



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

**CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO ELÉCTRICO

**TEMA:
“ANÁLISIS DE DEVANADOS ESTATÓRICOS TRIFÁSICOS”**

**AUTORES:
XAVIER ANÍBAL CEVALLOS CORREA
ÁNGEL VINICIO CUJE MORA**

**DIRECTOR DE TESIS:
ING. KLEVER CARRIÓN**

Abril 2015

GUAYAQUIL – ECUADOR

CERTIFICACIÓN

Yo Ing. KLEVER CARRIÓN, declaro que el presente proyecto de tesis, previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico, fue elaborado por los señores: ÁNGEL VINICIO CUJE MORA y XAVIER ANÍBAL CEVALLOS CORREA, bajo mi dirección y supervisión.

Ing. Klever Carrión.

Director de Tesis

UPS – SEDE GUAYAQUIL

RESPONSABILIDAD DE LOS HECHOS

“La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis corresponden exclusivamente a los Autores”.

XAVIER ANÍBAL CEVALLOS CORREA
C.I. 0924143647

ANGEL VINICIO CUJE MORA
C.I. 1714376314

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios, pilar fundamental en mí vida, el cual me dio la fuerza y la fe para, que a pesar de todas las pruebas y los obstáculos, confíe en que podía cumplir el objetivo que años atrás me había trazado.

A mis padres y mis hermanos por su comprensión y cariño durante estos años, por estar conmigo en los buenos y malos momentos, porque nunca dudaron de mí, y siempre creyeron que podía lograr mis sueños, e hicieron todo lo que estaba a su alcance para que pueda lograrlos.

Al Ing. Otto Astudillo, director de carrera, por el apoyo y enseñanzas dadas durante mi etapa universitaria,

Al Ing. Klever Carrión, tutor de esta Tesis, el cual, de manera muy amable y acomoda nos guio durante el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos y compañeros de universidad, por todas las experiencias vividas en esta etapa única de nuestras vidas. Gratos recuerdos me quedan de todos estos años junto a ustedes. Mención especial a mi amiga Monserrate Mero, una amiga incondicional.

A todos los docentes y personal administrativo, que en el transcurso de estos años me supo brindar su confianza y amistad.

A mis compañeros de trabajo, y a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido con su apoyo y comprensión, durante todos estos años, a mi graduación.

Y un especial agradecimiento a mi compañero de tesis, Ángel Cuje Mora, por su apoyo incondicional para lograr la meta que nos habíamos trazado.

Xavier Cevallos Correa

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo de tesis, en primer lugar agradezco infinitamente a Dios por haberme dado la fortaleza, sabiduría y persistencia para emprender el largo camino del aprendizaje y conocimiento durante el periodo Universitario de mi carrera de Ingeniería Eléctrica.

En segundo lugar agradezco con todo mi corazón a mis Señores Padres y en especial a mi querida Madre; Melida Mora Romero, quien con su infinito amor siempre estuvo a mi lado en todo momento y brindándome esa fuerza para continuar adelante.

A mí amada Esposa; Abg. Jahaira Moreira Salcedo, por su comprensión, apoyo incondicional en todo momento y por darme el regalo más hermoso de la navidad 2014, el nacimiento de mi hermosa Hija Damaris Cuje Moreira.

A cada uno de mis hermanos y hermanas quienes siempre me brindaron sus sanos y ejemplares consejos con valores humanos y académicos, mismos que me han ayudado a enfrentar los desafíos de la vida y aprender a lograr los objetivos propuestos.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, facultad de Ingenierías por permitirme cursar todas las materias del pensum académico y obtener el título de Ingeniero Eléctrico.

Agradezco a mi tutor de tesis Ing. Klever Carrión y cada uno de los Docentes que con sus enseñanzas impartieron sus conocimientos y experiencias que me permitieron adquirir conocimientos necesarios de mi carrera de Ingeniería Eléctrica, en especial agradezco infinitamente al Ing. Otto Washington Astudillo, MAE-Director de la facultad de Ingenierías.

Finalmente agradezco a mi compañero de tesis Sr. Xavier Cevallos Correa, por el apoyo incondicional al desarrollo del presente trabajo de este proyecto de Tesis de grado y así cumplir con el objetivo esperado.

Ángel Cuje Mora

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo de tesis, con mucho amor y cariño a mis Padres Aníbal Cevallos y Carmen Correa, a mis hermanos Fabiola y Andrés Cevallos, a mis Abuelos y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron conmigo durante estos años para poder culminar mis estudios Universitarios. Por su apoyo incondicional, por estar en los buenos y malos momentos, por sus consejos, por su cariño, extendiéndome su mano cuando sentía que el camino terminaba, hubo momentos duros y solo gracias a ustedes tuvimos fuerzas para seguir adelante y juntos lograr llegar a la meta y cumplir mi tan anhelado sueño.

Xavier Cevallos Correa

Con todo sentimiento y humildad que de mi corazón puede emanar, dedico este proyecto de Tesis a Dios, a nuestra Madre Celestial María Auxiliadora, a nuestro Santo Padre de todos los Salesianos, San Juan Bosco, a mis queridos Padres, a mi Esposa, en especial a mí Señor Padre que está en el cielo, porque gracias a él sé que la responsabilidad se la debe vivir como un compromiso de dedicación y esfuerzo. A mí querida Madre, cuyo vivir me ha demostrado que en el camino de la vida se la enfrenta con amor, valor y esfuerzo, además porque han estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar adelante, quienes a lo largo de mi vida y carrera Universitaria han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi capacidad para lograr los objetivos propuestos. Es por ellos lo que ahora soy. Los amo con mi vida.

Ángel Cuje Mora

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|--------------|
| CERTIFICACIÓN..... | ii |
| RESPONSABILIDAD DE LOS HECHOS..... | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| DEDICATORIAS..... | vi |
| ÍNDICE GENERAL | vii |
| ÍNDICE DE FIGURA | xiii |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xv |
| ILUSTRACIONES..... | xvii |
| RESUMEN..... | xviii |
| ABSTRACT | xix |
| INTRODUCCIÓN | xx |
| CAPÍTULO I..... | 21 |
| 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 21 |
| 1.1. Tema..... | 21 |
| 1.2. Justificación..... | 21 |
| 1.3. Objetivos | 22 |
| 1.3.1. Objetivo general. | 22 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 22 |
| 1.4. Marco metodológico | 22 |
| 1.4.1. Método documental bibliográfico. | 22 |
| 1.4.2. Método experimental de investigación. | 22 |
| CAPÍTULO II | 23 |
| 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS | 23 |

| | |
|---|-----------|
| 2.1. Leyes del electromagnetismo | 23 |
| 2.1.1. Ley de biot-savart..... | 23 |
| 2.1.2 Ley de ampere | 24 |
| 2.1.3. Ley de Faraday: voltaje inducido por un campo magnético variable. | 24 |
| 2.1.4. Ley de Lenz | 25 |
| 2.2. Campo magnético giratorio..... | 26 |
| 2.3 Elementos básicos de las máquinas eléctricas..... | 30 |
| | |
| CAPÍTULO III..... | 38 |
| | |
| 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO PARA ANÁLISIS DE DEVANADOS ESTATÓRICOS TRIFÁSICOS | 38 |
| 3.1. Diseño del tablero..... | 38 |
| 3.2. Secuencia de construcción de la base para el banco. | 40 |
| 3.3. Montaje de los elementos y equipos en el banco. | 45 |
| 3.4 Presupuesto dela construcción del banco de para análisis de devanados estatóricos trifásicos. | 54 |
| | |
| CAPÍTULO IV | 55 |
| | |
| 4. MANUAL DE PRÁCTICAS..... | 55 |
| Guía de prácticas para pruebas del banco. | 55 |
| 4.1. Práctica No. 1: Normas de seguridad y procedimiento de trabajo para el tablero de pruebas de devanados estatóricos trifásicos. | 57 |
| 4.1.1. Datos informativos | 57 |
| 4.1.2. Datos de la práctica | 57 |
| Objetivo general: | 57 |
| Objetivos específicos: | 57 |
| Procedimiento..... | 58 |
| Recursos utilizados..... | 59 |
| Registro de resultados | 59 |
| Anexos..... | 59 |
| Bibliografía utilizada..... | 59 |
| Cronograma/calendario | 59 |
| Cuestionario | 60 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.2. | Práctica No. 2: comprobación de funcionamiento de elementos del banco de devanados estáticos trifásicos. | 61 |
| 4.2.1. | Datos informativos | 61 |
| 4.2.2. | Datos de la práctica | 61 |
| | Objetivo general: | 61 |
| | Objetivos específicos: | 61 |
| | Procedimiento..... | 61 |
| | Condiciones de funcionamiento | 62 |
| | Recursos | 62 |
| | Registro de resultados | 62 |
| | Anexos..... | 63 |
| | Bibliografía utilizada..... | 63 |
| | Cronograma/calendario | 63 |
| | Cuestionario | 63 |
| 4.3. | Práctica No.3: Análisis funcionamiento de un devanado estático trifásico. | 81 |
| 4.3.1. | Datos informativos | 81 |
| 4.3.2. | Datos de la práctica | 81 |
| | Objetivo general: | 81 |
| | Objetivos específicos: | 81 |
| | Procedimiento..... | 81 |
| | Recursos utilizados..... | 84 |
| | Registro de resultados | 84 |
| | Anexos..... | 84 |
| | Bibliografía utilizada..... | 85 |
| | Cronograma/calendario | 85 |
| | Cuestionario | 85 |
| 4.4. | Práctica No. 4: Análisis del funcionamiento de un devanado por polos/tipo concéntrico/2polos/ $k_d=1$ | 88 |
| 4.4.1. | Datos informativos | 88 |
| 4.4.2. | Datos de la práctica | 88 |
| | Objetivo general | 88 |
| | Objetivos específicos: | 88 |
| | Procedimiento..... | 89 |
| | Recursos utilizados..... | 90 |

| | |
|---|------|
| Registro de resultados | 90 |
| Anexos..... | 90 |
| Bibliografía utilizada..... | 90 |
| Cronograma/calendario | 90 |
| Cuestionario | 91 |
| 4.5. Práctica No. 5: Análisis del funcionamiento de un devanado por polos consecuentes/tipo concéntrico/2 polos/kd=1..... | 94 |
| 4.5.1. Datos informativos | 94 |
| 4.5.2. Datos de la práctica | 94 |
| Objetivo general: | 94 |
| Objetivos específicos: | 94 |
| Procedimiento | 95 |
| Recursos utilizados..... | 95 |
| Registro de resultados | 96 |
| Anexos..... | 96 |
| Bibliografía utilizada..... | 96 |
| Cronograma/calendario | 96 |
| Cuestionario | 96 |
| 4.6. Práctica No. 6: Análisis del funcionamiento de un devanado por polos consecuentes/tipo imbricado/4 polos/kd=1..... | 99 |
| 4.6.1. Datos informativos | 99 |
| 4.6.2. Datos de la práctica | 99 |
| Objetivo general: | 99 |
| Objetivos específicos: | 99 |
| Procedimiento..... | 100 |
| Recursos utilizados..... | 100 |
| Registro de resultados | 101 |
| Anexos..... | 101 |
| Bibliografía utilizada..... | 101 |
| Cronograma/calendario | 101 |
| Cuestionario | 101 |
| 4.7. Práctica No. 7: Análisis del funcionamiento de un devanado por polos consecuentes/tipo concéntrico/ 4 polos/kd=1..... | 1044 |
| 4.7.1. Datos informativos | 104 |

| | |
|---|-----|
| 4.7.2. Datos de la práctica | 104 |
| Objetivo general: | 104 |
| Objetivos específicos: | 104 |
| Procedimiento..... | 105 |
| Recursos utilizados..... | 106 |
| Registro de resultados | 106 |
| Anexos..... | 106 |
| Bibliografía utilizada..... | 106 |
| Cronograma/calendario | 106 |
| Cuestionario | 107 |
| 4.8. Práctica No. 8: Análisis del funcionamiento de un devanado por polos/tipo concéntrico/ 4 polos/ $k_d=1$ en un estator de 48 ranuras | 110 |
| 4.8.1. Datos informativos | 110 |
| 4.8.2. Datos de la práctica | 110 |
| Objetivo general:..... | 110 |
| Objetivos específicos: | 110 |
| Procedimiento..... | 111 |
| Recursos utilizados..... | 112 |
| Registro de resultados | 112 |
| Anexos..... | 112 |
| Bibliografía utilizada..... | 112 |
| Cronograma/calendario | 112 |
| Cuestionario | 113 |
| 4.9. Práctica No. 9: Análisis del funcionamiento de un devanado por polos/tipo imbricado/ 4 polos/ $k_d=1$ en un estator de 48 ranuras..... | 116 |
| 4.9.1. Datos informativos | 116 |
| 4.9.2. Datos de la práctica | 116 |
| Objetivo general:..... | 116 |
| Objetivos específicos: | 116 |
| Procedimiento..... | 117 |
| Recursos utilizados..... | 118 |
| Registro de resultados | 118 |
| Anexos..... | 118 |
| Bibliografía utilizada..... | 118 |

| | |
|---|------------|
| Cronograma/calendario | 118 |
| Cuestionario | 119 |
| 4.10. Práctica No. 10: Análisis del funcionamiento de un devanado por polos/tipo imbricado/ 4 polos/kd=1 en un estator de 48 ranuras con variador de frecuencia | 122 |
| 4.10.1. Datos informativos | 122 |
| 4.10.2. Datos de la práctica | 122 |
| Objetivo general:..... | 122 |
| Objetivos específicos: | 122 |
| Procedimiento..... | 123 |
| Recursos utilizados..... | 123 |
| Registro de resultados | 124 |
| Anexos..... | 124 |
| Bibliografía utilizada..... | 124 |
| Cronograma/calendario | 124 |
| Cuestionario | 124 |
| | |
| CAPÍTULO V..... | 126 |
| | |
| 5. CONCLUSIONES | 126 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 127 |
| | |
| ANEXOS A | 128 |
| a.1. Datos técnicos del tomacorriente para clavijas para alimentación..... | 128 |
| a.2. Datos técnicos del breaker trifásico C60N | 1288 |
| a.3.Datos técnicos del medidor DM6000..... | 129 |
| a.4 Datos técnicos del variac TSGC2-6 | 1300 |
| a.5. Datos técnicos del portafusible RT18 | 130 |

ÍNDICE DE FIGURA

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Ley de Biot-Savart | 23 |
| Figura 2. Ley de Ampère..... | 24 |
| Figura 3. Ley de Lenz. | 26 |
| Figura 4. Campo magnético giratorio..... | 26 |
| Figura 5. Vector de campo magnético | 27 |
| Figura 6. Representación de campo magnético giratorio..... | 27 |
| Figura 7. Campos magnéticos en un estator | 28 |
| Figura 8 Diagrama de un devanado del estator..... | 28 |
| Figura 9. Campo giratorio de un motor asíncrono trifásico de corriente alterna. | 30 |
| Figura 10. La máquina eléctrica como convertidor de energía. | 31 |
| Figura11. Aspectos constructivos de una máquina eléctrica. | 32 |
| Figura12. Tipos de chapas magnéticas | 33 |
| Figura13. Tipos de ranura | 33 |
| Figura 14. Configuración básica de estator-rotor | 34 |
| Figura 15. Máquinas bipolares y tetrapolares. Ángulos geométricos y eléctricos. | 35 |
| Figura 16. Bobinas conectadas | 37 |
| Figura 17. Diseño del Tablero | 39 |
| Figura 18. Esquema Devanado 1 - estator 24 ranuras..... | 48 |
| Figura 19. Esquema Devanado 2 - estator 24 ranuras..... | 49 |
| Figura 20. Esquema Devanado 3 – estator 36 ranuras..... | 50 |
| Figura 21. Esquema Devanado 3 – estator 36 ranuras..... | 51 |
| Figura 22. Esquema devanado 5 – estator 48 ranuras..... | 52 |
| Figura 23. Esquema devanado 6 – estator 48 ranuras..... | 53 |
| Figura 24. Conexiones de devanados en estrella. Practica # 3..... | 82 |
| Figura 25. Conexiones de devanados en delta. Practica # 3..... | 83 |
| Figura 26. Devanado 1. Conexión entre bobinas. Practica # 4 | 89 |
| Figura 27. Devanado 2. Conexiones entre bobinas. Practica # 5..... | 95 |
| Figura 28. Devanado 3. Conexiones entre bobinas. Practica # 6..... | 100 |
| Figura 29. Devanado 4. Conexiones entre bobinas. Practica # 7..... | 105 |
| Figura 30. Devanado 5. Estator de 48 ranuras. Practica # 8 | 111 |
| Figura 31. Devanado 6. Estator de 48 ranuras. Practica # 9 | 117 |
| Figura 32. Devanado 6. Estator 48 ranuras. Practica # 10..... | 123 |

| | |
|--|-----|
| Figura 33. Anexo A1. Hoja Tomacorrientes para clavija para alimentación..... | 128 |
| Figura 34. Anexo A2. Hoja Técnica del Breaker Trifásico C60N | 128 |
| Figura 35. Anexo A3. Hoja Técnica del Medidor DM6000 | 129 |
| Figura 36. Anexo A4. Hoja Técnica de Variac TSGC2-6 | 130 |
| Figura 37. Anexo A5. Hoja Técnica del portafusible RT18 | 130 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Presupuesto de la Construcción del Banco devanados estatóricos trifásicos | 54 |
| Tabla 2. Toma de Valores –Variac..... | 64 |
| Tabla 3. Toma de valores – Fuente Fija..... | 65 |
| Tabla 4. Toma de Valores – Analizador de Red 1..... | 66 |
| Tabla 5. Toma de Valores - Borneras y Conectores | 68 |
| Tabla 6. Toma de Valores –Cables de Prueba | 69 |
| Tabla 7. Toma de Valores – Estructura Mecánica..... | 70 |
| Tabla 8. Toma de Valores – Fusible 10A | 71 |
| Tabla 9. Toma de Valores – Clavija 1..... | 72 |
| Tabla 10. Toma de Valores – Luz Piloto Fuente Fija | 73 |
| Tabla 11. Toma de Valores – Breaker 32A..... | 74 |
| Tabla 12. Toma de Valores – estator 24 ranuras - devanado 1 | 75 |
| Tabla 13. Toma de Valores – estator 24 ranuras - devanado 2 | 76 |
| Tabla 14. Toma de Valores – estator 36 ranuras - devanado3 | 77 |
| Tabla 15. Toma de Valores – estator de 36 ranuras - devanado 4 | 78 |
| Tabla 16. Toma de Valores – estator de 48 ranuras - devanado5 | 79 |
| Tabla 17. Toma de Valores – estator de 48 ranuras - devanado6 | 80 |
| Tabla 19. Practica 3 - Prueba # 1 Maquina Trifásica rotativa en Estrella..... | 86 |
| Tabla 20. Practica 3 - Prueba # 2 - Maquina Trifásica rotativa en Delta | 87 |
| Tabla 21. Practica 4 - Prueba # 1 - Maquina Trifásica rotativa por polos | 92 |
| Tabla 22. Practica 4 - Prueba # 2 - Maquina Trifásica rotativa por polos | 93 |
| Tabla 23. Practica 5 - Prueba # 1 - Maquina Trifásica rotativa por polos consecuentes | 97 |
| Tabla 24. Practica 5 - Prueba # 2 - Maquina Trifásica rotativa por polos consecuentes | 98 |
| Tabla 25. Practica 6 - Prueba # 1 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo imbricado . | 102 |
| Tabla 26. Practica 6 - Prueba # 2 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo imbricado . | 103 |
| Tabla 27. Practica 7 - Prueba # 1 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo concéntrico | 108 |
| Tabla 28. Practica 7 - Prueba # 2 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo concéntrico | 109 |
| Tabla 29. Practica 8 - Prueba # 1 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo concéntrico | 114 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 30. Practica 8 - Prueba # 2 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo concéntrico | 115 |
| Tabla 31. Practica 9 - Prueba # 1 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo imbricado. | 120 |
| Tabla 32. Practica 9 - Prueba # 2 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo imbricado. | 121 |
| Tabla 33. Practica 10 - Prueba # 1 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo concéntrico | 125 |

ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración1. Base del tablero 1 | 40 |
| Ilustración 2. Medidas de la mesa y estructura | 41 |
| Ilustración 3. Base del tablero 2..... | 42 |
| Ilustración 4. Base del tablero..... | 42 |
| Ilustración 5. Base del tablero1 | 43 |
| Ilustración 6 Base del tablero 2..... | 43 |
| Ilustración 7. Colocación de pintura y barniz..... | 44 |
| Ilustración 8. Colocación de pintura y barniz 2..... | 44 |
| Ilustración 9. Impresión y colocación del vinil 2 | 45 |
| Ilustración 10. Agujeros con medidas de equipos | 46 |
| Ilustración 11. Agujeros con medidas de equipos | 46 |
| Ilustración 12. Agujeros con medidas de equipos | 47 |
| Ilustración 13. Variac..... | 47 |

RESUMEN

Tema: ANÁLISIS DE DEVANADOS ESTATÓRICOS TRIFÁSICOS

Autores: Xavier Cevallos Correa, Ángel Cuje Mora.

Director de Tesis: Ing. Klever Carrión.

Palabras Claves: Banco, Devanados, Estatóricos, Análisis, Trifásicos.

Este tema trata sobre el análisis de seis tipos de devanados estatóricos trifásicos, diseñados y construidos en un módulo didáctico con tres tipos de estatores. Los parámetros eléctricos a medirse son voltaje, corriente y factor de potencia, en diversos tipos de condiciones de funcionamiento.

Se evaluó originalmente bajo circunstancias óptimas de operación, posteriormente se evaluó bajo circunstancias de falla, lo cual nos permite compararlos entre sí para determinar las respuestas que tiene cada uno de ellos con respecto a los otros devanados en una misma situación de trabajo.

Se entrega un manual con 10 prácticas que incluyen las actividades y ejercicios a realizarse en el módulo didáctico para obtener los datos necesarios para desarrollar el análisis. Además incluye los protocolos de seguridad y mantenimiento.

ABSTRACT

Theme: *ANALYSIS OF THREE-PHASE STATOR WINDINGS*

Authors: Xavier Cevallos Correa, Ángel Cuje Mora

Thesis Director: Ing. Klever Carrión.

Keywords: Windings, Stators, Analysis, Three-phase, Stators, Practices

This topic is about the analysis of six types of three-phase stator windings, designed and constructed in a training module three types of stators. It measured voltage, current, power factor in various types of operating conditions.

Was originally evaluated under optimum circumstances of operation, subsequently, was evaluated under circumstances fault, which allows us to compare them to determine the responses of each of them with regard to the other windings in the same work situation.

A manual comes with 10 practices that contain activities and exercises held in the training module for the data needed to develop the analysis. Also including safety and maintenance protocols are developed.

INTRODUCCIÓN

El presente documento permite encontrar la información que respecta al Análisis de Devanados Estatóricos Trifásicos mediante el uso de un banco de pruebas para devanados estatóricos. Se encontrara todo lo que respecta al desarrollo del Banco de pruebas para devanados Estatóricos Trifásico, desde el diseño, la construcción física, hasta el posterior análisis de las pruebas realizadas a los devanados mediante la realización de diferentes prácticas...

Para un mejor entendimiento de los conceptos y fundamentos que gobiernan las maquinas eléctricas, se revisaron textos guías para fortalecer conocimientos en conceptos básicos eléctricos, principios de funcionamientos de motores de inducción y funcionamiento de dispositivos de protección y control.

Previo a la etapa de elaboración del tablero y montaje de equipos en el banco de pruebas, se realizaron los respectivos diseños de planos y diagrama de conexiones de los equipos a ser utilizados.

Después de la elaboración del banco, se procedió a realizar las pruebas que serán el eje fundamental de las prácticas a realizarse. Se desarrolló un Manual de Prácticas dirigido a docentes y estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, dentro del laboratorio de Maquinarias Eléctricas.

El desarrollo de las prácticas fueron concertadas con nuestro tutor guía y diferentes docentes, para poder elaborar un producto final de primera calidad, acorde con el pensum académico.

CAPÍTULO I

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Tema

El amplio pensum académico a estudiarse en las carreras técnicas hace necesario encontrar diversos métodos de aprendizaje, que permitan una rápida y clara comprensión de los conceptos y fenómenos eléctricos a estudiarse. Actualmente la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil no dispone de módulos experimentales para el desarrollo de Análisis de Devanados Estatóricos Trifásicos. Por lo tanto se dispone implementar un banco de pruebas para, mediante la realización de ciertas prácticas, proceder con el estudio y análisis de los fenómenos eléctricos presentes en los devanados estatóricos trifásicos.

Justificación

La Universidad Politécnica Salesiana oferta como parte de su malla curricular, la materia de Maquinarias Eléctricas, cuyo contenido incluye los principios básicos de las máquinas de corriente alterna; por lo tanto se requiere de un módulo experimental, que permita entender de mejor manera los fenómenos electromagnéticos que se producen en los devanados estatóricos debido a la interacción de diversos elementos entre sí. De esta manera se podrá asimilar de mejor manera los conceptos básicos que gobiernan el funcionamiento de las maquinas eléctricas

Con este proyecto podremos aplicar de manera práctica nuestros conocimientos en maquinaria, diseño y protecciones eléctricas, tomando en consideración los diversos elementos que serán parte del módulo y las respectivas normas de seguridad eléctrica para la operación del equipo. De tal manera se da un valor agregado al proceso de enseñanza impartido por la Universidad Politécnica Salesiana a los estudiantes de la materia de Maquinaria Eléctrica.

Objetivos

1.1.1. Objetivo general.

Realizar el análisis de devanados estáticos trifásicos mediante la elaboración de prácticas en un módulo experimental para devanados estáticos trifásicos en el laboratorio de Maquinaria Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

1.1.2. Objetivos específicos.

- Diseñar y construir un módulo didáctico experimental para Análisis de devanados estáticos trifásicos.
- Preparar un manual de prácticas de laboratorio para el uso del módulo didáctico experimental para Análisis de devanados estáticos trifásicos, para la asignatura de Maquinaria Eléctrica que será utilizado por personal estudiantes y docentes de la Universidad Politécnica Salesiana.

Marco metodológico

1.1.3. Método documental bibliográfico.

Este método nos permite obtener información de los diferentes artículos, libros u otro tipo de publicaciones relacionadas al tema de este trabajo.

1.1.4. Método experimental de investigación.

Con este método pudimos, bajo una secuencia ordenada de pasos, recabar la información sobre diferentes parámetros eléctricos, necesarios para realizar el análisis del comportamiento de los fenómenos electromagnéticos en los devanados estáticos trifásicos ante diferentes situaciones de trabajo.

CAPÍTULO II

2 Fundamentos teóricos

2.1. Leyes del electromagnetismo

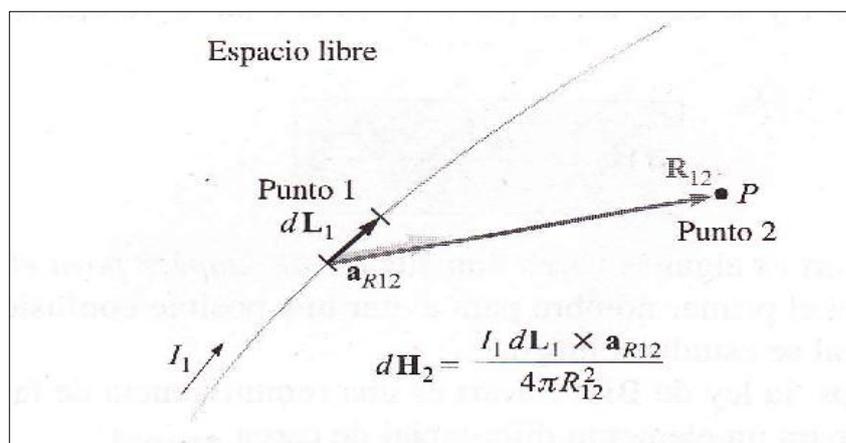
A continuación repasaremos ciertas leyes del electromagnetismo.

2.1.1. Ley de Biot-Savart

(Hayt & Buck, 2006, pág. 211) Señala lo siguiente sobre la Ley de Biot Savart:

“La ley de Biot-Savart establece que en cualquier punto P la magnitud de la intensidad de campo magnético que produce el elemento diferencial es proporcional al producto de la corriente, la magnitud del diferencial de la longitud y el seno de ángulo formado entre el filamento y la línea que lo conecta con el punto P en donde se busca el campo. La magnitud de la intensidad del campo magnético es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde elemento diferencial hasta el punto P.”

Figura 1. Ley de Biot-Savart



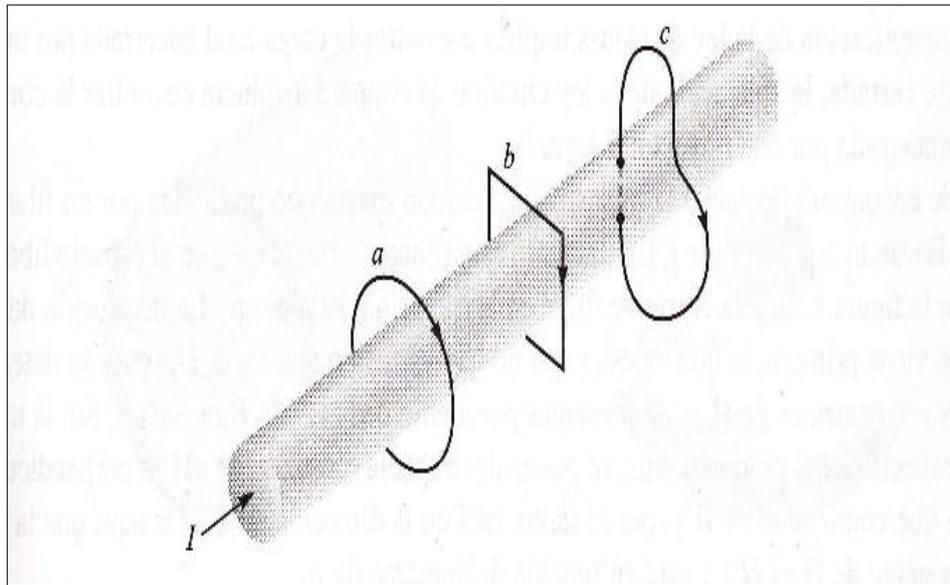
Fuente: (Hayt & Buck, 2006) a) La ley de Biot-Savart expresa la intensidad de campo magnético dH_2 producida por el elemento diferencial $I_1 dL_1$. La dirección de dH_2 es hacia adentro de la página.

2.1.2 Ley de ampere

(Hayt & Buck, 2006, pág. 218) Señala lo siguiente sobre la Ley de Ampère:

“La ley circuital de Ampere establece que la integral de línea H sobre cualquier trayectoria cerrada es exactamente igual a la corriente encerrada por dicha trayectoria.”

Figura 2. Ley de Ampère



Fuente: (Hayt & Buck, 2006) Un conductor tiene una corriente total I . La integral de la línea en H alrededor de las trayectorias cerradas a y b son iguales a I , y la integral alrededor de la trayectoria c es menor que I , dado que no toda la corriente está encerrada por la trayectoria.

2.1.3. Ley de Faraday: voltaje inducido por un campo magnético variable.

(Chapman, 2005, pág. 28) Señala lo siguiente sobre la ley de Faraday:

“La ley de Faraday establece que si un flujo atraviesa una espira de alambre conductor, se inducirá en esta un voltaje directamente proporcional a la tasa de cambio del flujo con respecto al tiempo. Esto se expresa mediante la ecuación.

$$e_{ind} = -\frac{d\phi}{dt}$$

Donde e_{ind} es el voltaje inducido en la espira y Φ es el flujo que atraviesa la espira. Si una bobina tiene N vueltas y el mismo flujo pasa a través de todas ellas el voltaje en la bobina inducido en toda la bobina está dado por

$$e_{ind} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

Donde

e_{ind} = voltaje inducido en la bobina

N = número de vueltas de alambre en la bobina

Φ = flujo que circula en la bobina

El signo menos en la ecuación es una expresión de la ley de Lenz.”

(Hayt & Buck, 2006, pág. 307) Señala lo siguiente sobre la ley de Faraday

“Un valor diferente de cero de $d\Phi/dt$ puede ser el resultado de cualquiera de las siguientes situaciones.

Un flujo que cambia con el tiempo circundando una trayectoria cerrada fija. El movimiento relativo entre un flujo estable y una trayectoria cerrada. Una combinación de las dos.”

2.1.4. Ley de Lenz

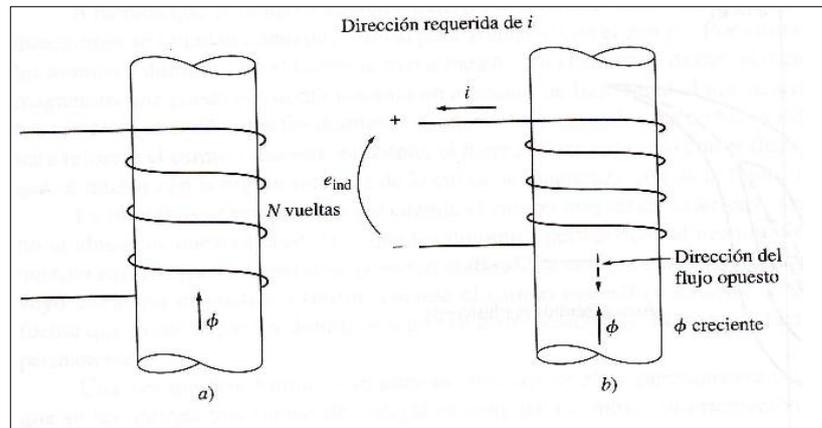
(Chapman, 2005, pág. 29) Señala lo siguiente sobre la ley de Lenz:

“La ley Lenz establece que la dirección del voltaje inducido en la bobina es tal que si los extremos de esta estuvieran en cortocircuito, se produciría en ella una corriente que generaría un flujo opuesto al flujo inicial. Puesto que el voltaje inducido se opone al cambio que lo produce u origina”.

Se incluye un signo menos en la ecuación:

$$e_{ind} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

Figura3. Ley de Lenz.



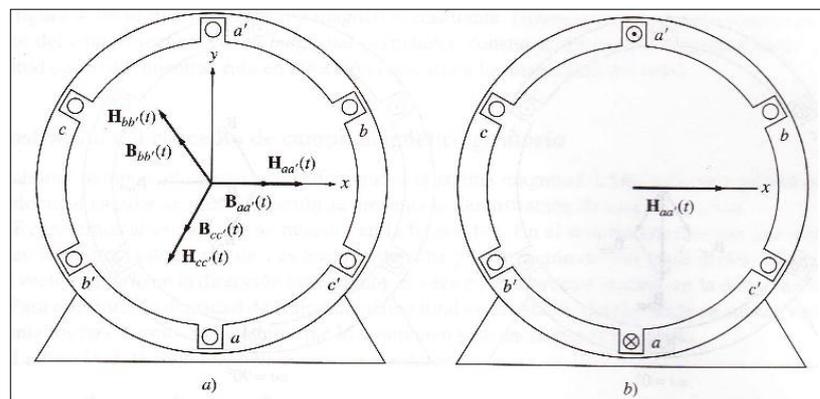
Fuentes: (Chapman, 2005) Significado de la ley de Lenz a) Una bobina encierra un flujo magnético creciente b) Determinación de la polaridad del voltaje resultante

Campo magnético giratorio.

(Chapman, 2005, pág. 238) Señala lo siguiente sobre el Campo Magnético Giratorio:

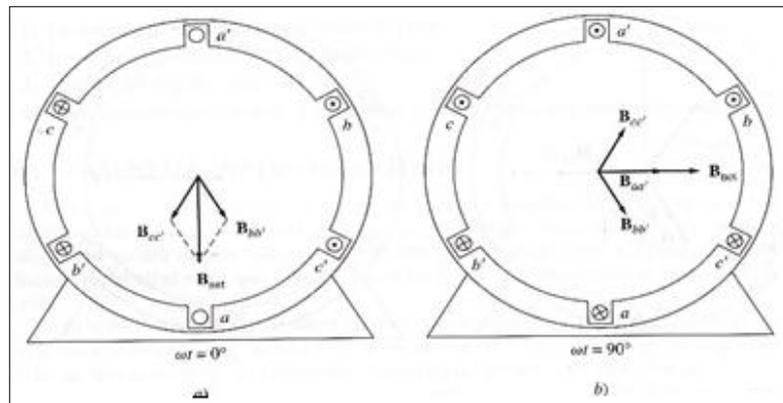
“El principio fundamental de operación de las máquinas de c.a. es que si un grupo de corrientes trifásicas, cada una de igual magnitud y desfasadas entre ellas por 120° , fluye en un devanado trifásico, entonces producirán un campo magnético giratorio de magnitud constante. Un devanado trifásico consta de tres devanados individuales, separados en 120° eléctricos alrededor de la superficie de la máquina.”

Figura 4. Campo magnético giratorio



Fuentes: (Chapman, 2005) a) Un estator trifásico simple. Se asume que las corrientes en el estator son positivas si fluyen hacia dentro de la bobina por el extremo no primado y salen de el por el extremo primado. También se muestran las intensidades de magnetización producidas por cada bobina. b) El vector de intensidad de magnetización $H_{cc}(t)$ producido por una corriente que fluye en la bobina aa'

Figura 5. Vector de campo magnético

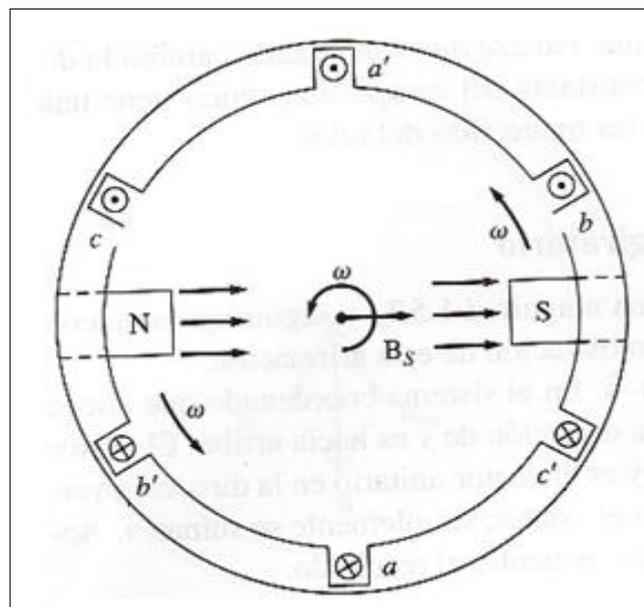


Fuentes: (Chapman, 2005) a) El vector de campo magnético en un estator en el tiempo $\omega t = 0^\circ$ b) El vector de campo magnético en el estator en el tiempo $\omega t = 90^\circ$

(Chapman, 2005, pág. 242) Señala lo siguiente sobre la relación entre la frecuencia eléctrica y la velocidad de rotación del campo magnético:

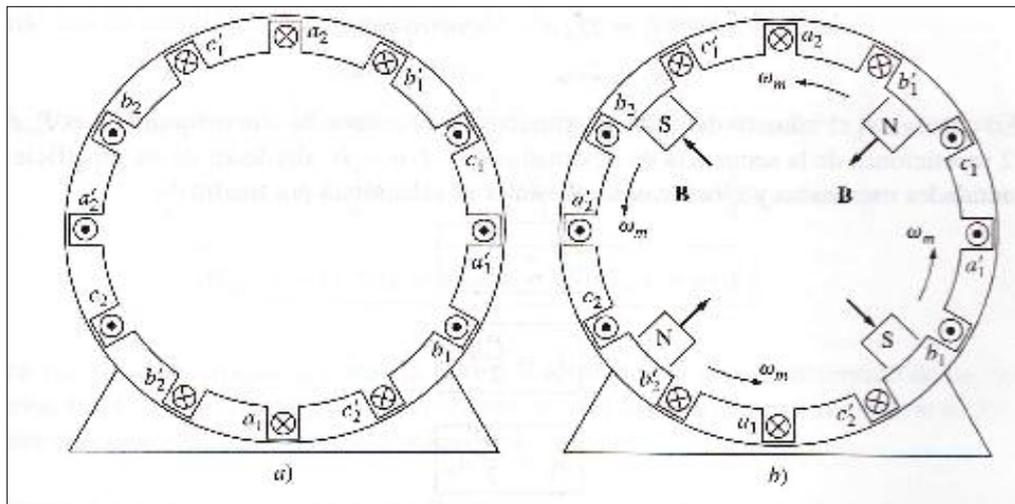
“La figura 12 muestra que el campo magnético giratorio en el estator se puede representar con un polo norte (por donde el flujo sale del estator) y un polo sur (por donde el flujo entra al estator). Estos polos magnéticos completan una rotación mecánica alrededor de la superficie del estator.”

Figura 6. Representación de campo magnético giratorio



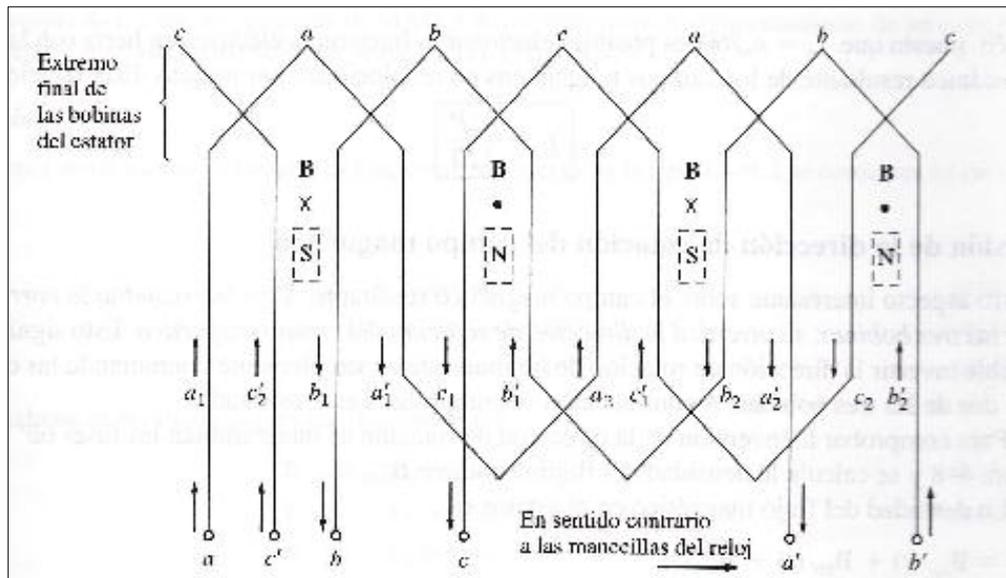
Fuentes: (Chapman, 2005) Campo magnético giratorio en un estator representado como polos de estator norte y sur en movimiento.

Figura 7. Campos magnéticos en un estator



Fuentes: (Chapman, 2005) a) Un devanado de estator de cuatro polos simple. b) Los polos magnéticos del estator resultantes, hay polos en movimiento que alteran polaridad cada 90° alrededor de la superficie del estator.

Figura 8 Diagrama de un devanado del estator



Fuentes: (Chapman, 2005) Diagrama de un devanado del estator visto desde su superficie interna que muestra como las corrientes del estator producen polos magnético de norte a sur.

(Chapman, 2005, pág. 238) Señala lo siguiente sobre la inversión de rotación del campo magnético giratorio:

“Si se intercambia la corriente en dos de las tres bobinas, se invertirá la dirección de rotación del campo magnético. Esto significa que es posible invertir la dirección de rotación de un motor de c.a. simplemente conmutando las conexiones de dos de las tres bobinas.”

(Martínez Domínguez, 2001, pág. 45) Señala lo siguiente sobre el campo magnético giratorio:

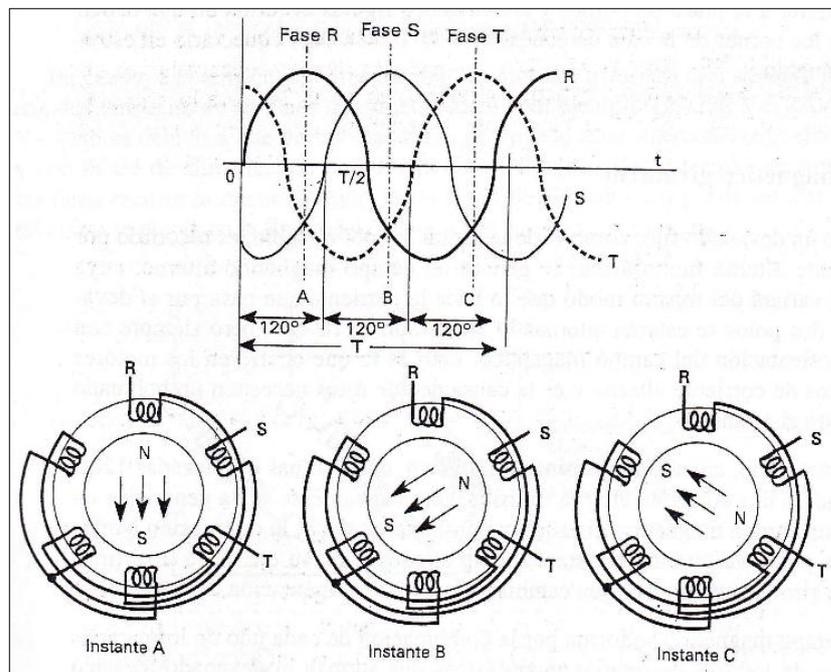
“Cuando un bobinado trifásico, con bobinas desplazadas 120° , es conectado a una corriente alterna trifásica, automáticamente se va generando en el mismo un campo magnético giratorio y constante, es decir, la orientación Norte-Sur de los polos va girando constantemente alrededor del eje. Para invertir el sentido de giro del campo hay que cambiar el orden de alimentación de sus fases.

Este campo magnético se forma por la combinación de cada uno de los campos magnéticos de los tres devanados monofásicos que forman el devanado trifásico del motor. Este campo giratorio, tal como ya hemos visto, induce en el devanado o barras del rotor una corriente, que es la encargada de que se produzca la fuerza magneto motriz que da origen al movimiento. Veámoslo con más detalle en los próximos gráficos.

Como la corriente de la fase S no crece hasta que disminuye la corriente de la fase R, el campo magnético generado por el devanado R prevalece sobre los otros "Instante A". Pero al crecer la corriente de la fase S, la orientación dominante del campo magnético pasa a ser la del "Instante B". Después decrece la corriente en el devanado S y aumenta en el devanado T, de tal modo que el campo magnético que prevalece es el del instante "Instante C". A continuación decrece la corriente de la fase T y empieza a crecer de nuevo la de la fase R, con lo cual volvemos de nuevo al campo magnético del "Instante A" y así sucesivamente.

El resultado es que la orientación Norte-Sur del campo magnético gira constantemente, debido simplemente a la posición física de los tres devanados monofásicos en el motor y al desfase de 120° existente entre las tres fases de la red alterna trifásica.”

Figura 9. Campo giratorio de un motor asíncrono trifásico de corriente alterna.



Fuentes:(Martínez Domínguez, 2001)

Elementos básicos de las maquinas eléctricas

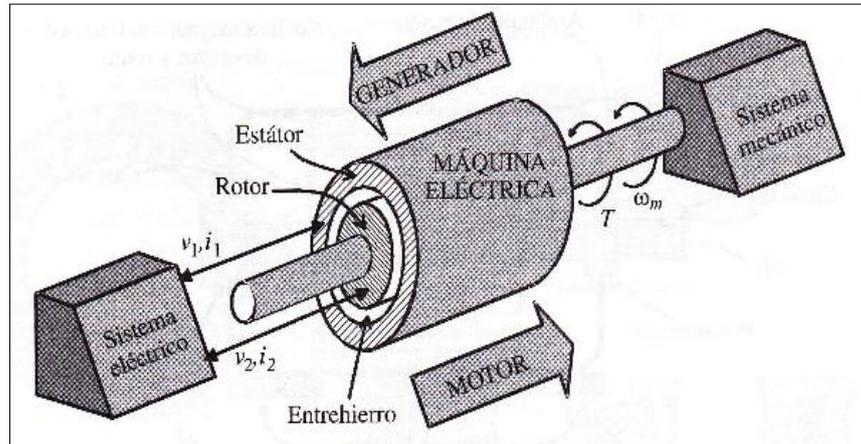
Una maquina eléctrica rotativa está constituida de manera básica de dos partes: el estator que como su nombre lo indica es la parte estática de la máquina y sirve de base y el rotor que es la parte en movimiento de la máquina, la cual se encuentra dentro del estator separada de este por un espacio de aire, tal como se observa en la figura 1. Cabe mencionar que los rulimanes y las tapas de la carcasa son elementos o accesorios que permiten el montaje de estas partes y su respectiva interacción mecánica.

(Fraile Mora, 2003, pág. 89) Señala lo siguiente sobre los elementos básicos de las maquinas eléctricas.

"El espacio de aire que separa el estator del rotor, necesario para que pueda girar la máquina, se denomina entrehierro, siendo el campo magnético

existente en el mismo el que constituye el medio de acoplamiento entre los sistemas eléctrico y mecánico.”(Fraile Mora, 2003)

Figura 10. La máquina eléctrica como convertidor de energía.



Fuente: (Fraile Mora, 2003)

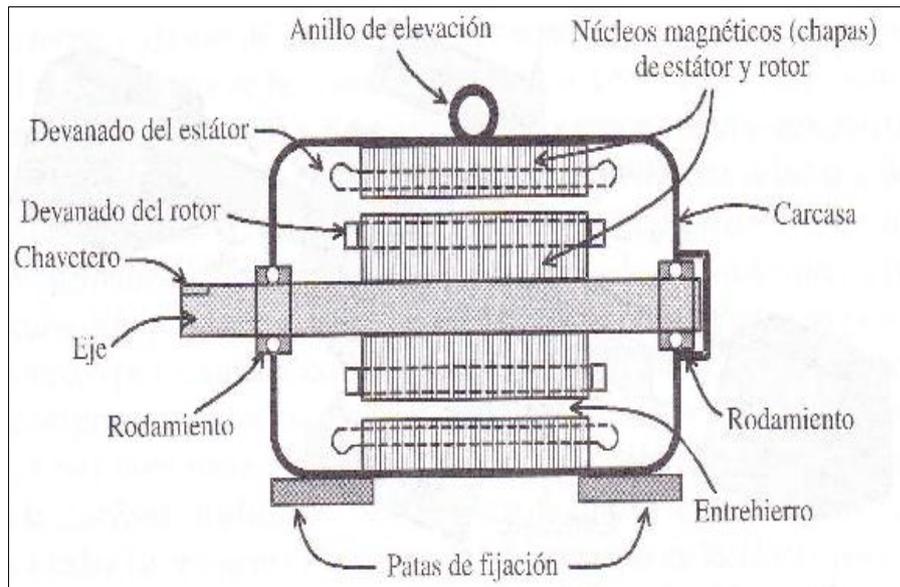
Una maquina eléctrica rotativa puede convertir energía eléctrica en mecánica (motor) o energía mecánica en eléctrica (generador). Por lo tanto, generalmente tanto el estator como el rotor pueden poseer devanados, los cuales forman el sistema eléctrico de la máquina y dependiendo de la aplicación de la maquina rotativa como rotor o generador recibirán el nombre de inductor e inducido.

(Fraile Mora, 2003, pág. 89) Señala lo siguiente sobre los elementos básicos de las maquinas eléctricas.

Uno de los devanados tiene por misión crear un flujo en el entrehierro y por ello se denomina inductor, y también excitación o campo. El otro devanado recibe el flujo del primero y se inducen en él corrientes que se cierran por el circuito exterior y se denomina inducido. Lo mismo puede situarse el inductor en el estator y el inducido en el rotor o viceversa; lo que realmente cuenta es el movimiento relativo entre ambos devanados y teóricamente puede elegirse cualquiera de ambas soluciones.

En las maquina pequeñas la carcasa se construye en forma de un monobloque de fundición de hierro colado y en las maquinas grandes se compone de dos o cuatro partes ensambladas

Figura11. Aspectos constructivos de una máquina eléctrica.

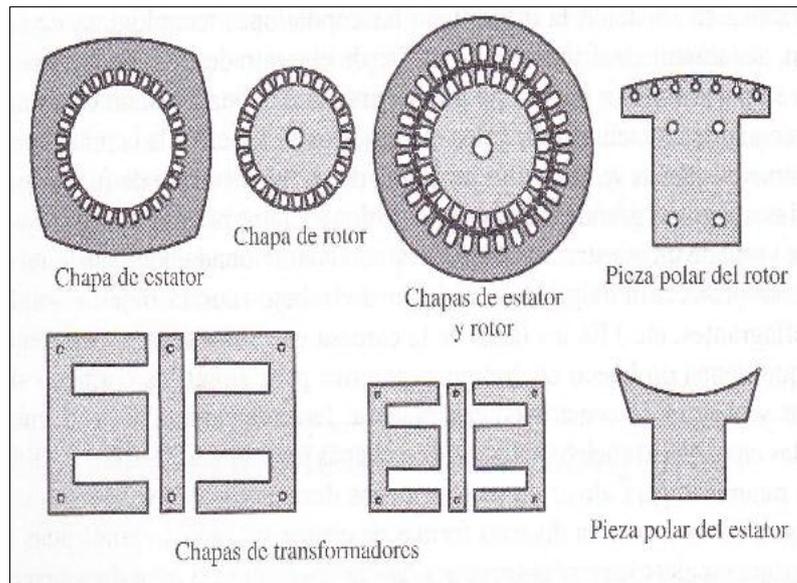


Fuente: (Fraile Mora, 2003)

Para la construcción de estatores de motores o generadores, se usa como material láminas de acero combinadas con un pequeño porcentaje de silicio, las cuales son denominadas chapas magnéticas.

En las máquinas rotativas, tanto el estator como el rotor están formados por chapas magnéticas, las cuales son bañadas individualmente en un barniz aislante y debido a su forma, grosor, y al material ferromagnético que las componen poseen mínimas pérdidas por histéresis y corrientes parásitas, debido a su alta permeabilidad magnética. La forma de las chapas magnéticas está en función de las características de la máquina rotativa, como lo son su tipo de aplicación, bien sea como motor o como generador.

Figura12. Tipos de chapas magnéticas

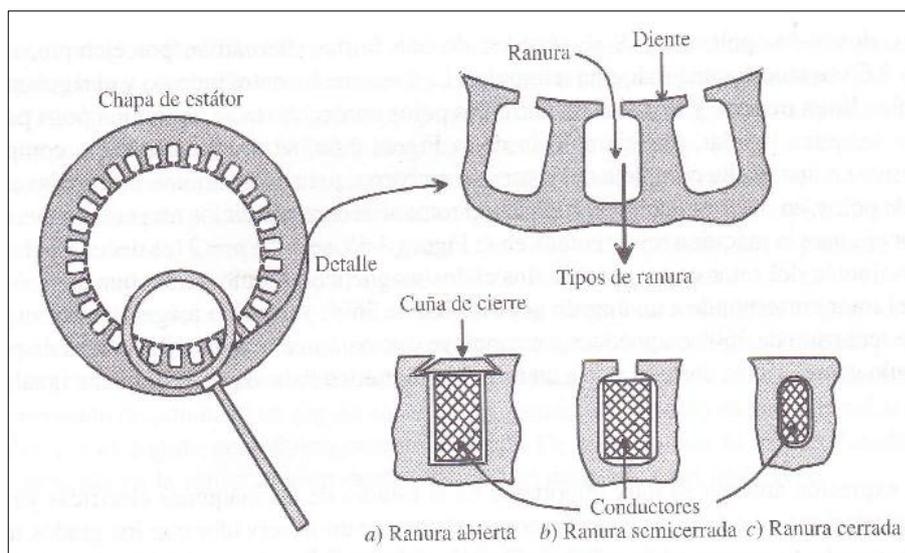


Fuente: (Fraile Mora, 2003)

(Fraile Mora, 2003, pág. 90) Señala lo siguiente sobre los elementos básicos de las maquinas eléctricas.

Las ranuras para alojar los conductores de los devanados pueden ser del tipo abierto, semicerrado y cerrado, como se indica en la Figura 2.4.

Figura13. Tipos de ranura

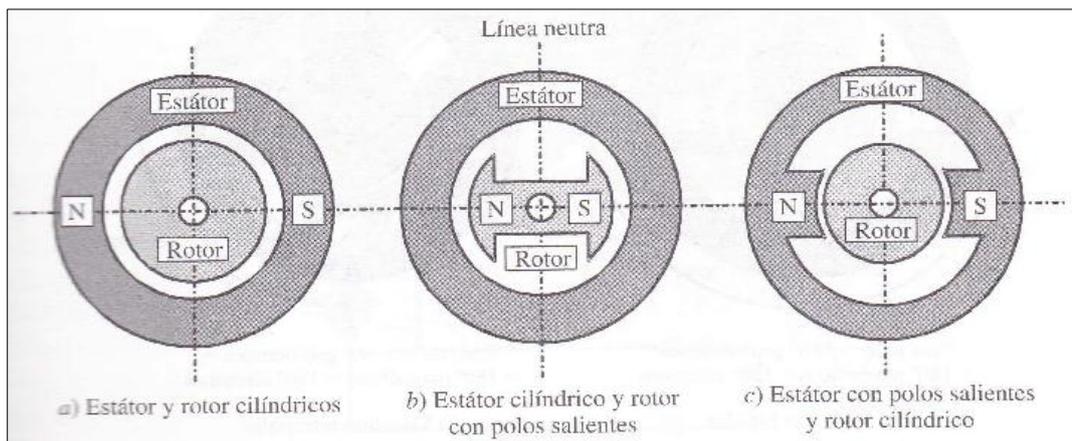


Fuente: (Fraile Mora, 2003)

(Fraile Mora, 2003, pág. 91) Señala lo siguiente sobre los elementos básicos de las maquinas eléctricas.

Desde el punto de vista de la configuración física, las maquinas eléctricas adoptan tres formas básicas, como se indica en la Figura 5. En el caso a) se tienen dos superficies totalmente cilíndricas, con un entrehierro uniforme; esta disposición se encuentra en las maquinas asíncronas, estando situado el inductor en el primario, y también se emplea en los turboalternadores de las centrales térmicas, situando el inductor en el rotor. En los casos b) y c) la superficie del estator o del rotor presenta unos salientes «salientes» magnéticos denominados polos que están provistos a su vez de unas expresiones o cuernos polares (Fig. 5c); en estos polos se sitúa siempre el devanado inductor, recorrido normalmente por c.c. y creando un campo magnético que puede asimilarse al que produce un imán permanente, la disposición indicada en la Figura 5b es la empleada en las maquinas síncronas y la de la Figura 5c se utiliza en las máquinas de c.c.

Figura 14. Configuración básica de estator-rotor



Fuente: (Fraile Mora, 2003)

Las maquinas rotativas pueden estar formadas por dos o más polos, tal como lo muestra la Figura 6a y 6b. En la máquina de dos polos, se completa un ciclo magnético al completarse una vuelta del rotor. En las maquinas con más de dos polos o multipolares, los polos se suceden de manera consecutiva, completándose la misma cantidad de ciclos magnéticos en una revolución del rotor.

(Fraile Mora, 2003, pág. 92) Señala lo siguiente sobre la relación entre los ángulos magnéticos y eléctricos.

La línea media entre un polo y el siguiente se denomina línea neutra, y la distancia entre dos polos consecutivos se denomina paso polar. Dado que una revolución del rotor corresponde a un ángulo geométrico de 360° magnéticos, se concluye que para una máquina de p pares de polos, un ángulo geométrico α corresponde a un ángulo magnético θ dado por la siguiente igualdad:

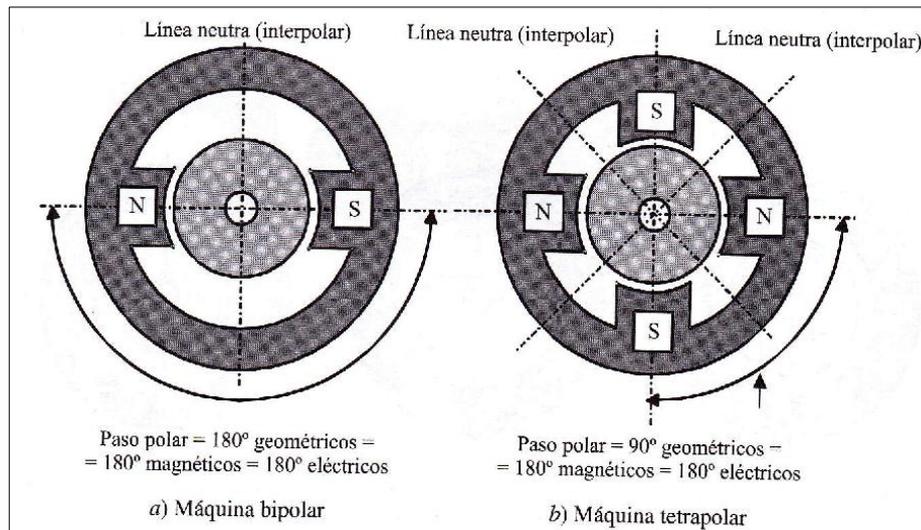
$$\theta = p \cdot \alpha$$

θ : ángulo magnético

p : pares de polos

α : ángulo geométrico

Figura 15. Máquinas bipolares y tetrapolares. Ángulos geométricos y eléctricos.



Fuente: (Fraile Mora, 2003)

2.4.Devanados estatóricos trifásicos

Los devanados eléctricos de una maquina rotativa son las bobinas o conductores enrollados y aislados en las ranuras del estator, estos devanados forman los elementos del circuito eléctrico de la máquina. Existen varios tipos de devanados estatóricos trifásicos para las maquinas rotóricas.

(Martínez Domínguez, 2001, pág. 139) Señala lo siguiente sobre la clasificación de devanados estatóricos.

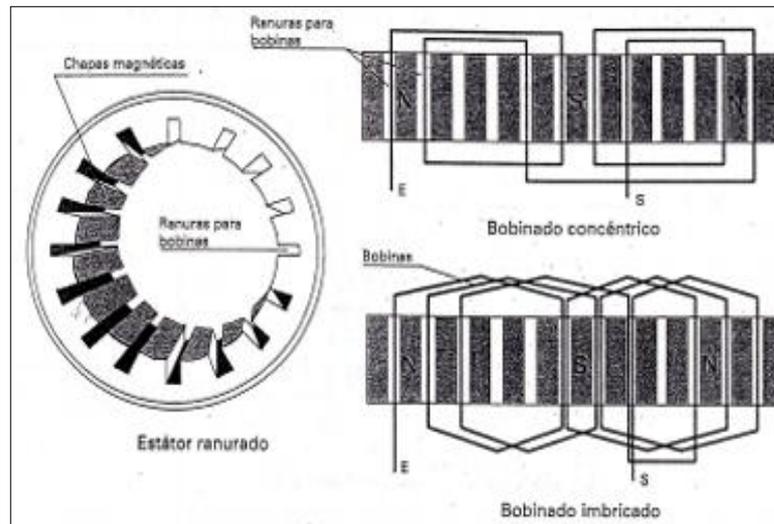
Los devanados estatóricos se clasifican en:

- Devanados concéntricos.
- Devanados excéntricos:
 - Devanados imbricados.
 - Devanados ondulados.

Los devanados concéntricos son los grupos de bobinas que son unidos entre sí mediante conexiones, como si las bobinas situadas en ranuras consecutivas, pertenecientes a un mismo grupo, fueran parte de una bobina concéntricamente distribuidas en varias ranuras.

Los devanados imbricados son los grupos de bobinas conectados en serie varias bobinas de una misma fase, todas ellas correspondientes al mismo polo, esta bobinas son de igual medida y superpuestas, aquí corresponde retroceder para conectar el final de una bobina con el principio de la siguiente (pues el final de una bobina está por delante del principio de la siguiente con la que se conecta).

Figura 16. Bobinas conectadas



Fuente: (Martínez Domínguez, 2001)

Los devanados ondulados también son grupos de bobinas de igual tamaño, pero a diferencia del devanado imbricado, una bobina se conecta con otra de la misma fase que está situada bajo el siguiente par de polos. Por lo tanto corresponde conectar el final de una bobina con el principio de la siguiente de la que se conecta, esto hace que los arrollamientos tengan forma de onda lo que les da su nombre.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO PARA ANÁLISIS DE DEVANADOS ESTATÓRICOSTRIFÁSICOS

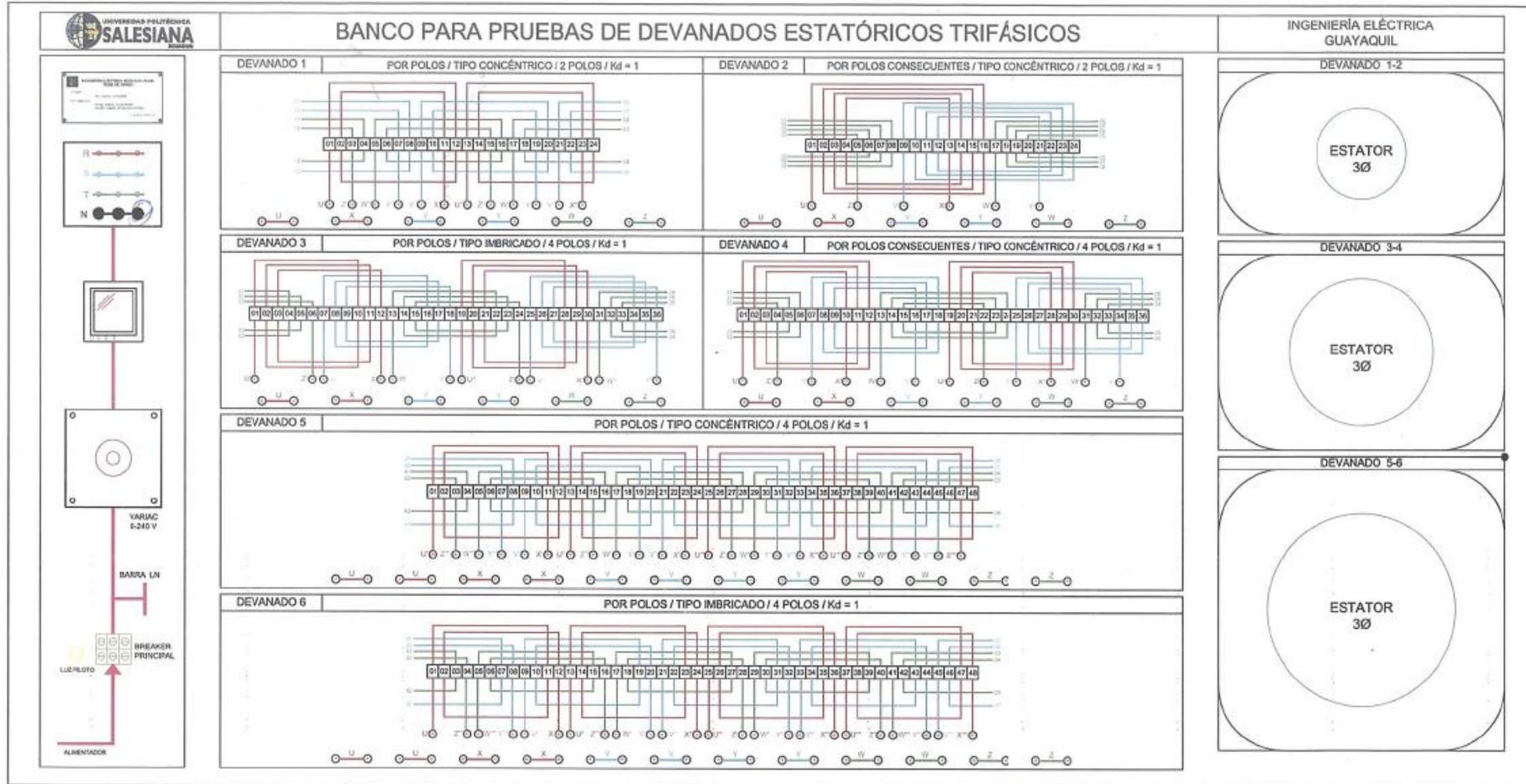
En este capítulo se detallaran todos los aspectos relacionados con el diseño y construcción del tablero y el debido montaje de los equipos en el mismo. Además se adjuntaran los diagramas y esquemas usados en la etapa de diseño del tablero.

Diseño del tablero

Se realizó un diseño modular, porque se tiene la ventaja de permitir una flexibilización en el diseño, debido a que se distribuyen los diversos equipos y elementos en el tablero de manera ordenada y simétrica, agrupándolos en función de sus similares características. De manera adicional este esquema permite que en el futuro, diversos elementos de este tablero puedan ser usados de manera coordinada con elementos de otros tableros para realizar diferentes tipos de pruebas o ensayos.

Se determinó los diferentes tipos de devanados que contendrán cada uno de los estatores. Se enlisto los elementos y materiales necesarios para realizar las pruebas a realizarse a cada uno de los devanados. Usando el programa AutoCAD realizamos el diseño esquemático del tablero con la ubicación de sus respectivos elementos.

Figura 17. Diseño del Tablero



Fuentes: Por autores

Secuencia de construcción de la base para el banco.

A continuación se detallara los diversos materiales usados para la construcción del tablero:

- Tubos de 2" con 2mm de espesor.
- Tubos de 1 1/4" con 2 mm de espesor.
- Tubos de 1" con 2 mm de espesor.
- Una plancha de metal de 123cm por 240 cm con 3 mm de espesor.
- RF de 240 x 70 cm con 1 1/2 cm de espesor.
- Ruedas con freno.
- Litros de pintura laca con fondo gris.
- Litros de pintura laca acabado preparado.
- Vinil.
- 202 Borneras entre rojas verdes azules y negras.
- Tres estatores trifásicos de 24, 36, 48 ranuras c/u.
- 230 metros de cable flexible #12
- 38 libras de alambre esmaltado para bobinado #14
- Cuñas plásticas para protección del bobinado
- Papel momex pliego

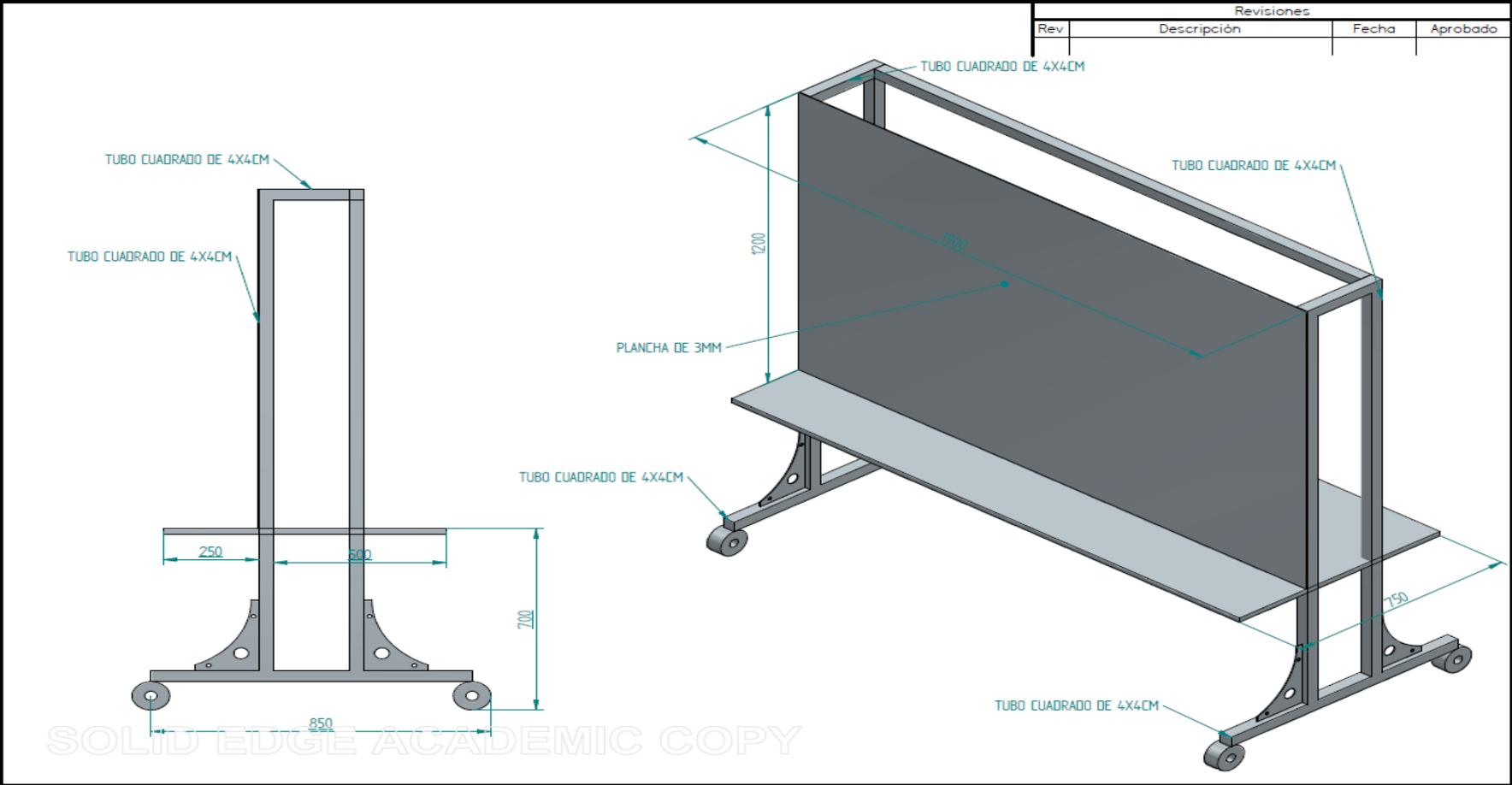
El tablero fue realizado con una base sólida y robusta realizada con la tubería de hierro cuadrado.

Ilustración1. Base del tablero 1



Fuente: Los autores

Ilustración 2. Medidas de la mesa y estructura



Fuente: Los autores

El tablero es móvil debido a que posee un juego de llantas, que le permiten ser ubicado en cualquier punto del laboratorio, facilitando todo tipo de maniobra al momento de las pruebas o conexiones con diversos equipos.

Ilustración 3. Base del tablero 2



Fuente: Los autores

Las dimensiones del tablero son **2200X1838 mm**, para lo cual usamos la plancha de acero de 3 mm de espesor.

Ilustración 4. Base del tablero



Fuente: Los autores

Ilustración 5. Base del tablero1



Fuente: Los autores

Ilustración 6 Base del tablero 2



Fuente: Los autores

Una vez realizado esto, se imprimió el diseño esquemático en vinil y se colocó sobre la plancha, para posteriormente realizar los agujeros con las medidas de los equipos y elementos a usarse.

Ilustración 7. Colocación de pintura y barniz



Fuente: Los autores

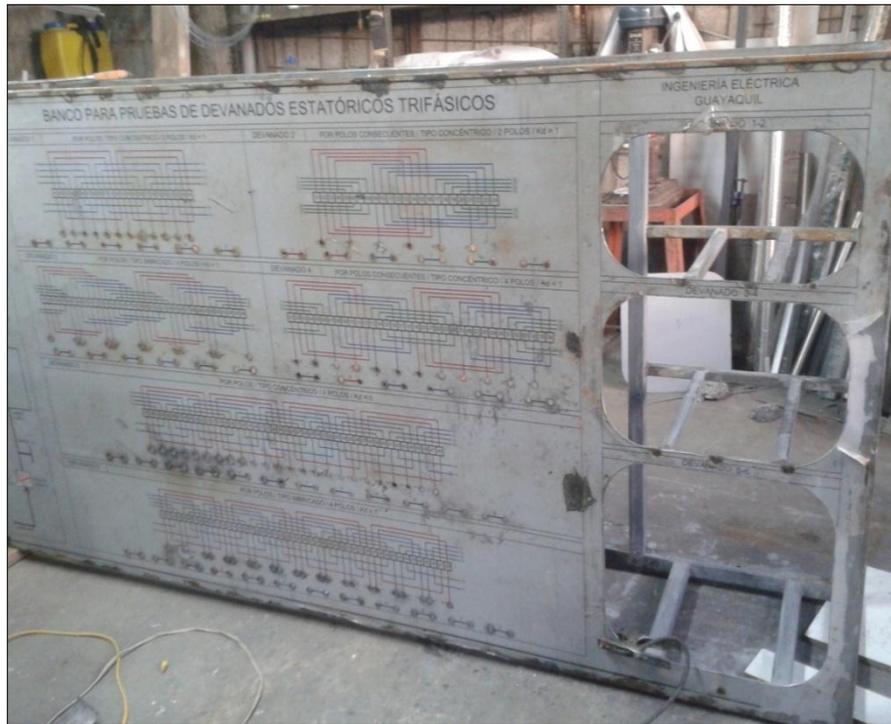
Para dar un mejor brillo y durabilidad al acabado de la pintura y a las leyendas escritas, se colocó una capa de barniz.

Ilustración 8. Colocación de pintura y barniz 2



Fuente: Los autores

Ilustración 9. Impresión y colocación del vinil 2



Fuente: Los autores

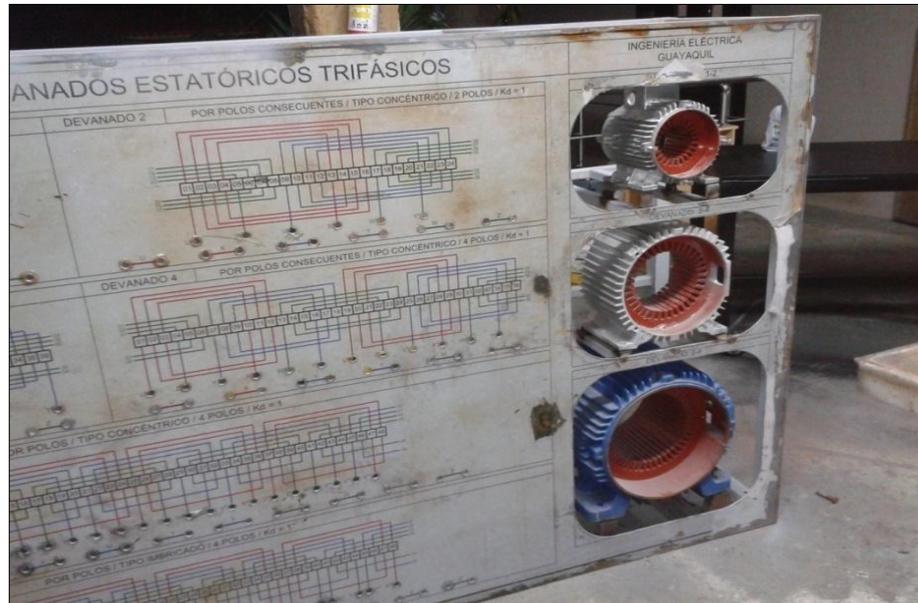
Montaje de los elementos y equipos en el banco.

A continuación se detalla los diversos equipos y elementos usados para la construcción del tablero:

- Variac
- Estator de 24 ranuras
- Estator de 36 ranuras
- Estator de 48 ranuras
- Borneras
- Medidor Dm 6000
- Breaker trifásico
- Alambre de cobre
- Bases y fusibles de 10A

El tablero incluye un conjunto de tomas para su respectiva energización desde diversos puntos del laboratorio.

Ilustración 10. Agujeros con medidas de equipos



Fuente: Los autores

Ilustración 11. Agujeros con medidas de equipos



Fuente: Los autores

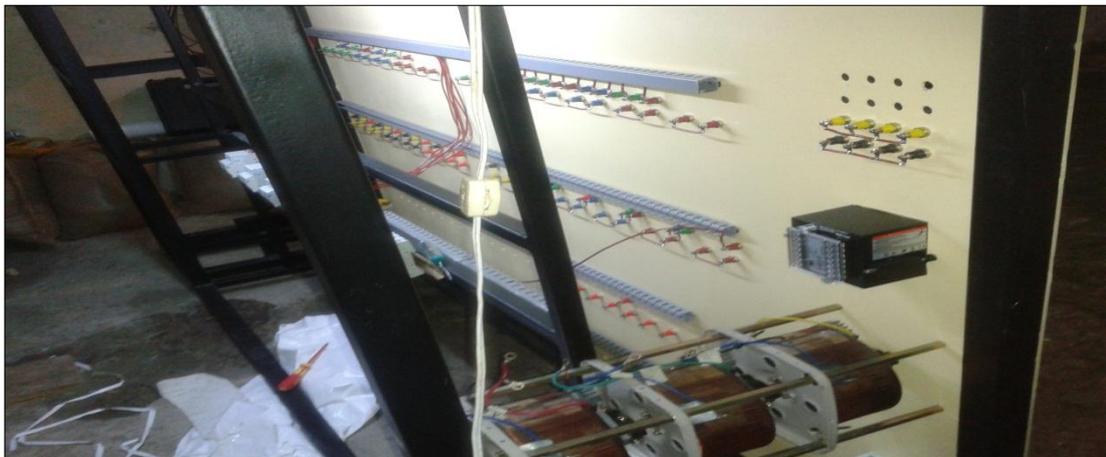
Ilustración 12. Agujeros con medidas de equipos



Fuente: Los autores

El variac proporciona un voltaje que puede variar de 0 240v con una corriente máxima de 8 Amperios, previo a su montaje se despojó al variac de su carcasa metálica. Una vez instalado el variac se conecta sus terminales a las barras de cobre.

Ilustración 13. Variac

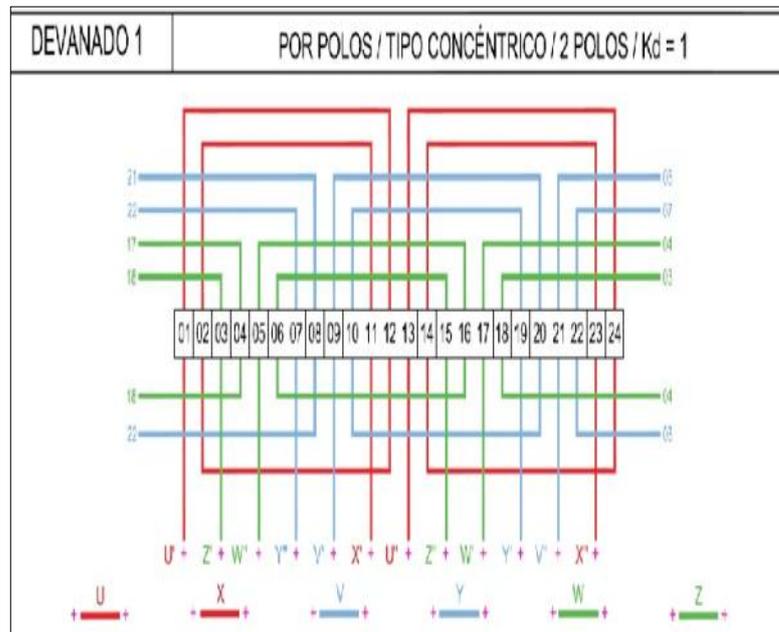


Fuente: Los autores

A continuación se detallan el esquema de los dos devanados del motor de 24 ranuras con sus respectivos diagramas.

Devanado 1

Figura 18. Esquema Devanado 1 - estator 24 ranuras



Fuente: Los autores

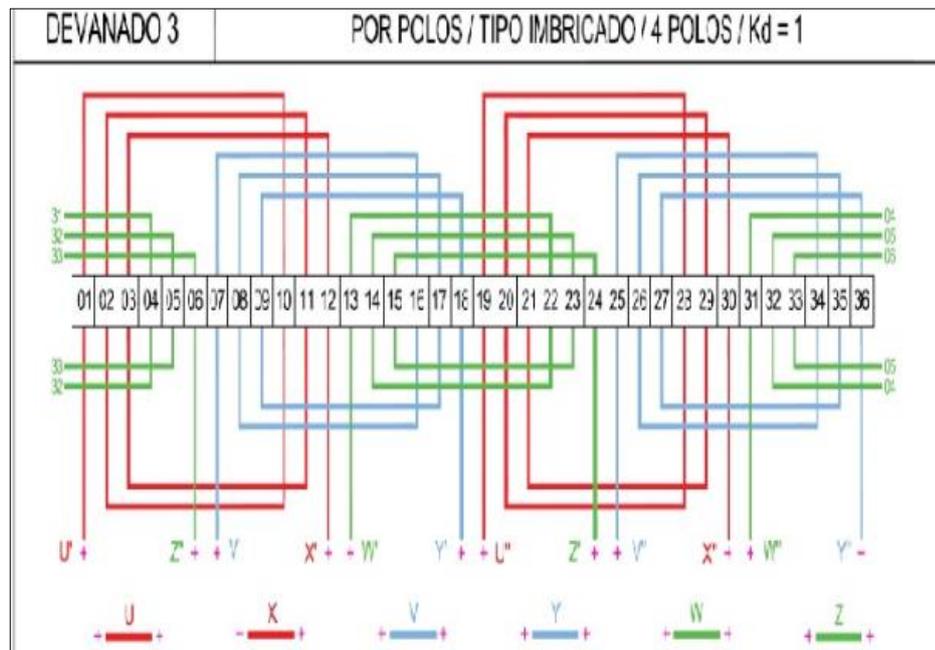
Características

- ✓ Bobinas: 6
- ✓ Tipo: Concéntrico.
- ✓ Polos: 2
- ✓ Factor de distribución (Kd): 1
- ✓ # espiras: 40espiras
- ✓ Calibre conductor: 22AWG
- ✓ Material: Cobre Esmaltado

A continuación se detallan el esquema de los dos devanados del motor de 36 ranuras con sus respectivos diagramas.

Devanado 3

Figura 20. Esquema Devanado 3 – estator 36 ranuras



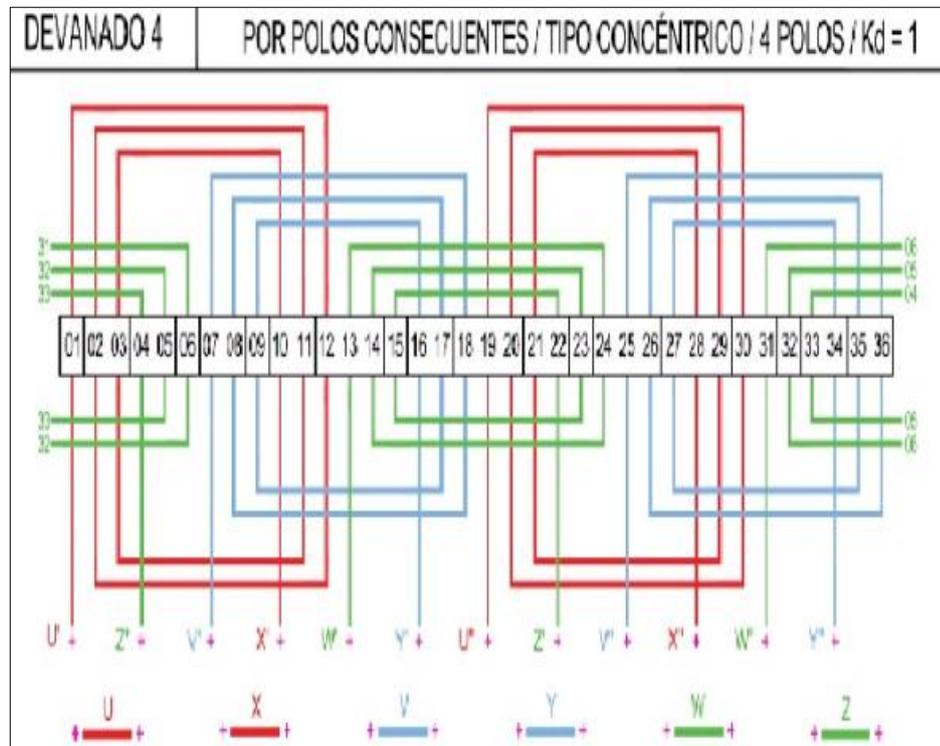
Fuente: Los autores

Características

- ✓ Bobinas: 6
- ✓ Tipo: Imbricado.
- ✓ Polos: 4
- ✓ Factor de distribución (Kd): 1
- ✓ # espiras: 43 espiras
- ✓ Calibre conductor: 19AWG
- ✓ Material: Cobre Esmaltado

Devanado 4

Figura 21. Esquema Devanado 3 – estator 36 ranuras



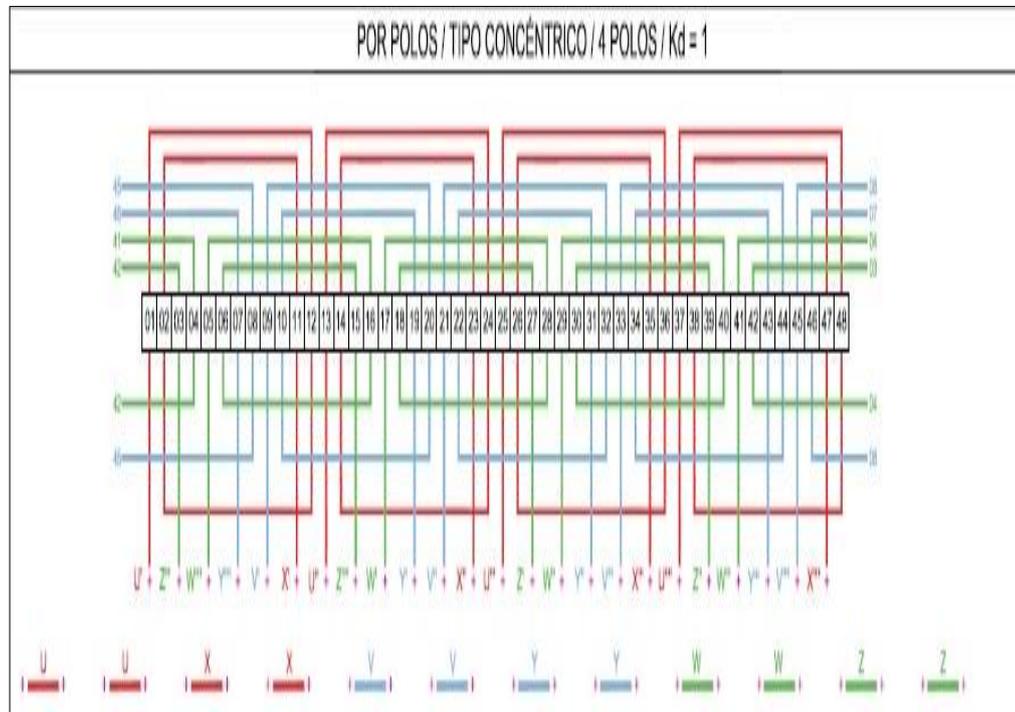
Fuente: Los autores

Características

- ✓ Bobinas: 6
- ✓ Tipo: Concéntrico.
- ✓ Polos: 4
- ✓ Factor de distribución (K_d): 1
- ✓ # espiras: 43 espiras
- ✓ Calibre conductor: 19 AWG
- ✓ Material: Cobre Esmaltado

A continuación se detallan el esquema de los dos devanados del motor de 48 ranuras con sus respectivos diagramas.

Figura 22. Esquema devanado 5 – estator 48 ranuras



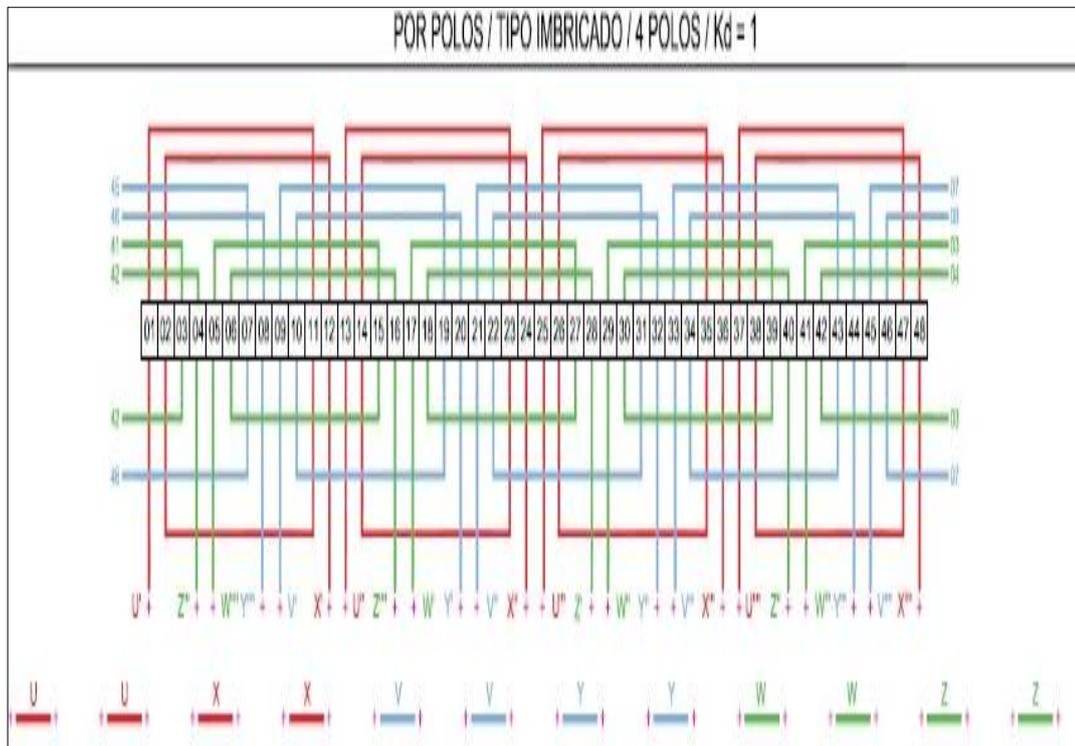
Fuente: Los autores

Características

- ✓ Bobinas: 12
- ✓ Tipo: Concéntrico.
- ✓ Polos: 4
- ✓ Factor de distribución (K_d): 1
- ✓ # espiras: 45 espiras
- ✓ Calibre conductor: 19 AWG
- ✓ Material: Cobre Esmaltado

Devanado 6

Figura 23. Esquema devanado 6 – estator 48 ranuras



Fuente: Los autores

Características

- ✓ Bobinas: 12
- ✓ Tipo: Imbricado.
- ✓ Polos: 4
- ✓ Factor de distribución (Kd): 1
- ✓ # espiras: 45 espiras
- ✓ Calibre conductor: 19 AWG
- ✓ Material: Cobre Esmaltado

Posterior a colocar los estatores con sus respectivos devanados en el tablero, se procede a conectarlos con sus respectivas protecciones y borneras. cabe resaltar que se usan fusibles para 10Amperios como protección

Presupuesto de la construcción del banco de para análisis de devanados estáticos trifásicos.

A continuación se detalla el presupuesto de cada una de las partes del banco y sus equipos tal como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 1. Presupuesto de la Construcción del Banco devanados estáticos trifásicos

| CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | V. UNITARIO | V. TOTAL |
|----------|---|--------------|----------|
| 2 | IMPRESIONES DE VINIL | 50 | 100 |
| 1 | IMPRESIÓN A3 | 2 | 2 |
| 1 | IMPRESIÓN BORRADOR | 20 | 20 |
| 1 | IMPRESIÓN BORRADOR | 10 | 10 |
| 1 | IMPRESIÓN BORRADOR | 14 | 14 |
| 1 | PASTA PARA SOLDAR | 1,49 | 1,49 |
| 1 | CANALETAS RANURADA | 17,64 | 17,64 |
| 1 | BROCAS TRUPER | 38,28 | 38,28 |
| 1 | BROCAS TRUPER | 6,46 | 6,46 |
| 1 | ALAMBRE PARA BOBINAR | 46 | 46 |
| 40 | METROS DE CABLE | 0,25 | 10 |
| 1 | IMPRESIONES DE VINIL | 50 | 50 |
| 1 | INSUMOS LACAS | 30,96 | 30,96 |
| 1 | LITRO DE PINTURA ACABADO | 6,37 | 6,37 |
| 1 | COMPRA DE BORNERAS | 80 | 80 |
| 2 | ROLLO DE CABLE # 16 | 25 | 50 |
| 10 | METROS DE CABLE # 16 | 0,3 | 3 |
| 1 | BREAKER Y LUZ PILOTO | 33,95 | 33,95 |
| 1 | INCLUYE: PLANCHA DE 3mm; TUBO CUADRADO DE 2"; TUBO CUADRADO DE 1 1/4, TUBO CUADRADO DE 1"; RUEDAS; PLANCHA RF; RIEL DIN; DISCO DE CORTAR; | 350 | 350 |
| 6 | BORNERAS | 0,75 | 4,5 |
| 1 | TORNILLOS | 0,48 | 0,48 |
| 1 | TERMINALES DE OJO | 0,42 | 0,42 |
| 1 | BARRA DE TIERRA | 1,5 | 1,5 |
| 18 | PORTAFUSIBLES | 2 | 36 |
| 3 | TRANSFORMADORES DE CORRIENTE | 15 | 45 |
| 18 | FUSIBLES DE 10 A | 0.5 | 9 |
| 1 | MEDIDOR DM6000 | 115 | 115 |
| 1 | VARIAC | 395 | 395 |
| 1 | ENCHUFE TIPO CLAVIJA | 16 | 16 |
| | | TOTAL | 1493,05 |

Fuente: Los autores

CAPÍTULO IV

4. MANUAL DE PRÁCTICAS

GUÍA DE PRÁCTICAS PARA PRUEBAS DEL BANCO.

PRÁCTICA 1:

NORMAS DE SEGURIDAD Y PROCEDIMIENTO DE TRABAJO PARA EL TABLERO DE PRUEBAS DE DEVANADOS ESTATÓRICOSTRIFÁSICOS.

PRÁCTICA 2:

COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE ELEMENTOS DEL BANCO DE DEVANADOS ESTATÓRICOSTRIFÁSICOS.

PRÁCTICA 3:

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN DEVANADO ESTATÓRICOTRIFÁSICO.

PRÁCTICA 4:

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN DEVANADO POR POLOS/TIPO CONCÉNTRICO/2POLOS/KD=1 N UN ESTATOR DE 24 RANURAS

PRÁCTICA 5:

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN DEVANADO POR POLOS CONSECUENTES/TIPO CONCÉNTRICO/2POLOS/KD=1N UN ESTATOR DE 24 RANURAS

PRÁCTICA 6:

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN DEVANADO POR POLOS CONSECUENTES/TIPO IMBRICADO/4 POLOS/KD=1N UN ESTATOR DE 36 RANURAS

PRÁCTICA 7:

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN DEVANADO POR POLOS CONSECUENTES/TIPO CONCÉNTRICO/ 4 POLOS/KD=1EN UN ESTATOR DE 36 RANURAS

PRÁCTICA 8:

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN DEVANADO POR POLOS /TIPO
CONCÉNTRICO/ 4 POLOS/ $KD=1$ EN UN ESTATOR DE 48 RANURAS

PRÁCTICA 9:

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN DEVANADO POR POLOS /TIPO IMBRICADO/
4 POLOS/ $KD=1$ EN UN ESTATOR DE 48 RANURAS

PRÁCTICA 10:

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN DEVANADO POR POLOS /TIPO IMBRICADO/
4 POLOS/ $KD=1$ EN UN ESTATOR DE 48 RANURAS CON VARIADOR DE FRECUENCIA
EXTERNO

4.1. Práctica No. 1: Normas de seguridad y procedimiento de trabajo para el tablero de pruebas de devanados estatóricos trifásicos.

4.1.1. Datos informativos

- **MATERIA:** Maquinaria Eléctrica
- **PRÁCTICA N° 1**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**N.N.
- **TIEMPO ESTIMADO:** 1 Hora

4.1.2. Datos de la práctica

- **Tema:** Normas de seguridad y procedimiento de trabajo para el tablero de pruebas de devanados estatóricos trifásicos.

Objetivo general:

Guiar al estudiante y personal docente sobre el manejo seguro de los diversos elementos del tablero de pruebas.

Objetivos específicos:

Determinar las normas de operación de los diferentes elementos del banco para optimizar su funcionamiento.

Conocer las normas de seguridad básicas para disminuir el riesgo eléctrico, al realizar cualquier maniobra en o los alrededores del banco.

Procedimiento

- Antes de realizar cualquier actividad en el tablero, retire todo objeto metálico de manos, muñecas, cuello u otras partes de su cuerpo proclives a un contacto directo con conductores o partes energizadas del tablero.
- Utilice ropa adecuada, es decir, cómoda, no ajustada para que no lo enrede con algún objeto, cable o equipo, además, use calzado dieléctrico.
- Asegúrese que exista una iluminación eficiente en y los alrededores del tablero.
- Tenga el área de trabajo limpia, seca y en orden, libre de objetos ajenos al tablero o a las herramientas que vamos a usar.
- Inspeccione los materiales y herramientas a usar, cerciórese de su buen estado.
- Verifique que la fuente de alimentación del tablero se encuentre desconectada.
- Realice las diferentes conexiones de los devanados con la fuente de tensión desconectada y con el Variac en posición de 0 Voltios en sus terminales.
- Verifique que todas las conexiones están listas y que las cubiertas protectoras de cualquier parte móvil se encuentran instaladas y cumpliendo su función, previo a la energización del circuito.
- Conectar la fuente de alimentación principal y de manera lenta y progresiva aumentar el valor del voltaje del Variac.
- Controlar los diferentes parámetros eléctricos a través del medidor DM6000.
- No manipular el interior de ningún aparato, o la parte posterior del tablero, una vez que está conectada la alimentación del tablero. así sea solo para cambiar un fusible.
- No llevar a cabo la conexión o desconexión de un circuito de prácticas, sin desconectar su alimentación.
- En caso de presentarse una falla o cortocircuito, no manipular las conexiones o cualquier elemento del tablero la presencia y debido análisis del docente.
- Culminada la prueba, colocar el Variac en posición de 0 Voltios y mediante el medidor Dm6000 cerciórese que no esté entregando voltaje.
- Desconectar la fuente de alimentación.

- Desconectar los cables u otro elemento usado para la prueba en el tablero.
- Verifique el buen estado de materiales y herramientas y su respectivo retiro del lugar de trabajo, manteniendo el lugar limpio y ordenado.
- Para cambiar un fusible o grupos de fusibles, asegurarse que esta desenergizado el tablero y desconectada su fuente de alimentación.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

Recursos utilizados

Banco de pruebas para devanados estatóricos trifásicos.

Registro de resultados

- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios, conclusiones.

Anexos

Manual de funcionamiento y operación de los elementos del tablero.

Bibliografía utilizada

- Maquinas eléctricas. Sthepe Chapman.
- Maquinas Eléctricas. Jesús Fraile Mora.
- Reparación y bobinado de motores eléctricos. Martínez Domínguez

Cronograma/calendario

En función de la planificación realizada por cada docente.

Cuestionario

- 1 ¿Qué entiende usted por normas de seguridad eléctrica?
- 2 ¿Qué entiende usted por riesgo eléctrico?
- 3 ¿Cuál es la diferencia entre una persona electrizada y una persona electrocutada?
- 4 ¿Cuáles son los efectos de la circulación de corriente eléctrica a través del cuerpo de una persona?
- 5 Experiencia suscitada durante el desarrollo de esta práctica.

4.2. Práctica No. 2: Comprobación de funcionamiento de elementos del banco de devanados estáticos trifásicos.

4.2.1. Datos informativos

- **MATERIA:** Maquinaria Eléctrica
- **PRÁCTICA N° 2**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**N.N.
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.2.2. Datos de la práctica

- **Tema:** Comprobación de funcionamiento de elementos del banco de devanados estáticos trifásicos

Objetivo general:

Conocer el funcionamiento del banco de pruebas utilizado para realizar las correspondientes prácticas de instalaciones industriales.

Objetivos específicos:

Identificar los bloques de elementos que forman el banco de pruebas en cada uno de los elementos que forman cada bloque.

Probar cada uno de los elementos y verificar su correcto funcionamiento.

Procedimiento

- Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.
- Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos, Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

- Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

Condiciones de funcionamiento

Verificar la operatividad de todos los dispositivos del banco de control industrial electromecánico, verificar continuidad en todas las borneras, verificar que no existan cables dañados y dispositivos en mal estado.

Recursos

- Banco de control industrial electromecánico.
- Instrumentación para: Tensión, Corriente.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Motor trifásico.
- Cables de laboratorio.

Registro de resultados

- Protocolo de operatividad de fuentes de alimentación.
- Protocolo de operatividad de analizadores de red.
- Protocolo de operatividad de borneras y conectores.
- Protocolo de operatividad de cables de pruebas.
- Protocolo de operatividad de luz piloto.
- Protocolo de operatividad de estructura mecánica.
- Protocolo de operatividad de fusibles.
- Protocolo de operatividad de las clavijas.
- Protocolo de operatividad de protecciones.
- Protocolo de operatividad del breaker.
- Protocolo de operatividad del estator de 24 ranuras
- Protocolo de operatividad del estator de 36 ranuras

- Protocolo de operatividad del estator de 48 ranuras

Anexos

- Guía de prácticas.
- Prácticas para el banco.

Bibliografía utilizada

- Reparación y bobinado de motores eléctrico. Fernando Martínez Domínguez.

Cronograma/calendario

De acuerdo a la planificación de cada docente.

Cuestionario

1. ¿Para qué sirve el mantenimiento programado?
2. ¿En qué consiste el mantenimiento preventivo?
3. ¿En qué consiste el mantenimiento predictivo?
4. ¿en qué consiste el mantenimiento correctivo?

Tabla 2. Toma de Valores –Variac

|  | | | | | |
|--|---------------------|--|----|-------------------------|------------------------|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | |
| EQUIPO / VARIAC / SERIE : 117 CU-3 | | | | FECHA : 05/03/15 | |
| PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTÍMETRO FLUKE | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN / FLUKE | | DIAGNOSTICO | OBSERVACIONES |
| 1 | V R-S (V) IN | | 8% | | |
| 2 | V S-T (V) IN | | 8% | | |
| 3 | V T-R (V) IN | | 8% | | |
| 4 | V R-S (V) OUT 100% | | 8% | | |
| 5 | V S-T (V) OUT 100% | | 8% | | |
| 6 | V T-R (V) OUT 100% | | 8% | | |
| 7 | V R-S (V) OUT 50% | | 8% | | |
| 8 | V S-T (V) OUT 50% | | 8% | | |
| 9 | V T-R (V) OUT 50% | | 8% | | |
| 10 | V R-S (V) OUT 0% | | 8% | | |
| 11 | V S-T (V) OUT 0% | | 8% | | |
| 12 | V T-R (V) OUT 0% | | 8% | | |
| 13 | ESTRUCTURA METÁLICA | ACEPTABLE | 4% | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO: | | | REALIZADO POR : |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | | APROBADO POR : |

Fuente: Los Autores

Tabla 3. Toma de valores – Fuente Fija

|  | | | | | | |
|--|---------------------|--|-----|--------------------|------------------------|-------------------------|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | FECHA : 05/03/15 |
| EQUIPO / FUENTE FIJA / SERIE : 555-77 | | | | | | FECHA : 05/03/15 |
| PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTÍMETRO FLUKE | | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN / FLUKE | | DIAGNOSTICO | | OBSERVACIONES |
| 1 | V R-S (V) IN | | 9% | | | |
| 2 | V S-T (V) IN | | 9% | | | |
| 3 | V T-R (V) IN | | 9% | | | |
| 4 | V R-S (V) OUT 100% | | 9% | | | |
| 5 | V S-T (V) OUT 100% | | 9% | | | |
| 6 | V T-R (V) OUT 100% | | 9% | | | |
| 10 | V R-S (V) OUT 0% | | 9% | | | |
| 11 | V S-T (V) OUT 0% | | 9% | | | |
| 12 | V T-R (V) OUT 0% | | 9% | | | |
| 13 | ESTRUCTURA METÁLICA | ACEPTABLE | 10% | | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO: | | | REALIZADO POR : | |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | | APROBADO POR : | |

Fuente: Los Autores

Tabla 4. Toma de Valores – Analizador de Red

|  | | | | | | |
|--|-------------|----------------|----|-------------------------|--|---------------|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
| INSTRUMENTACIÓN / ANALIZADOR DE RED / FLUKE 374 / SERIE: SENTRONPAC 3200 | | | | FECHA : 05/03/15 | | |
| PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL DEVANADO POR POLOS TIPO CONCÉNTRICO DE 2 POLOS DEL ESTATOR DE 24 RANURAS | | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN / FLUKE | | DIAGNOSTICO | | OBSERVACIONES |
| 1 | V R-S (V) | | 7% | | | |
| 2 | V S-T (V) | | 7% | | | |
| 3 | V T-R (V) | | 7% | | | |
| 4 | V R-N (V) | | 7% | | | |
| 5 | V S-N (V) | | 7% | | | |
| 6 | V T-N (V) | | 7% | | | |
| 7 | IR (A) | | 7% | | | |
| 8 | IS (A) | | 7% | | | |
| 9 | IT (A) | | 7% | | | |

| | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|---|--|--|-----------------|
| 10 | P 3Φ (W) | | 7% | | | |
| 11 | Q3Φ (VAR) | | 7% | | | |
| 12 | S3Φ (VA) | | 7% | | | |
| 13 | fp3Φ | | 7% | | | |
| 14 | TC-30/5A | ACEPTABLE | 1% | | | |
| 15 | OTROS | ACEPTABLE | 1% | | | |
| RECOMENDACIONES | | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO | | | REALIZADO POR : |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | | RECIBIDO POR | | | APROBADO POR : |

Fuente: Los Autores

Tabla 5. Toma de Valores - Borneras y Conectores

|  | | | | | | |
|--|-----------------------------|---|-----|--------------------|-----------------------------------|----------------------|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
| ELEMENTOS / BORNERAS Y CONECTORES / SERIE : AMERICANA | | | | | FECHA : 05/03/15 | |
| PRUEBA REALIZADA : CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y ESFUERZO MECÁNICO | | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN | | DIAGNOSTICO | | OBSERVACIONES |
| 1 | SOPORTE | 2 TUERCAS | 20% | | | |
| 2 | AISLADOR EXTERNO DE BORNERA | FIJO | 20% | | | |
| 3 | AISLADOR DE TERMINAL | FIJO | 20% | | | |
| 4 | MACHINADO DE TERMINAL | ACEPTABLE | 20% | | | |
| 5 | OTROS | ACEPTABLE | 20% | | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO | | | REALIZADO POR : | |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | | APROBADO POR : | |

Fuente: Los Autores

Tabla 6. Toma de Valores –Cables de Prueba

|  | | | | | | |
|--|----------------------|---|-----|-------------|--|-------------------------|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
| ELEMENTOS / CABLES DE PRUEBA / SERIE : SC1 | | | | | | FECHA : 05/03/15 |
| PRUEBA REALIZADA : CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y CONDICIÓN EXTERNA | | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN / FLUKE | | DIAGNOSTICO | | OBSERVACIONES |
| 1 | CONDUCTIVIDAD (OHMS) | 0 | 25% | | | |
| 2 | AISLAMIENTO DE PLUG | ACEPTABLE | 25% | | | |
| 3 | AGARRE DEL CABLE | ACEPTABLE | 25% | | | |
| 4 | OTROS | ACEPTABLE | 25% | | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO: | | | | REALIZADO POR : |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | | | APROBADO POR : |

Fuente: Los Autores

Tabla 7. Toma de Valores – Estructura Mecánica

|  | | | | | | |
|--|----------------------------|--|-----|-----------------|-------------------------|--|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
| EQUIPO / ESTRUCTURA MECÁNICA | | | | | FECHA : 05/03/15 | |
| PRUEBA REALIZADA : NIVELACIÓN CON NIVEL DE BURBUJA Y ACABADO ESTÉTICO | | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN | | DIAGNOSTICO | OBSERVACIONES | |
| 1 | NIVEL HORIZONTAL | ACEPTABLE | 15% | | | |
| 2 | NIVEL VERTICAL | ACEPTABLE | 15% | | | |
| 3 | PERFIL DE PROTECCIÓN | ACEPTABLE | 15% | | | |
| 4 | COBERTURA DE AMORTIGUACIÓN | ACEPTABLE | 15% | | | |
| 5 | SOLDADURA | ACEPTABLE | 15% | | | |
| 6 | PINTURA | ACEPTABLE | 15% | | | |
| 7 | OTROS | ACEPTABLE | 10% | | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA ESTRUCTURA: | | REALIZADO POR : | | |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | APROBADO POR : | | |

Fuente: Los Autores

Tabla 8. Toma de Valores – Fusible 10A

|  | | | | | | |
|--|-----------------------|---|-----|--------------------|-------------------------|----------------------|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
| ELEMENTOS / PROTECCIONES / : FUSIBLES 10 AMP / SERIE: CAMSCO RT14-20 | | | | | FECHA : 05/03/15 | |
| PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD | | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN / FLUKE | | DIAGNOSTICO | | OBSERVACIONES |
| 1 | LÍNEAS DEL SUPERVISOR | ACEPTABLE | 50% | | | |
| 2 | OTROS | ACEPTABLE | 50% | | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO: | | | REALIZADO POR : | |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | | APROBADO POR : | |

Fuente: Los Autores

Tabla 9. Toma de Valores – Clavija 1

|  | | | | | |
|--|------------------|---|-----|-------------|-------------------------|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | |
| EQUIPOS / TOMACORRIENTE PARA CLAVIJA / LEGRAND / SERIE : 555-77 | | | | | FECHA : 07/08/14 |
| PRUEBA REALIZADA : VERIFICACIÓN DE LÍNEAS DE VOLTAJE | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN / FLUKE 374 | | DIAGNOSTICO | OBSERVACIONES |
| 1 | TOMA FUENTE FIJA | ACEPTABLE | 90% | | |
| 2 | OTROS | ACEPTABLE | 10% | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO: | | | REALIZADO POR : |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | | APROBADO POR : |

Fuente: Los Autores

Tabla 10. Toma de Valores – Luz Piloto Fuente Fija

|  | | | | | | |
|--|-----------------|--|-----|-------------------------|-----------------|----------------------|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
| EQUIPOS / LUZ PILOTO ALIMENTACIÓN FIJA / ABB / SERIE : CL-523G | | | | FECHA : 05/03/15 | | |
| PRUEBA REALIZADA : ENCENDIDO Y APAGADO | | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN/FLUKE | | DIAGNOSTICO | | OBSERVACIONES |
| 1 | CONTACTO X1 | ACCEPTABLE | 45% | | | |
| 2 | CONTACTO X2 | ACCEPTABLE | 45% | | | |
| 3 | OTROS | ACCEPTABLE | 10% | | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO: | | | REALIZADO POR : | |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | | APROBADO POR : | |

Fuente: Los Autores

Tabla 11. Toma de Valores – Breaker 32A

|  | | | | | | |
|--|-----------------|--|-----|-------------|-------------------------|---------------|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS | | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
| EQUIPO / PROTECCIONES / : BREAKER 3Ø - 32AMP / SERIE: ABB S203 | | | | | FECHA : 05/03/15 | |
| PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA | | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN / FLUKE | | DIAGNOSTICO | | OBSERVACIONES |
| 1 | CONTACTOS 1,3,5 | ACEPTABLE | 45% | | | |
| 2 | CONTACTOS 2,4,6 | ACEPTABLE | 45% | | | |
| 3 | OTROS | ACEPTABLE | 10% | | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO: | | | REALIZADO POR : | |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | | APROBADO POR : | |

Fuente: Los Autores

Tabla 12. Toma de Valores – estator 24 ranuras - devanado 1

|  | | | | | | |
|--|-----------------|---|----|--------------------|-------------------------|--|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
| EQUIPO / ESTATOR 24 RANURAS DEVANADO 1 | | | | | FECHA : 05/03/15 | |
| PRUEBA REALIZADA : DEVANADO EN ESTRELLA, SIN CARGA 220VAC L-L | | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN / FLUKE | | DIAGNOSTICO | OBSERVACIONES | |
| 1 | V U-V (V) | 214 | 8% | | | |
| 2 | V V-W (V) | 215 | 8% | | | |
| 3 | V W-U (V) | 214 | 8% | | | |
| 4 | V X-Y (V) | 0 | 8% | | | |
| 5 | V Y-Z (V) | 0 | 8% | | | |
| 6 | V Z-X (V) | 0 | 8% | | | |
| 7 | IU (A) | 0.2 | 8% | | | |
| 8 | IV (A) | 0.2 | 8% | | | |
| 9 | IW (A) | 0.2 | 8% | | | |
| 10 | P 3Φ (W) | 40 | 7% | | | |
| 11 | Q3Φ (VAR) | 50 | 7% | | | |
| 12 | S3Φ (VA) | 60 | 7% | | | |
| 13 | fp3Φ | 0.64 | 7% | | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO | | | REALIZADO POR : | |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | | APROBADO POR : | |

Fuente: Los Autores

Tabla 13. Toma de Valores – estator 24 ranuras - devanado 2

|  | | | | | | |
|--|-----------------|---|----|--------------------|-------------------------|--|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
| EQUIPO / ESTATOR 24 RANURAS DEVANADO 2 | | | | | FECHA : 05/03/15 | |
| PRUEBA REALIZADA : DEVANADO EN ESTRELLA, SIN CARGA 220VAC L-L | | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN / FLUKE | | DIAGNOSTICO | OBSERVACIONES | |
| 1 | V U-V (V) | | 8% | | | |
| 2 | V V-W (V) | | 8% | | | |
| 3 | V W-U (V) | | 8% | | | |
| 4 | V X-Y (V) | | 8% | | | |
| 5 | V Y-Z (V) | | 8% | | | |
| 6 | V Z-X (V) | | 8% | | | |
| 7 | IU (A) | | 8% | | | |
| 8 | IV (A) | | 8% | | | |
| 9 | IW (A) | | 8% | | | |
| 10 | P 3Φ (W) | | 7% | | | |
| 11 | Q3Φ (VAR) | | 7% | | | |
| 12 | S3Φ (VA) | | 7% | | | |
| 13 | fp3Φ | | 7% | | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO | | | REALIZADO POR : | |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | | APROBADO POR : | |

Fuente: Los Autores

Tabla 14. Toma de Valores – estator 36 ranuras - devanado3



INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / ESTATOR 36 RANURAS DEVANADO3

FECHA : 05/03/15

PRUEBA REALIZADA : DEVANADO EN ESTRELLA, SIN CARGA 220VAC L-L

| ITEM | VARIABLE | PATRÓN / FLUKE | | DIAGNOSTICO | OBSERVACIONES |
|-----------------------------|-------------|--|----|-------------|-----------------|
| 1 | V U-V (V) | 214 | 8% | | |
| 2 | V V-W (V) | 215 | 8% | | |
| 3 | V W-U (V) | 214 | 8% | | |
| 4 | V X-Y (V) | 0 | 8% | | |
| 5 | V Y-Z (V) | 0 | 8% | | |
| 6 | V Z-X (V) | 0 | 8% | | |
| 7 | IU (A) | 0.2 | 8% | | |
| 8 | IV (A) | 0.2 | 8% | | |
| 9 | IW (A) | 0.2 | 8% | | |
| 10 | P 3Φ (W) | 40 | 7% | | |
| 11 | Q3Φ (VAR) | 50 | 7% | | |
| 12 | S3Φ (VA) | 60 | 7% | | |
| 13 | fp3Φ | 0.64 | 7% | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO | | | REALIZADO POR : |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | | APROBADO POR : |

Fuente: Los Autores

Tabla 15. Toma de Valores – estator de 36 ranuras - devanado 4

|  | | | | | | |
|--|-----------------|---|----|--------------------|-------------------------|--|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
| EQUIPO / ESTATOR 36 RANURAS DEVANADO 4 | | | | | FECHA : 05/03/15 | |
| PRUEBA REALIZADA : DEVANADO EN ESTRELLA, SIN CARGA 220VAC L-L | | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN / FLUKE | | DIAGNOSTICO | OBSERVACIONES | |
| 1 | V U-V (V) | 214 | 8% | | | |
| 2 | V V-W (V) | 215 | 8% | | | |
| 3 | V W-U (V) | 214 | 8% | | | |
| 4 | V X-Y (V) | 0 | 8% | | | |
| 5 | V Y-Z (V) | 0 | 8% | | | |
| 6 | V Z-X (V) | 0 | 8% | | | |
| 7 | IU (A) | 0.2 | 8% | | | |
| 8 | IV (A) | 0.2 | 8% | | | |
| 9 | IW (A) | 0.2 | 8% | | | |
| 10 | P 3Φ (W) | 40 | 7% | | | |
| 11 | Q3Φ (VAR) | 50 | 7% | | | |
| 12 | S3Φ (VA) | 60 | 7% | | | |
| 13 | fp3Φ | 0.64 | 7% | | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO | | | REALIZADO POR : | |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | | APROBADO POR : | |

Fuente: Los Autores

Tabla 16. Toma de Valores – estator de 48 ranuras - devanado5

|  | | | | | | |
|--|-----------------|---|----|--------------------|-------------------------|--|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
| EQUIPO / ESTATOR 48 RANURAS DEVANADO 5 | | | | | FECHA : 05/03/15 | |
| PRUEBA REALIZADA : DEVANADO EN ESTRELLA, SIN CARGA 220VAC L-L | | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN / FLUKE | | DIAGNOSTICO | OBSERVACIONES | |
| 1 | V U-V (V) | 214 | 8% | | | |
| 2 | V V-W (V) | 215 | 8% | | | |
| 3 | V W-U (V) | 214 | 8% | | | |
| 4 | V X-Y (V) | 0 | 8% | | | |
| 5 | V Y-Z (V) | 0 | 8% | | | |
| 6 | V Z-X (V) | 0 | 8% | | | |
| 7 | IU (A) | 0.2 | 8% | | | |
| 8 | IV (A) | 0.2 | 8% | | | |
| 9 | IW (A) | 0.2 | 8% | | | |
| 10 | P 3Φ (W) | 40 | 7% | | | |
| 11 | Q3Φ (VAR) | 50 | 7% | | | |
| 12 | S3Φ (VA) | 60 | 7% | | | |
| 13 | fp3Φ | 0.64 | 7% | | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO | | | REALIZADO POR : | |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | | APROBADO POR : | |

Fuente: Los Autores

Tabla 17. Toma de Valores – estator de 48 ranuras - devanado6

|  | | | | | | |
|--|-----------------|---|----|--------------------|-------------------------|--|
| INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | | |
| PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
| EQUIPO / ESTATOR 48 RANURAS DEVANADO 6 | | | | | FECHA : 05/03/15 | |
| PRUEBA REALIZADA : DEVANADO EN ESTRELLA, SIN CARGA 220VAC L-L | | | | | | |
| ITEM | VARIABLE | PATRÓN / FLUKE | | DIAGNOSTICO | OBSERVACIONES | |
| 1 | V U-V (V) | 214 | 8% | | | |
| 2 | V V-W (V) | 215 | 8% | | | |
| 3 | V W-U (V) | 214 | 8% | | | |
| 4 | V X-Y (V) | 0 | 8% | | | |
| 5 | V Y-Z (V) | 0 | 8% | | | |
| 6 | V Z-X (V) | 0 | 8% | | | |
| 7 | IU (A) | 0.2 | 8% | | | |
| 8 | IV (A) | 0.2 | 8% | | | |
| 9 | IW (A) | 0.2 | 8% | | | |
| 10 | P 3Φ (W) | 40 | 7% | | | |
| 11 | Q3Φ (VAR) | 50 | 7% | | | |
| 12 | S3Φ (VA) | 60 | 7% | | | |
| 13 | fp3Φ | 0.64 | 7% | | | |
| RECOMENDACIONES: | | PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO | | | REALIZADO POR : | |
| RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO | | RECIBIDO POR : | | | APROBADO POR : | |

Fuente: Los Autores

4.3. Práctica No. 3: Análisis del funcionamiento de un devanado estatórico trifásico.

4.3.1. Datos informativos

- **MATERIA:** Maquinaria Eléctrica
- **PRÁCTICA N° 3**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**N.N.
- **TIEMPO ESTIMADO:** 1 Hora

4.3.2. Datos de la práctica

- **Tema:** Análisis del funcionamiento de un devanado estatórico trifásico de 24, 36, 48 ranuras.

Objetivo general:

Producir un campo magnético giratorio en un estator de 24, 36 y 48 ranuras.

Objetivos específicos:

Realizar las conexiones entre las bobinas que forman los devanados en los estatores.

Energizar, medir y comparar los diferentes parámetros eléctricos de cada uno de los devanados de los estatores.

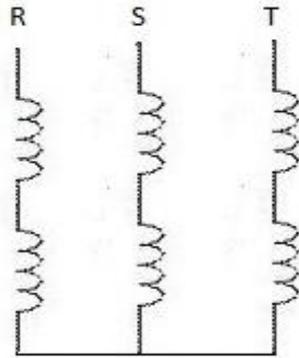
Comprender el cómo se produce un campo magnético giratorio.

Procedimiento

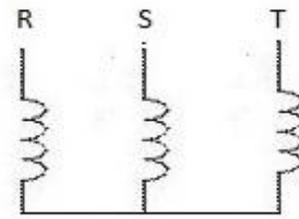
- Realizar las conexiones entre las bobinas de cada uno de los devanados para formar la cantidad de polos que les corresponde a cada uno de ellos.

Figura 24. Conexiones de devanados en estrella. Practica # 3

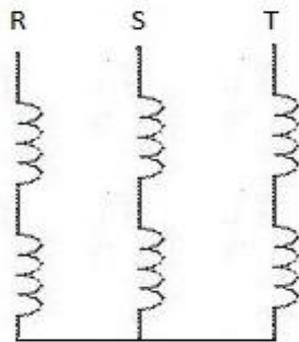
DEVANADO 1



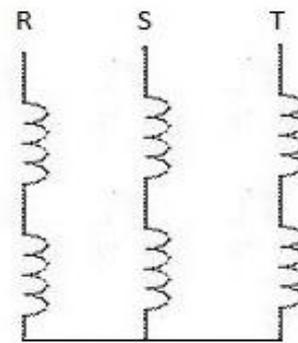
DEVANADO 2



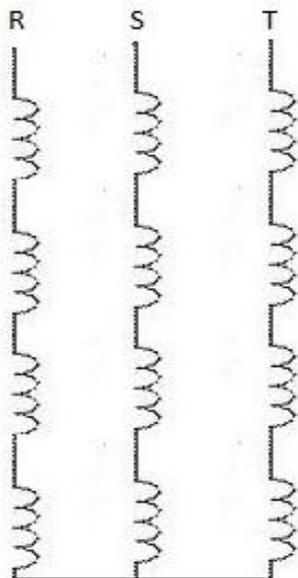
DEVANADO 3



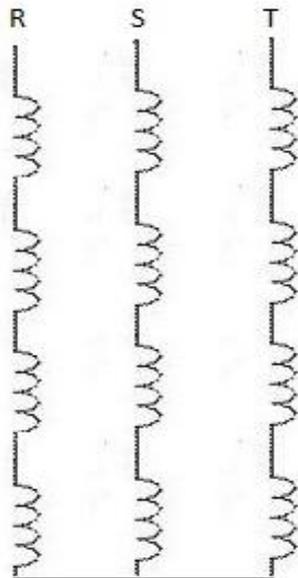
DEVANADO 4



DEVANADO 5



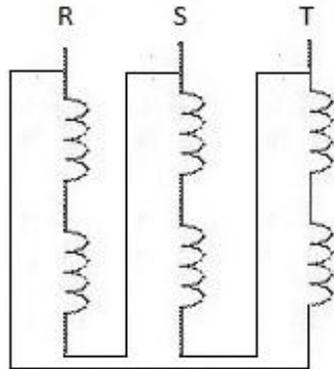
DEVANADO 6



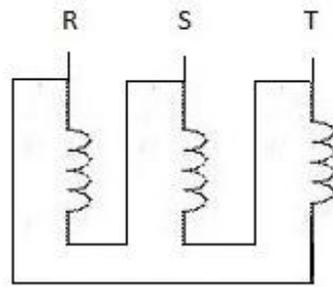
Fuente: Los Autores

Figura 25. Conexiones de devanados en delta. Practica # 3

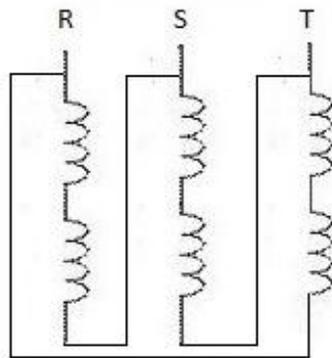
DEVANADO 1



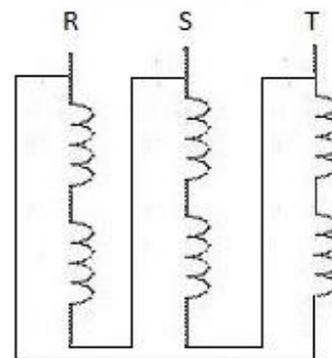
DEVANADO 2



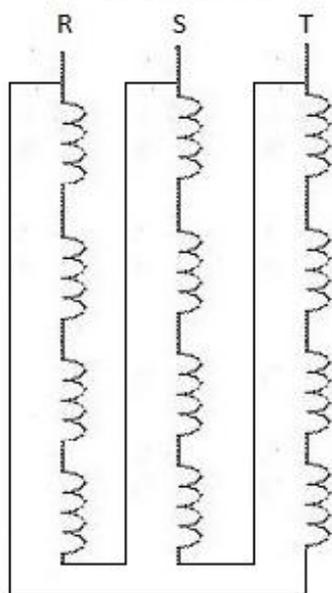
DEVANADO 3



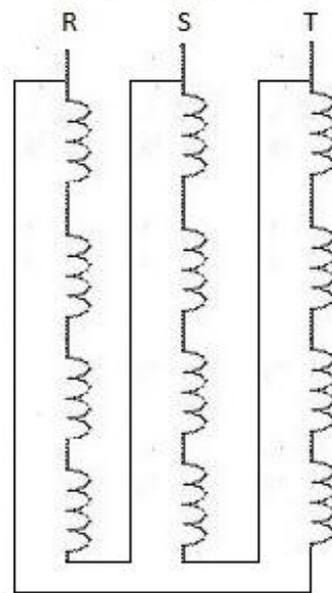
DEVANADO 4



DEVANADO 5



DEVANADO 6



Fuente: Los Autores

- Energizar de manera individual cada uno de los devanados e identificar el sentido de giro del rotor para cada devanado.
- Medir y comparar los parámetros eléctricos de cada devanado para cada sentido de rotación del rotor.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

Recursos utilizados

- Banco de pruebas para devanados estáticos trifásicos.
- Equipos para medición de: Tensión, Corriente, frecuencia y factor de potencia.
- Estator de 24 ranuras
- Estator de 36 ranuras
- Estator de 48 ranuras
- Cables de laboratorio.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Registro de resultados

- Tabla No.1 para la prueba No. 1:
- Tabla No.2 para la prueba No. 2:
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios, conclusiones.
- Protocolo de operatividad de protecciones.

Anexos

- Tablas para mediciones y resultados.

Bibliografía utilizada

- Maquinas eléctricas. Sthepe Chapman.
- Maquinas Eléctricas. Jesús Fraile Mora.
- Reparación y bobinado de motores eléctricos. Martínez Domínguez

Cronograma/calendario

En función de la planificación realizada por cada docente.

Cuestionario

1. ¿Cuáles son la configuración básicas de construcción de los estatores?
2. ¿Cuántos tipos de ranuras existen? ¿Por qué?
3. ¿Por qué existen estatores con diferentes números de ranuras?
4. ¿Por qué un sistema de corrientes trifásico produce un campo magnético?
5. Experiencia suscitada durante el desarrollo de esta práctica.
6. Conclusiones

Tabla 18. Practica 3 - Prueba # 1 Maquina Trifásica rotativa en Estrella

| PRUEBA N° 1 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA EN ESTRELLA /TODOS LOS DEVANADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---------|---|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|----|------|
| VLN (V) | | | ILA (A) | | | | | | ILB (A) | | | | | | ILC (A) | | | | | | FP | GIRA |
| A | B | C | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

Tabla 19. Practica 3 - Prueba # 2 - Maquina Trifásica rotativa en Delta

| PRUEBA N° 2 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA EN DELTA /TODOS LOS DEVANADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|----|------|
| VLN (V) | | | ILA (A) | | | | | | ILB (A) | | | | | | ILC (A) | | | | | | FP | GIRA |
| A | B | C | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

4.4.Práctica No. 4: Análisis del funcionamiento de un devanado por polos/tipo concéntrico/2polos/kd=1.

4.4.1. Datos informativos

- **MATERIA:** Maquinaria Eléctrica
- **PRÁCTICA N° 4**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**N.N.
- **TIEMPO ESTIMADO:** 1 Hora

4.4.2. Datos de la práctica

- **Tema:** Análisis del funcionamiento de un devanado por polos/tipo concéntrico/2 polos/kd=1

Objetivo general:

Realizar el análisis del funcionamiento de un devanado bajo diferentes condiciones de operación.

Objetivos específicos:

Realizar las conexiones entre las bobinas que forman el devanado tipo concéntrico por polos en el estator de 24 ranuras para formar unos devanados de 2 polos.

Energizar, medir y comparar los diferentes parámetros eléctricos de cada uno de los devanados, anterior y posterior a la inversión de giro.

Comprender que origina el cambio en el sentido de rotación del campo magnético giratorio en un devanado estáticos trifásico.

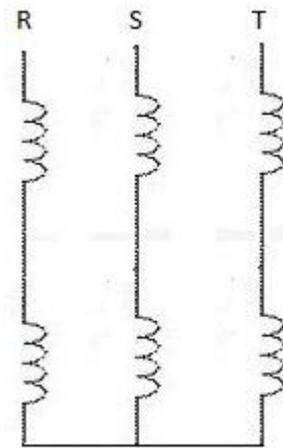
Determinar el funcionamiento del campo magnético en el estator ante una condición de falla en la alimentación del devanado.

Comprender como se afecta el campo magnético en el estator ante una conexión errada en uno de las bobinas del devanado.

Procedimiento

- Realizar las conexiones entre las bobinas del devanado por polos/tipo concéntrico/ $k_d=1$ para formar un devanado de 2 polos.

Figura 26. Devanado 1. Conexión entre bobinas. Practica # 4



Fuente. Los autores

- Energizar el devanado e identificar con que valores de corriente empieza girar el rotor y su respectivo sentido de giro.
- Invertir dos líneas de alimentación de los devanados y observar si existe la inversión del sentido de rotación del rotor.
- Simular una falla en la alimentación del devanado, de tal manera, que solo se alimente el devanado con dos líneas de alimentación.
- Simular una conexión errada en el devanado, cambiando las conexiones de las bobinas para simular la conexión errada.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

Recursos utilizados

- Banco de pruebas para devanados estáticos trifásicos.
- Equipos para medición de: Tensión, Corriente, frecuencia y factor de potencia.
- Estator de 24 ranuras
- Cables de laboratorio.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Registro de resultados

- Tabla No.1 para la prueba No. 1:
- Tabla No.2 para la prueba No. 2:
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios, conclusiones.
- Protocolo de operatividad de protecciones.

Anexos

- Tablas para mediciones y resultados.

Bibliografía utilizada

- Maquinas eléctricas. Sthepe Chapman.
- Maquinas Eléctricas. Jesús Fraile Mora.
- Reparación y bobinado de motores eléctricos. Martínez Domínguez

Cronograma/calendario

En función de la planificación realizada por cada docente.

Cuestionario

1. ¿Para qué valor de corriente en los devanados el rotor rompe su inercia y empieza a rotar? ¿Por qué?
2. ¿La velocidad de giro del rotor depende del número de polos? ¿Por qué?
3. ¿De qué factores depende la magnitud de la corriente de arranque en los devanados del estator?
4. Experiencia suscitada durante el desarrollo de esta práctica.
5. Conclusiones

Tabla 20. Practica 4 - Prueba # 1 - Maquina Trifásica rotativa por polos

| PRUEBA N° 1 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA/POR POLOS/TIPO CONCÉNTRICO/2 POLOS/Kd=1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--------|---|---|----|------|------------------|---|---|--------|---|---|----|------|
| GIRO HORARIO | | | | | | | | GIRO ANTIHORARIO | | | | | | | |
| VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA | VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA |
| A | B | C | A | B | C | | | A | B | C | A | B | C | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

Tabla 21. Practica 4 - Prueba # 2 - Maquina Trifásica rotativa por polos

| PRUEBA N° 2 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA/POR POLOS/TIPO CONCÉNTRICO/2 POLOS/Kd=1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--------|---|---|----|------|----------------------------------|---|---|--------|---|---|----|------|
| FALLA EN LA ALIMENTACIÓN | | | | | | | | FALLA EN CONEXIONES DEL DEVANADO | | | | | | | |
| VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA | VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA |
| A | B | C | A | B | C | | | A | B | C | A | B | C | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

4.5. Práctica No. 5: Análisis del funcionamiento de un devanado por polos consecuentes/tipo concéntrico/2polos/kd=1.

4.5.1. Datos informativos

- **MATERIA:** Maquinaria Eléctrica
- **PRÁCTICA N° 5**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**N.N.
- **TIEMPO ESTIMADO:** 1 Hora

4.5.2. Datos de la práctica

- **Tema:** Análisis del funcionamiento de un devanado por polos consecuentes/tipo concéntrico/2 polos/kd=1

Objetivo general:

Realizar el análisis del funcionamiento de un devanado bajo diferentes condiciones de operación.

Objetivos específicos:

Realizar las conexiones entre las bobinas que forman el devanado tipo concéntrico por polos consecuentes en el estator de 24 ranuras para formar un devanado de 2 polos.

Energizar, medir y comparar los diferentes parámetros eléctricos de cada uno de los devanados, anterior y posterior a la inversión de giro.

Comprender que origina el cambio en el sentido de rotación del campo magnético giratorio en un devanado estático trifásico.

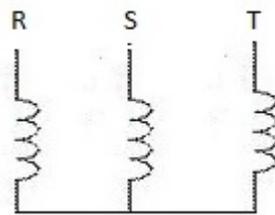
Determinar el funcionamiento del campo magnético en el estator ante una condición de falla en la alimentación del devanado.

Comprender como se afecta el campo magnético en el estator ante una conexión errada en uno de las bobinas del devanado.

Procedimiento

- Realizar las conexiones entre las bobinas del devanado por polos consecuentes/tipo concéntrico/ $k_d=1$ para formar un devanado de 2 polos.

Figura 27. Devanado 2. Conexiones entre bobinas. Practica # 5



Fuente: Los Autores

- Energizar el devanado e identificar con que valores de corriente empieza girar el rotor y su respectivo sentido de giro.
- Invertir dos líneas de alimentación de los devanados y observar si existe la inversión del sentido de rotación del rotor.
- Simular una falla en la alimentación del devanado, de tal manera, que solo se alimente el devanado con dos líneas de alimentación.
- Simular una conexión errada en el devanado, cambiando las conexiones de las bobinas para simular la conexión errada.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

Recursos utilizados

- Banco de pruebas para devanados estáticos trifásicos.
- Equipos para medición de: Tensión, Corriente, frecuencia y factor de potencia.
- Estator de 24 ranuras
- Cables de laboratorio.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Registro de resultados

- Tabla No.1 para la prueba No. 1:
- Tabla No.2 para la prueba No. 2:
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios, conclusiones.
- Protocolo de operatividad de protecciones.

Anexos

- Tablas para mediciones y resultados.

Bibliografía utilizada

- Maquinas eléctricas. Sthepe Chapman.
- Maquinas Eléctricas. Jesús Fraile Mora.
- Reparación y bobinado de motores eléctricos. Martínez Domínguez

Cronograma/calendario

En función de la planificación realizada por cada docente.

Cuestionario

1. ¿Qué es la curva de magnetización?
2. ¿Qué es la curva de histéresis?
3. ¿En qué consisten las perdidas eléctricas en un motor y/o generador?
4. ¿En qué consisten las perdidas mecánicas en un motor y/o generador?
5. Experiencia suscitada durante el desarrollo de esta práctica.
6. Conclusiones

Tabla 22. Practica 5 - Prueba # 1 - Maquina Trifásica rotativa por polos consecuentes

| PRUEBA N° 1 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA/POR POLOS CONSECUENTES/TIPO CONCÉNTRICO/2 POLOS/Kd=1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|--------|---|---|----|------------------|---------|---|---|--------|---|---|----|------|
| GIRO HORARIO | | | | | | | GIRO ANTIHORARIO | | | | | | | | |
| VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA | VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA |
| A | B | C | A | B | C | | | A | B | C | A | B | C | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

Tabla 23. Practica 5 - Prueba # 2 - Maquina Trifásica rotativa por polos consecuentes

| PRUEBA N° 2 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA/POR POLOS CONSECUENTES/TIPO CONCÉNTRICO/2 POLOS/Kd=1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|--------|---|---|----|----------------------------------|---------|---|---|--------|---|---|----|------|
| FALLA EN LA ALIMENTACIÓN | | | | | | | FALLA EN CONEXIONES DEL DEVANADO | | | | | | | | |
| VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA | VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA |
| A | B | C | A | B | C | | | A | B | C | A | B | C | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

4.6. Práctica No. 6: Análisis del funcionamiento de un devanado por polos consecuentes/tipo imbricado/4 polos/kd=1.

4.6.1. Datos informativos

- **MATERIA:** Maquinaria Eléctrica
- **PRÁCTICA N°6**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**N.N.
- **TIEMPO ESTIMADO:** 1 Hora

4.6.2. Datos de la práctica

- **Tema:** Análisis del funcionamiento de un devanado por polos/tipo imbricado/4 polos/kd=1

Objetivo general:

Realizar el análisis del funcionamiento de un devanado bajo diferentes condiciones de operación.

Objetivos específicos:

Realizar las conexiones entre las bobinas que forman el devanado tipo imbricado, por polos consecuentes, en el estator de 36 ranuras para formar un devanado de 4 polos.

Energizar, medir y comparar los diferentes parámetros eléctricos de cada uno de los devanados, anterior y posterior a la inversión de giro.

Comprender que origina el cambio en el sentido de rotación del campo magnético giratorio en un devanado estático trifásico.

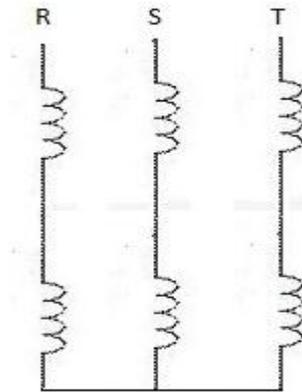
Determinar el funcionamiento del campo magnético en el estator ante una condición de falla en la alimentación del devanado.

Comprender como se afecta el campo magnético en el estator ante una conexión errada en uno de las bobinas del devanado.

Procedimiento

- Realizar las conexiones entre las bobinas del devanado por polos/tipo imbricado/ $k_d=1$ para formar un devanado de 4 polos.

Figura 28. Devanado 3. Conexiones entre bobinas. Practica # 6



Fuente: Los Autores

- Energizar el devanado e identificar con que valores de corriente empieza girar el rotor y su respectivo sentido de giro.
- Invertir dos líneas de alimentación de los devanados y observar si existe la inversión del sentido de rotación del rotor.
- Simular una falla en la alimentación del devanado, de tal manera, que solo se alimente el devanado con dos líneas de alimentación.
- Simular una conexión errada en el devanado, cambiando las conexiones de las bobinas para simular la conexión errada.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

Recursos utilizados

- Banco de pruebas para devanados estáticos trifásicos.
- Equipos para medición de: Tensión, Corriente, frecuencia y factor de potencia.
- Estator de 36 ranuras
- Cables de laboratorio.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Registro de resultados

- Tabla No.1 para la prueba No. 1:
- Tabla No.2 para la prueba No. 2:
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios, conclusiones.
- Protocolo de operatividad de protecciones.

Anexos

- Tablas para mediciones y resultados.

Bibliografía utilizada

- Maquinas eléctricas. Sthepe Chapman.
- Maquinas Eléctricas. Jesús Fraile Mora.
- Reparación y bobinado de motores eléctricos. Martínez Domínguez

Cronograma/calendario

En función de la planificación realizada por cada docente.

Cuestionario

1. ¿Qué son las pérdidas magnéticas en un motor y/o generador? Explique cómo minimizarlas.
2. ¿Para qué valor de corriente el rotor invierte su sentido de giro? ¿Por qué?
3. ¿Por qué al invertir dos líneas de alimentación se invierte el sentido de giro del campo magnético giratorio?
4. ¿Qué efecto produce en el rotor y en las corrientes un desbalance del voltaje en la alimentación de los devanados?
5. Experiencia suscitada durante el desarrollo de esta práctica.
6. Conclusiones

Tabla 24. Practica 6 - Prueba # 1 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo imbricado

| PRUEBA N° 1 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA/POR POLOS/TIPO IMBRICADO/4 POLOS/Kd=1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--------|---|---|----|------------------|---------|---|---|--------|---|---|----|------|
| GIRO HORARIO | | | | | | | GIRO ANTIHORARIO | | | | | | | | |
| VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA | VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA |
| A | B | C | A | B | C | | | A | B | C | A | B | C | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

Tabla 25. Practica 6 - Prueba # 2 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo imbricado

| PRUEBA N° 2 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA/POR POLOS/TIPO IMBRICADO/4 POLOS/Kd=1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--------|---|---|----|----------------------------------|---------|---|---|--------|---|---|----|------|
| FALLA EN LA ALIMENTACIÓN | | | | | | | FALLA EN CONEXIONES DEL DEVANADO | | | | | | | | |
| VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA | VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA |
| A | B | C | A | B | C | | | A | B | C | A | B | C | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

4.7. Práctica No. 7: Análisis del funcionamiento de un devanado por polos consecuentes/tipo concéntrico/ 4 polos/kd=1

4.7.1. Datos informativos

- **MATERIA:** Maquinaria Eléctrica
- **PRÁCTICA N° 7**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**N.N.
- **TIEMPO ESTIMADO:** 1 Hora

4.7.2. Datos de la práctica

- **Tema:** Análisis del funcionamiento de un devanado por polos consecuentes/tipo concéntrico/4 polos/kd=1

Objetivo general:

Realizar el análisis del funcionamiento de un devanado bajo diferentes condiciones de operación.

Objetivos específicos:

Realizar las conexiones entre las bobinas que forman el devanado tipo concéntrico, por polos consecuentes, en el estator de 36 ranuras para formar un devanado de 4 polos.

Energizar, medir y comparar los diferentes parámetros eléctricos de cada uno de los devanados, anterior y posterior a la inversión de giro.

Comprender que origina el cambio en el sentido de rotación del campo magnético giratorio en un devanado estático trifásico.

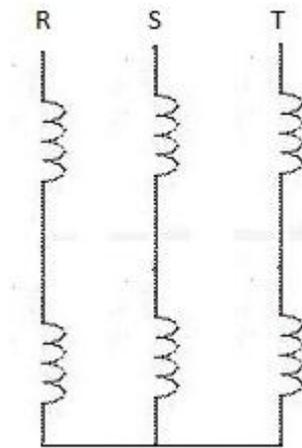
Determinar el funcionamiento del campo magnético en el estator ante una condición de falla en la alimentación del devanado.

Comprender como se afecta el campo magnético en el estator ante una conexión errada en uno de las bobinas del devanado.

Procedimiento

- Realizar las conexiones entre las bobinas del devanado por polos consecuentes/tipo concéntrico/ $k_d=1$ para formar un devanado de 4 polos.

Figura 29. Devanado 4. Conexiones entre bobinas. Practica # 7



Fuente: Los Autores

- Energizar el devanado e identificar con que valores de corriente empieza girar el rotor y su respectivo sentido de giro.
- Invertir dos líneas de alimentación de los devanados y observar si existe la inversión del sentido de rotación del rotor.
- Simular una falla en la alimentación del devanado, de tal manera, que solo se alimente el devanado con dos líneas de alimentación.
- Simular una conexión errada en el devanado, cambiando las conexiones de las bobinas para simular la conexión errada.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

Recursos utilizados

- Banco de pruebas para devanados estáticos trifásicos.
- Equipos para medición de: Tensión, Corriente, frecuencia y factor de potencia.
- Estator de 36 ranuras
- Cables de laboratorio.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Registro de resultados

- Tabla No.1 para la prueba No. 1:
- Tabla No.2 para la prueba No. 2:
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios, conclusiones.
- Protocolo de operatividad de protecciones.

Anexos

- Tablas para mediciones y resultados.

Bibliografía utilizada

- Maquinas eléctricas. Sthepe Chapman.
- Maquinas Eléctricas. Jesús Fraile Mora.
- Reparación y bobinado de motores eléctricos. Martínez Domínguez

Cronograma/calendario

En función de la planificación realizada por cada docente.

Cuestionario

1. ¿Qué sucede con la velocidad de giro del rotor al fallar la alimentación del devanado?
2. ¿En qué porcentaje incrementa o decrementa la corriente de alimentación en los devanados al fallar una línea de la alimentación del devanado?
3. ¿Cómo se afecta la velocidad y sentido de giro del rotor se afecta al fallar la conexión de las bobinas del devanado? ¿Por qué?
4. ¿Cómo reacciona la corriente de alimentación del devanado al fallar la conexión de las bobinas en el devanado?
5. Experiencia suscitada durante el desarrollo de esta práctica.
6. Conclusiones

Tabla 26. Practica 7 - Prueba # 1 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo concéntrico

| PRUEBA N° 1 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA/POR POLOS CONSECUENTES/TIPO CONCÉNTRICO/4 POLOS/Kd=1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|--------|---|---|----|------------------|---------|---|---|--------|---|---|----|------|
| GIRO HORARIO | | | | | | | GIRO ANTIHORARIO | | | | | | | | |
| VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA | VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA |
| A | B | C | A | B | C | | | A | B | C | A | B | C | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

Tabla 27. Practica 7 - Prueba # 2 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo concéntrico

| PRUEBA N° 2 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA/POR POLOS CONSECUENTES/TIPO CONCÉNTRICO/4 POLOS/Kd=1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|--------|---|---|----|------|----------------------------------|---|---|--------|---|---|----|------|
| FALLA EN LA ALIMENTACIÓN | | | | | | | | FALLA EN CONEXIONES DEL DEVANADO | | | | | | | |
| VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA | VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA |
| A | B | C | A | B | C | | | A | B | C | A | B | C | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

4.8. Práctica No. 8: Análisis del funcionamiento de un devanado por polos/tipo concéntrico/ 4 polos/kd=1 en un estator de 48 ranuras

4.8.1. Datos informativos

- **MATERIA:** Maquinaria Eléctrica
- **PRÁCTICA N° 8**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**N.N.
- **TIEMPO ESTIMADO:** 1 Hora

4.8.2. Datos de la práctica

- **Tema:** Análisis del funcionamiento de un devanado por polos/tipo concéntrico/4 polos/kd=1 en un estator de 48 ranuras

Objetivo general:

Realizar el análisis del funcionamiento de un devanado bajo diferentes condiciones de operación.

Objetivos específicos:

Realizar las conexiones entre las bobinas que forman el devanado tipo concéntrico, por polos, en el estator de 48 ranuras para formar un devanado de 4 polos.

Energizar, medir y comparar los diferentes parámetros eléctricos de cada uno de los devanados, anterior y posterior a la inversión de giro.

Comprender que origina el cambio en el sentido de rotación del campo magnético giratorio en un devanado estático trifásico.

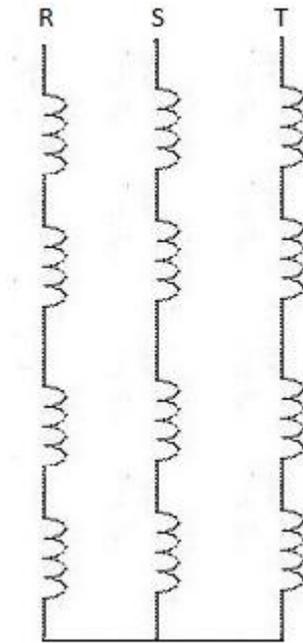
Determinar el funcionamiento del campo magnético en el estator ante una condición de falla en la alimentación del devanado.

Comprender como se afecta el campo magnético en el estator ante una conexión errada en uno de las bobinas del devanado.

Procedimiento

- Realizar las conexiones entre las bobinas del devanado por polos/tipo concéntrico/ $k_d=1$ para formar un devanado de 4 polos en un estator de 48 ranuras.

Figura 30. Devanado 5. Estator de 48 ranuras. Practica # 8



Fuente: Los Autores

- Energizar el devanado e identificar con que valores de corriente empieza girar el rotor y su respectivo sentido de giro.
- Invertir dos líneas de alimentación de los devanados y observar si existe la inversión del sentido de rotación del rotor.
- Simular una falla en la alimentación del devanado, de tal manera, que solo se alimente el devanado con dos líneas de alimentación.
- Simular una conexión errada en el devanado, cambiando las conexiones de las bobinas para simular la conexión errada.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

Recursos utilizados

- Banco de pruebas para devanados estáticos trifásicos.
- Equipos para medición de: Tensión, Corriente, frecuencia y factor de potencia.
- Estator de 48 ranuras
- Cables de laboratorio.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Registro de resultados

- Tabla No.1 para la prueba No. 1:
- Tabla No.2 para la prueba No. 2:
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios, conclusiones.
- Protocolo de operatividad de protecciones.

Anexos

- Tablas para mediciones y resultados.

Bibliografía utilizada

- Maquinas eléctricas. Sthepe Chapman.
- Maquinas Eléctricas. Jesús Fraile Mora.
- Reparación y bobinado de motores eléctricos. Martínez Domínguez

Cronograma/calendario

En función de la planificación realizada por cada docente.

Cuestionario

1. ¿Qué efecto produciría en el campo magnético del estator una disposición asimétrica de sus devanados?
2. ¿Qué efecto produciría en el campo magnético del estator un cortocircuito entre espiras de uno de los devanados?
3. ¿Qué efecto produciría en las corrientes de los devanados el bloqueo total o parcial del rotor?
4. Experiencia suscitada durante el desarrollo de esta práctica.
5. Conclusiones

Tabla 28. Practica 8 - Prueba # 1 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo concéntrico

| PRUEBA N° 1 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA/POR POLOS/TIPO CONCÉNTRICO/4 POLOS/Kd=1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--------|---|---|----|------|------------------|---|---|--------|---|---|----|------|
| GIRO HORARIO | | | | | | | | GIRO ANTIHORARIO | | | | | | | |
| VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA | VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA |
| A | B | C | A | B | C | | | A | B | C | A | B | C | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

Tabla 29. Practica 8 - Prueba # 2 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo concéntrico

| PRUEBA N° 2 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA/POR POLOS/TIPO CONCÉNTRICO/4 POLOS/Kd=1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--------|---|---|----|------|----------------------------------|---|---|--------|---|---|----|------|
| FALLA EN LA ALIMENTACIÓN | | | | | | | | FALLA EN CONEXIONES DEL DEVANADO | | | | | | | |
| VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA | VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA |
| A | B | C | A | B | C | | | A | B | C | A | B | C | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

4.9. Práctica No. 9: Análisis del funcionamiento de un devanado por polos/tipo imbricado/ 4 polos/kd=1 en un estator de 48 ranuras

4.9.1. Datos informativos

- **MATERIA:** Maquinaria Eléctrica
- **PRÁCTICA N° 9**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**N.N.
- **TIEMPO ESTIMADO:** 1 Hora

4.9.2. Datos de la práctica

- **Tema:** Análisis del funcionamiento de un devanado por polos/tipo imbricado/4 polos/kd=1 en un estator de 48 ranuras

Objetivo general:

Realizar el análisis del funcionamiento de un devanado bajo diferentes condiciones de operación.

Objetivos específicos:

Realizar las conexiones entre las bobinas que forman el devanado tipo imbricado, por polos, en el estator de 48 ranuras para formar un devanado de 4 polos.

Energizar, medir y comparar los diferentes parámetros eléctricos de cada uno de los devanados, anterior y posterior a la inversión de giro.

Comprender que origina el cambio en el sentido de rotación del campo magnético giratorio en un devanado estático trifásico.

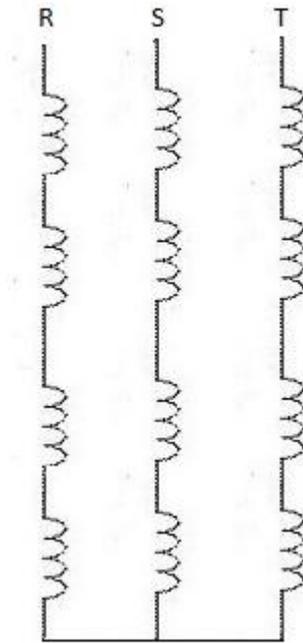
Determinar el funcionamiento del campo magnético en el estator ante una condición de falla en la alimentación del devanado.

Comprender como se afecta el campo magnético en el estator ante una conexión errada en uno de las bobinas del devanado.

Procedimiento

- Realizar las conexiones entre las bobinas del devanado por polos/tipo concéntrico/ $k_d=1$ para formar un devanado de 4 polos en un estator de 48 ranuras.

Figura 31. Devanado 6. Estator de 48 ranuras. Practica # 9



Fuente: Los Autores

- Energizar el devanado e identificar con que valores de corriente empieza girar el rotor y su respectivo sentido de giro.
- Invertir dos líneas de alimentación de los devanados y observar si existe la inversión del sentido de rotación del rotor.
- Simular una falla en la alimentación del devanado, de tal manera, que solo se alimente el devanado con dos líneas de alimentación.
- Simular una conexión errada en el devanado, cambiando las conexiones de las bobinas para simular la conexión errada.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

Recursos utilizados

- Banco de pruebas para devanados estatóricos trifásicos.
- Equipos para medición de: Tensión, Corriente, frecuencia y factor de potencia.
- Estator de 48 ranuras
- Cables de laboratorio.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Registro de resultados

- Tabla No.1 para la prueba No. 1:
- Tabla No.2 para la prueba No. 2:
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios, conclusiones.
- Protocolo de operatividad de protecciones.

Anexos

- Tablas para mediciones y resultados.

Bibliografía utilizada

- Maquinas eléctricas. Sthepe Chapman.
- Maquinas Eléctricas. Jesús Fraile Mora.
- Reparación y bobinado de motores eléctricos. Martínez Domínguez

Cronograma/calendario

En función de la planificación realizada por cada docente.

Cuestionario

1. ¿Cómo afecta al campo magnético giratorio la presencia de armónicos en la alimentación de los devanados de un estator?
2. ¿Qué elementos o condiciones de trabajo pueden originar un sobrecalentamiento en los devanados del estator?
3. Experiencia suscitada durante el desarrollo de esta práctica.
4. Conclusiones.

Tabla 30. Practica 9 - Prueba # 1 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo imbricado

| PRUEBA N° 1 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA/POR POLOS/TIPO IMBRICADO/4 POLOS/Kd=1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--------|---|---|----|------------------|---------|---|---|--------|---|---|----|------|
| GIRO HORARIO | | | | | | | GIRO ANTIHORARIO | | | | | | | | |
| VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA | VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA |
| A | B | C | A | B | C | | | A | B | C | A | B | C | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

Tabla 31. Practica 9 - Prueba # 2 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo imbricado

| PRUEBA N° 2 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA/POR POLOS/TIPO IMBRICADO/4 POLOS/Kd=1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--------|---|---|----|------|----------------------------------|---|---|--------|---|---|----|------|
| FALLA EN LA ALIMENTACIÓN | | | | | | | | FALLA EN CONEXIONES DEL DEVANADO | | | | | | | |
| VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA | VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | GIRA |
| A | B | C | A | B | C | | | A | B | C | A | B | C | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

4.10. Práctica No. 10: Análisis del funcionamiento de un devanado por polos/tipo imbricado/ 4 polos/kd=1 en un estator de 48 ranuras con un variador de frecuencia

4.10.1. Datos informativos

- **MATERIA:** Maquinaria Eléctrica
- **PRÁCTICA N°** 10
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**N.N.
- **TIEMPO ESTIMADO:** 1 Hora

4.10.2. Datos de la práctica

- **Tema:** Análisis del funcionamiento de un devanado por polos/tipo imbricado/4 polos/kd=1 en un estator de 48 ranuras con un variador de frecuencia

Objetivo general:

Realizar el análisis del funcionamiento de un devanado bajo diferentes condiciones de operación.

Objetivos específicos:

Realizar las conexiones entre las bobinas que forman el devanado tipo imbricado, por polos, en el estator de 48 ranuras para formar un devanado de 4 polos.

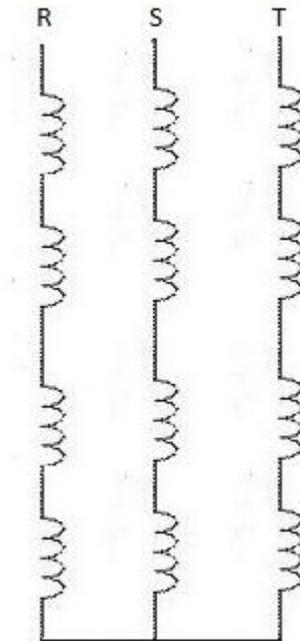
Energizar, medir y comparar los diferentes parámetros eléctricos de cada uno de los devanados, en función del cambio de frecuencia.

Comprender que efectos se producen en el campo magnético giratorio al cambiar la frecuencia de operación del devanado estáticos.

Procedimiento

- Realizar las conexiones entre las bobinas del devanado por polos/tipo imbricado/ $k_d=1$ para formar un devanado de 4 polos en un estator de 48 ranuras.

Figura 32. Devanado 6. Estator 48 ranuras. Practica # 10



Fuente: Los Autores

- Variar la frecuencia de funcionamiento de la alimentación del devanado estáticos
- Energizar el devanado e identificar con que valores de corriente empieza girar el rotor y su respectivo sentido de giro.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

Recursos utilizados

- Banco de pruebas para devanados estáticos trifásicos.
- Equipos para medición de: Tensión, Corriente, frecuencia y factor de potencia.

- Estator de 36 ranuras
- Cables de laboratorio.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Registro de resultados

- Tabla No.1 para la prueba No. 1:
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios, conclusiones.
- Protocolo de operatividad de protecciones.

Anexos

- Tablas para mediciones y resultados.

Bibliografía utilizada

- Maquinas eléctricas. Sthepe Chapman.
- Maquinas Eléctricas. Jesús Fraile Mora.
- Reparación y bobinado de motores eléctricos. Martínez Domínguez

Cronograma/calendario

En función de la planificación realizada por cada docente.

Cuestionario

1. ¿Cómo se determina el circuito equivalente de un motor de inducción?
2. ¿Cómo se determina el circuito equivalente de un generador?
3. Experiencia suscitada durante el desarrollo de esta práctica.
4. Conclusiones

Tabla 32. Practica 10 - Prueba # 1 - Maquina Trifásica rotativa por polos tipo concéntrico

| PRUEBA N° 1 /MAQUINA TRIFÁSICA ROTATIVA/POR POLOS/TIPO IMBRICADO/4 POLOS/Kd=1 | | | | | | | | |
|--|---------|---|---|--------|---|---|----|-----------|
| PRUEBA CON VARIADOR DE FRECUENCIA EXTERNO | | | | | | | | |
| FRECUENCIA | VLN (V) | | | IL (A) | | | FP | VELOCIDAD |
| | A | B | C | A | B | C | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Fuente: Los Autores

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

Una vez realizado el tablero y desarrollado las prácticas para el banco de análisis de devanados estáticos trifásicos podemos concluir lo siguiente:

Se ha podido demostrar con el modulo didáctico para análisis de devanados estáticos trifásicos lo siguiente:

Al invertirse dos líneas de alimentación del devanado estático trifásico, se invierte el sentido de rotación del campo electromagnético, sin modificar los valores de corriente medidos en cada una de las líneas de alimentación, con respecto a los valores de corriente medidos en cada línea de alimentación con el sentido de rotación original.

Al presentarse una condición de falla en un devanado estático trifásico conectado en estrella debido a una pérdida de una de las fases de alimentación del devanado, se observara un incremento de aproximadamente entre el 70 y 80% de la corriente de cada una de las dos líneas de alimentación operativas, previas a la falla.

Al conectarse una bobina de manera de un devanado estático trifásico de manera incorrecta, el campo magnético resultante en el estator no será completamente giratorio.

BIBLIOGRAFÍA

Chapman, S. J. (2005). *Maquinas Eléctricas*. Santa Fe: MC GRAW HILL.

Contreras Morocho, G. M., & Valle de la cruz, J. E. (01 de Julio de 2013). *Construcción de un motor trifásico de inducción jaula de ardilla con estator de plástico*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Politecnica Salesiana: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5544>

Fraile Mora, J. (2003). *Maquinas Electricas*. Madrid: MCGRAW-HILL.

Gutierrez, A. (1992). *Curso de Metodos de Investigación y elaboración de la Monografía*. Quito: Serie Didactica AG.

HARPER, G. E. (1989). *El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales*. Mexico D.F.: Limusa S.A.

Hayt, J. W., & Buck, J. A. (2006). *Teoría Electromagnética*. Santa Fe: MC GRAW HILL.

Kosow, I. (1991). *Maquinas Eléctricas y Transformadores*. Mexico: Prentice-Hall.

Lawrie, R. (1990). *Biblioteca Práctica de Motores Electricos*. Barcelona: Oceano.

Martínez Domínguez, F. (2001). *Reparación y Bobinado de Motores Eléctricos*. Madrid: PARANINFO.

Muñoz Razo, C. (2011). *Cómo Elaborar y Asesorar una Investigación de Tesis*. México: PEARSON.

Ochoa Gutiérrez, P. S. (26 de Marzo de 2012). *Protocolo de pruebas para máquinas rotativas de baja potencia fundamentadas en Normas IEEE*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Politecnica Salesiana: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1762>

Rosenberg, R. (2003). *Reparación de Motorers Electricos*. Barcelona: Gustavo Gili.

Salazar, L., Quizhpi, F., Aller, J. M., Bueno, A., & Rodney, R. (03 de Julio de 2012). *Art2 Detección de Fallas en el Aislamiento en las Chapas del Estator de Máquinas Eléctricas Rotativas*. Obtenido de Ingenius Revista de Ciencia y Tecnología: <http://ingenius.ups.edu.ec/documents/2497096/2497487/Art2.pdf>

Viloria, J. R. (2009). *Automatismo Industriales*. Madrid: Paraninfo.

ANEXOS A

A.1. Datos técnicos del tomacorriente para clavijas para alimentación

Figura 33. Anexo A1. Hoja Tomacorrientes para clavija para alimentación

| Referencia | Calibre | Configuración | Tierra |
|---|---------|---------------|--------|
| Clavijas Móviles IP44. Tensión 200 - 250 Vac | | | |
| PKE16M23 | 16A | 2P + T | 6 h |
| PKE16M24 | 16A | 3P + T | 9 h |
| PKE16M25 | 16A | 3P + N + T | 9 h |
| Clavijas Móviles IP44. Tensión 380 - 415 / 440 Vac | | | |
| PKE16M34 | 16A | 3P + T | 6 h |
| PKE32M34 | 32A | 3P + T | 6 h |
| Clavijas Móviles IP67. Tensión 380 - 415 / 440 Vac | | | |
| 81382 | 63A | 3P + T | 6 h |
| 81394 | 125A | 3P + T | 6 h |

A.2. Datos técnicos del breaker trifásico C60N

Figura 34. Anexo A2. Hoja Técnica del Breaker Trifásico C60N

| Referencia | Parte | Descripción | Ancho en Pasos de 9 mm |
|---------------------|-------|---------------|------------------------|
| C60N 3P 1A curva C | 24344 | 3 Polos, 1 A | 6 |
| C60N 3P 2A curva C | 24345 | 3 Polos, 2 A | 6 |
| C60N 3P 3A curva C | 24346 | 3 Polos, 3 A | 6 |
| C60N 3P 4A curva C | 24347 | 3 Polos, 4 A | 6 |
| C60N 3P 6A curva C | 24348 | 3 Polos, 6 A | 6 |
| C60N 3P 10A curva C | 24349 | 3 Polos, 10 A | 6 |
| C60N 3P 16A curva C | 24350 | 3 Polos, 16 A | 6 |
| C60N 3P 20A curva C | 24351 | 3 Polos, 20 A | 6 |
| C60N 3P 25A curva C | 24352 | 3 Polos, 25 A | 6 |
| C60N 3P 32A curva C | 24353 | 3 Polos, 32 A | 6 |
| C60N 3P 40A curva C | 24354 | 3 Polos, 40 A | 6 |
| C60N 3P 50A curva C | 24355 | 3 Polos, 50 A | 6 |
| C60N 3P 63A curva C | 24356 | 3 Polos, 63 A | 6 |
| | | | |
| C60N 4P 1A curva C | 24357 | 4 Polos, 1 A | 8 |
| C60N 4P 2A curva C | 24358 | 4 Polos, 2 A | 8 |
| C60N 4P 3A curva C | 24359 | 4 Polos, 3 A | 8 |
| C60N 4P 4A curva C | 24360 | 4 Polos, 4 A | 8 |
| C60N 4P 6A curva C | 24361 | 4 Polos, 6 A | 8 |
| C60N 4P 10A curva C | 24362 | 4 Polos, 10 A | 8 |
| C60N 4P 16A curva C | 24363 | 4 Polos, 16 A | 8 |
| C60N 4P 20A curva C | 24364 | 4 Polos, 20 A | 8 |
| C60N 4P 25A curva C | 24365 | 4 Polos, 25 A | 8 |
| C60N 4P 32A curva C | 24366 | 4 Polos, 32 A | 8 |
| C60N 4P 40A curva C | 24367 | 4 Polos, 40 A | 8 |
| C60N 4P 50A curva C | 24368 | 4 Polos, 50 A | 8 |
| C60N 4P 63A curva C | 24369 | 4 Polos, 63 A | 8 |

A.3. Datos técnicos del medidor DM6000

Figura 35. Anexo A3. Hoja Técnica del Medidor DM6000

| Guía de selección | | DM6000 |
|----------------------------------|---|------------|
| General | | |
| Usado en sistemas LV y HV | | ■ |
| Precisión de Voltaje y Corriente | | 1,0% |
| Número de muestras por ciclo | | 20 a 50 Hz |
| Valores RMS instantáneos | | |
| Corriente | Por fase y neutro | ■ |
| Voltaje | Media: fase a neutro y fase a fase | ■ |
| Frecuencia | | ■ |
| Factor de Potencia | Media y por fase | ■ |
| Desbalance | Voltaje y Corriente | ■ |
| Ángulo de fase | Entre V&I, F1, F2, F3 | ■ |
| RPM | Solamente para generadores, velocidad calculada de la salida de voltaje del generador y número de polos | ■ |
| Otras mediciones | | |
| Tiempo de trabajo | Tiempo de operación en horas | ■ |
| Interrupciones | Número de interrupciones | ■ |
| Pantalla | | |
| Pantalla LED | | ■ |
| Comunicaciones | | |
| Puerto RS-485 | | - |
| Protocolo Modbus | | - |

| Referencia | Medidor de tablero digital - Pantalla led |
|--|---|
| Medidor de tablero digital DM6000, DM6200 | |
| DM6000 | Medición básica, sin puerto de comunicación |

A.4 Datos técnicos del variac TSGC2-6

Figura 36. Anexo A4. Hoja Técnica de Variac TSGC2-6

| | | | |
|------------|--|----------------------------|--|
| Entrada | Monofásico/bifásico 220V±10% Trifásico 380V±10% | Distorção de forma de onda | Não há distorção |
| Saída | Monofásico/bifásico 0~250V±10% Trifásico 0~430V±10% | Temperatura de trabalho | <60°C |
| Frecuencia | >90% | Rigidez dielétrica | 1500V/min |
| | | Resistência de isolamento | Monofásico/bifásico >5MΩ Trifásico >2MΩ |

| Modelo | Capacidade | | Fases | Dimensão do produto (mm) | Peso unitário (Kg) | Entrada | Saída | Corrente de saída |
|-----------|---------------|---------------|-------|--------------------------|--------------------|------------------|----------------------|-------------------|
| | 127Vca | 220Vca | | | | | | |
| TDGC2-0,5 | 250 VA | 0,5 KVA | 1 | 140x130x130 | 4 | 127Vca 220Vca | 0-140Vca 0-250Vca | 2 A |
| TDGC2-1 | 0,5 KVA | 1 KVA | | 200x180x180 | 6,5 | | | 4 A |
| TDGC2-2 | 1 KVA | 2 KVA | | 200x180x200 | 9 | | | 8 A |
| TDGC2-3 | 1,5 KVA | 3 KVA | | 220x200x200 | 11 | | | 12 A |
| TDGC2-5 | 2,5 KVA | 5 KVA | | 310x240x240 | 16 | | | 20 A |
| TDGC2-10 | 5 KVA | 10 KVA | | 310x240x410 | 36 | | | 40 A |
| TDGC2-15 | 7,5 KVA | 15 KVA | | 310x240x560 | 48 | | | 60 A |
| TDGC2-20 | 10 KVA | 20 KVA | | 310x240x770 | 56 | | | 80 A |
| TDGC2-30 | 15 KVA | 30 KVA | | 310x240x1500 | 105 | | | 120 A |
| | 220Vca | 380Vca | | | | | | |
| TSGC2-1,5 | 750 VA | 1,5KVA | 3 | 170x130x340 | 14 | 220Vca 380Vca | 0-250Vca 0-430Vca | 3 A |
| TSGC2-3 | 1,5 KVA | 3KVA | | 270x170x420 | 20 | | | 4 A |
| TSGC2-6 | 3 KVA | 6KVA | | 260x210x460 | 28 | | | 8 A |
| TSGC2-9 | 4,5 KVA | 9KVA | | 280x210x480 | 35 | | | 12 A |
| TSGC2-15 | 7,5 KVA | 15KVA | | 320x240x570 | 48 | | | 20 A |
| TSGC2-20 | 10 KVA | 20KVA | | 310x240x770 | 56 | | | 27 A |
| TSGC2-30 | 15 KVA | 30KVA | | 330x240x1500 | 105 | | | 40 A |

Cuidados
Nunca use carga (I) acima da corrente nominal (In), pois isto poderá causar uma redução na vida útil e até provocar a queima do enrolamento, porém os aparelhos foram projetados para suportar, por um curto período, a carga excedente conforme tabela abaixo.

| Carga excedente (%) | Máximo tempo de operação |
|---------------------|--------------------------|
| 20 | 60 min. |
| 40 | 30 min. |
| 60 | 6 min. |

A.5. Datos técnicos del portafusible RT18

Figura 37. Anexo A5. Hoja Técnica del portafusible RT18

| REFERENCIA | AMPERAJE Y NUM. DE POLOS | VOLTAJE | MEDIDAS | CARTON |
|------------|--------------------------|---------|-------------|--------|
| RT18-32/1P | 1 POLO 32 AMP | 500V | 101 x 28 mm | 24/360 |