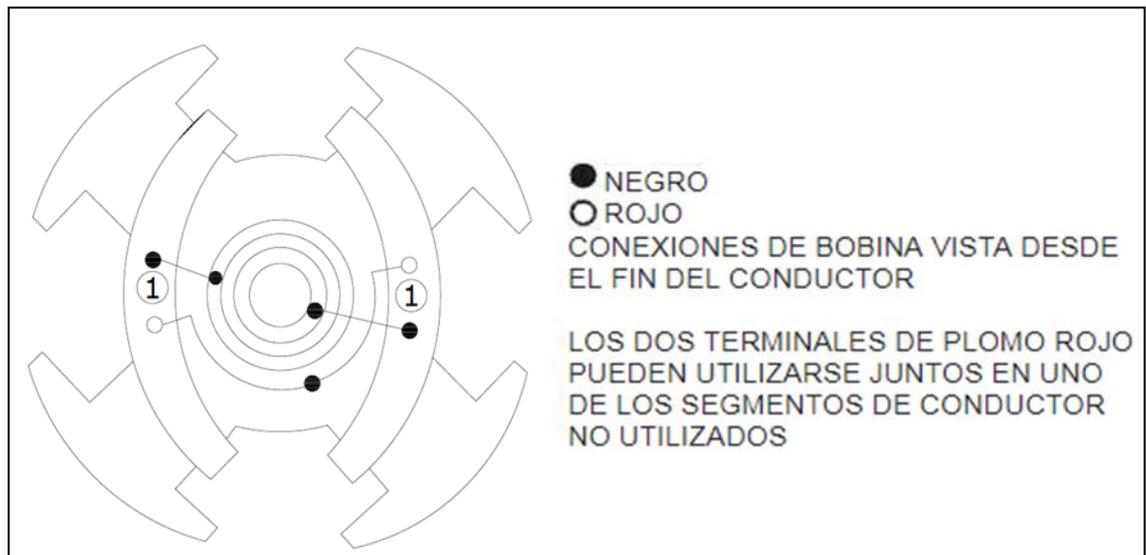


FIGURA 57: DIAGRAMA DE CABLEADO DEL ROTOR

- Ensamble el rotor de 2 polos como se muestra en la Fig. 57.
- Coloque dos bobinas L1 alrededor del cubo del rotor y sujete los polos, B, C y D utilizando los tres tornillos de cabeza de tapa de 1 1/4 "de largo y acomodando las bobinas de modo que los dos lados de las bobinas se sostengan en el espacio entre los polos B y C. Inserte el eje a través del cubo para llevar el extremo que no es de accionamiento al mismo lado que los terminales de la bobina. Inserte el polo A y sujete el rotor al eje con el tornillo de cabeza de tapa de 1 3/4 "que se acopla con el orificio roscado en el eje.
- Deslice los anillos deslizantes sobre el eje, realice las conexiones que se muestran en el diagrama de cableado, y apriete el tornillo de fijación que sujeta los deslizadores al eje: las posiciones finales se pueden ajustar cuando el rotor está montado en sus cojinetes. Une un cable de bobina a cada deslizamiento a través de un segmento de conmutador
- El eje del rotor ahora puede instalarse en los alojamientos del cojinete y la carcasa extraíble atornillarse a la placa base. Antes de finalmente apretar, verifique que el eje gire libremente y se mueva axialmente contra la arandela de precarga. Fije la placa base del motor de impulsión a la del 62-100, alinee los dos ejes y conéctelos mediante un acoplamiento flexible.

- Realice los circuitos que se muestran para los devanados de estator de estrella o triángulo trifásico, Fig. 59 y 60, según corresponda. Las conexiones adecuadas para el estator conectado en estrella se muestran en la Fig. 59.

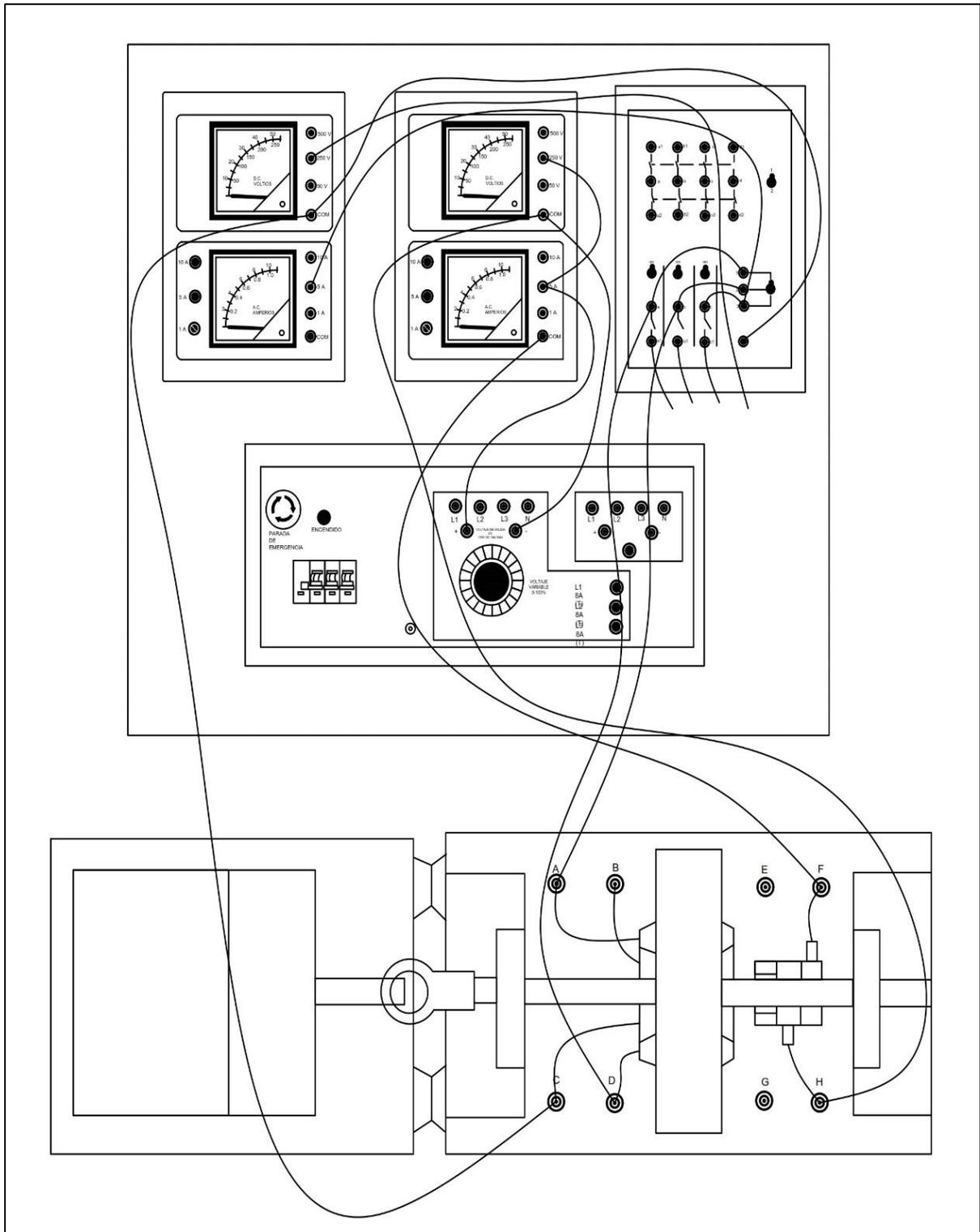


FIGURA 58: CONEXIONES PARA GENERADOR SÍNCRONO TRIFÁSICO AC, 2 POLOS, CONEXIÓN ESTRELLA

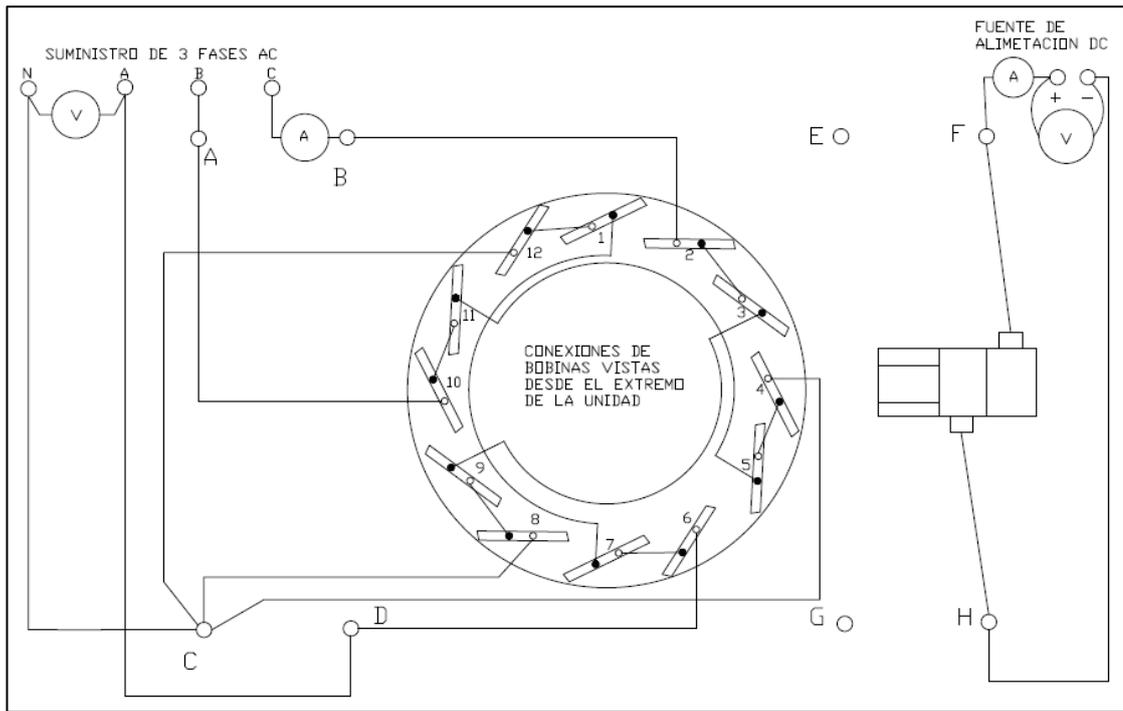


FIGURA 59: MOTOR SÍNCRONO DE CAMPO GIRATORIO AC, 3 FASES, 2 POLOS, CONEXIÓN DE ESTRELLA

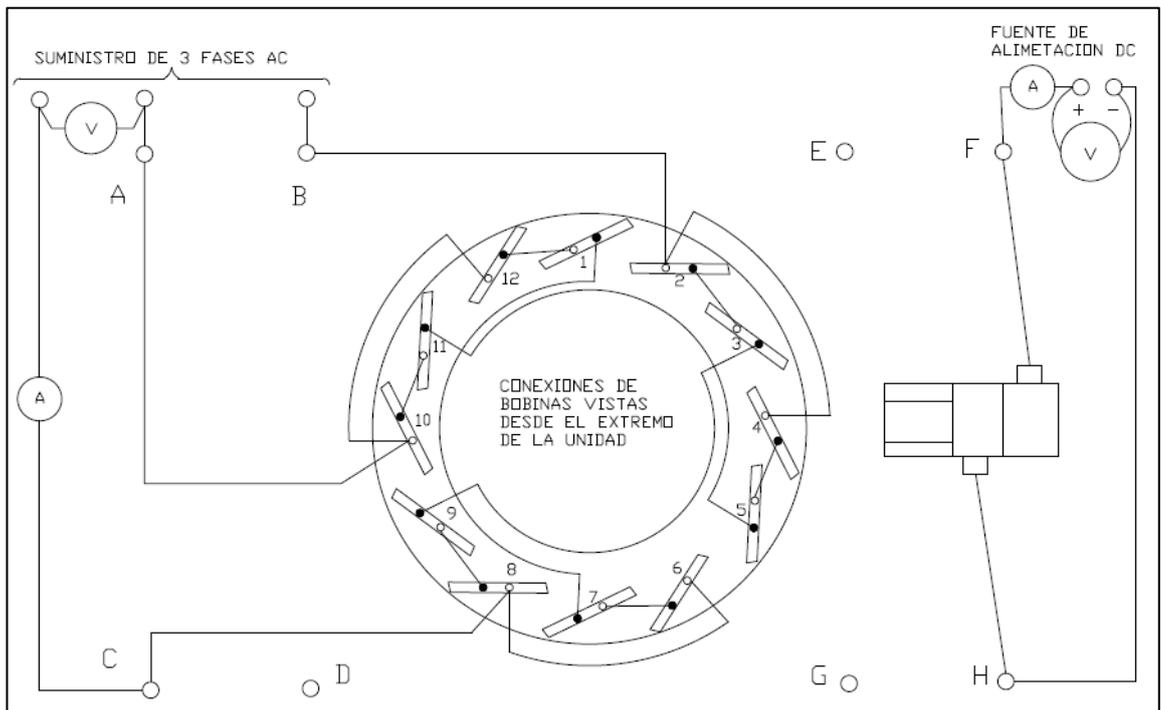


FIGURA 60: MOTOR SÍNCRONO DE CAMPO GIRATORIO AC, 3 FASES, 2 POLOS, CONEXIÓN DE DELTA

La frecuencia del voltaje generado está determinada por el número de inversión completa de la polaridad magnética que se produce por segundo debajo de cada bobina

del estator. Esto es igual al número de pares de polos en el campo del rotor multiplicado por las revoluciones del eje por segundo.

$$f = \frac{pn}{60}$$

Dónde

p = pares de polos

n = velocidad del eje rev / min

En esta tarea, p = 1 y

$$f = \frac{3600}{60} = 50\text{Hz a } 3000 \text{ rev/min} \quad \text{ó} \quad f = \frac{1500}{60} = 25\text{Hz a } 1500 \text{ rev/min}$$

Característica de circuito abierto

Esta prueba se lleva a cabo sin carga externa aplicada al generador. Se supone que las tres fases son simétricas. Esto puede verificarse durante la prueba ajustando el interruptor de tres posiciones en la unidad de interruptores de control 65-130 para medir cada voltaje de fase por turno.

Encienda el motor de accionamiento, suba la velocidad a 1500 rev/min y mantenga este valor durante toda la prueba. Encienda el suministro del rotor e incremente la corriente de cero a 5A en pasos, tomando lecturas de voltaje de fase CA y corriente del rotor en cada paso y registrándolas en los ejes de Gráficos (Figura A43-6) dados en la Tabla de resultados.

Característica de cortocircuito

En esta prueba, los tres terminales de línea se ponen en corto juntos directamente o a través del amperímetro.

Con la velocidad de impulsión mantenida a 1500 rev/min, encienda el suministro del rotor e incremente la corriente en pasos de cero a 5A, tomando lecturas de corriente de salida en cortocircuito y corriente del rotor en cada paso. El gráfico de la corriente de cortocircuito contra la excitación de campo debe ser una línea recta que pase por el origen.

Si se permite que la velocidad de manejo varíe durante la prueba, se encontrará que tiene poco efecto sobre la corriente de cortocircuito. Con excitación constante, la tensión generada internamente es proporcional a la velocidad del eje y la reactancia

del estator, que forma la mayor parte de la impedancia del cortocircuito, es proporcional a la frecuencia y, por lo tanto, también a la velocidad del eje. La relación de los dos, que determina la corriente de cortocircuito, es por lo tanto casi independiente de la velocidad de rotación.

Características de carga

En esta prueba, el generador se impulsa nuevamente a velocidad constante y la carga se representa frente a la corriente del rotor para una tensión de terminal constante.

Conecte las resistencias en la unidad de resistencia/condensador 67-190 a los terminales del generador como se muestra en la figura A43-7 para proporcionar una carga trifásica. Arranque el motor de accionamiento y mantenga su velocidad constante a 1500 rev/min durante la prueba. Encienda el suministro al rotor y establezca la corriente en un valor que dará, por ejemplo, 35 voltios por fase a través de las resistencias de carga. Mida el voltaje de fase, la corriente de fase y la corriente del rotor en esta carga.

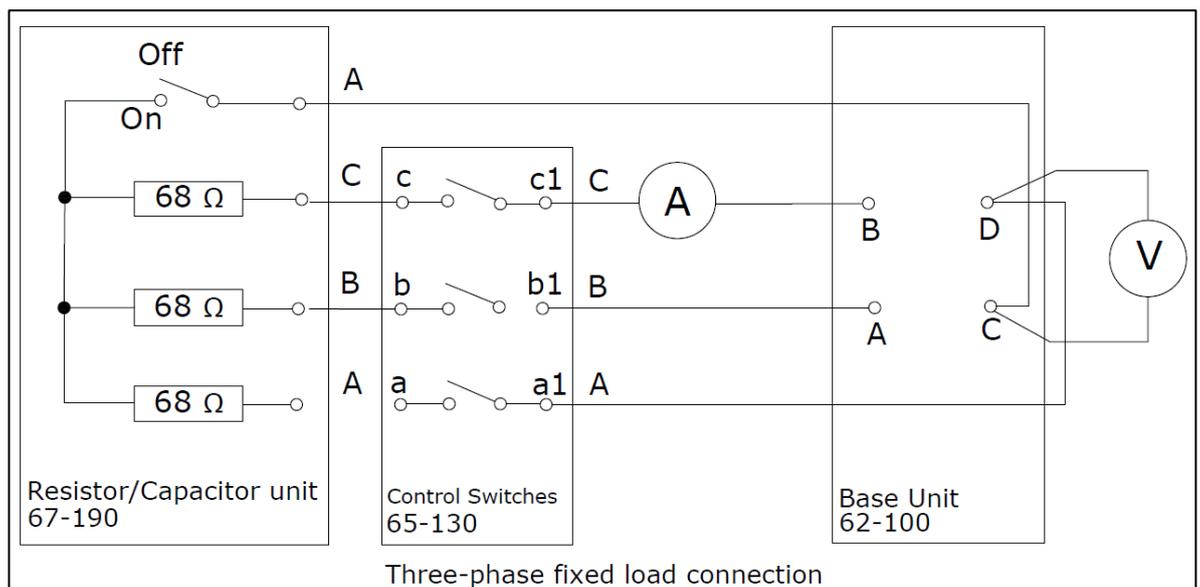


FIGURA 61: CONEXIONES ENTRE 62-100 Y LA UNIDAD RESISTOR/CONDENSADOR

TABLA 10: DATOS OBTENIDOS AL AUMENTAR LA CORRIENTE EXPONENCIALMENTE

f	60	Hz
p	2	Par de polos
VCA	220	V

Carga	I total (A)	VOLTAJE (V)
-	0,5	20
-	1	30
-	1,5	35
-	2	40
-	2,5	55
-	3	60
-	3,6	80
-	4	100
-	4,5	120

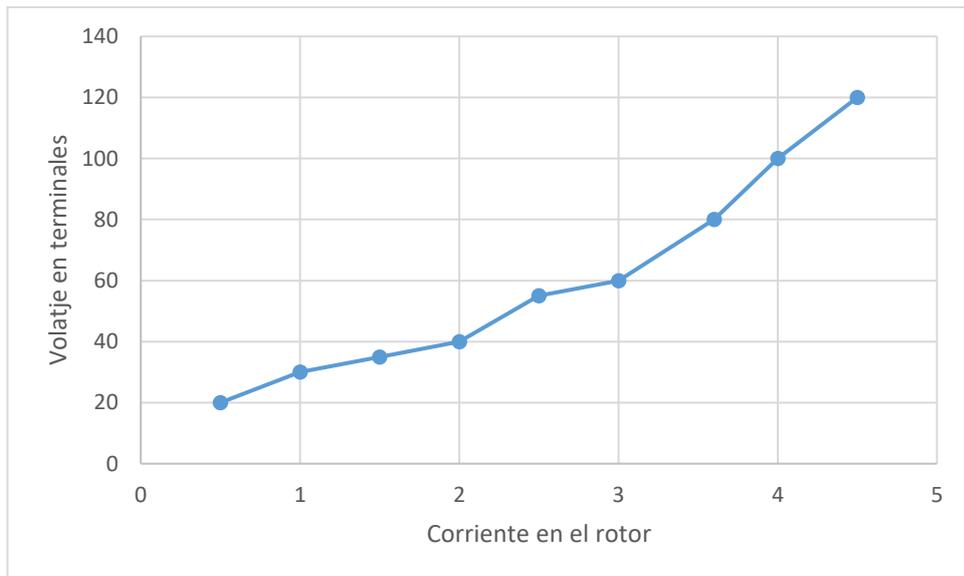


FIGURA 62: GRAFICA DE EJE

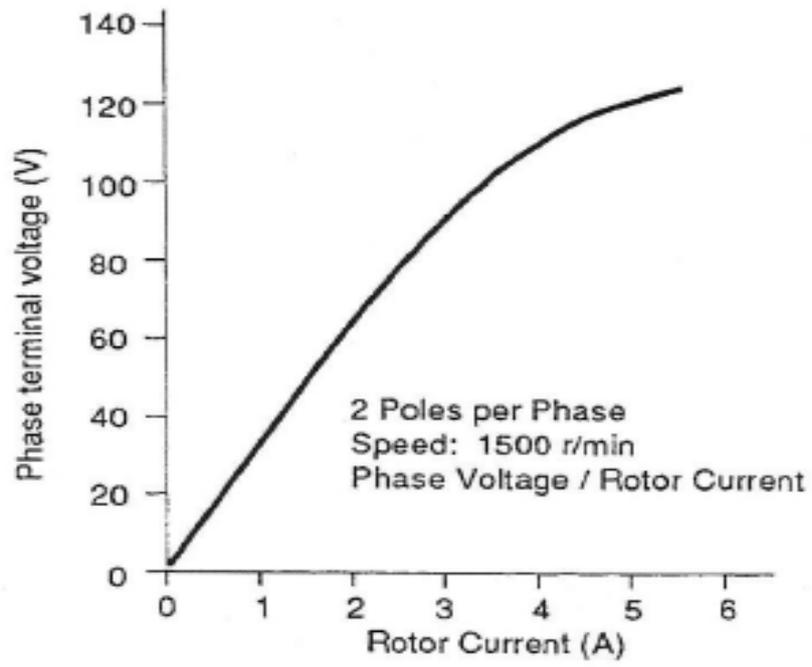


FIGURA 63: GRAFICADE EJES PROPUESTA POR EL AUTOR

PRÁCTICA #11	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.11. Practica XI

4.11.1. Tema

Generador C.A. sincronizado con la fuente de alimentación

4.11.2. Objetivos

- Aplicar la práctica de forma correcta, segura evitando daños al equipo ítems utilizados y a los alumados.
- Describir los pasos a seguir para realizar el sincronismo entre un generador y la red local

4.11.3. Duración

- 2 horas

4.11.4. Recursos utilizados

- Unidad base
- 1 Estator de 12 ranuras enrolladas
- 1 cubo de rotor
- 4 polos de rotor
- 2 Bobinas L1
- 1 deslizador / conmutador
- 2 porta carbones con carbones
- 1 acoplamiento flexible
- Motor de velocidad variable: 1/3 hp, 1200 rev / min (Feedback63-501)
- Fuente de alimentación AC 0-135V, 5A (Feedback60-121)

- Fuente de alimentación DC 0-20V, 5A (Feedback60-105)
- Amperímetro AC 1 A /10 A (Feedback68-117)
- Voltímetro AC 250 V/500 V (Feedback68-117)
- Amperímetro DC 1 A /5 A (Feedback68-110)
- Voltímetro DC 50 V/250 V (Feedback68-110)
- Unidad de lámparas de sincronización (Feedback 68-120)
- Interruptores de control (Feedback65-130)

4.11.5. Introducción

Un motor de velocidad variable se puede acoplar directamente al 62-100 para proporcionar el accionamiento mecánico requerido para operar cualquiera de los conjuntos de generador de CA en un amplio rango de velocidad. En esta práctica, un generador de AC monofásico se pone en sincronismo con el suministro de red de 120V AC disponible de la unidad de suministro de AC/DC variable 60-121, y luego se acopla directamente a este suministro.

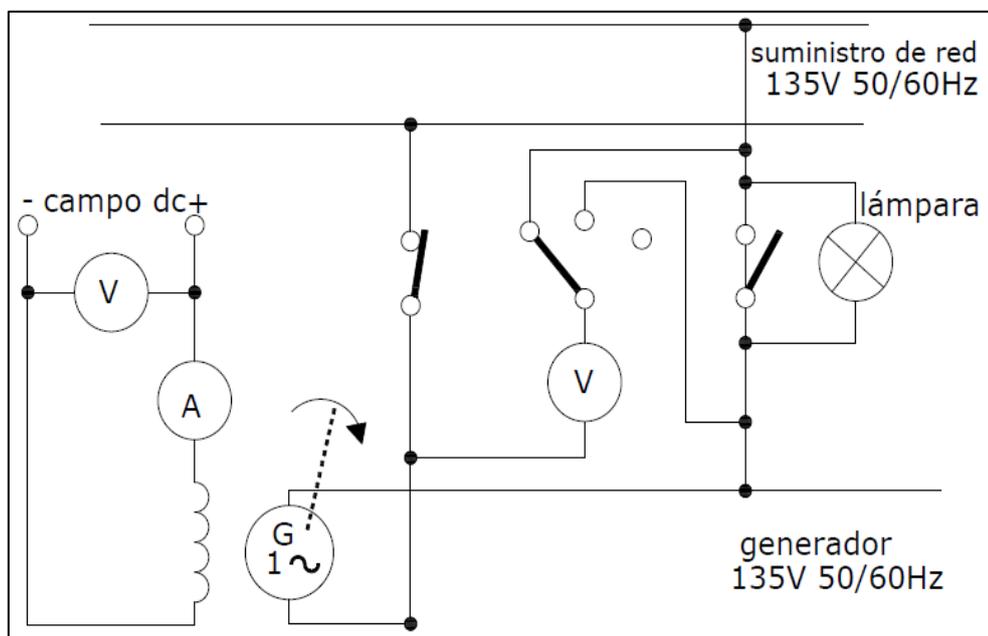


FIGURA 64: DIAGRAMA DEL CIRCUITO

4.11.6. Procedimiento

- Para el bobinado concentrado del estator, coloque las bobinas L9 en los dos polos del estator, luego fije los polos al anillo del marco en las posiciones de las 3 en punto y las 9 en punto con los tornillos de cabeza de $1\frac{1}{2}$ de largo. Para el bobinado del estator distribuido, monte el estator enrollado en el anillo del bastidor y fíjelo en su posición con tres tornillos de cabeza de tapa de $1\frac{1}{4}$ "de largo en las posiciones de las 12, 4 y 8 en punto, con la bobina n.º 1 en la parte superior.
- Monte el rotor bipolar como se muestra en el diagrama de cableado Fig. 565, y de la siguiente manera.
- Coloque dos bobinas L1 alrededor del cubo del rotor y asegure los polos B, C y D utilizando los tres tornillos de cabeza de tapa de 1 "de largo, y acomodando las bobinas de modo que los dos lados de las bobinas se sostengan en el espacio entre los polos B y C. el eje a través del cubo para llevar el extremo no impulsor en el mismo lado que los terminales de la bobina. Inserte el polo A y sujete el rotor al eje con el tornillo de cabeza de $1\frac{3}{4}$ de largo que se acopla con el orificio roscado en el eje.
- Deslice los anillos deslizantes sobre el eje, realice las conexiones que se muestran en el diagrama de cableado y apriete el tornillo de fijación que sujeta los anillos al eje: la posición final se puede ajustar cuando el rotor está montado en sus cojinetes. Une un cable de bobina a cada deslizamiento a través de un segmento de conmutador.
- El eje del rotor ahora puede instalarse en los alojamientos del cojinete y la carcasa extraíble atornillarse a la placa base. Antes de finalmente apretar, verifique que el eje gire libremente y se mueva axialmente contra la arandela de precarga. Fije la placa base del motor de accionamiento a la del 61-100, alinee los dos ejes y conéctelos mediante un acoplamiento flexible.

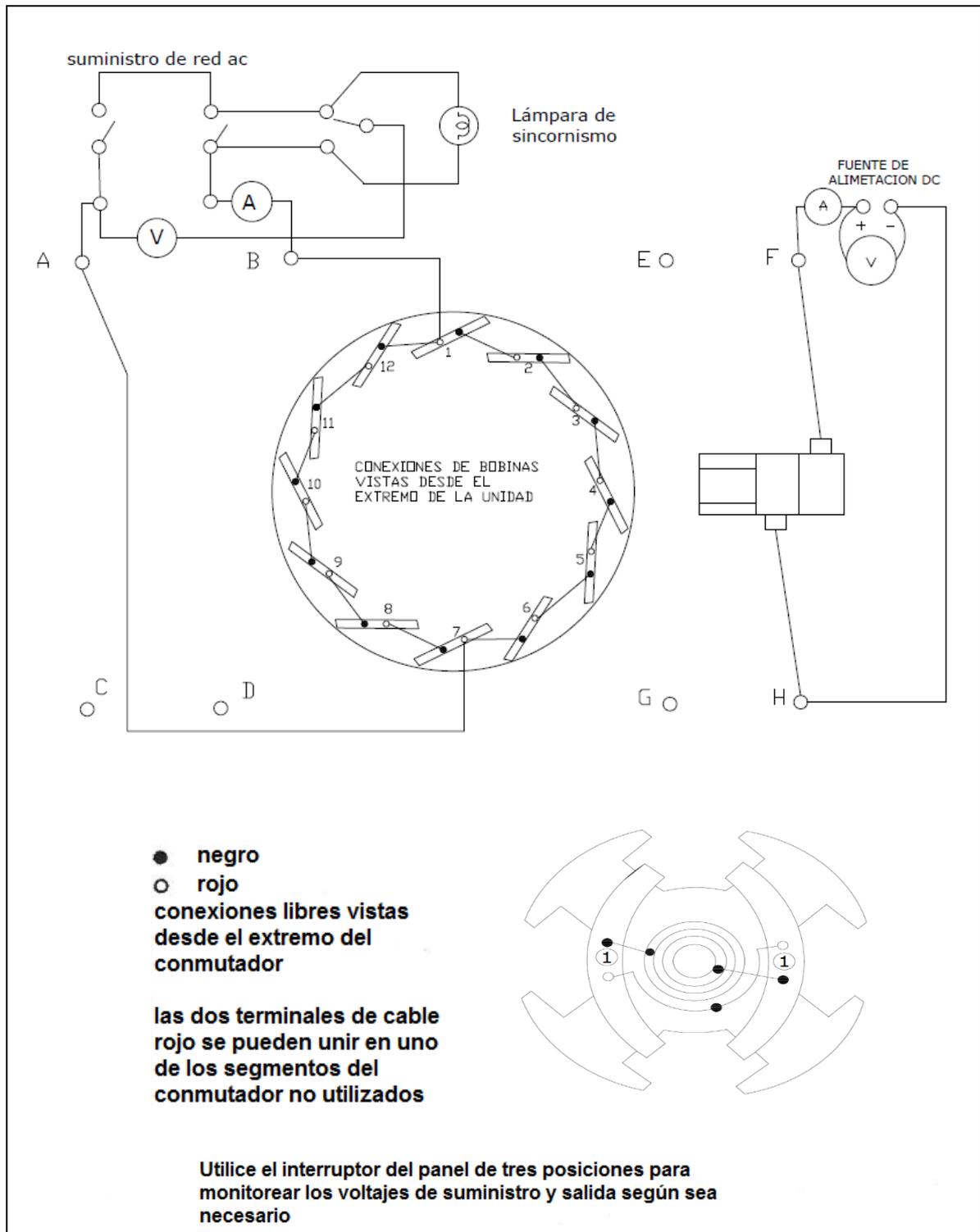


FIGURA 65: GENERADOR MONOFÁSICO AC, CAMPO GIRATORIO, BOBINA DISTRIBUIDA DEL ESTATOR

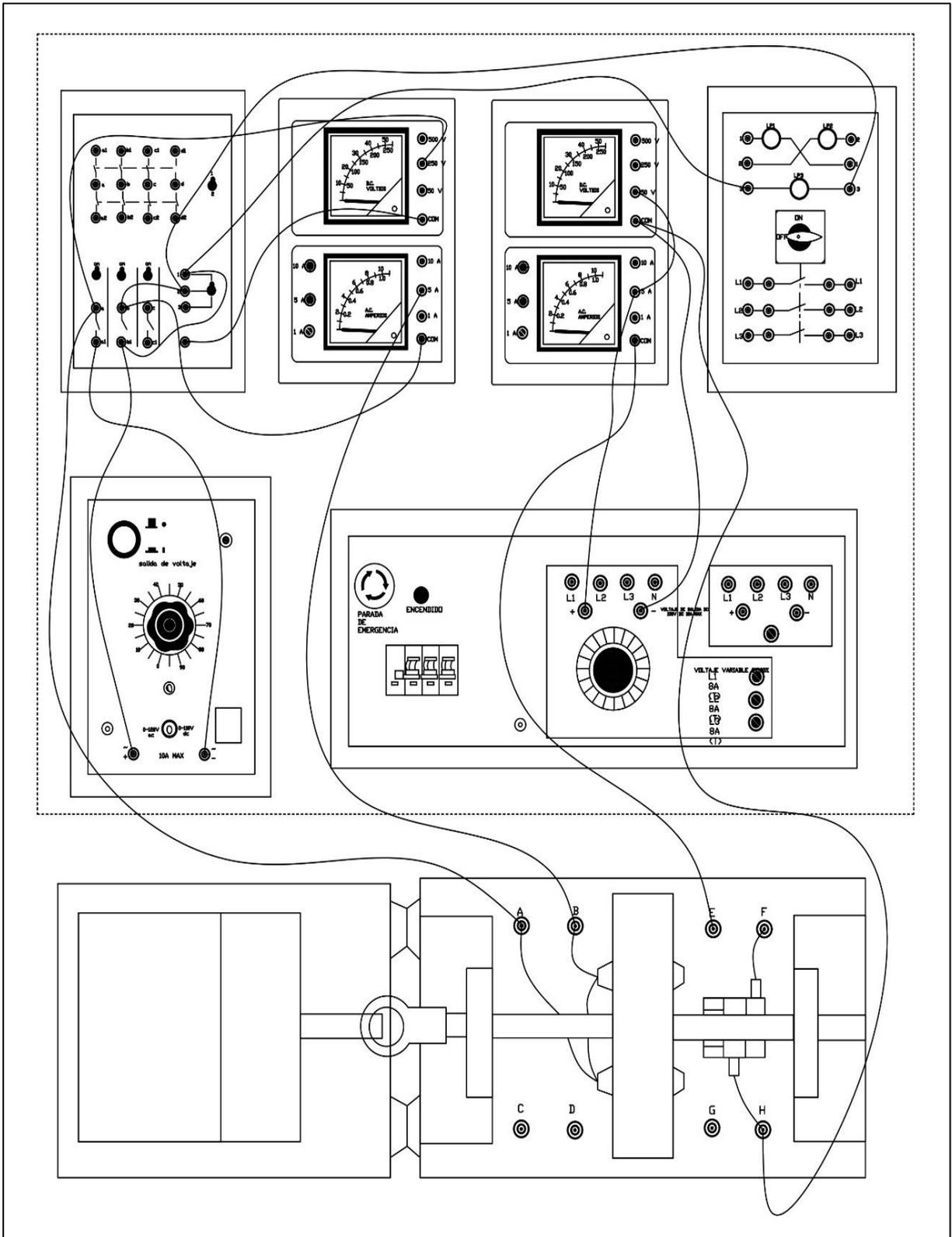


FIGURA 66: CONEXIONES PARA GENERADOR AC SINCRONIZADO AL SUMINISTRO DE RED

Pasos para el sincronismo

Para sincronizar el generador AC con el suministro, se deben cumplir tres requisitos:

1. La tensión del generador debe ser la misma que la tensión de alimentación.
2. El generador debe estar en fase con el suministro.
3. La frecuencia del generador debe ser la misma que la del suministro.

Encienda el motor de accionamiento 63-501 y lleve la velocidad del eje del generador de CA al valor calculado a partir de la ecuación:

$$N = \frac{60f}{p}$$

Donde N = velocidad del eje, rev / min

F = frecuencia de red, Hz

P = pares de polos del generador

(para la máquina de 2 polos p = 1)

Para suministros de 60 Hz:

$$N = \frac{60 \times 60}{1} = 3600 \text{ rev/min}$$

Para suministros de 60 Hz:

$$N = \frac{60 \times 60}{1} = 3600 \text{ rev/min}$$

Encienda la fuente de alimentación de la unidad 60-105 y eleve la corriente del rotor de DC a 2.5 A. Mida la tensión de salida del generador (cambie a la posición 2) y lleve esto a 120 V ajustando la corriente del rotor.

Encienda la fuente de alimentación de AC en la unidad 60-121 y gire el control de voltaje al máximo. En la unidad 65-130, cierre el interruptor 'a' para unir una línea de suministro. Al cambiar el voltímetro de AC de la posición 2 a la 1 alternativamente en 65-13, verifique que la fuente de alimentación y el generador AC concuerdan dentro de ± 5 V.

En esta etapa, la intensidad de la lámpara de sincronización debería aumentar y disminuir lentamente, lo que indica que el generador está cerca del sincronismo. Ajuste

la velocidad del motor de accionamiento hasta que se apague la lámpara, y cierre el interruptor 'b' para conectar el generador en paralelo con la fuente de alimentación.

Cuando el generador AC está en paralelo con el suministro, se puede usar para demostrar muchas de las características de un generador grande conectado a las barras colectoras de un sistema de energía. Alterando el par aplicado al eje del generador mientras se mantiene la excitación constante, la salida AC se puede aumentar o disminuir. Si el par de accionamiento se reduce a cero, la máquina funciona como un motor síncrono que extrae la potencia de la red de suministro. En esta asignación, el par de accionamiento se altera ajustando la configuración del control de velocidad del motor de accionamiento. El diagrama de la Fig. 67 muestra cómo la carga mecánica o el accionamiento hacen que la máquina se comporte como un motor o generador y cómo la excitación altera el factor de potencia; IE, un motor síncrono sobreexcitado produce un factor de potencia líder, y un generador sobreexcitado produce un factor de potencia rezagado ($\cos \phi$).

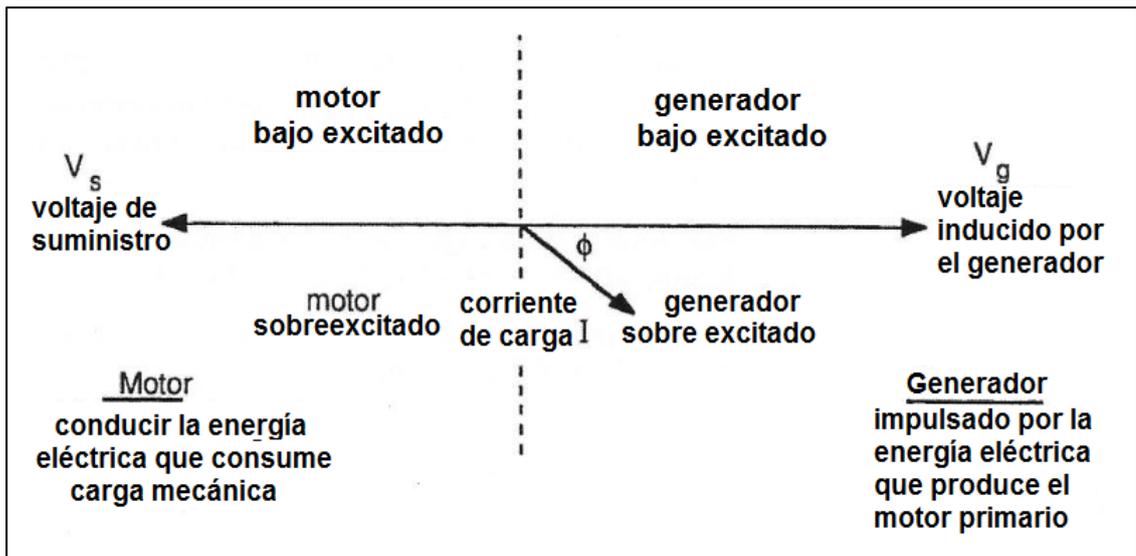


FIGURA 67: FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA SÍNCRONA

PRÁCTICA #12	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
SEDE:	Guayaquil

4.12. Practica XII

4.12.1. Tema

Generador trifásico C.A. sincronizado con fuente de alimentación

4.12.2. Objetivos

- Describir la importancia de los sistemas trifásicos y el generador síncrono trifásico
- Relacionar al generador trifásico como el equipo más usado en la generación de energía eléctrica en el mundo

4.12.3. Duración

- 2 horas

4.12.4. Recursos utilizados

- Unidad base
- 1 Estator de 12 ranuras enrolladas
- 1 cubo de rotor
- 1 rotor jaula de ardilla
- 1 deslizador/conmutador
- 2 porta carbones con carbones
- 1 acoplamiento flexible
- Motor de velocidad variable: 1/3 hp, 1200 rev / min (Feedback63-501)
- Fuente de alimentación AC 0-135V, 5A (Feedback60-121)

- Fuente de alimentación DC 0-20V, 5A (Feedback60-105)
- Amperímetro AC 1 A /10 A (Feedback68-117)
- Voltímetro AC 250 V/500 V (Feedback68-117)
- Amperímetro DC 1 A /5 A (Feedback68-110)
- Voltímetro DC 50 V/250 V (Feedback68-110)
- Unidad de lámparas de sincronización (Feedback 68-120)
- Interruptores de control (Feedback65-130)

4.12.5. Introducción

La mayor parte de la energía eléctrica del mundo es producida por dos tipos de generador trifásico AC: El generador impulsado por turbina de vapor que opera a 3000 o 3600 rev / min con un campo de rotor cilíndrico de dos polos y el generador hidráulico en hidroeléctrica. -Estaciones eléctricas que giran a velocidades de alrededor de 300 rev / min con 20 o 24 polos salientes, dependiendo de la frecuencia de suministro.

La diferencia con la práctica anterior es la utilización de un equipo trifásico con una red trifásica lo cual es más usado en la industria

4.12.6. Procedimiento

- Construya el generador trifásico AC de campo giratorio como se describe en la Fig. 62 la cual esta descrita en la práctica de “Generador A.C. Asíncrono 3 fases, 2 polos”
- Acople el motor de accionamiento 63-501 a la unidad base 62-100
- Haga el circuito que se muestra en la Fig. 69 de acuerdo con las conexiones que se muestran en la Fig.70.



FIGURA 68: DIAGRAMA DE CABLEADO DEL ROTOR

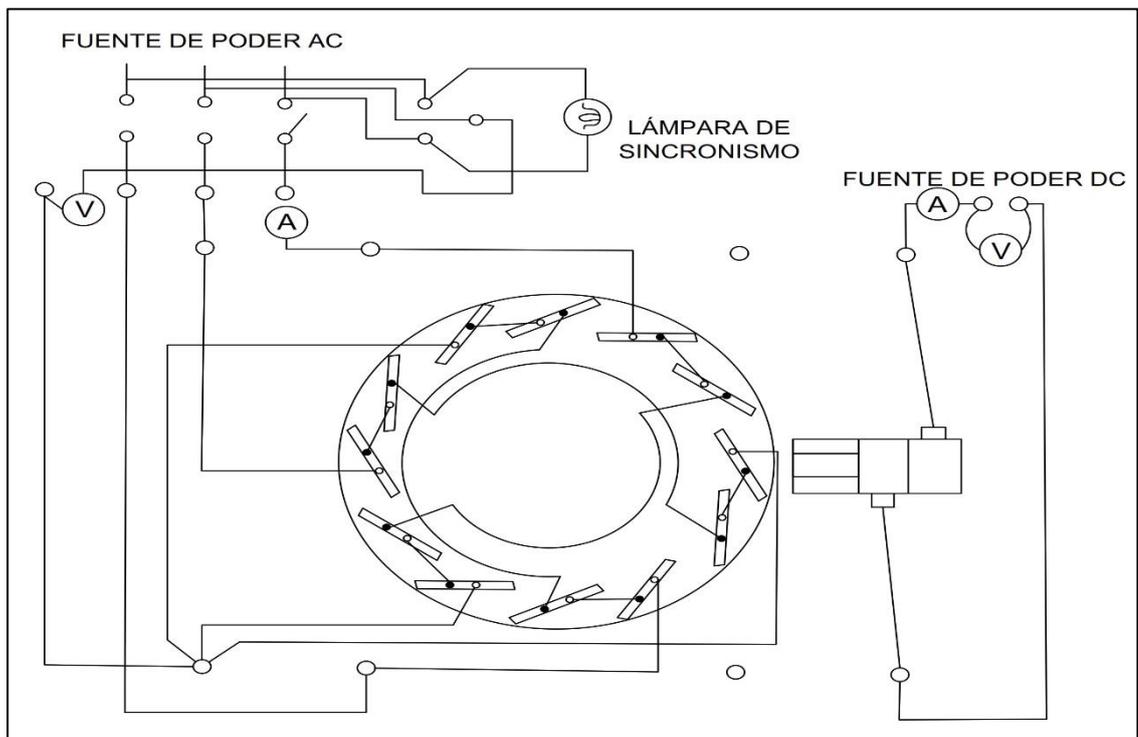


FIGURA 69: GENERADOR SÍNCRONO A.C. 3 FASES, 2 POLOS, CONEXIÓN ESTRELLA

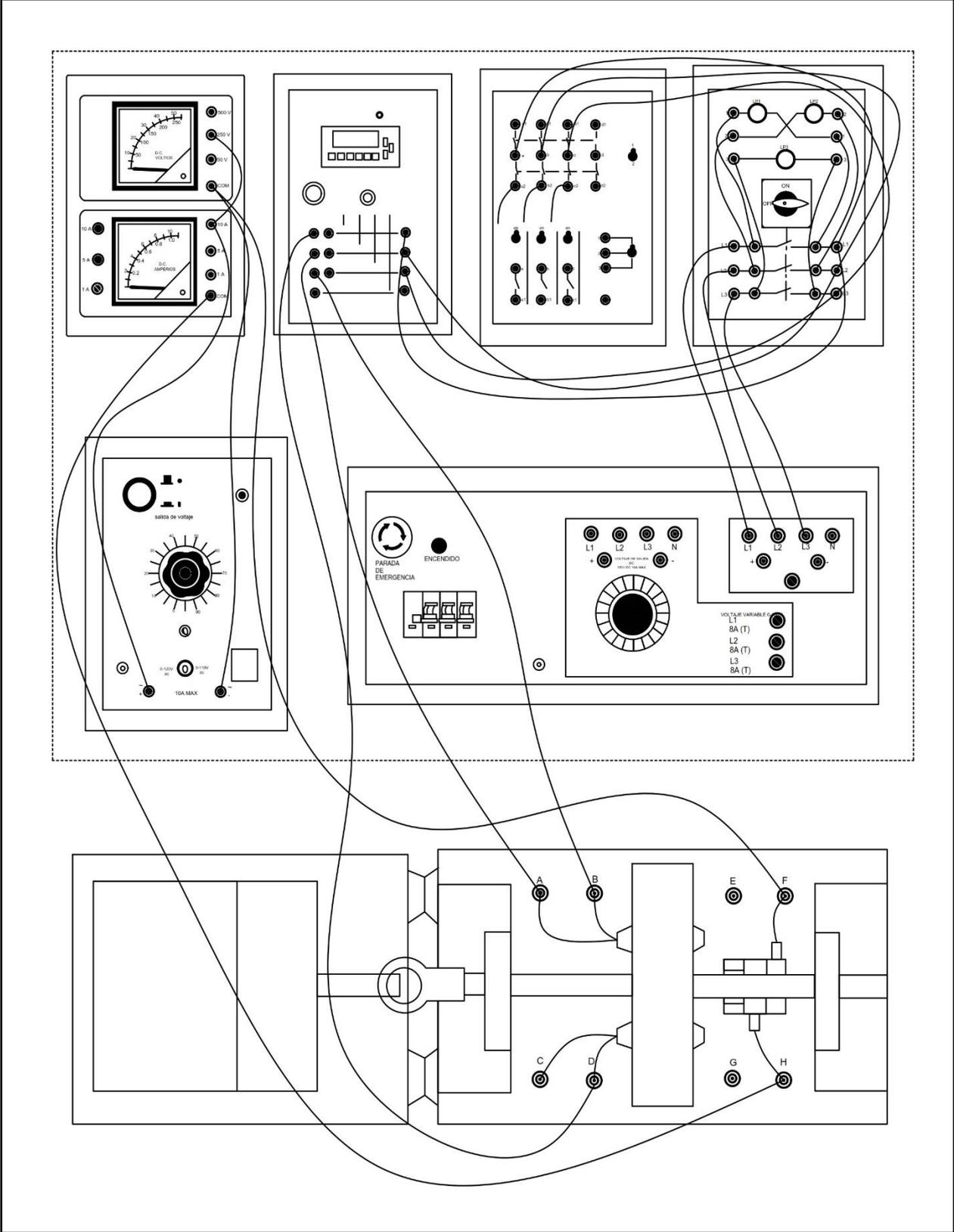


FIGURA 70: CONEXIONES PARA GENERADOR TRIFASICO AC SINCRONIZADO AL SUMINISTRO DE RED

Pasos para el sincronismo

Para sincronizar el generador AC con el suministro, se deben cumplir tres requisitos:

4. La tensión del generador debe ser la misma que la tensión de alimentación.
5. El generador debe estar en fase con el suministro.
6. La frecuencia del generador debe ser la misma que la del suministro.

- Encienda el motor de accionamiento 63-501 y lleve la velocidad del eje del generador de CA al valor calculado a partir de la ecuación:

$$N = \frac{60f}{p}$$

Donde N = velocidad del eje, rev / min

F = frecuencia de red, Hz

P = pares de polos del generador

(Para la máquina de 2 polos $p = 1$)

Para suministros de 60 Hz:

$$N = \frac{60 \times 60}{1} = 3600 \text{ rev/min}$$

- Encienda la fuente de alimentación de la unidad 60-105 y eleve la corriente del rotor de DC a 2.5 A.
- Encienda la fuente de alimentación de AC en la unidad 60-121 y gire el control de voltaje al máximo.
- Verifique si las fases están en orden y en fluctuación correcta, antes de proceder al sincronismo, esto se podrá visualizar por medio de la unidad de lámparas de sincronización.
- Se dispondrá de una carga la cual será incorporada al sistema por medio de unos interruptores de control.

TABLA 11: DATOS OBTENIDOS AL AGREGAR CARGA AL SINCRONISMO

GENERADOR CON CARGA				FUENTE AC CON CARGA			
		<u>P. ACTIVA</u>	<u>P. REACTIVA</u>			<u>P. ACTIVA</u>	<u>P. REACTIVA</u>
<u>L1</u>	<u>221</u>	<u>13,4</u>	<u>-6</u>	<u>L1</u>	<u>129</u>	<u>-0,001</u>	<u>0,038</u>
<u>L2</u>	<u>224</u>	<u>6,2</u>	<u>-7,1</u>	<u>L2</u>	<u>126</u>	<u>-0,01</u>	<u>0,038</u>
<u>L3</u>	<u>221</u>	<u>10,6</u>	<u>-14,4</u>	<u>L3</u>	<u>128</u>	<u>-0,006</u>	<u>0,042</u>

Pasos para quitar las cargas y terminar el sincronismo

- Se retira la carga del sistema por medio de los interruptores de control.
- Quitamos el sincronismo del generador y la red por medio de la unidad de lámparas de sincronismo.
- Se baja gradualmente el voltaje en la fuente DC de la unidad 60-105.
- Por medio de la perilla se procede reducir el voltaje la fuente de alimentación AC de la unidad 60-121
- Por último, se procede a apagar el motor de accionamiento 63-501

Nota: para que la fuente entregue potencia activa positiva se disminuye la velocidad del eje del generador en sincronismo

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Por medio de la elaboración del proyecto técnico se logró adaptar los módulos Feedback 62-005 de máquinas eléctricas y el módulo Feedback 62-100 porta equipos en un solo modulo, que permiten integrar un nuevo tablero didáctico para el aprendizaje del estudiantado de ingeniería eléctrica.

Se adaptaron las practicas propuestas, debido a que los elementos no se encontraban en las condiciones de fábrica y estos están probados con otros tipos de valores eléctricos que difieren con los usados en esta parte del mundo, es por esto que se debieron proponer cambios con el fin de evitar daños en estos elementos y a las personas que los manipulen.

Con el fin de demostrar que el equipo es flexible a cualquier tipo de cambio y mejora, se propuso una práctica nueva la cual fue descrita como la práctica número 13 la cual nombramos como “Generador trifásico C.A. sincronizado con fuente de alimentación”, esta práctica solo es demostrativa esto es debido a las capacidades de los elementos.

Se analizaron todas las prácticas con el fin de probar si los equipos se encuentran en perfectas condiciones y prestan las seguridades necesarias, y se realizaron las respectivas modificaciones a los voltajes y corrientes aplicadas en esta parte del mundo, estos datos están recopilados en las practicas antes expuestas y en un libro donde están descritas todas las practicas propuestas por el fabricante del módulo.

5.2. Recomendaciones

El equipo posee partes móviles para lograr ensamblar varios tipos de máquinas al momento de realizar ajuste se debe de tomar en cuenta que estos queden ajustados y las protecciones acrílicas deben ser colocadas por seguridad de las personas que manejen el equipo.

Al usar el freno Prony o de fricción es recomendable que la máxima tensión no sea prolongada con el fin de no calentar las bobinas y a su vez averiar las resistencias que se encuentran en el equipo.

Adicionar equipos de medición moderna ya que los que posee el equipo son analógicos por lo cual al momento de realizar mediciones no se puede ser exacto ni ajustes precisos.

Implementar nuevas prácticas con el fin de explorar mayores usos y aplicaciones con nuevos equipos o módulos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] A. M. Iglesias, Montaje y mantenimiento de máquinas eléctricas rotativas, Pina, Editorial Cano. 2015.
- [2] D. S. Behar-Rivero, “Introducción a la metodología de la investigación,” Editorial Shalom., 2010.
- [3] S. P. S. F. Martins, Metodología de la investigación cuantitativa, Editorial FEDUPEL. 2012.
- [4] J. Hurtado, El Proyecto De Investigación, Editorial Quirón. 2010.
- [5] S. J. Chapman, Máquinas electricas, Editorial McGraw-Hil. 2012.
- [6] F. Mora, Máquinas eléctricas, Editorial McGraw-Hil. 2012.
- [7] González Pérez Joaquin, Montaje y mantenimineto de maquinas electricas rotativas, Editorial Ic editori. 2012.
- [8] J. M. R. Gallardo, Electrotecnia, Editorial Cano Pina. 2013.
- [9] M. Mengíbar and J. Manuel, Electricidad, electromagnetismo y electrónica aplicados al automóvil (UF1099), Editorial Ic editori. 2013.
- [10] A. Barbero, “Inducción Electromagnética,” [En línea]https://previa.uclm.es/profesorado/ajbarbero/Teoria/Leccion_Induccion_Electromagnetica.pdf, 2010.
- [11] M. del M. ;Lopez V. P. M. Montoya, Electromagnetismo II, Digital. 2016.
- [12] C. Pacheco and A. Soto, “Corrientes de Foucault . Medida de conductividad eléctrica por inducción electromagnetica,” [En línea] <https://www.uv.es/martined/tecweb/Foucault.pdf>, 2009.
- [13] J. Abad, José Damian Catalá, Manuel Caravaca, Electromagnestimo práctico, Editorial Flores. 2017.
- [14] Ojeda Miguel, “Curva de Histeresis - Magnetismo.,” 2012. .
- [15] S. J. Chapman, Máquinas eléctricas, Editorial McGraw-Hil. 2012.
- [16] T. Ignacio, Induccion Eletromagnética, Editorial Dpto Físic. 2010.

- [17] A. E. Fitzgerald, C. Kingsley, S. D. Umans, J. Y. Milanés, and R. N. Salas, Máquinas eléctricas, Editorial EBook. 2010.
- [18] Angel HDZ, “PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES,” [En línea] <http://electricidadangelcetis109.blogspot.com/2011/09/principio-de-operacion-de-un-motor-de.html>, 2016. .
- [19] V. Peraza-Gómez, “Criterios de ingeniería aplicables en la selección óptima de motores trifásicos de inducción tipo de jaula de ardilla,” [En línea] <https://es.calameo.com/read/004484430b900f9d7661b>, 2005.
- [20] V. Matias, “Electromagnetismo.” [En línea] <https://es.scribd.com/document/38368090/electromagnetismo>, 2012.
- [21]. Misael Guillermo Ing. Díaz, “Motores y Generadores de corriente directa,” [En línea] https://www.academia.edu/8883838/III_UNIDAD_MOTORES_Y_GENERADORES_DE_CORRIENTE_DIRECTA_IVwww.academia.edu/8883838/III_UNIDAD_MOTORES_Y_GENERADORES_DE_CORRIENTE_DIRECTA_IV_UNIDAD_MÁQUINAS_SÍNCRONAS, 2010.
- [22] T. Wildi, Máquinas Eléctricas y Sistemas De Potencia, Pearson. 2011.
- [23] F. B. G. J. R. A. Á. M. A. R. C. V. Nicolás, Máquinas Síncronas y Máquinas de corriente continua, Editorial DEXTRA. 2014.
- [24] M. Jesus Vallejo Fernandez, “Motores de corriente alterna,” [En línea] kimerius.com/app/download/5783168375/Motores+de+corriente+alterna.pdf, 2010. .
- [25] A. Pernía, “Conceptos Básicos de Máquinas Síncronas,” [En línea] https://www.researchgate.net/publication/235752001_Maquinas_Sincronicas_Conceptos_basicos, 2014.
- [26] D. Ortiz, “Diseño e implementación de un banco de pruebas para arranques de motores trifásicos para el Colegio Técnico Popular Particular Pichincha,” [En línea] <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/280/1/t272id.pdf>, 2007.
- [27] M. A. Rodríguez Pozueta, “Máquinas asíncronas,” [En línea] <http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/asincronas%20caminos.pdf>, 2008.

- [28] M. V. A. Ronald, “Estudio, Diseño y creación De Un Banco De Pruebas De Arranque De Motores Trifásicos Con Plc Para El Laboratorio De Maquinas Eléctricas De La Facultad De La Universidad Católica De Santiago De Guayaquil.,” [En línea]
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1803/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-26.pdf>, 2014.
- [29] J. M. C. Fernández, “Diseño E Implementación De Un Banco De Prueba Para Una Máquina Asíncrona Trifásica (Motor De Inducción Trifásico, Marca: Hampden, Modelo: Wrm – 300, Rotor Tipo Jaula Y Devanado) Para El Laboratorio De Maquinas Eléctricas De La Ups- Guayaquil,” [En línea]
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7383/1/GT000686.pdf>, 2014.
- [30] A. Jose, “GENERADORES ELÉCTRICOS,” [En línea]
<http://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/que-es-un-generator-electrico>, 2010. .
- [31] A. P. Gutiérrez, Circuitos eléctricos Volumen II, Editorial UNED. 2014.
- [32] A. Hernandez and P. Hall, Introducción a los Circuitos Electricos 1, Editorial Hasa. 2007.
- [33] J. Salinas, “Medios didácticos para una nueva universidad.,” [En línea]
<https://www.redalyc.org/pdf/274/27431190010.pdf>, 2012.
- [34] C. M. Gabriela, “Importancia de los recursos didácticos tecnológicos en proceso de aprendizaje en la educación universitaria,” [En línea]
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7717/1/Importancia%20de%20los%20recursos%20did%C3%A1cticos%20tecnol%C3%B3gicos%20en%20proceso%20de%20apredizajeen%20la%20edu.%20universitaria.pdf>, 2013.
- [35] Ministerio de Ciencia y Tecnología, “Significado y explicación de los códigos Ip Ik,” [En línea] https://www.plcmadrid.es/wp-content/uploads/guia_bt_anexo_1_sep03R1.pdf, 2013.
- [36] Z. Mauricio, “Fosfatizado,” [En línea]
http://www.qtrue.com.ar/download/Seminario_de_Fosfato_Teoria.pdf, 2012.

ANEXOS



FIGURA 71: MODULO FEEDBACK 62-005



FIGURA 72: MODULO FEEDBACK 62-100 PORTA ACCESORIOS



FIGURA 73: MODULO FEEDBACK 62-100 SIENDO AJUSTADO AL MÓDULO FEEDBACK 62-005



FIGURA 74: MODULO FEEDBACK 62-005 Y 62-100