



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

∴

TRABAJO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA
TRABAJO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Autores:

Pacheco Herrera Jorge Geovanny
Tello Córdor Alexander Francisco

Director:

Ing. Vicente Javier Quispe Toapanta

LATACUNGA – ECUADOR

NOVIEMBRE 2014





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS
Latacunga – Ecuador

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes:

Pacheco Herrera Jorge Geovanny Tello Cóndor Alexander Francisco

Con la tesis, cuyo título es: **MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA UTILIZACIÓN DEL MÓDULO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS Y SU IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE GUÍAS PRÁCTICAS EN EL PERIODO 2014.**

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

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

Latacunga, noviembre del 2014

Para constancia firman

Ing. Susana Pallasco
PRESIDENTE

Ing. Xavier Proano
OPOSITOR

Ing. Alvaro Mullo
MIEMBRO

Ing. Vicente Quispe
TUTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS
Latacunga – Ecuador

AUTORÍA

El contenido del presente trabajo de investigación constituye propiedad de los autores.

Las ideas y opiniones emitidas en el presente proyecto de tesis **“MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA UTILIZACIÓN DEL MÓDULO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS Y SU IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE GUÍAS PRÁCTICAS EN EL PERIODO 2014”** son de muestra y exclusiva responsabilidad y autoría.

El trabajo fue realizado en la Universidad Técnica de Cotopaxi, de la ciudad de Latacunga por parte de los señores Jorge Geovanny Pacheco Herrera y Alexander Francisco Tello Córdor, por lo tanto los autores asumen la responsabilidad de la misma.

Jorge Geovanny Pacheco Herrera
C.I. 0501977136

Alexander Francisco Tello Córdor
C.I. 0501809180



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS
Latacunga – Ecuador

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, (Art. 9 literal f), me permito informar que los postulantes JORGE GEOVANNY PACHECO HERRERA Y TELLO CÓNDROR ALEXANDER FRANCISCO, han desarrollado su Tesis de Grado de acuerdo al planteamiento formulado en el Anteproyecto de Tesis con el tema: **“MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA UTILIZACIÓN DEL MÓDULO DE TRANSFORMADOR MONOFÁSICO Y SU IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS EN EL PERÍODO 2014”**, cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, noviembre 2014

.....
ING. VICENTE JAVIER QUISPE TOAPANTA
C.C. # 0502918014
DIRECTOR DE TESIS
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

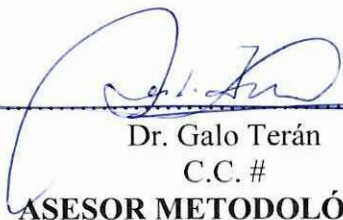


AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, (Art. 9 literal f), me permito informar que los postulantes JORGE GEOVANNY PACHECO HERRERA Y TELLO CÓNDROR ALEXANDER FRANCISCO, han desarrollado su Tesis de Grado de acuerdo al planteamiento formulado en el Anteproyecto de Tesis con el tema: **“MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA UTILIZACIÓN DEL MÓDULO DE TRANSFORMADOR MONOFÁSICO Y SU IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS EN EL PERÍODO 2014”**, cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, noviembre 2014



Dr. Galo Terán
C.C. #
ASESOR METODOLÓGICO

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente nos gustaría agradecerte a ti Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A nuestros padres por inculcarnos día a día sus principios, valores y formarnos como personas productivas a la sociedad. Un agradecimiento interminable a nuestro núcleo familiar por haber hecho su tiempo nuestro y así culminar con éxito nuestra carrera profesional y otras en nuestros recuerdos y corazones, sin importar en donde estén queremos darles las gracias por formar parte de nosotros, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

Alex - Geovanny

DEDICATORIA

La culminación de este trabajo va dedicado a nuestros padres, esposas y sobre todo a nuestros hijos quienes motivan día a día la razón de ser mejores padres y excelentes profesionales.

Alex - Geovanny

ÍNDICE GENERAL

AUTORÍA	i
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	ii
AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
1.FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
1.1. Antecedentes	1
1.1.1. Antecedentes de la Institución	1
1.1.2. Estudios Realizados	1
1.2. Planteamiento del Problema	5
1.2.1. Historia.....	6
1.2.2. El Transformador como una máquina eléctrica.....	6
1.2.3. Principios de Transformación	9
1.2.4. El transformador ideal.	12
1.2.5. Construcción de los transformadores.....	12
1.2.6. Tipos de transformadores.....	13
1.2.7. Partes componentes de un transformador.....	16
1.2.8. Funcionamiento	21
1.2.9. Pruebas a transformadores.....	21
1.2.9.1. Pruebas de resistencia de aislamiento.....	21

1.2.9.2.	Prueba de factor de Disipación de los aislamientos	22
1.2.9.3.	Prueba de rigidez dieléctrica del aceite	22
1.2.9.4.	Pruebas de relación de transformación y polaridad.....	22
1.2.9.5.	Prueba de resistencia óhmica de los devanados	23
1.2.9.6.	Prueba de potencial aplicado.....	23
1.2.9.7.	Prueba de potencial inducido	23
1.2.9.8.	Pruebas de impulso.....	23
1.3.	Familiarización	23
1.3.1.	Relación de tensión del transformador	26
1.4.	Polaridad del Transformador	27
1.4.1.	El establecimiento de la polaridad del devanado de un transformador	28
1.5.	Conexiones en series y en paralelo.....	30
1.6.	El circuito magnético.....	31
1.6.1.	Definición Circuito Magnético	33
1.6.2.	Reluctancia magnética	34
1.6.3.	Transformador sin carga en el secundario.....	35
1.6.4.	Fase Relación entre Core Flux y la tensión inducida.....	35
1.6.5.	Corriente de magnetización de forma de onda	36
1.7.	Prueba de circuito abierto	37
1.7.1.	El circuito equivalente.....	38
1.8.	Prueba de corto circuito	41
1.8.1.	Circuito equivalente completo.....	43
1.8.2.	Prueba de corto circuito	43
1.8.3.	Cálculo de bobinado Resistencia y Resistencia de fuga.....	44
1.8.4.	Los valores recomendados.....	45
1.9.	Regulación de Voltaje	47
1.10.	Marco Conceptual.....	48
CAPÍTULO II		57
2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN		57
2.1.	Descripción de la Institución Beneficiaria	57

2.1.1.	Misión.....	57
2.1.2.	Visión.....	57
2.1.3.	Análisis de la Institución.....	58
2.2.	Diseño Metodológico.....	58
2.2.1.	Tipo de Investigación.....	58
2.2.2.	Métodos de Investigación.....	59
2.2.2.1.	Método Científico o Experimental.....	59
2.2.2.2.	Método Descriptivo.....	60
2.2.2.3.	Analítico – Sintético.....	60
2.2.3.	Técnicas de Investigación.....	60
2.2.3.1.	Lectura científica.....	60
2.2.3.2.	Observación directa.....	61
2.2.3.3.	Encuesta.....	61
2.3.	Instrumentos utilizados en esta Investigación.....	61
2.3.1.	Unidad de Estudio.....	61
2.3.1.1.	Población o Universo.....	61
2.3.1.2.	Tamaño de La Muestra.....	62
2.3.2.	Criterio de Selección Muestral.....	63
2.4.	Método de estudio.....	63
2.5.	Técnicas e instrumentos.....	63
2.6.	Resultados y análisis de la encuesta aplicada a los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.....	64
1.1.	Análisis de encuestas dirigidas a los profesores de la carrera.....	70
2.7	Verificación de la hipótesis.....	79
2.7.1.	Manifiesto de la hipótesis.....	79
2.7.2.	Argumento.....	79
4.7.2.	Decisión.....	81
CAPÍTULO III.....		82
5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....		82
3.1.	Justificación.....	82
3.2.	Objetivos.....	83

3.2.1. Objetivo General	83
3.2.2. Objetivos Específicos.....	83
3.2.3. Desarrollo de las Prácticas	83
PRESENTACIÓN	86
INTRODUCCIÓN.....	88
Familiarización	91
Advertencias	91
Montaje Preliminar	92
Prácticas.....	93
PRÁCTICA Nº 1	94
PRÁCTICA Nº 1	95
TEMA: RADIOS DE VOLTAJE SIN CARGA.....	95
PRÁCTICA Nº 1	96
TEMA: RADIOS DE VOLTAJE SIN CARGA.....	96
PRÁCTICA Nº 1	97
TEMA: RADIOS DE VOLTAJE SIN CARGA.....	97
PRÁCTICA Nº 1	98
TEMA: RADIOS DE VOLTAJE SIN CARGA.....	98
PRÁCTICA Nº 1	99
TEMA: RADIOS DE VOLTAJE SIN CARGA.....	99
PRACTICA Nº 2	100
TEMA: POLARIDAD DEL TRANSFORMADOR.....	101
TEMA: POLARIDAD DEL TRANSFORMADOR.....	102
TEMA: POLARIDAD DEL TRANSFORMADOR.....	103
TEMA: POLARIDAD DEL TRANSFORMADOR.....	104
TEMA: POLARIDAD DEL TRANSFORMADOR.....	105
TEMA: POLARIDAD DEL TRANSFORMADOR.....	106
PRACTICA Nº 3	107
PRACTICA Nº 3	108
PRACTICA Nº 3	109

PRACTICA N° 3	110
PRACTICA N° 3	111
PRACTICA N° 3	112
PRACTICA N° 4	113
PRACTICA N° 4	114
PRACTICA N° 4	115
PRACTICA N° 4	116
PRACTICA N° 5	117
PRACTICA N° 5	118
PRACTICA N° 5	119
PRACTICA N° 5	120
PRACTICA N° 5	121
CONCLUSIONES.....	122
RECOMENDACIONES.....	124
BIBLIOGRAFÍA.....	126
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	126
SITIOS WEB CONSULTADOS	127
ANEXOS.....	128
ANEXO 1	129
ANEXO 2	131

ÍNDICE GRÁFICOS

Gráfico 1.1. Transformador típico.....	6
Gráfico 1.2. Principios de un Transformador.....	9
Gráfico 1.3 .Clasificación de los Transformadores.....	14
Gráfico 1.4. Transformador Monofásico.....	24
Gráfico 1.5. Flujo Devanados.....	26
Gráfico 1.6. Polaridad del transformador.....	27
Gráfico 1.7: Circuitos para pruebas de CA	29
Gráfico 1.8: devanados secundarios.....	30
Gráfico 1.9: Transformador simple con dos bobinas.....	32
Gráfico 1.10: Circuito magnético.....	33
Gráfico 1.11: Gráfica de flujo.....	34
Gráfico 1.12: Curva Sinusoidal.....	36
Gráfico 1.13: Tensión alterna aplicada.....	37
Gráfico 1.14: Transformador sin carga.....	38
Gráfico 1.15: Potencia de alimentación.....	39
Gráfico 1.16: Diagrama fasorial	39
Gráfico 1.17: Flujo producido.....	42
Gráfico 1.18: Circuito equivalente.....	43
Gráfico 1.19: Circuito requerido	44
Gráfico 1.20: Circuito esquemático de un transformador.....	46
Gráfico 1.21: Circuito equivalente.....	47

Gráfico 1.22: Tensión secundaria.....	48
---------------------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Muestra	63
Tabla 2.3: Resultados Pregunta 1	65
Tabla 2.4: Resultados Pregunta 2.....	66
Tabla 2.5: Resultados Pregunta 3.....	67
Tabla 2.6: Resultados Pregunta 4.....	68
Tabla 2.7: Resultados Pregunta 5.....	69
Tabla 2.8: Resultados Pregunta 6.....	70
Tabla 2.10: Resultados Pregunta 1.....	71
Tabla 2.11: Resultados Pregunta 2.....	72
Tabla 2.12: resultados Pregunta 3.....	73
Tabla 2.13: Resultados Pregunta 4.....	74
Tabla 2.14: Resultados Pregunta 5.....	75
Tabla 2.15: Resultados Pregunta 6.....	76
Tabla 2.16: Resultados Pregunta 7.....	77
Tabla 2.17: Resultados Pregunta 8.....	78
Tabla 2.18: Resultados Pregunta 9.....	79
Tabla 2.19: Encuesta de los Alumnos	81
Tabla 2.20: Encuesta de los Docentes.....	81

RESUMEN

La renovación y el desarrollo en la Universidad Técnica de Cotopaxi, se ve reflejado en el incremento y la demanda de estudiantes en busca de una educación de excelencia. Dicha educación debe ser complementada con cátedras prácticas que fortalezcan el estudio como en los mejores centros de educación superior a nivel mundial. Sin embargo los cambios tecnológicos y el crecimiento en la demanda estudiantil han generado la necesidad de modificar e innovar el laboratorio de máquinas eléctricas a través de la implementación de un módulo de Transformadores Monofásicos. El transformador, al ser un dispositivo eléctrico que se utiliza para modificar un voltaje de corriente alterna de un circuito eléctrico a otros a través de la inducción electromagnética, posibilitan el accionar de un sinnúmero de artefactos. En este sentido es de vital importancia que sean parte del refuerzo del conocimiento de los estudiantes; convirtiéndose además en una herramienta de enseñanza del profesor a través de guías didácticas. Ésta necesidad se valida mediante un estudio de campo hecho a estudiantes y maestros de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi que sugieren la necesidad real de la implementación del módulo de Transformadores Monofásicos y la realización de guías prácticas. En este punto y en el desarrollo del documento se detallan las prácticas referentes a: La relación de voltaje en un transformador sin carga, Polaridad del transformador, El circuito magnético y su influencia en la corriente primaria y voltaje en vacío, prueba de corto circuito; las mismas que se pueden realizar con el Módulo Implementado, además de enunciar los aspectos teóricos y prácticos más relevantes que beneficiarán tanto a estudiantes como a profesores.

Descriptores: TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS, GUÍAS PRÁCTICAS, ENSEÑANZA, CIRCUITO ELÉCTRICO, INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA, TRANSFORMACIÓN.

ABSTRACT

The renovation and development of the Technical University of Cotopaxi has caused increased demand for students seeking an excellent education. This education should be complemented with practical classes to strengthen the study and like the best universities education worldwide. But technological change and growth in student demand have generated the need to change and innovate the electrical machines laboratory through the implementation of a Single Phase Transformer module. This transformer is an electrical device used to change an AC voltage of an electrical circuit to another through electromagnetic induction, allow the actions of a number of artifacts. In this sense it is vital that they are part of the reinforcement of the knowledge of students and becoming besides a teacher teaching tool through tutorials. This need is validated by a field study made students and teachers of the racing Electrical and Electromechanical Engineering of the Technical University of Cotopaxi suggesting the real need for the Single Phase Transform module implementation and realization of practical guides. At this point and in the development of the paper, detailed all practices: The Voltage Ratio on No-Load in the transformer, transformer polarity, The Magnetic Circuit and influence Primary Current and Voltage Transformer on No-Load, short circuit test, that can be done with Module Implemented, in addition to state the most relevant theoretical and practical aspects that will benefit both students and teachers.

Descriptors: SINGLE PHASE TRANSFORMERS, PRACTICAL GUIDES, TEACHING, ELECTRIC CIRCUIT, ELECTROMAGNETIC INDUCTION, TRANSFORMATION



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS
Latacunga – Ecuador

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas : JORGE GEOVANNY PACHECO HERRERA Y ALEXANDER FRANCISCO TELLO CÓNDOR cuyo título versa **“MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA UTILIZACIÓN DEL MÓDULO DE TRANSFORMADOR MONOFÁSICO Y SU IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS EN EL PERÍODO 2014”**, lo realizó bajo mi supervisión y se encuentra correctamente traducido bajo la estructura del idioma inglés.

Los interesados pueden hacer uso de este certificado como mejor convenga a sus intereses.

Latacunga, noviembre 2014

Atentamente.

Licda. M.Sc. Lorena Gonzales Ortiz

DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

C.I. 1002377271

INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología ha crecido notablemente, y con esto la sociedad también lo ha podido hacer. Para lograr esto, se requiere de un elemento imprescindible como es la energía eléctrica. Con esto se puede indicar que todas las infraestructuras tanto doméstica, comercial, industrial, etc. no podrían funcionar sin energía eléctrica que alimente a cada uno de sus componentes. Ya sea un simple televisor, una bombilla de luz, una cafetera doméstica, o las grandes y gigantescas máquinas que convierten la materia prima en nuevos productos terminados. En este sentido el transporte de energía eléctrica desde las fuentes de generación hasta los centros de consumo no sería concebible sin el desarrollo de ciertos equipos eléctricos como son los transformadores.

Los transformadores eléctricos han sido uno de los inventos más relevantes de la tecnología eléctrica. Sin la existencia de los transformadores monofásicos sería imposible la distribución de la energía eléctrica tal y como la conocemos hoy en día. La explicación puede ser que por una cuestión de seguridad no se puede suministrar a nuestros hogares la cantidad de kW que salen de una central eléctrica. En este sentido es imprescindible el conocimiento de estas máquinas eléctricas estáticas ya que ocupan un papel importante, y se han vuelto parte fundamental en las actividades que desarrollan no solo las personas sino también las industrias.

El presente trabajo de investigación se encuentra distribuido de la siguiente manera: En el Capítulo I se da a conocer las bases teóricas de los transformadores.

En el Capítulo II se determina el método de estudio y con la ayuda de la investigación de campo realizada a estudiantes y maestros de la institución, se pudo analizar la información recopilada, y determinar la necesidad de implementar el módulo de transformador monofásico.

En el Capítulo III se detalla la propuesta sobre el tema de investigación, en la misma; se describen cada una de las pruebas prácticas que pueden realizarse en el módulo de transformador, entre las cuales se tienen: La relación de voltaje en un transformador sin carga, Polaridad del transformador, El circuito magnético y su influencia en la corriente primaria y voltaje en vacío, prueba de corto circuito; y finaliza con un apartado de conclusiones y recomendaciones

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes de la Institución

La Universidad Técnica de Cotopaxi orienta sus esfuerzos hacia la búsqueda de mayores niveles de calidad, pertinencia y cooperación nacional e internacional, tratando de lograr niveles adecuados de eficiencia, eficacia y efectividad en su gestión educativa. Se distingue de otras instituciones de Educación Superior de la Provincia al ser una universidad alternativa vinculada fuertemente al pueblo en todas sus actividades.

1.1.2. Estudios Realizados

En las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se conocen únicamente los trabajos de investigación que se dan a conocer a continuación:

Iturralde & Moscoso (2012), con su trabajo de investigación “**Diseño de un Módulo de pruebas de Pérdidas en vacío y cortocircuito de transformadores Monofásicos de distribución y Potencias hasta 25 kVA**”. Busca y tiene la finalidad de controlar que estos cumplan la norma establecidas NTE-INEN-2114 respecto a pérdidas tanto en vacío como en cortocircuito y se aplica a transformadores monofásicos de distribución de 3 a 333 kVA, frecuencia 60 Hz clase medio voltaje ≤ 25 kVf-f, de 15 a 333 kVA frecuencia 60 Hz clase medio voltaje > 25 kVf-f, y $\leq 34,5$ kVf-f, clase bajo voltaje $\leq 1,2$ kVf-f.[...]



Bravo (2014), materializa su tema de estudio en el **“Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico para el Aprendizaje Práctico de las Aplicaciones de Control Industrial en la unidad Académica CIYA”**. La evolución científica y tecnológica en el campo industrial en estos últimos años ha incrementado procesos totalmente automáticos para la producción (...). El estudio realizado ha permitido el Diseño y Construcción del módulo Didáctico que servirá para complementar el aprendizaje teórico-práctico mediante aplicaciones prácticas de manera didáctica.

A nivel local y en lo que respecta a la Escuela Politécnica del Ejército y la Universidad Técnica del Norte, se puede señalar que existen los siguientes temas de investigación:

Iturralde (2006), plantea su estudio de investigación sobre el **“Diseño y Construcción de un Equipo para pruebas de voltaje aplicado para Transformadores de Distribución de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A”**. Con este proyecto se evitará fallas por pérdida o deterioro de aislamientos en transformadores nuevos y usados, ya que se ha comprobado que en varios transformadores su nivel de aislamiento es bajo a pesar de pasar las pruebas de pérdidas lo que ocasiona que después de ser instalados fallen ante la presencia de sobre voltajes pequeños lo que implica su reemplazo con los problemas consiguientes de reinstalación, falta de servicio y molestias a los usuarios.

Abad (2011), en su tema de estudio **“Administración del Sistema de Mantenimiento de Transformadores de Potencia de la Central Hidroeléctrica Paute Molino. Diseño de un manual de Procedimientos Técnicos y Administrativos”**. Universidad Técnica del Norte. Menciona en su resumen que el trabajo investigativo confirma que uno de los factores más importantes para el correcto desempeño de un sistema de mantenimiento es la capacitación del personal, sin embargo, éste factor debe ser atendido con mayor importancia porque esto también asegura el bienestar de la gente.

A nivel de nuestra región y en los países vecinos, se pudo conocer que existe una preocupación en lo que respecta al conocimiento y las pruebas que pueden efectuarse en los transformadores monofásicos. De allí han surgido temas de estudio como los presentados a continuación:

Olivares (2008), en su tema de investigación **“Propuesta de un banco de prueba para Transformadores de Distribución en la Empresa CORPOELEC Región 4 EDO.ARAGUA”**. Se enfoca como objetivo principal garantizar el recambio de equipos oportunamente. Esto se logrará mediante la puesta en marcha de esta propuesta, ya que con los ensayos a realizar con el banco el cual está diseñado para realizar diferentes pruebas, además contando con un oportuno mantenimiento, se podrán detectar y corregir las fallas que presentan pudiendo ser recuperados y aptos para ser puestos en servicio.

Olivares (2008, p. 88), en su investigación menciona los trabajos presentados por:

Flores y González (1988), con su estudio sobre **“Pruebas y Controles que deben realizarse a Transformadores de Distribución Monofásico Reconstruidos tipo Intemperie Sumergidos en Aceite”**. Universidad de Carabobo. Hacen énfasis en los procedimientos para diagnosticar fallas en los transformadores de distribución planteando de forma clara los diferentes ensayos que deben realizarse a éstos, con las respuestas esperadas, qué indica cada resultado y los valores considerados como aceptables. La información recopilada al respecto sirvió de guía en la selección de las pruebas adecuadas para determinar el estado de los transformadores probados y la interpretación de los resultados obtenidos.

Villegas (1989), en su investigación abocada al **“Diseño de un Banco de Pruebas para Transformadores Monofásicos de Distribución”**. Universidad de Carabobo. Plantea de forma clara los problemas más comunes en los transformadores

de distribución, indicando de igual forma las características físicas de dichos equipos. Previo al diseño del banco de pruebas fue necesario explicar las características constructivas del transformador, contribuyendo de esta manera con el logro de uno de los objetivos específicos de esta investigación al establecer la topología del transformador existente.

Anchatuña (2010), plantea como tema de investigación el **“Modelo Térmico de Diagnóstico de un Transformador de Potencia”**. Universidad de Pinar del Río. Cuba. La tesis presentada es el resultado del análisis de las ecuaciones de carga para calcular la vida útil de un transformador trifásico de potencia de 100 MVA., y de su aislamiento ya que este se reduce fundamentalmente a situaciones no comunes, como sobretensiones, cortocircuitos y sobrecargas de emergencia.

A nivel mundial, se puede indicar que existen otros estudios relacionados en lo que respecta a transformadores monofásicos. Sin duda uno de los “papers” más citados hoy en día es:

López (2000), en su tema de investigación de Doctorado **“Desarrollo y Validación de Modelos de Transformadores Monofásicos y trifásicos con Saturación para el Análisis de Armónicos en Sistemas de Potencia”**. En este trabajo de investigación se propone una modelización completa y a la vez sencilla del transformador. La modelización propuesta en este trabajo fue inicialmente desarrollada en el programa de simulación Pspice. Uno de los principales objetivos de este trabajo es, que el modelo del transformador sea adecuado para integrarse a un programa de análisis de flujos de cargas con armónicos. Para esto, se ha desarrollado un algoritmo de resolución directa del régimen permanente del sistema de ecuaciones no lineal del transformador con saturación del núcleo.

Lo antes expuesto indica que hay una tendencia a nivel local, regional y mundial al apoyo y uso de bancos de pruebas para efectuar pruebas en transformadores, con el

único propósito de mejorar el conocimiento, sea a nivel académico, institucional o industrial, lo cual contribuye al mejoramiento del proceso de aprendizaje.

1.2. Planteamiento del Problema

Debido al crecimiento que está experimentando, la Universidad Técnica de Cotopaxi, la cual se ha convertido en pilar fundamental para la educación superior en el centro del país; la alta demanda de estudiantes, y los cambios tecnológicos a nivel Industrial, han generado la inquietud y la necesidad de modificar e innovar el laboratorio de máquinas eléctricas. Ante lo expuesto se puede indicar que la institución educativa cuenta con el espacio físico que incluyen laboratorios en cada una de las especialidades, sin embargo dentro del laboratorio de máquinas eléctricas, es necesario incrementar un nuevo módulo de máquina estática (transformador monofásico).

Los estudiantes que reciben la cátedra de máquinas eléctricas, deben combinar lo aprendido en las aulas con el desarrollo práctico. Esto a simple vista puede ser identificado como una dificultad para los estudiantes y no podemos dejar de lado a los docentes; los mismos que al no poder transmitir sus conocimientos capturados a través de su vasta experiencia, también se ven afectados. Quizá los libros, las tareas y las lecciones no han sido suficientes; ahora es necesario el proceso de práctica exigente en estos tiempos para el cumplimiento catedrático.

Ante lo expuesto, el nuevo módulo de transformadores monofásicos a implementarse, ayudará a despejar dudas acerca del fundamento teórico, su funcionamiento y control. Con esto, los estudiantes lograrán mejorar sus conocimientos y desarrollarán habilidades en el manejo de estas máquinas., lo que representa; que en un futuro el estudiante no tendrá dificultad de enfrentarse a esta realidad a nivel industrial; favoreciendo así no solo a ellos mismos, sino a la institución educativa.

1.2.1. Historia

El efecto del transformador se observó por primera vez por Michael Faraday en 1831 al experimentar con dos bobinas enrolladas sobre un núcleo de hierro. Se encontró que en la aplicación de un voltaje a una de las bobinas de un voltaje fue inducida en la segunda bobina aunque no había ninguna conexión eléctrica entre ellos. No fue sino hasta la década de 1880 que los transformadores se utilizan para la distribución de energía eléctrica. Ellos se encuentran ahora entre los más utilizados de todos los tipos de máquinas eléctricas. Los transformadores monofásicos varían en tamaño desde los grandes tipos utilizadas en las centrales eléctricas a intensificarla tensión del generador al nivel necesario para la transmisión a larga distancia, hasta los pequeños transformadores monofásicos utilizados en el trabajo de frecuencia de audio, que puede pesar unos pocos gramos.

GRÁFICO 1.1: TRANSFORMADOR TÍPICO



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>

1.2.2. El Transformador como una máquina eléctrica

Según el diccionario de la Real Academia Española, DRAE (2014) 23ª edición, publicada en octubre de 2014, define a la Máquina como el “Conjunto de aparatos combinados para recibir cierta forma de energía y transformarla en otra más adecuada, o para producir un efecto determinado”. Además, en el mismo apartado

define como eléctrica al “Artificio destinado a producir electricidad o aprovecharla en usos industriales”.

Consideramos que según las definiciones de la DRAE, podemos indicar que una máquina eléctrica se puede definir como un “aparato o dispositivo que combina sus elementos para transformar o cambiar parámetros eléctricos de un tipo de energía en una forma diferente o alternativa para un uso determinado”.

Algunas máquinas eléctricas típicas se describen a continuación:

- Un generador síncrono, impulsado de una fuente mecánica de potencia a una velocidad de rotación fija produce potencia eléctrica a una frecuencia fija.
- Un motor de corriente continua conectado a una fuente de alimentación eléctrica producirá un par en un rango de velocidades del eje.
- Un convertidor de frecuencia acepta la potencia a una frecuencia dada y suministra potencia a otra frecuencia fija.
- Un transformador de potencia acepta la potencia eléctrica con un voltaje de corriente alterna dada y un suministro de potencia eléctrica a una tensión de corriente alterna superior o inferior. También puede ser utilizado para aislar eléctricamente un circuito eléctrico de otro, posiblemente usando la misma tensión de entrada y de salida.

Al buscar nuevas definiciones sobre el transformador como máquina eléctrica, se puede mencionar que en el libro de Máquinas Eléctricas, 3ª edición, Chapman (2000, p. 61), define que “Un transformador es un dispositivo que cambia potencia eléctrica alterna de un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna a otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético”.

Sobre el transformador como máquina eléctrica, en el libro Tratado de Electricidad Dawes (1983. p. 255), señala que “El transformador estático es un aparato empleado para transferir la energía eléctrica de un circuito de corriente alterna a otro, sin variar

la frecuencia. Esta transferencia va acompañada habitualmente, pero no siempre de un cambio de tensión”.

Cabe también indicar que en el libro Transformadores y Convertidores de la enciclopedia CEAC (1986, p. 19), definen al transformador como:

Se incluyen bajo la denominación general de transformador a aquellos dispositivos estáticos, es decir sin partes móviles, destinados a transferir energía eléctrica de un circuito a otro, siendo el enlace común entre ambos circuitos, un flujo magnético.

El transformador no es, propiamente una máquina eléctrica, pues el concepto de máquina presupone siempre órganos en movimiento, y el transformador es como hemos dicho, un dispositivo estático. Además, en las máquinas eléctricas, o bien hay conversión de energía eléctrica en mecánica (motores) o conversión de energía mecánica en eléctrica (generadores); es decir, que siempre existe cambio de energía de una clase, en energía de otra clase diferente.

Por el contrario en los transformadores solamente se modifica energía eléctrica de unas características determinadas de tensión y corriente en energía, también eléctrica, pero de diferentes características de tensión y corriente.

Haciendo una analogía de las definiciones y en función de los conocimientos adquiridos dentro de las aulas y en forma laboral, podemos expresar que un transformador es análogo mecánicamente a una unidad de engranaje, que cambia la velocidad del eje, por lo general en una proporción fija, sin cambiar la forma de energía transferida desde la entrada hasta el eje de salida. Es decir, que el transformador sin tener partes físicas móviles, se lo puede considerar como una

máquina, ya que existe movimiento de un flujo magnético variable e interaccionan los dos elementos que en este caso son los bobinados para transferir energía de un lugar a otro.

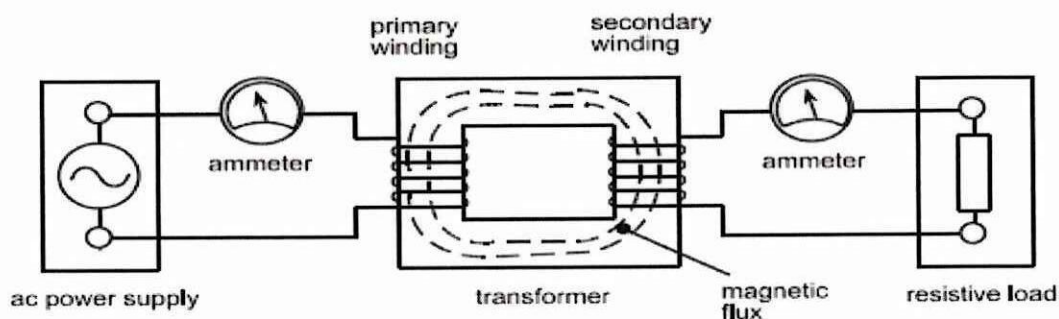
Con esto también se puede señalar que el transformador proporciona una excelente introducción al estudio general de las máquinas eléctricas, utilizado como un medio para entender y comprender que es un circuito magnético, cómo interactúan las fuerzas electromagnéticas y que influencia tienen en las pérdidas, la eficiencia, el aumento de temperatura, los diagramas vectoriales y los circuitos eléctricos equivalentes.

Todos estos conceptos son relevantes para el estudio de motores, generadores y otras máquinas electromagnéticas.

1.2.3. Principios de Transformación

Un transformador en su forma básica consiste en dos bobinas que se montan sobre un núcleo de acero magnético, como se muestra en el gráfico 1.2.

GRÁFICO 1.2: PRINCIPIOS DE UN TRANSFORMADOR



Fuente: <https://sites.google.com/site/urielguillermoluis/transformadores>

Si uno de estos arrollamientos, que vamos a llamar bobina primaria, se conecta a una fuente de alimentación de CA que se encontrara que un voltaje alterno también estará presente por los terminales del otro, o el bobinado secundario. Si conectamos el bobinado secundario a una carga eléctrica que suministrará corriente a la misma y una corriente correspondiente se elaborará en el primario de la fuente.

Por consiguiente, el transformador transfiere tensión de CA y corriente del circuito primario al secundario sin ninguna conexión eléctrica entre ellos. Esta es una función de gran utilidad pero, lo más importante, por tener un número diferente de vueltas en el secundario a los del primario que podemos cambiar, o transformar la tensión secundaria al nivel que requerimos. En otras palabras, nosotros podemos dar un paso hacia arriba o reducir la tensión de alimentación de la red, pero el producto del voltaje y la corriente, o los voltios-amperios, en el principal es el mismo que los voltios-amperios en el secundario, aparte de algunas pérdidas en el transformador en sí.

Aunque no existe una conexión eléctrica entre los dos devanados, hay un flujo magnético que los vincula a través de su centro común y que alterna a la misma frecuencia que la AC de la red eléctrica. Es este flujo cambiante que produce una tensión a ser inducida en el bobinado secundario. La tensión de la bobina para el giro del arrollamiento será el mismo para los devanados primario y secundario Para tomar un ejemplo, considere un transformador que tiene 500 vueltas en el primario y 250 espiras del secundario. Si aplicamos 100 voltios para el bobinado primario, los voltios por vuelta serán:

$$\frac{V1}{V2} = \frac{N1}{N2} = \alpha$$

$$\frac{100}{V2} = \frac{500}{250}$$

De esto podemos decir que el voltaje secundario será:

$$V2 = 100/2 = 50V$$



Esto muestra que la relación de tensión del transformador es la misma que la relación de vueltas.

$$V_2 \times N_2 = V_1 \times N_1$$

Dónde:

V1= Tensión Primaria

V2= Tensión secundaria

N1= Espiras del primario

N2= Espiras del secundario

Si ahora el devanado secundario está conectado a una carga eléctrica, la corriente fluirá desde el secundario a la carga y esto va a hacer que la corriente que puede extraerse de la red eléctrica en el primario. Haciendo caso omiso de las pérdidas del transformador en esta etapa, podemos equiparar los volt-amperes primarios y secundarios:

$$V_1 \times I_1 = V_2 \times I_2$$

Dónde:

I1 = Corriente primaria

I2= Corriente Secundaria

Por lo tanto, para un transformador ideal de esta ecuación y que en relación de la tensión y la relación de vueltas, se puede escribir:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} = \alpha$$

1.2.4. El transformador ideal.

Un transformador ideal es un dispositivo sin pérdidas con un devanado de entrada y un devanado de salida. Las relaciones entre el voltaje de entrada y el voltaje de salida, y entre la corriente de entrada y la corriente de salida, están dadas por dos sencillas ecuaciones.

$$\frac{V_p}{V_s} = a$$
$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{1}{a}$$

1.2.5. Construcción de los transformadores

Los transformadores desde el punto de vista constructivo, se encuentran formados por tres partes principales que son: devanado primario, devanado secundario y núcleo. Florian (1997, pag.5), en su investigación sobre el análisis de gases disueltos en aceite mineral menciona:

El núcleo es un circuito magnético, a la vez de ser una estructura para soporte de los devanados, el metal utilizado para su construcción es acero al silicio laminado en hojas de aproximadamente 0.0014 pulgadas de espesor. Estas hojas se apilan para formar los núcleos que son de varias pulgadas de espesor, entre ellos se aplica un material aislante, por lo general un barniz, para reducir las pérdidas magnéticas y térmicas.

En un transformador, las bobinas del primario y del secundario están físicamente enrolladas una sobre otra, la bobina de menor voltaje está situada en la parte interna (más cerca del núcleo). Esta disposición cumple dos objetivos:

- Simplifica el problema del aislamiento del devanado de alta tensión desde el núcleo

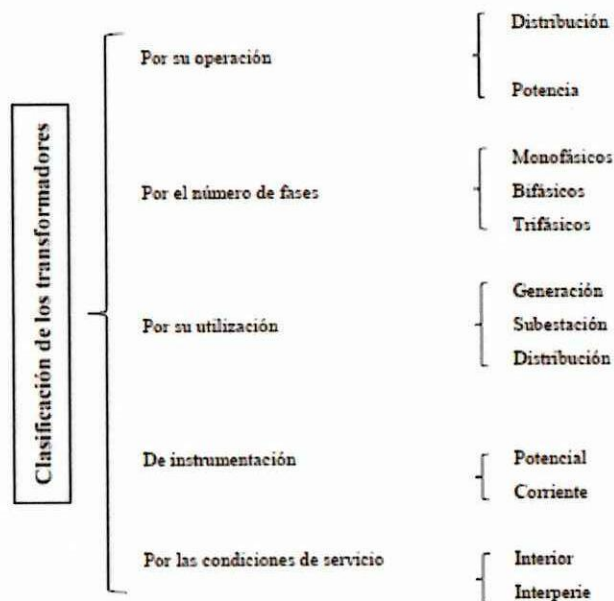
- Resulta menor flujo disperso que en caso de disponer los dos devanados en el núcleo, separados.

1.2.6. Tipos de transformadores

Los transformadores de potencia reciben variedad de nombres, dependiendo de su utilización en los sistemas de potencia. Un transformador conectado a la salida de un generador utilizado para elevar el voltaje hasta niveles de transmisión (110 Kv o mayores) a veces se denomina transformador de unidad. El transformador situado en el otro extremo de la línea de transmisión, que reduce el voltaje de los niveles de transmisión a los niveles de distribución (desde 2.3 a 34.5 Kv), se denomina transformador de subestación. Por último el transformador que reduce el voltaje de distribución al voltaje final a que se utiliza la potencia (110, 208, 220 V, etc.) es llamado transformador de distribución. Todos estos dispositivos son en esencia el mismo, la única diferencia entre ellos es la utilización que se les da.

Además de los varios tipos de transformadores de potencia, existen dos tipos de transformadores para propósitos especiales utilizados como maquinas eléctricas y sistemas de potencia. El primero de estos transformadores especiales es un dispositivo diseñado para mostrar un voltaje alto, y producir un voltaje secundario bajo, directamente proporcional a aquel. Tal transformador se llama transformador de potencial. Un transformador de potencia también produce un voltaje secundario directamente proporcional a su voltaje primario. La diferencia entre el transformador de potencial y el transformador de potencia es que el primero está diseñado para manejar únicamente una corriente muy pequeña. El segundo es un dispositivo diseñado para proveer una corriente secundaria mucho menor pero directamente proporcional a su corriente primaria. Este dispositivo se denomina transformador de corriente.

GRÁFICO 1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES



Fuente: Ing. PÉREZ Pedro A. Tercera Edición; Transformadores de Distribución. Teoría, Cálculo, Construcción y Pruebas; 2008, p. 5-8

El transformador es una máquina eléctrica que transfiere energía inductivamente desde un bobinado denominado primario que está conectado a una fuente, hacia un bobinado secundario que es el que está conectado a la carga. El transformador funciona según el principio de inducción mutua entre dos o más bobinas o circuitos acoplados inductivamente (Pérez, 2008).

Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida (Pérez, 2008). Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de

material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferro magnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo. El núcleo, generalmente, es fabricado bien sea de hierro o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético. Las bobinas o devanados se denominan *primarios* y *secundarios* según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario (Pérez, 2008).

Para que exista una transferencia de energía, debe existir una concatenación o variación de flujo; esta variación de flujo se lo tiene como una fuente de ca ya que este tipo de corriente es variante en el tiempo (Cadena, 1998). Por tal motivo varía desde un máximo positivo a un valor máximo negativo. Si las dos bobinas o circuitos están bobinados sobre un opio del hierro común, están fuertemente acoplados. En tal caso, casi toda la energía recibida de la fuente por el primario lo transfiere al secundario debido a la acción transformadora. Si los dos circuitos están débilmente acoplados, en el caso del transformador con núcleo de aire, sólo una pequeña parte de la energía se transfiere del primario al secundario (Cadena, 1998).

El coeficiente de acoplamiento K entre las dos bobinas es una relación entre el flujo mutuo el flujo total definido como:

$$K = \frac{\Phi_m}{\Phi_m + \Phi_1} = M/\sqrt{L1 * L2}$$

En donde:

K es el coeficiente de acoplamiento

Φ_m es el flujo mutuo de las bobinas

Φ_1 es el flujo de dispersión

M es la inductancia mutua

L1 es la inductancia del circuito primarios dada en Henrios, y

L2 es la inductancia del circuito secundario dada en Henrios

Los conceptos sobre transformadores monofásicos, son aplicables para transformadores polifásicos. Se debe considerar las fases una a una, y los resultados obtenidos serán los mismos en cada fase (Cadena, 1998).

1.2.7. Partes componentes de un transformador

Las partes que componen un transformador son clasificadas según Kosow (1993) y Pérez (2008, p. 10) en cuatro grandes grupos, los cuales comprenden:

Circuito magnético (núcleo)

Es la parte componente del transformador que servirá para conducir el flujo magnético generado, el cual concatenará magnéticamente los circuitos eléctricos del transformador. El circuito magnético se conoce comúnmente como núcleo (Pérez, 2008). Este núcleo se encuentra formado por láminas de acero al silicio de grano orientado de bajas pérdidas y una alta permeabilidad magnética.

Circuito eléctrico (bobinas)

Las bobinas son la parte que componen los circuitos eléctricos del transformador (bobinas primarias y secundarias). Las bobinas se fabrican en diferentes tipos y formas dependiendo de las necesidades del diseño y de los materiales conductores que se utilizan: básicamente hablaremos del cobre y el aluminio (Pérez, 2008).

La función de las bobinas primarias es crear un flujo magnético para inducir en las bobinas secundarias una fuerza electro motriz y transferir potencia eléctrica del

primario y secundario mediante el principio de inducción electromagnética; este proceso se desarrolla con una pérdida de energía muy pequeña.

Sistema de aislamiento

Los transformadores poseen una serie de materiales aislantes, los cuales al juntarse forman el sistema de aislamiento. Éste sistema incluye materiales como:

- Cartón prensado (pressboard)
- Papel kraft normal o tratado (insuldur)
- Papel manila y corrugado.
- Cartón prensado de alta densidad
- Collares de cartón prensado y aislamientos finales
- Esmaltes y barnices
- Recubrimientos orgánicos e inorgánicos para la laminación del núcleo
- Porcelanas
- Recubrimiento de polvo epóxico
- Madera de Maple o Machiches para armados
- Fibra vulcanizada
- Algodón, hilos, cintas

Plásticos y cementos, telas y cintas adhesivas, cintas de fibra de vidrio, etc. Fluido líquido dieléctrico (excepto equipos aislados en aire o gas) que puede ser aceite mineral, aceite de siliconas o R-temp, Y más recientemente aceite vegetal.

Los transformadores deben estar contenidos en un tanque hermético, con objeto de preservar el aceite, ya que éste tiene la función de dieléctrico y también de refrigerante (Pérez, 2008, p. 14). El transformador debe permanecer perfectamente sellados desde una temperatura de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a un máximo de $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la parte superior del líquido aislante (Pérez, 2008, p. 14).

Parámetros eléctricos empleados

Al hablar de transformadores nos encontramos con términos técnicos que conviene manejar adecuadamente. A continuación se menciona algunos conceptos de los parámetros eléctricos más comúnmente empleados, los mismos que fueron tomados de (Pérez, 2008, p. 17-18):

Tensión

Es la fuerza que origina el flujo de corriente y se expresa:

V: Tensión o diferencia de tensión (volts)

KV: volts x 1000 (kilo volts)

Corriente

Partículas eléctricas (electrones) libres que se mueven en un cierto sentido dentro del conductor del devanado, se expresa:

I: corriente eléctrica (amperes)

Capacidad (potencia)

Potencia eléctrica necesaria para mantener un cierto flujo de corriente demandado por una carga. Se expresa como:

$P=KV \times A = KVA = \text{kilo - volts amperes}$

Flujo magnético

Líneas de fuerza invisibles que viajan por el núcleo proporcionando el campo magnético necesario para realizar la inducción. Se expresa:

φ : Flujo magnético vacío

Perdidas en vacío

Potencia eléctrica consumida por el núcleo del transformador al estar la bobina primaria conectada a la fuente y la bobina secundaria sin carga (en vacío). Se expresa:

W_{Fe} : Pérdidas en el hierro (watts)

Corriente de excitación o vacío

Corriente que circula por el bobinado primario al aplicarle su tensión nominal con el Bobinados secundaria sin carga. Es la corriente necesaria para producir el flujo magnético y se expresa en por ciento de la corriente nominal como:

$$I_o \text{ o } I_{exc} = \% I_n$$

Pérdidas con carga

Potencia eléctrica consumida por los Bobinados al tener en el bobinado secundario una carga, demandando la corriente nominal en este punto se expresa como:

W_{Cu} = pérdidas en el cobre (watts)

Impedancia (tensión de impedancia)

Tensión aplicada el primario, capaz de producir la corriente nominal en el secundario, estando las terminales de este último en cortocircuito. Se expresa en por ciento de la tensión nominal del primario y representa la oposición del transformador a la corriente durante un corto circuito.

Por ciento de impedancia: $\% Z$ o $\% V_n$

Nivel básico de aislamiento al impulso (BIL)

Es de nivel básico de aislamiento al impulso (NBI), y representa la capacidad en un transformador de soportar una "sobretensión" producida por una carga atmosférica o por apertura (cierre del circuito de alimentación del transformador). Indica la tensión máxima de la sobretensión que debe soportar el equipo (Kosow, 1993).

BIL: Nivel básico de aislamiento (KV)

Eficiencia

Relación entre la potencia útil de salida y la potencia de entrada.

$$\% n = P_s / P_e \times 100$$

Donde

PS: potencia de salida útil

PE: potencia de entrada

Regulación

Variación de la atención en el secundario, expresa en porcentaje de la tensión nominal del mismo, que se produce al conectar una carga y mantenimiento constante la tensión aplicada al primario (Kosow, 1993), luego entonces:

$$\% \text{ Reg.} = ((V_{02} - V_2) / V_2) \times 100$$

Dónde:

V_{02} : Tensión secundaria sin carga

V_2 : Tensión secundaria nominal bajo carga plena



1.2.8. Funcionamiento

Este elemento eléctrico se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética, ya que si se aplica una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, debido a la variación de la intensidad y sentido de la corriente alterna, se produce la inducción de un flujo magnético variable en el núcleo de hierro (Násar, 1982).

Este flujo originará por inducción electromagnética, la aparición de una fuerza electromotriz en el devanado secundario. La tensión en el devanado secundario dependerá directamente del número de espiras que tengan los devanados y de la tensión del devanado primario (Sanz, 2002).

1.2.9. Pruebas a transformadores

Un transformador es probado para homologar de que ha sido adecuadamente diseñado y construido a fin de soportar la carga solicitada, y que al mismo tiempo resista todas las situaciones peligrosas a las que esté expuesto en operación durante un período de 20 años o más (Pérez, 2008, p. 173). La única prueba verídica que puede demostrar que un transformador durará 20 años es hacerlo funcionar durante 20 años. En realidad, las pruebas hechas en fábrica sólo son un seguro y dializado, aunque basados en resultados de prueba sobre buen estado de los materiales aislantes y de las piezas más importantes, o sobre el de las que con más probabilidad puedan presentar defectos de diseño o de fabricación. En general, a los transformadores se les practica una serie de pruebas que se inician desde las realizadas a la materia prima, hasta a las de mantenimiento. Las más importantes según Pérez (2008, p. 173) son las siguientes:

1.2.9.1. Pruebas de resistencia de aislamiento

Esta prueba sirve, básicamente para determinar la cantidad de humedad impurezas que contiene los aislamientos del transformador. La prueba de resistencia de

aislamiento se realiza en fábrica, después de que sea terminado el proceso de secado del transformador y éste se encuentra a una temperatura de cero y 40 °C.

1.2.9.2. Prueba de factor de Disipación de los aislamientos

El objetivo principal de esta prueba es, verificar el grado de sequedad que tienen los materiales aislantes, por lo que a esta prueba se le considera complementaria, o quizás más rigurosidad a la de la resistencia de aislamiento. La prueba se realiza aplicando una tensión alterna de 2.5 kilovoltios entre el devanado de alta tensión y el de baja tensión. Con ello circulará una corriente I a través del aislamiento, formado por dos componentes Pérez (2008, p. 178).

1.2.9.3. Prueba de rigidez dieléctrica del aceite

Esta prueba aplicada al aceite es una de las más frecuentes, ya que al conocer el valor de la tensión de ruptura que un aceite soporta es mucho más valioso; además, esta prueba revela cualitativamente la resistencia momentánea de la muestra del aceite al paso de la corriente y el grado de humedad, suciedad y sólidos conductores en suspensión Pérez (2008, p.182).

1.2.9.4. Pruebas de relación de transformación y polaridad

La prueba de relación de transformación tiene como principal objetivo la determinación de la relación entre el número de vueltas del devanado primario y el secundario. Es decir, nos determina si la tensión suministrada puede ser transformada fielmente a la tensión deseada. El objetivo de la prueba de polaridad es determinar el desplazamiento angular expresado en grados entre el vector que representa la tensión de la línea al neutro de una fase de A. T. y el vector que representa la tensión de línea a neutro en la fase correspondiente en B. T. La polaridad reviste una gran importancia en la conexión de los transformadores, sobre todo si éstos han de ser conectados en paralelo o en bancos Pérez (2008, p. 183).

1.2.9.5. Prueba de resistencia óhmica de los devanados

Esta prueba no sirven básicamente para comprobar que todas las conexiones internas efectuadas en los Bobinados y guías, fueron sujetadas firmemente; así como también para obtener información para determinar las pérdidas de cobre ($I^2 \times R$) y calcular la temperatura de los devanados en la prueba de temperatura Pérez (2008, p. 187).

1.2.9.6. Prueba de potencial aplicado

Consiste en verificar que la clase y cantidad de material aislante sean las adecuadas, con el objeto de asegurar que el aislamiento de los Bobinados el transformador desistan los esfuerzos eléctricos a los que se verá sometido durante su operación Pérez (2008, p. 191).

1.2.9.7. Prueba de potencial inducido

La finalidad de esta prueba consiste en comprobar si el aislamiento entre vueltas y entre capas de los Bobinados del transformador es de la calidad requerida. La prueba se hace aplicando el doble de la tensión nominal y el mínimo del doble de la fuerza nominal hasta complementar 7200 ciclos Pérez (2008, p. 195).

1.2.9.8. Pruebas de impulso

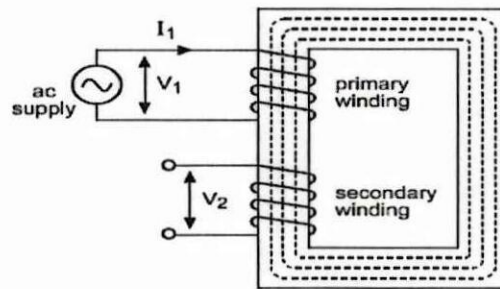
Como en muchas ocasiones las fallas en los transformadores son causadas por descargas atmosféricas o por tensiones transitorias. Es indispensable verificar si el aislamiento del transformador, puede soportar dichas descargas a que está sometida durante su operación Pérez (2008, p. 199).

1.3. Familiarización

Antes de comenzar el estudio del transformador en detalle, será útil ver lo que un transformador es y cómo funciona. El transformador práctica más simple consta de

dos bobinas colocadas juntas y unidas por un núcleo magnético cerrado que pasa a través del centro de las bobinas. Gráfico 1.4.

GRÁFICO 1.4: TRANSFORMADOR MONOFÁSICO



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Cada bobina consta de cables de cobre enrollado alrededor de una bobina y protegido por un aislante de cubierta exterior. Las bobinas pueden tener muchas vueltas de alambre fino para la baja de trabajo o menos vueltas de gran diámetro del alambre o cinta de cobre capaz de pasar las corrientes fuertes.

En los transformadores de potencia, una bobina o devanado se designarán las primarias y esto será conectado a la red eléctrica de corriente alterna. Habrá uno o más devanados secundarios, cada suministro de poder de carga a un voltaje elegido.

El núcleo de un transformador de potencia está construido a partir de láminas de acero aisladas de servidumbre y sujetado junto. Esta estructura laminada se utiliza para reducir el calentamiento interno en el núcleo.

Cuando la corriente fluye a través de las espiras de una bobina, líneas de flujo que se ocupan, y pasa a través del centro de la bobina, forma bucles cerrados fuera de la bobina. La corriente constante producirá un constante flujo, corriente alterna producirá un flujo alternante.

Si la bobina se enrolla alrededor de un acero cerca al núcleo, el nivel de flujo se incrementará muchas veces y las líneas de flujo se limitarán al camino del núcleo. El Hierro y muchas de sus aleaciones son materiales ferro magnéticos y tienen la propiedad de elevar el valor de flujo producido por una bobina conductora de corriente, y en la reducción de las pérdidas de flujo.

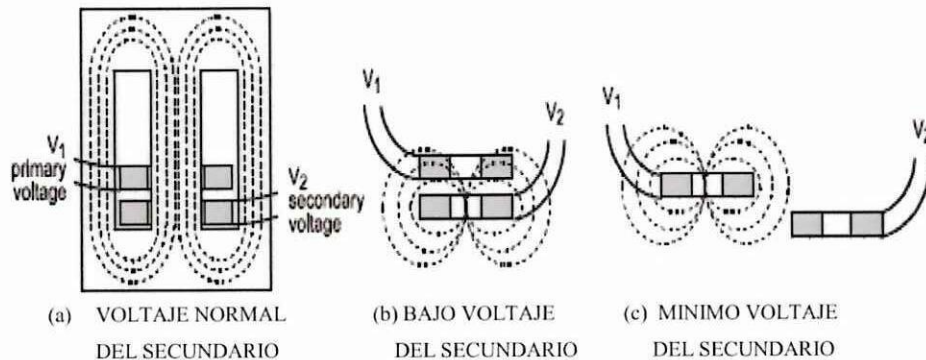
Al igual que en el simple transformador del gráfico 1.1, una segunda bobina se puede montar sobre el núcleo de modo que el flujo vincule ambas bobinas. Un flujo constante producirá ninguna tensión en la bobina secundaria pero cualquier cambio de flujo provocará una tensión a ser inducida en ella.

Cuando una tensión alterna está conectada al devanado primario, un flujo está configurado en el núcleo que alternará en dirección a la misma frecuencia que la tensión de alimentación. El flujo se vinculará con vueltas de la bobina secundaria y causará una tensión alterna para ser inducida en ella cuyo valor dependerá del número de vueltas en el bobinado y la velocidad de cambio de flujo en el núcleo.

El efecto del núcleo de acero magnético es aumentar el flujo producido por la corriente primaria y mantenerlo dentro de la ruta de acceso central que une las dos bobinas. En el gráfico 1.5 (A), dos bobinas idénticas de un transformador se muestra instalado en su núcleo. Cuando una bobina se activa a partir de una fuente de corriente alterna, la segunda bobina producirá una tensión igual a la tensión de excitación.

Si el núcleo se retira como en el gráfico 1.5 (b), el flujo que enlaza los dos devanados se reduce mucho y el voltaje secundario se reducirá a un valor bajo. La separación de las bobinas como en el gráfico 1.5 (c) se reducirá aún más el acoplamiento de flujo y causará la tensión secundaria reducida.

GRÁFICO 1.5: FLUJO DEVANADOS



Fuente: Kosow, Irving L. (1993). Máquinas eléctricas y transformadores. México

1.3.1. Relación de tensión del transformador

Como se discutió previamente, la corriente consumida por el devanado primario de la alimentación de CA produce un flujo que une todas las bobinas que abarcan el núcleo alterna. La tensión inducida en la secundaria se puede medir directamente, sino una tensión también se induce en el devanado primario desde sus vueltas están unidos por el mismo flujo.

La tensión inducida en el primario se conoce como la EMF de nuevo. Es casi el mismo valor que la tensión de alimentación de CA y actuará siempre en oposición a ella, por lo que tiende a reducir la corriente tomada desde el suministro.

La tensión en cada vuelta de ambos los devanados primario y secundario será el mismo;

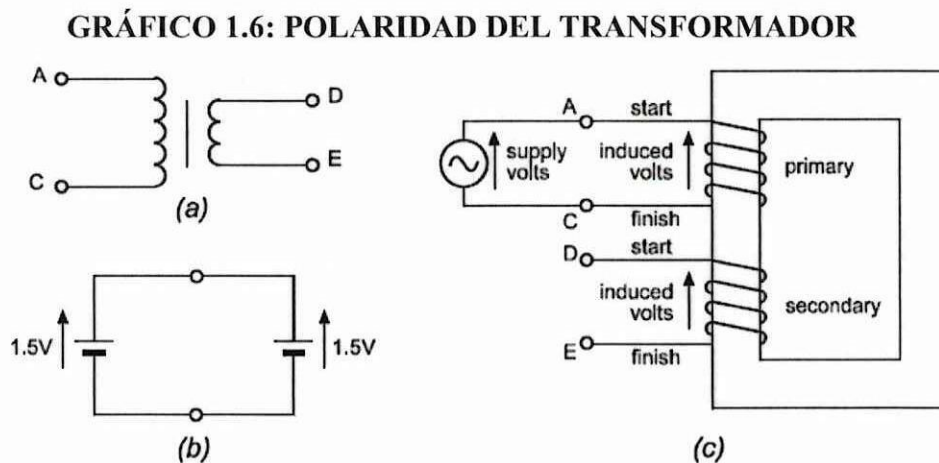
En consecuencia, el valor de la tensión inducida en el secundario dependerá de la relación del número de vueltas en el secundario a los de la primaria.

Cuando hay más secundaria de las espiras del primario, el transformador se dice que es un " montaje y la tensión del secundario es mayor que la de la primaria. Con menos secundaria de las espiras primarias, el transformador es un " paso hacia abajo"

y el voltaje de salida es menor que la oferta. Para el mismo número de vueltas en cada arrollamiento, el transformador es un “uno a uno”.

1.4. Polaridad del Transformador

Un simple transformador con dos devanados separados se muestra en el gráfico 1.6 (a). Para ilustrar los principios en juego, el mismo transformador se ha redibujado en el gráfico 1.6 (c) con el primario y bobinas secundarias herida en la misma dirección en una base común, y con el 'inicio' y 'final' de los cables de cada bobina de la etiqueta.



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Si una tensión alterna está conectada a la bobina A- C, el flujo de corriente resultante creará un flujo alterno en el núcleo magnético. Esto provoca una tensión inducida que se produce en la bobina A- C que actúa para reducir el flujo de corriente a través de esa bobina. Esta tensión inducida se llama el "back EMF" o “contador EMF.”

La relación entre la tensión de alimentación y la FEM de vuelta en la primaria se puede comparar a la de dos células conectadas positivo a positivo, negativo a negativo, como se muestra en el gráfico 1.6 (b).

Ellos tienen la misma polaridad, pero debe tenerse en cuenta que sus tensiones en los terminales están en oposición a de otra, y como resultado no fluye corriente entre ellos. En el transformador se puede decir que la polaridad de la fuerza contra electromotriz en el bobinado primario es la misma que la de la tensión de alimentación, de nuevo los dos voltajes se oponen el uno al otro. El efecto de la fuerza contra electromotriz es reducir el flujo de corriente en el transformador.

El devanado secundario está arrollado alrededor de la misma como el núcleo primario y en consecuencia una tensión inducida también se creará dentro de sus bobinados. Esta es la tensión de salida del transformador

Su frecuencia es la misma que la frecuencia de la tensión de alimentación y su magnitud dependerá del número de espiras en su devanado. Haciendo referencia al gráfico 1.6 (c), la polaridad de la secundaria inducida voltaje a través de los terminales D - E será la misma que la polaridad de la tensión del primario a través A - C.

La polaridad de la bobina secundaria puede ser revertida mediante la inversión de las conexiones a sus terminales.

Durante la fabricación, es probable que todas las bobinas en el transformador se enrollen en la misma dirección de rotación, en sentido horario o en sentido anti horario. Si esto es así, entonces el inicio de cables bobinado siempre tiene la misma polaridad.

1.4.1. El establecimiento de la polaridad del devanado de un transformador

Si no se les da la bobina del transformador detalles, podemos llevar a cabo una prueba para establecer su polaridad en esta prueba, uno de los terminales de la bobina primaria se hace común con uno de los terminales de la bobina secundaria. Un bajo voltaje AC se aplica sobre la diferencia de tensión primaria y entre los dos terminales

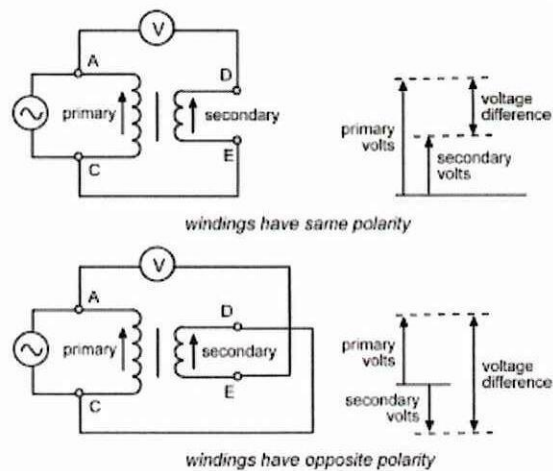
no comunes se mide. Podemos entonces calcular la polaridad relativa de los dos devanados.

La conexión que da tensión mínima a través de los devanados es la que da equivalente a Polaridad. Si la relación de voltaje de los dos devanados es uno - a-uno, el voltaje a través de los devanados es cero cuando sus polaridades son las mismas. Para otras relaciones, el voltaje a través de los devanados es la diferencia entre los voltajes de devanado individual (misma polaridad) o la suma del individuo tensiones (de polaridad opuesta).

Cuando un transformador tiene más de una secundaria, la misma prueba se puede extender a identificar la polaridad de todos los devanados.

Los circuitos utilizados para las pruebas de CA de polaridad se dan en el gráfico 1.7.

GRÁFICO 1.7: CIRCUITOS PARA PRUEBAS DE CA



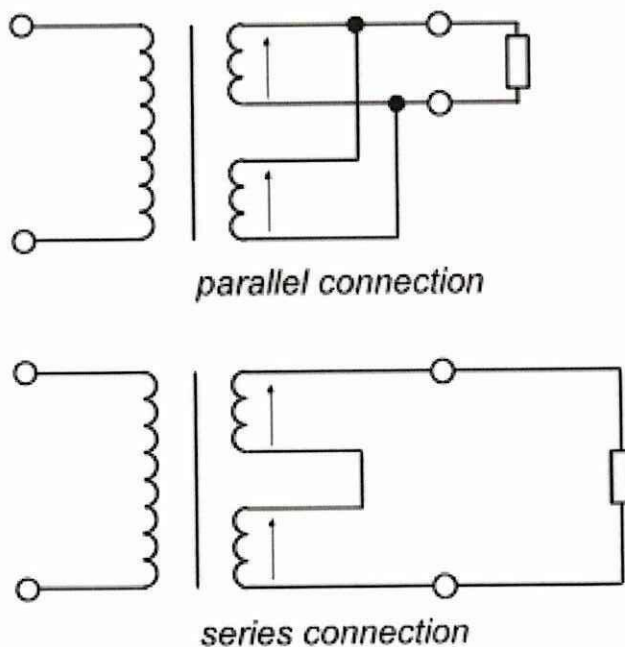
Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

1.5. Conexiones en series y en paralelo

Anteriormente reencontró la relación y la polaridad de un transformador. Estas pruebas y los principios involucrados son aplicables a los transformadores de potencia que tienen dos o más secundarios de la misma relación de tensión. En esta tarea, vamos a hacer uso de la información obtenida y extenderlo a mostrar que, mediante la conexión de los secundarios en serie o en paralelo, podemos cambiar los voltajes y corrientes de salida.

La información obtenida de conexión en serie o en paralelo de los secundarios de un solo Transformador también se aplica cuando dos o más transformadores de relación de tensión adecuada son conectados a una fuente de alimentación común.

GRÁFICO 1.8: DEVANADOS SECUNDARIOS



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

El gráfico 1.8 muestra el principio utilizado en los ensayos que siguen. Si los dos devanados secundarios están para ser conectados en paralelo, debemos asegurarnos primero de que:

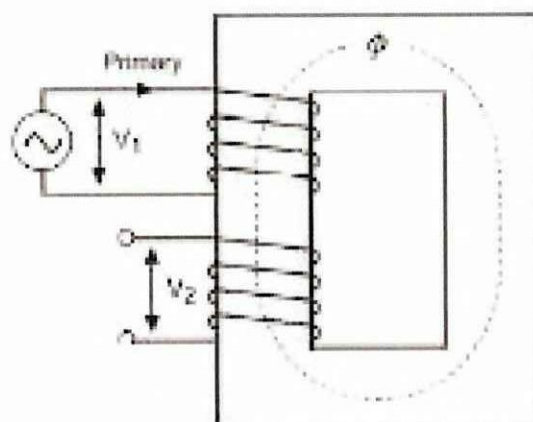
- a) tener la misma relación de tensión. De lo contrario una corriente circulante fluirá a través de los devanados, incluso si sus polaridades son las mismas.
- b) tener la misma polaridad. Esto es esencial para evitar el flujo de una corriente pesada destructivamente a través de los devanados. Ambos requisitos se cumplen mediante un examen inicial de la tensión en los extremos abiertos de los devanados secundarios cuando sus otros terminales están conectados entre sí. Si este voltaje es cero, los dos devanados tienen la misma relación de voltaje y la misma polaridad

1.6. El circuito magnético

En las asignaciones anteriores, hemos visto principalmente en la relación de tensión entre la primaria y la de los devanados secundarios del transformador y sólo brevemente en el camino magnético tomada por el flujo que vincula estos bobinados. En esta tarea, vamos a estudiar el circuito magnético con más detalle.

Un transformador simple con dos bobinas enrolladas sobre un núcleo magnético común se muestra en el gráfico 1.9. Si conectamos la bobina primaria a un suministro eléctrico, el flujo de corriente a través de sus bobinados establecerá hasta un campo magnético que produce un flujo en el núcleo.

GRÁFICO 1.9: TRANSFORMADOR SIMPLE CON DOS BOBINAS



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Existe una importante ley de electromagnetismo que dice 'cada vez que el flujo a través de un circuito ejerza cambios, se induce una EMF en ese circuito'. Si el devanado primario de este transformador es sencillamente conectado a una fuente de corriente alterna, el flujo a través del núcleo magnético se alternará en la misma frecuencia que la fuente. Esto hará que los voltajes a ser inducidos tanto en el primario y devanados secundarios.

En el devanado primario, este voltaje se llama la fuerza contra electromotriz. Se opone a la tensión de alimentación y reduce la corriente que circula en el primario. El voltaje inducido en el secundario tiene la misma frecuencia que la tensión de alimentación y su valor dependerán de la relación de vueltas de los devanados primario y secundario, suponiendo que todo el flujo que une la primaria también se vinculará la secundaria. En la práctica, siempre hay algo de pérdida de flujo, y esto será considerado con más detalle en una asignación más tarde.

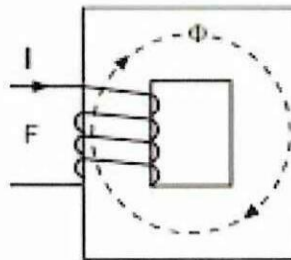
La acción del transformador es, por lo tanto, vista a depender del flujo magnético que une los dos devanados. La fuerza de este flujo será en sí y dependerá de cuatro factores principales que se tienen en cuenta al derivar el circuito magnético:

- el valor de la corriente que circula por el primario
- el número de vueltas en el primario
- las dimensiones del núcleo magnético
- los materiales que forman el núcleo magnético

1.6.1. Definición Circuito Magnético

El camino tomado por el flujo en una máquina eléctrica se llama el transformador de circuito magnético, motores y generadores, solenoides y relés todos obedecen a reglas similares y se componen de similares materiales magnéticos. Mediante la comprensión de los principios del circuito magnético de un transformador, que puede ampliar nuestro conocimiento de otras máquinas eléctricas.

GRÁFICO 1.10: CIRCUITO MAGNÉTICO



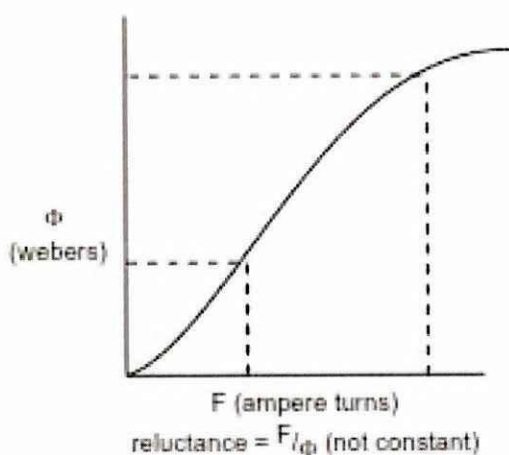
Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

En el circuito magnético mostrado en el gráfico 1.10, una bobina está enrollada alrededor de una sección de un núcleo magnético. Cuando hay corriente I que circula en la bobina, producirá un campo magnético y esto causará un flujo que se creará en el material magnético que forma el núcleo.

Se dice que la corriente que fluye a través de las vueltas de la bobina produce una fuerza magneto motriz (MMF, expresada en amperios- vuelta) y que la intensidad de campo debido a esto es H (amperio- vueltas por metro de la longitud de la trayectoria

de flujo). La relación entre el flujo (expresado en Weber) y MMF es similar a que entre corriente y tensión en un circuito eléctrico con elementos resistivos. Sin embargo, hay una diferencia fundamental: en el circuito eléctrico, el gráfico de la corriente contra voltaje es una línea recta a través del origen, mientras que en un circuito magnético, la gráfica de flujo contra el MMF no es lineal (véase gráfico 1.11).

GRÁFICO 1.11: GRÁFICA DE FLUJO



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

1.6.2. Reluctancia magnética

Reluctancia magnética es la resistencia de un material a un campo magnético. Se define como la relación de magneto motriz fuerza para flujo magnético.

La definición se puede expresar como:

$$R_m = \frac{MMF}{\varphi}$$

Donde R_m es la reluctancia del circuito magnético expresado en amperio- vuelta por weber.

Es análoga a la Ley de Ohm con resistencia reemplazada por la renuencia, tensión por MMF y actual flujo magnético.

Aunque la renuencia corresponde aproximadamente a la resistencia en el circuito eléctrico, la relación MMF: ϕ no es una constante; la reluctancia en el circuito magnético disminuye a medida que el flujo en el núcleo aproxima a la saturación.

1.6.3. Transformador sin carga en el secundario

Cuando se aplica una tensión de CA al primario de un transformador y no hay carga en el secundario, la corriente que fluye está limitada por la impedancia de la primaria. Hay una pequeña caída de voltaje debido a la resistencia del devanado y una caída mucho más grande debido a la inducida tensión en el primario.

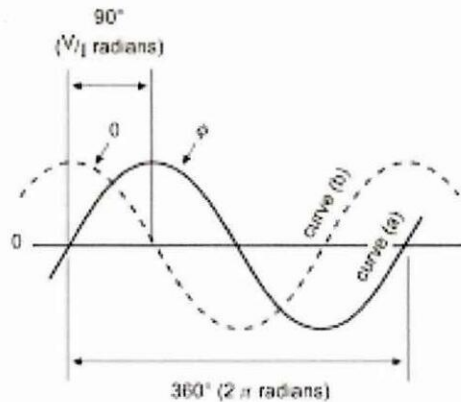
La tensión inducida es causada por el flujo cambiante en el núcleo y siempre se opone a la aplicada tensión. Esta es una aplicación directa de la Ley de Lenz, 'tensiones inducidas actúan en una dirección tal que se opone a la acción'. Aquí la tensión alterna aplicada hace que la corriente fluya en la bobina primaria que produce un flujo alterno en el núcleo.

La tensión inducida en la primaria será proporcional a la tasa de cambio del flujo en el núcleo. Por lo tanto, suficiente corriente debe fluir en el primario para producir el valor requerido de flujo.

1.6.4. Fase Relación entre Core Flux y la tensión inducida

Podemos demostrar que la velocidad de cambio de cualquier onda senoidal puede ser representado por otra curva sinusoidal, pero desplazada por 90° .

GRÁFICO 1.12: CURVA SINUSOIDAL



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

En la curva sinusoidal de línea completa del gráfico 1.12 (a), la tasa de cambio o la pendiente es de un máximo en el que la curva cruza el eje cero y es un mínimo en las crestas de la onda sinusoidal. La línea quebrada curva, el Gráfico 1.11 (b), representa la tasa de cambio de la curva sinusoidal y sinusoidal es en sí mismo (es una curva coseno) y cables de $\pi/2$ radianes o 90° .

Si la curva (a) representa el flujo ϕ en el núcleo y la curva (b) la FEM inducida en tensión o bien la primaria o secundaria debido a la tasa de cambio del flujo, podemos ver que el flujo se retrasará al voltaje por 90° . La corriente de magnetización está en fase con el flujo que se produce y también retrasa la tensión inducida por 90° .

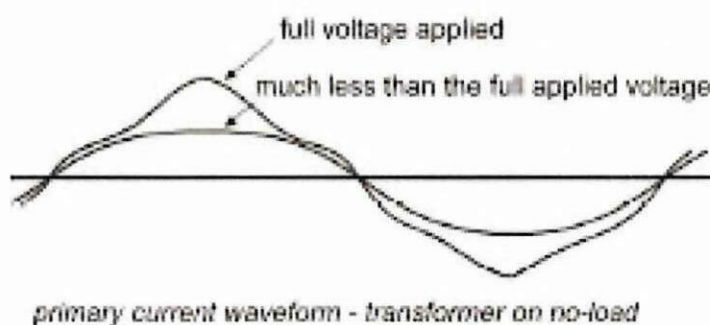
1.6.5. Corriente de magnetización de forma de onda

Hemos visto en el gráfico 1.9 que la curva de flujo contra la fuerza magneto motriz (MMF) no es lineal. En esta curva, si el flujo se incrementa progresivamente a continuación, la fuerza magneto motriz obligado a producen que el flujo aumentará en mayor proporción. De esto podemos ver que a medida que la tensión aplicada al primario se incrementa, el flujo en el núcleo tendrá que aumentar en la misma

cantidad de mantener la igualdad entre la tensión inducida y la tensión aplicada. Esto requerirá un proporcionalmente mayor aumento de la fuerza magneto motriz y por lo tanto en la corriente que fluye en la primaria, especialmente en lo que el núcleo se aproxima a la saturación.

La tensión alterna aplicada tiene una forma de onda sinusoidal y el flujo en el núcleo también será sinusoidal, pero la corriente que produce que el flujo tendrá una forma de onda que dependerá de cuán cerca el núcleo esté a la saturación (véase el gráfico 1.13).

GRÁFICO 1.13: TENSIÓN ALTERNA APLICADA



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

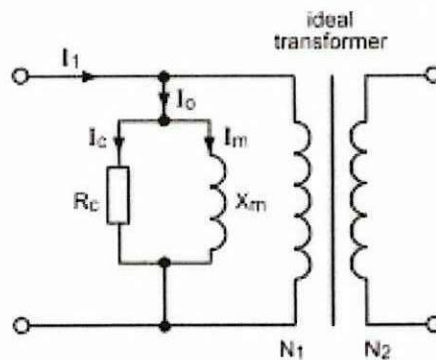
1.7. Prueba de circuito abierto

Muchas máquinas eléctricas, en particular los transformadores, motores de corriente alterna y los generadores pueden ser más fácilmente analizados y su rendimiento comprenderá mejor con la ayuda de un circuito equivalente en el que el efecto de la pérdida en el núcleo, la pérdida de cobre, fuga de flujo, etc., están representados por resistencias eléctricas e inductancias. Un circuito equivalente producirá el mismo diagrama de fasores como la propia máquina y los valores utilizados para la construcción de cualquiera de los diagramas que se derivan de pruebas en la máquina real.

1.7.1. El circuito equivalente

Un transformador real sin carga en sus secundarias se puede representar como un transformador ideal sin pérdida en el núcleo y que requiere corriente de magnetización cero más dos elementos paralelos y $R_c X_m$ como en el gráfico 1.14.

GRÁFICO 1.14: TRANSFORMADOR SIN CARGA

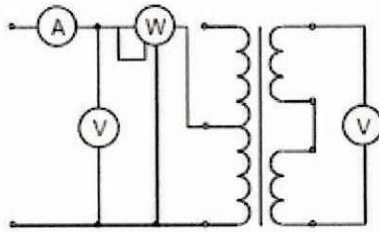


Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

La resistencia R_c es el elemento de pérdida en el núcleo. La corriente a través de este estará en fase con el voltaje aplicado y se disipará potencia equivalente a la del núcleo a una tensión especificada y la frecuencia. La reactancia X_m es el elemento de magnetización. Su corriente se retrasará la tensión aplicada por 90° ; es decir, está en cuadratura con la tensión aplicada, y ninguna energía se disipa. La corriente tomada por X_m produce la fuerza magneto motriz que establece el flujo en el núcleo.

Mediante la medición de la corriente y potencia tomada de la alimentación, como se muestra en el gráfico 1.15, los valores de los elementos del circuito equivalente se pueden derivar y el diagrama de fasores construidos.

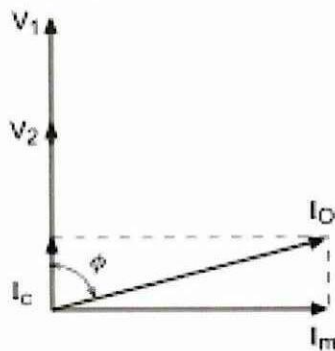
GRÁFICO 1.15: POTENCIA DE ALIMENTACIÓN



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Usando los resultados de las pruebas obtenidas en esta asignación un diagrama fasor similar a la del gráfico 1.16 puede ser construido.

GRÁFICO 1.16: DIAGRAMA FASORIAL



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Primero vamos a calcular el ángulo de fase entre la corriente I_1 y la tensión V_1 primario, derivar valores para la pérdida en el núcleo y las corrientes de magnetización.

Dónde:

P_1 = potencia de entrada principal (W) vatímetro)

V_1 = Voltaje aplicado al primario (voltímetro V_1)

V_2 = Tensión a través de secundaria (voltímetro V_2)

I_0 = corriente primaria total en vacío (amperímetro I_1)

I_c = En el componente de fase de I_0 (componente pérdida en el núcleo) actual
 ϕ = componente en cuadratura de la corriente I_0 (componente de magnetización)

I_m = ángulo de fase entre V_1 y I_0 .

Ahora podemos calcular las corrientes a través de la resistencia de pérdida en el núcleo R_c y la magnetización reactancia X_m también las relaciones de fase entre estas corrientes y la tensión primaria.

Se necesita una palabra de explicación de por qué nos referimos a la corriente primaria total en vacío como I_0 en lugar de I_1 . I_0 representa la suma de las fases de la pérdida en el núcleo actual de I_c y la corriente de magnetización I_m como se muestra en el gráfico 1.13. Cuando el transformador está suministrando sin carga externa, este es el total de corriente tomada por la primaria, por lo tanto, para esta condición $I_0 = I_1$. Cuando el transformador está suministrando una carga, hay una gran corriente adicional que fluye en el primario y en este caso I_1 no es igual a I_0 sino a la suma de las fases de la I_0 y la carga principal componente de la corriente

Los voltamperios tomadas por el primario en vacío es:

$$VA_1 = V_1 I_0$$

Y la potencia de entrada es:

$$P_1 = V_1 I_0 \cos \phi$$

De:

$$\cos \phi = \frac{P_1}{V_1 I_0}$$

Por lo tanto:

$I_c = I_0 \cos \phi$ (Componente de pérdidas en el núcleo en fase con la tensión aplicada)

$I_m = I_0 \sin \phi$ (Magnetización componente en cuadratura con el voltaje aplicado)



Ahora que las corrientes I_c e I_m han sido evaluadas se encuentran los valores de la pérdida de núcleo equivalente resistencia R_c y corriente de magnetización X_m . usando las siguientes ecuaciones:

$$R_c = \frac{V_1}{I_c}$$
$$X_m = \frac{V_1}{I_m}$$

1.8. Prueba de corto circuito

La última misión examinó el comportamiento del transformador en vacío. Supongamos ahora que un cargador de los flujos de corriente I_2 en el arrollamiento secundario. Se tenderá a reducir el flujo en el núcleo y por lo tanto los campos electromagnéticos, incluyendo la FEM de vuelta en la primaria. El resultado es un aumento en la corriente primaria que se puede calcular a partir de los cambios en el MMF (amperios-vuelta).

El vacío del MMF primario fue $I_0 N_1$.

Adicional la MMF requerido es de $I_2 N_2$ para cancelar la des magnetización de la MMF de la secundaria.

Así, el principal debe suministrar un total de MMF:

$$I_0 N_1 = I_2 N_2$$

La corriente en las espiras N_1 de la primaria se convierte así en:

$$I_1 = I_0 + I_2 \frac{N_2}{N_1}$$

De esto podemos ver que la carga en el secundario en efecto ha sido trasladada a la primaria y la corriente primaria adicional se toma de la fuente de alimentación.

Resistencia del devanado

Cada devanado de un transformador tiene resistencia. Cuando fluye una corriente de esto da lugar a un voltaje al caer y con una pérdida de energía, normalmente se conoce como la "pérdida de cobre".

$$P\acute{e}rdida\ de\ Cobre = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$$

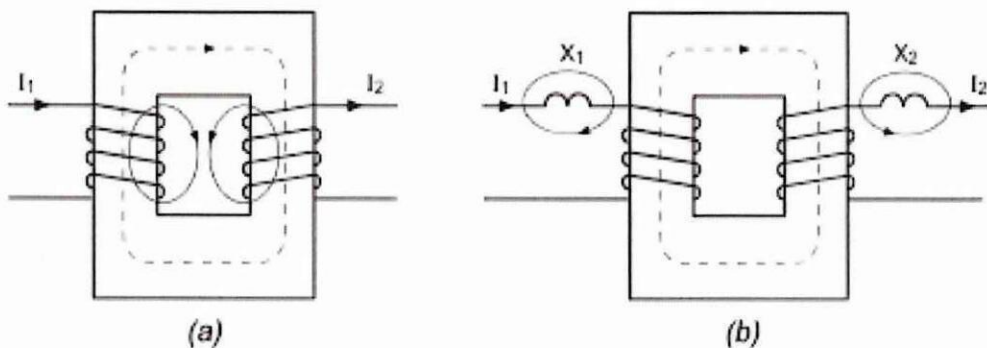
Reactancia de fuga

El flujo producido por el flujo de corriente en los giros primarios no todo vínculo con las vueltas del secundario, como se muestra en el gráfico 1.17(a).

Del mismo modo, la lucha contra el flujo producido por la corriente de carga en las vueltas del secundario no todo vínculo con vueltas en el primario.

El efecto de flujo de dispersión en un transformador real es similar a tener un transformador ideal en el que todos los enlaces de flujo de ambos devanados, además de inductores separados conectados en serie con el primario y secundaria como en el gráfico 1.17 (b). En el circuito equivalente, reactancias X_1 y X_2 representarán los componentes de pérdidas en serie con los devanados primario y secundario.

GRÁFICO 1.17. FLUJO PRODUCIDO

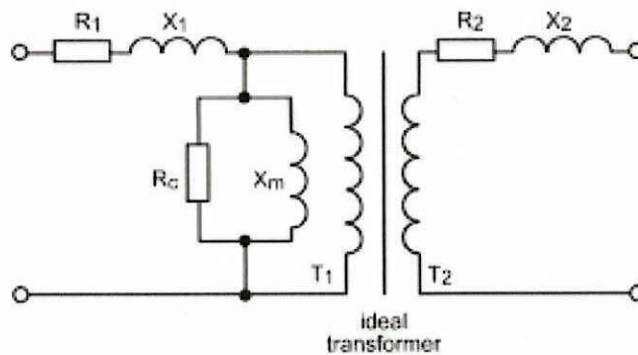


Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

1.8.1. Circuito equivalente completo

Mediante la adición de las resistencias del devanado y reactancias de dispersión para el circuito equivalente del transformador en vacío, que se puede extender para formar un modelo completo del transformador. El grado de complejidad a la que se toma el circuito equivalente dependerá de la aplicación particular para que se vaya a utilizar. El circuito equivalente completo se muestra en el gráfico 1.18.

GRÁFICO 1.18. CIRCUITO EQUIVALENTE

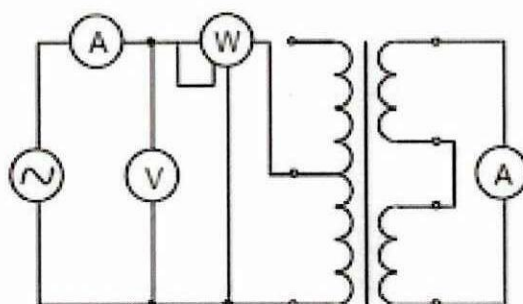


Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

1.8.2. Prueba de corto circuito

La magnitud de la resistencia y la reactancia de fuga de bobinado efectiva total se puede encontrar la colocación de un cortocircuito en el secundario, y averiguar cuánto voltaje en el primario se necesita en los terminales para conducir la corriente nominal a través del transformador. Este voltaje será bastante pequeño, de manera que las pérdidas en el núcleo (el efecto de R_c y X_M) serán insignificantes. El circuito requerido se muestra en el gráfico 1.19

GRÁFICO 1.19. CIRCUITO REQUERIDO



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Hay, sin embargo, una prueba preliminar que vamos a realizar con el fin de superar algunas limitaciones en nuestra situación de laboratorio. En la industria de la prueba de un transformador se llevaría a cabo con instrumentos de alta precisión, re calibrado regularmente.

También ocurre que en los grandes transformadores (para los que las pruebas de circuito abierto y corto son más valiosas) los resultados no suelen ser casi tan dependiente sobre errores de medición como en nuestro pequeño. Las razones se harán evidentes más adelante. Sin embargo, para asegurar que usted obtiene buenos resultados, será conveniente cerciorarse de que el voltímetro, amperímetro y vatímetro Electrodinámico son coherentes entre sí si la instrumentación convencional es utilizada.

1.8.3. Cálculo de bobinado Resistencia y Resistencia de fuga

El W_1 potencia de entrada que se mide en la prueba de cortocircuito es poco probable que sea la misma que $V_1 I_1$ calculado a partir de mediciones. Supongamos por un momento que la impedancia en la primaria terminales es una combinación en serie de la resistencia R_1' y reactancia X_1' .

Entonces ya no hay potencia disipada en la reactancia:

$$W_1 = I_1^2 R_1'$$

Para que:

$$R_1' = \frac{W_1}{I_1^2}$$

La impedancia total es:

$$\frac{V_1}{I_1} = \sqrt{R_1'^2 + X_1'^2}$$

Para calcular X_1' se calcule como:

$$X_1' = \sqrt{\left(\frac{V_1}{I_1}\right)^2 - R_1'^2}$$

Tenga en cuenta que sólo una única resistencia y un único valor de la reactancia se obtienen a partir de estos cálculos. Tenemos que averiguar cómo se relacionan con el individuo resistencias y reactancias primaria y secundaria.

1.8.4. Los valores recomendados

Así como las pérdidas fueron remitidas a la secundaria, que tiene ha establecido para la primaria, así que con las resistencias del devanado y las reactancias de la secundaria la contribución se puede hacer referencia a la primaria (o viceversa) . Se aplica el mismo factor, la plaza de la relación de vueltas.

Por lo tanto, si se descuidan los componentes de magnetización y pérdidas en el núcleo, el circuito equivalente del transformador se muestra en el gráfico 1.18 es válida. El gráfico 1.18 es el circuito relevante para su práctica de resultados, ya que si en este circuito el transformador ideal es un cortocircuito en los terminales secundarios, la primaria de la misma se convierte efectivamente en un corto circuito también ya no puede existir tensión en ella. La resistencia del devanado y la reactancia se refirió a la primaria son:

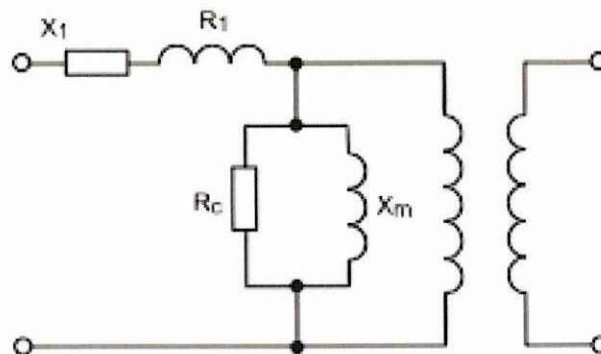
$$R_1' = R_1 + \left[\frac{N_1}{N_2} \right]^2 R_2$$

$$X_1' = X_1 + \left[\frac{N_1}{N_2} \right]^2 X_2$$

El circuito equivalente completo del curso requiere los componentes que representan el núcleo magnetización y pérdidas

Un análisis exacto demostraría que valores ligeramente diferentes serían los más apropiados en cada diferente circuito equivalente, pero en un transformador típico de los valores de R_c y X_m son mucho más altos que las impedancias serie hace referencia a la primaria que el mismo valor casi es apropiado cuando se ha añadido a cualquiera de los circuitos en el gráfico 1.20.

GRÁFICO 1.20. CIRCUITO ESQUEMÁTICO DE UN TRANSFORMADOR



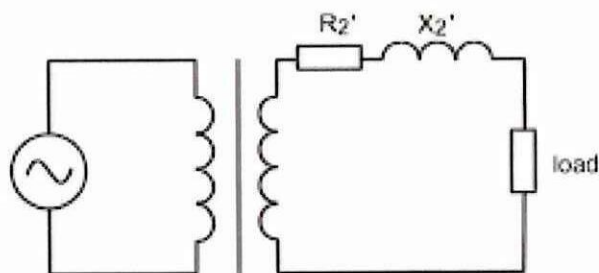
Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

1.9. Regulación de Voltaje

En los transformadores de pequeña potencia que no es demasiado difícil de medir la regulación (caída de tensión con carga) y la eficiencia directamente. Con grandes transformadores hay dificultades. No siempre es fácil proporcionar el poder o la carga, y mediciones de eficiencia pues hacen demandas excesivas para la precisión de la medición. Un gran transformador podría ser típicamente 98 % de eficiencia. Si el vatímetro de mediciones de potencia de entrada y de salida eran cada sujeto a un error de tan poco como $\pm 1 \%$ de lo posible, las pérdidas podrían ser evaluadas como cualquier cosa, desde cero hasta dos veces el valor real.

En la práctica, por lo tanto, el circuito equivalente se utiliza ampliamente como un medio de predicción de la regulación y la eficiencia de los grandes transformadores. Como misiones 7 y 8 han señalado, el circuito equivalente se determina por medio de las pruebas de cortocircuito y circuito abierto. Al extender la prueba de cortocircuito, resultados útiles de interés directo para los cálculos de eficiencia se puede obtener. También haciendo referencia a los elementos de la serie del circuito equivalente a la secundaria, como se indica en el Gráfico 1.21, se simplifican los cálculos sobre la regulación.

GRÁFICO 1.21. CIRCUITO EQUIVALENTE

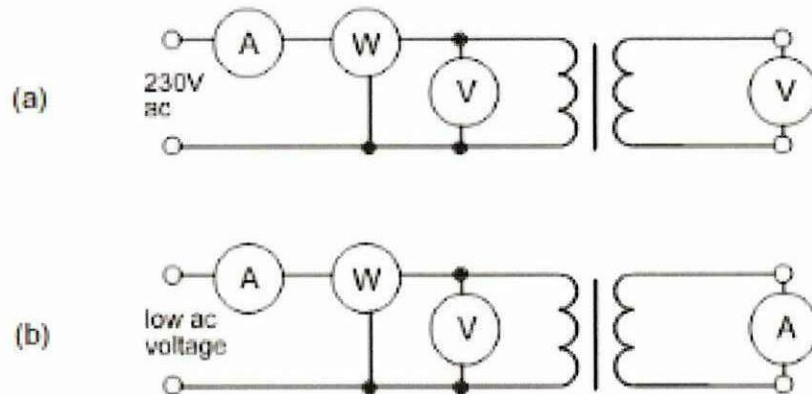


Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

En este trabajo vamos a medir primero la tensión secundaria y la potencia absorbida del suministro, con el secundario en circuito abierto y la tensión nominal en el

primario como muestra el gráfico 1.22(a). Entonces debemos medir la potencia y la corriente en el circuito primario con el paso secundario de diversas corrientes de corto circuito, el gráfico 1.22 (b).

GRÁFICO 1.22. TENSIÓN SECUNDARIA



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

1.10. Marco Conceptual

El siguiente marco conceptual es tomado del texto de Kosow (1993) Máquinas eléctricas y transformadores.

- **Acoplamiento mínimo.**-Ubicación de dos o más inductores o devanados de que se reduce al mínimo el eslabonamiento de flujo entre ellos.
- **Auto transformador.**- Transformador de varios devanados conectado en tal forma que tienen devanado continuo del cual una parte es común tanto el circuito primario como secundario con los cuales se conecta el transformador.
- **Coefficiente de acoplamiento (k).**- Relación de la inductancia mutua (M) A la raíz cuadrada del producto $L_1 \times L_2$. Siendo L_1 la inductancia total de una malla

y L2 me inductancia total de una segunda malla acoplada mutuamente a la primera. También la relación del flujo mutuo al flujo total para cualquiera de las bobinas que estén acopladas magnéticamente.

- **Componente armónico.-** Cualquier componente senoidal, ya sea en fase o fuera de fase, con una senoide periódica fundamental que es múltiplo entero de la frecuencia fundamental. Una armónica cuya frecuencia sea el doble de la frecuencia fundamental se llama segunda armónica.
- **Conexión diametral.-** conexión de un transformador de seis fases en la cual los extremos de los secundarios de polaridad diametralmente opuesta en un transformador monofásico produce ningún sistema de seis fases mediante la interconexión adecuada con una carga conectada en malla de seis fases.
- **Conexión doble delta.-** unión de un transformador de seis fases en la cual se conectan en Delta dos conjuntos separados secundarios MONOFÁSICOS, pero son de polaridad instantánea opuesta, de modo que cuando se conectan con una carga de red de seis fases se produce un sistema de seis fases.
- **Conexión doble estrella o Y.-** análogo de la conexión estrella, de la doble delta, en el que se conectan en estrella o Y dos conjuntos separados de secundarios MONOFÁSICOS con los neutros separados entre sí de tal modo que cuando se conectan con una carga de seis fases produce un sistema de seis fases.
- **Conexión en delta abierta.-** Conexión semejante a la delta - delta para dar una salida trifásica empleando tres transformadores Monofásicos, pero

sacando uno de ellos. Los dos transformadores restantes tienen el 57.7 por ciento de la carga del banco Delta-Delta.

- **Conexión en estrella.-** Cualquier red en la que todas las trayectorias de corriente de circuito pasan de una terminal de entrada a una terminal como junta o empalme. La conexión Y es un caso especial de la conexión en estrella.
- **Convención de punto.-** Método cómodo para especificar la polaridad instantánea y la dirección de la corriente en un devanado, entre dos o más bobinas que están acopladas magnéticamente.
- **Deslizamiento negativo.-** deslizamientos que se presentan siempre que los motores trabajan a velocidades mayores que las sincrónicas.
- **Devanado de arranque.-** El devanado auxiliar de cualquier estator monofásico de fase partida, conectado en cuadratura espacial con el devanado de marcha. El devanado de arranque, Como tiene pocas vueltas de alambre delgado (de alta resistencia) en comparación con el devanado de marcha, está diseñado para servicio intermitente.
- **Devanado de marcha.-** Devanado de cualquier motor monofásico de fase partida conectado en cuadratura espacial con el devanado de arranque. El devanado de marcha como tiene muchas vueltas de alambre de baja resistencia, está diseñado para servicio continuo.
- **Eficiencia.-** relación queda energía o potencia útil de salida a entrada, expresada como porcentaje.



- **Eficiencia máxima.-** El punto de la carga en el que las pérdidas fijas y variables de cualquier dispositivo electromecánico son iguales.
- **Factor de utilización del transformador.-** Relación de la potencia de CD rectificada con la capacidad del devanado secundario en volt - amperes, del transformador que suministra al circuito rectificador. Mientras mayor sea el Factor de utilización, menor será el costo del transformador para la misma cantidad de potencia producida por el rectificador.
- **Flujo de fuga.-** El flujo que enlaza a una bobina dada que no es parte del flujo mutuo común a otras bobinas acopladas magnéticamente con la bobina dada.
- **Impedancia reflejada.-** Impedancia que se refleja al primario debida a la carga que aparece en el secundario.
- **Inductor.-** cualquier bobina, con o sin núcleo de hierro, que tiene la propiedad de inductancia.
- **Interruptor centrífugo.-** Mecanismo de interrupción que funciona por fuerza centrífuga y que se usa para llevar a cabo una función de cambio de circuito en el devanado primario de un motor monofásico de inducción después de que el motor ha llegado a una velocidad predeterminada y también para llevar a cabo una operación de cambio de sentido para entrar en reversa antes que el rotor se detenga.
- **Malla.-** Clasificación genérica de cualquier conjunto de ramales en una red que forma una trayectoria cerrada que representa el circuito más corto posible en la red. Una conexión en Delta es un caso especial de la malla.

- **Motor de caballaje integral.-** Motor que se construye en un armazón mayor a la de un motor de construcción abierta y que tiene capacidad continua de 1 HP o más a 1700 - 1800 RPM.
- **Motor de fase partida.-** cualquier motor de inducción monofásico que tengo un devanado auxiliar desplazaban en posición magnética de un devanado principal de marcha y conectada en paralelo con este.
- **Motor de inducción.-** Motor de ca en el cual se conecta el estator o devanado primario a la fuente de corriente y el devanado secundario lleva la corriente inducida.
- **Motor de potencia fraccionaria.-** Motor construido en un armazón más pequeño que la de un motor de construcción abierta con capacidad continúa de 1 HP a 1700 - 1800 rpm.
- **Motor invertible.-** Cualquier motor cuyo par y dirección de giro se pueden invertir mediante un cambio en las conexiones eléctricas o mediante medios mecánicos aun cuando el motor esté trabajando en la velocidad y con las cargas nominales.
- **Motor no reversible.-** Motor que es capaz de girar solo en una dirección.
- **Motor reversible.-** Cualquier motor cuya dirección de giro se puede cambiar ya sea en reposo o a una distancia menor que otra determinada siempre que se haga el cambio en las conexiones eléctricas.

- **Motores monofásicos de conmutador.-** Tipo de motores que comprende el motor universal el motor serie de ca, el motor de inducción - repulsión Y el motor de repulsión.
- **Motores sincrónicos monofásicos.-** Clase de motores que comprende el de reluctancia, el de histéresis y el sub sincrónico. Todos los motores de esta clase trabajan a deslizamiento cero.
- **Par crítico.-** El valor del par aplicado que hace que se detenga un motor. Para los motores monofásicos, El valor del par crítico no es necesariamente el par máximo que desarrolla el motor.
- **Par de arranque.-** El par que ejerce cualquier motor en su eje durante el período de arranque en el cual el motor está inmóvil.
- **Par de falla.-** véase par crítico
- **Par máximo.-** véase par crítico
- **Par nominal.-** El par en el eje del motor cuando éste trabaja con la carga nominal a la velocidad nominal.
- **Primario.-** El devanado de entrada de un transformador, al cual se le aplica el voltaje de la fuente. Cualquier devanado de un transformador puede servir como primario siempre que se le puedan aplicar su voltaje y frecuencia nominal.
- **Principio de reluctancia.-** Se ejerce fuerza mecánica en una porción de material magnético ubicada en un campo magnético a manera de hacer llegar

el material magnético a la parte del campo magnético que tiene la mayor densidad para aumentar el campo al máximo.

- **Prueba de circuito abierto.-** Prueba para determinar sólo las pérdidas en el núcleo de un transformador real convencional de núcleo de hierro.
- **Prueba de corto circuito.-** prueba para determinar las pérdidas equivalentes en el cobre del primario y secundario del transformador, junto con su resistencia, reactancia e impedancia equivalentes. Los datos de esta prueba permiten el cálculo de la regulación de voltaje.
- **Regulación de voltaje.-** Cambien el voltaje secundario que se presenta siempre que se reduce la carga a determinado factor de potencia, desde su valor nominal hasta cero manteniendo constante el voltaje aplicado al primario del transformador.
- **Relación de transformación (o).-** Relación de vueltas en el primario con las vueltas en el secundario de un transformador de núcleo de hierro, que determina la impedancia reflejada al primario, debida a la carga en el secundario.
- **Relevador térmico.-** Relevador cuyo funcionamiento se origina por medio del calor desarrollado dentro de él como resultado de condiciones externas especificadas.
- **Secundario.-** Uno o más devanados de salida de un transformador conectado con una o más cargas que producen una transferencia de energía desde la fuente a la(s) carga(s).

- **Sistema bipolar.-** Cualquier sistema que tiene dos polaridades con respecto a la tierra.
- **Teoría del campo cruzado.-** (Véase teoría del Campo transversal)
- **Teoría del campo rotatorio (o doblemente giratorio).-** Medio de explicar porque un motor monofásico continúa desarrollando par en la misma dirección de giro una vez que se ha iniciado dicho giro. Basado en la transformación del campo magnético pulsante del estator en dos campos rotatorios que giran en direcciones opuestas.
- **Teoría del Campo transversal.-** Medio de explicar porque un motor monofásico continúa desarrollando par en la misma dirección de giro. Una vez iniciada la rotación por medios mecánicos o eléctricos. Se basa en una FEM de velocidad que produce un campo en cuadratura con el campo primario del estator.
- **Trabajo intermitente.-** Requisito del servicio, al contrario del trabajo continuo en el que la carga cambia regular o irregularmente a través del tiempo.
- **Transferencia máxima de potencia.-** Dada que una carga Z_L sin restricciones, conectada a una fuente ya sea en forma directa o a través de un transformador, cuando la carga Z_L es el conjugado de la impedancia interna de la Fuente, Z_I entonces se transfiere máxima potencia de la fuente a la carga.
- **Transformador.-** Dispositivo para transferir energía de un circuito a otro.

- **Transformador de aislamiento.-** Cualquier transformador del tipo de devanados múltiples en el que los devanados primario y secundario están separados físicamente.
- **Transformador de bajada.-** Transformador cuyo secundario tiene menos vueltas que su primario y cuya transferencia de energía es del alto al bajo voltaje.
- **Transformador de igualación.-** Transformador que se usa como dispositivo de igualación de impedancia, para igualar una fuente de alta impedancia a una carga de baja impedancia, o viceversa. Un transformador de igualación de impedancia permite la máxima transferencia de potencia de la fuente a la carga con pérdida mínima de energía.
- **Transformador de su vida.-** Transformador cuyo secundario tiene más vueltas que su primario y cuya transferencia de energía es desde el voltaje bajo al alto.
- **Transformador ideal.-** El que ni almacena ni disipa energía eléctrica, que tiene acoplamiento unidad, cero flujo de fuga inductancia de fuga y cuya permeabilidad de núcleo es infinita
- **Velocidad sincrónica.-** Se basa en la frecuencia y número de polos del devanado del estator y es la velocidad de rotación de flujo magnético producido por dicho devanado del estator.

CAPÍTULO II

2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Descripción de la Institución Beneficiaria

La Universidad Técnica de Cotopaxi (U.T.C) fue creada el 24 de enero de 1995. En primera instancia, funcionó en el local de la UNE-C. Luego, se utilizaron las instalaciones del colegio Luis Fernando Ruiz para posteriormente ubicarse en el Instituto Agropecuario Simón Rodríguez. Finalmente, la U.T.C.se instaló propiedad propia. En la actualidad el prestigioso centro de educación Superior se compone del campus de cinco hectáreas extensión ubicado en el sector San Felipe y del Centro Experimentación, Investigación y Producción Salache de 82 hectáreas de extensión.

2.1.1. Misión

La “Universidad Técnica de Cotopaxi”, es pionera en desarrollar una educación para la emancipación; forma profesionales humanistas y de calidad; con elevado nivel académico, científico y tecnológico; sobre la base de principios de solidaridad, justicia, equidad y libertad, genera y difunde el conocimiento, la ciencia, el arte y la cultura a través de la investigación científica; y se vincula con la sociedad para contribuir a la transformación social-económica del país.

2.1.2. Visión

En el año 2015 seremos una universidad acreditada y líder a nivel nacional en la formación integral de profesionales críticos, solidarios y comprometidos en el cambio

social; en la ejecución de proyectos de investigación que aporten a la solución de los problemas de la región y del país, en un marco de alianzas estratégicas nacionales e internacionales; dotada de infraestructura física y tecnología moderna, de una planta docente y administrativa de excelencia; que mediante un sistema integral de gestión le permite garantizar la calidad de sus proyectos y alcanzar reconocimiento social.

2.1.3. Análisis de la Institución

La Universidad Técnica de Cotopaxi es un centro de educación superior de carácter público, laico y gratuito. Posee plena autonomía y desarrolla una educación liberadora en busca de una transformación social, que satisfaga las demandas de formación y superación profesional. En este sentido, apoya el avance científico-tecnológico de la sociedad desde el centro del país.

La U.T.C pretende ser el centro generador de investigación, ciencia y tecnología del Ecuador. En este sentido emprende amplias actividades académicas de calidad y vinculación con la ciudadanía demostrando en cada paso características productivas que generen el foco de desarrollo de la sociedad. Además, esta institución busca mejorar la capacitación profesional de sus alumnos. En tal virtud, la presente investigación se identifica como un claro ejemplo de este atributo institucional. La puesta en práctica de la teoría recibida en las clases busca ser el refuerzo específico para que los profesores puedan transferir los conocimientos de Transformadores Monofásicos a los estudiantes.

2.2. Diseño Metodológico

2.2.1. Tipo de Investigación

Para el desarrollo del siguiente estudio se tomará en cuenta a los siguientes tipos de investigación:

Aplicada.- Esta basada sobre la aplicación inmediata y el desarrollo de la ciencia, es decir que está orientada a dar solución de problemas.

De laboratorio.- En esta investigación interactúan los sujetos y fenómenos, los cuales son controlados en forma directa y minuciosa por el investigador en el lugar previamente delimitado.

De campo.- Es cuando se realiza en el mismo lugar en que se presentan los acontecimientos, en forma directa con quien o quienes son los gestores del problema que se investiga.

2.2.2. Métodos de Investigación

Los métodos que se tomaron en cuenta para el desarrollo de la tesis se describen a continuación.

2.2.2.1. Método Científico o Experimental

Es un proceso disciplinado por medio del cual se llegó al conocimiento, proceso técnico científico que busca descubrir las leyes que rigen la naturaleza, y el pensamiento satisfaciendo de esta manera diversas necesidades. Puesto que éste proyecto está destinado a mejorar el nivel educativo, realizaremos las simulaciones y aplicaciones para determinar errores; para ello, se deberá seguir los siguientes procedimientos:

- Determinar la necesidad primordial del estudiante
- Formular el problema
- Plantear una hipótesis
- Recolectar datos
- Tomar decisiones

2.2.2.2. Método Descriptivo

Este método permite describir una realidad concreta en su totalidad y adquirir un dominio cognoscitivo acerca del problema de investigación. De tal manera que, utilizando el método descriptivo se desarrollará un proceso heurístico completo. Partiendo de la definición del problema, la medición. La organización y el análisis hasta llegar a conclusiones y soluciones prácticas de valor y trascendencia científica o social.

2.2.2.3. Analítico – Sintético

Para un adecuado uso de la información se hará usos de este método. Dicho método nos permitirá efectuar un análisis riguroso de las debilidades y fortalezas dentro de la carrera de ingeniería eléctrica. Esto nos permitirá a nosotros como postulantes planificar una estructura de soluciones que se ajustarán a las necesidades de las personas beneficiarias. Este método se utilizará durante el proceso del Capítulo II del presente trabajo académico sobre el análisis de interpretación de los resultados; esto claro, luego de haber realizado las entrevistas y encuestas respectivas.

2.2.3. Técnicas de Investigación

La presente investigación se llevará a cabo a través de la aplicación de técnicas las cuales serán:

2.2.3.1. Lectura científica

Esta es utilizada en el marco teórico. Esta técnica permitirá al investigador hacer una valoración de carácter científico de la información bibliográfica realizada mediante libros, revistas, catálogos, etc.



2.2.3.2. Observación directa

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso que se produce en sus condiciones naturales para su posterior análisis. La observación debe ser cuidadosa, exhaustiva y exacta a partir de la observación surge el planteamiento del problema que se va a estudiar. Esto lleva a emitir alguna hipótesis o suposición provisional de la que se intenta extraer una consecuencia.

2.2.3.3. Encuesta

Es la técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones son de gran ayuda para los postulantes que a través de un cuestionario adecuado nos permite recopilar datos de toda la población o de una parte representativa de ella. Se caracteriza porque la persona investigada llena el cuestionario sin intervención o supervisión del postulante.

2.3. Instrumentos utilizados en esta Investigación

Los instrumentos que se utilizaron para la adecuada realización de esta investigación fue:

Encuesta: Cuestionario

2.3.1. Unidad de Estudio

2.3.1.1. Población o Universo

Para la presente investigación realizada se ha considerado para el cálculo de la población y muestra tanto a los docentes especialistas en el área, y estudiantes de los octavos y novenos años de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica.

TABLA 2.1 MUESTRA

SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN	No.	%
COORDINADOR DE CARRERA (ELÉCTRICA Y ELECTROMECAÁNICA)	2	1,85%
PROFESORES DE LAS CARRERAS (ELÉCTRICA Y ELECTROMECAÁNICA)	7	6,48%
ESTUDIANTES DE LOS OCTAVOS Y NOVENOS AÑOS DE LAS CARRERAS (ELÉCTRICA Y ELECTROMECAÁNICA)	99	91,67%
TOTAL	108	100,00%

Elaborado por: Los Autores

2.3.1.2. Tamaño de La Muestra

De los estudiantes que forman parte de la carrera de ingeniería eléctrica debemos sacar una muestra ya que son un número considerable, para la cual ponemos a consideración la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{E^2 * (N - 1) + 1}$$

De dónde:

n= tamaño de la muestra

N=tamaño de la población

E= error máximo admisible al cuadrado

$$n = \frac{N}{E^2 * (N - 1) + 1}$$

$$n = \frac{99}{0.05^2 * (99 - 1) + 1}$$

$$n = 80$$

2.3.2. Criterio de Selección Muestra

Se realizará una encuesta de seis preguntas a 80 estudiantes de la carrera ya que es el número que refleja el pensar y sentir de todos los estudiantes de la carrera. Además se implementará una encuesta a los profesores pertenecientes a las cátedras de Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética que pertenecen a la carrera (7 profesores).

Este capítulo ha de continuar con el análisis de los datos obtenidos de las encuestas aplicadas tanto a los estudiantes como a los profesores de la carrera de Ingeniería Eléctrica a través de la herramienta computacional estadística SPSS. Con esto se pretende corroborar la necesidad de implementar un módulo de Transformadores Monofásicos Para tal efecto, se han utilizado los siguientes métodos e instrumentos:

2.4. Método de estudio

Se realizó un estudio analítico y descriptivo con el objeto de establecer la necesidad de la implementación de un módulo de Transformadores Monofásicos en la Universidad Técnica de Cotopaxi además de su guía de prácticas.

2.5. Técnicas e instrumentos

El instrumento de investigación utilizado lo constituyó un cuestionario de 9 preguntas para profesores y de 6 preguntas para estudiantes. El banco de preguntas hecho se trata de un cuestionario enfocado la necesidad de contar con un módulo de Transformadores Monofásicos así como su necesidad de ser implementado en los laboratorios pertinentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi. A continuación se presentarán los resultados del trabajo de campo realizado.

2.6. Resultados y análisis de la encuesta aplicada a los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

A continuación se presentarán los resultados de la encuesta a 80 alumnos de la carrera de ingeniería Eléctrica, este número de estudiantes el número representativo con el que se trabajará en este capítulo.

Pregunta 1: ¿Cree necesario comprobar los conocimientos teóricos de Transformadores Monofásicos mediante los módulos de laboratorio?

TABLA 2.3: RESULTADOS PREGUNTA 1

Detalle		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Sí	68	85%
	No	12	15%
	Total	80	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.1 PREGUNTA 1



Elaborado por: Autores

Esta pregunta avala de una manera rotunda la investigación realizada, la necesidad de la mayoría de los estudiantes se ve reflejada en la respuesta positiva un 85% de las encuestas realizadas; creen necesario comprobar los conocimientos teóricos de Transformadores Monofásicos.

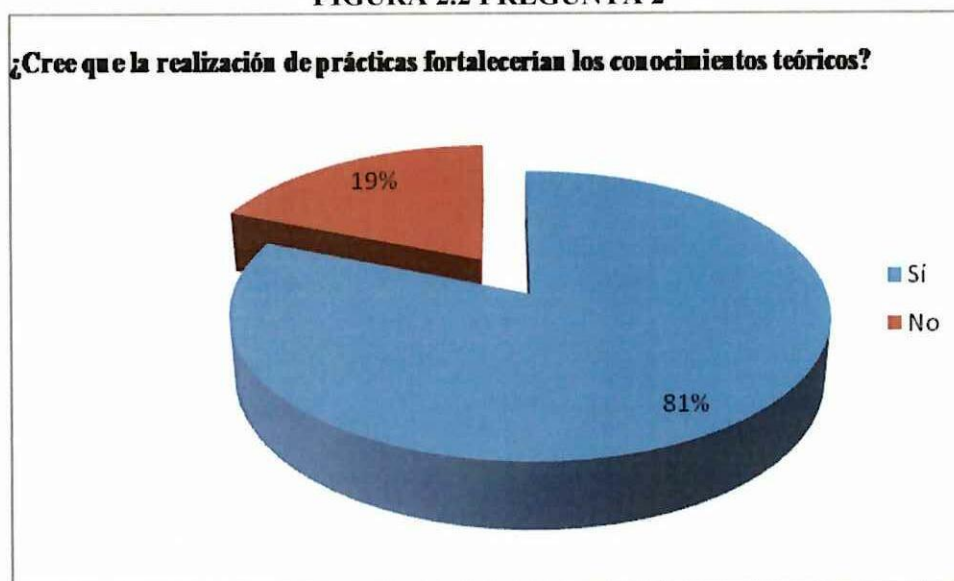
Pregunta 2: ¿Cree que la realización de prácticas fortalecerían los conocimientos teóricos?

TABLA 2.4: RESULTADOS PREGUNTA 2

Detalle		Frecuencia	Porcentaje%
Válidos	Sí	65	81%
	No	15	19%
	Total	80	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.2 PREGUNTA 2



Elaborado por: Autores

Esta pregunta, al igual que la anterior pero en menor porción asegura la realización de esta investigación ya que el 81%, es decir 65 estudiantes consideran que ejecutar las prácticas fortalecería los conocimientos teóricos adquiridos en clases.

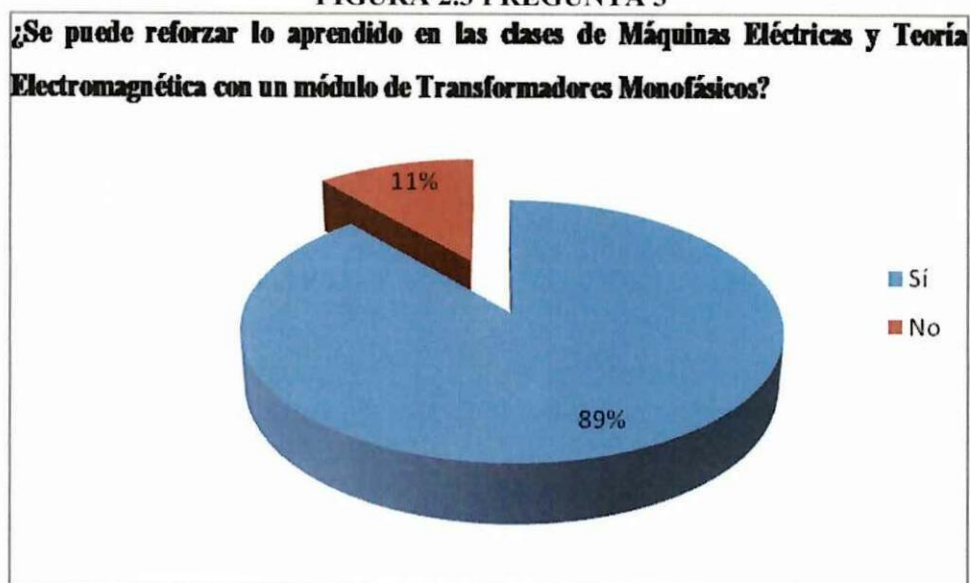
Pregunta 3: ¿Se puede reforzar lo aprendido en las clases de Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética con un módulo de Transformadores Monofásicos?

TABLA 2.5: RESULTADOS PREGUNTA 3

Detalle		Frecuencia	Porcentaje%
Válidos	Sí	71	89%
	No	9	11%
	Total	80	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.3 PREGUNTA 3



Elaborado por: Autores

Ratificando la tendencia, 71 estudiantes es decir el 89% de la muestra consideran que mediante la implementación de un módulo de Transformadores Monofásicos se pueden reforzar lo aprendido en clases de Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética.

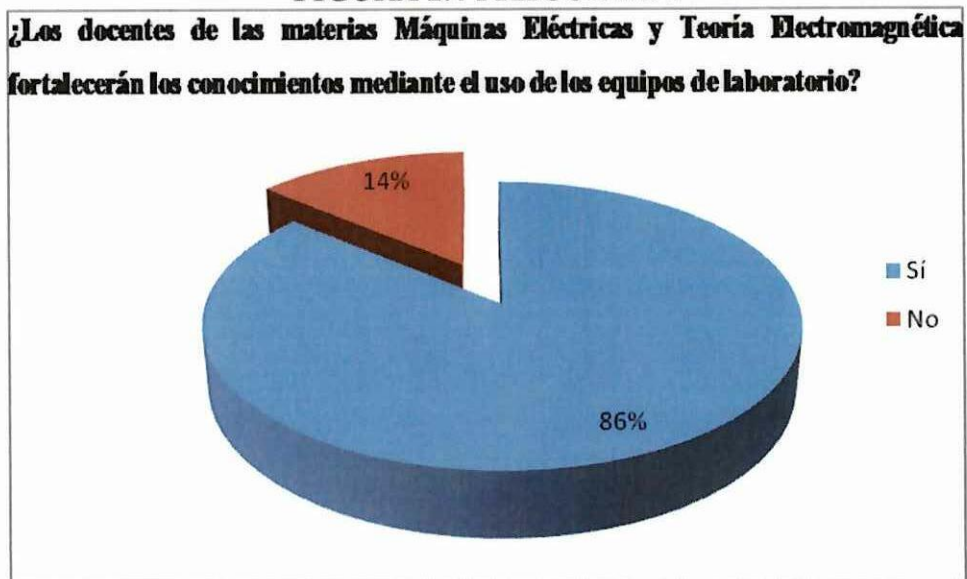
Pregunta 4: ¿Los docentes de las materias Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética fortalecerán los conocimientos mediante el uso de módulos?

TABLA 2.6: RESULTADOS PREGUNTA 4

Detalle		Frecuencia	Porcentaje%
Válidos	Sí	69	86%
	No	11	14%
	Total	80	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.4 PREGUNTA 4



Elaborado por: Autores

Como se puede apreciar, esta pregunta alcanza el porcentaje mayoritario de los estudiantes, ya que el 86% es decir 69 estudiantes encuestados consideran que mediante la implementación de un módulo de Transformadores Monofásicos fortalecerían la acción del profesor al impartir conocimiento a sus alumnos.

Pregunta 5: ¿Seleccione cómo califica la tecnología actual del equipamiento de los laboratorios con respecto a los Transformadores Monofásicos?

TABLA 2.7: RESULTADOS PREGUNTA 5

	Tecnología	Frecuencia	Porcentaje%
Válidos	Tecnología Actualizada	4	5%
	Tecnología Desactualizada	76	95%
	Total	80	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.5 PREGUNTA 5



Elaborado por: Autores

A pesar de tener una gráfica bien clara, vale la pena recalcar que el 95% de los estudiantes consideran que los laboratorios de la institución se encuentran con una tecnología desactualizada. Por otro lado el 5% de la muestra es decir 4 estudiantes piensan que se encuentran los laboratorios con una tecnología actualizada. Esta pregunta simplemente abaliza la realización de esta investigación.

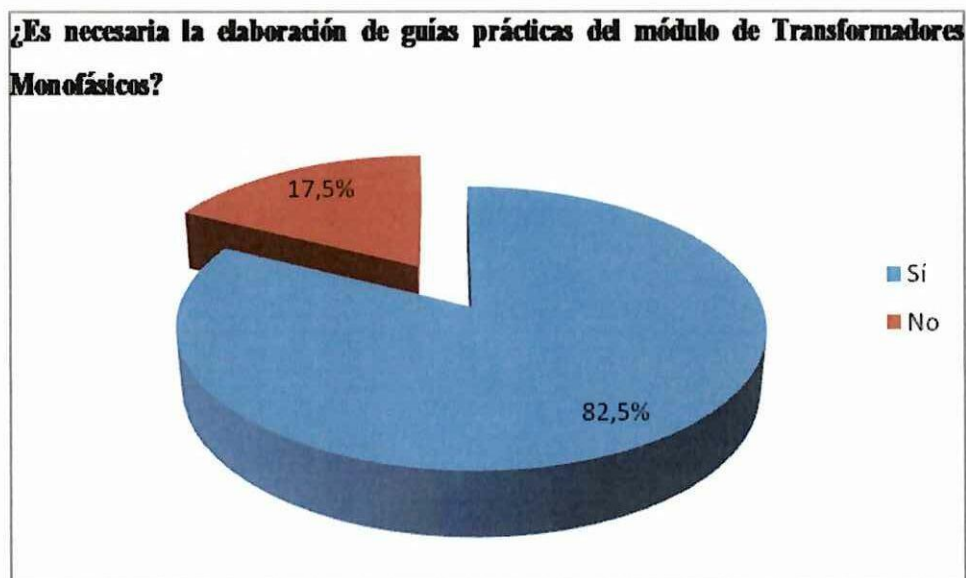
Pregunta 6: ¿Es necesaria la elaboración de guías prácticas del módulo de Transformadores Monofásicos?

TABLA 2.8: RESULTADOS PREGUNTA 6

Detalle		Frecuencia	Porcentaje%
Válidos	Sí	66	82.5%
	No	14	17.5%
	Total	80	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.6 PREGUNTA 6



Elaborado por: Autores

Finalmente esta pregunta identifica que el 82,5% es decir 66 estudiantes encuestados consideran que es completamente necesaria la implementación de un módulo de Transformadores Monofásicos, así como la elaboración de sus guías prácticas, por lo tanto se considera de vital importancia la elaboración de las guías prácticas con el propósito de reforzar el aprendizaje de los estudiantes.

1.1. Análisis de encuestas dirigidas a los profesores de la carrera

Se ha realizado una encuesta a los 7 profesores de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica.

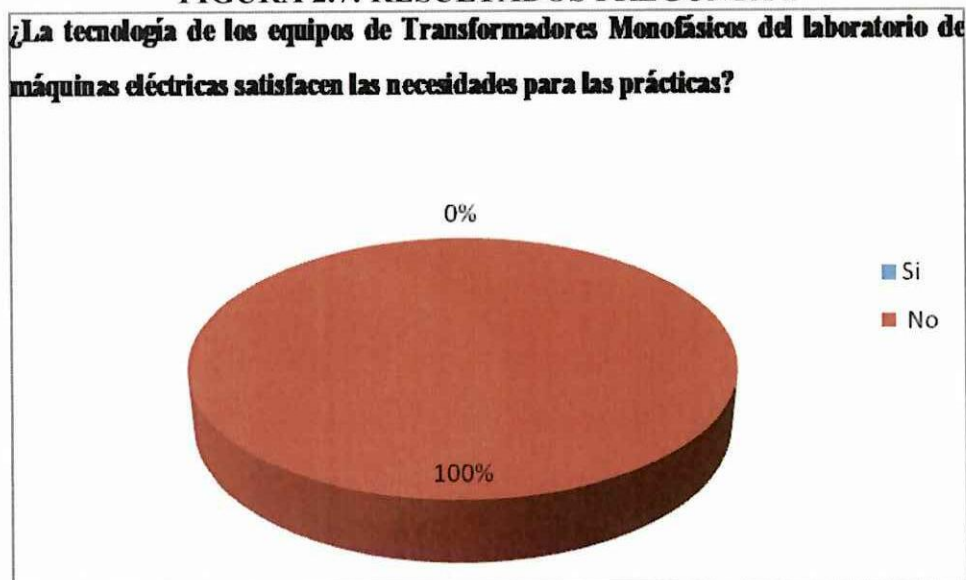
Pregunta 1: ¿La tecnología de los equipos de Transformadores Monofásicos del laboratorio de máquinas eléctricas satisfacen las necesidades para las prácticas?

TABLA 2.10: RESULTADOS PREGUNTA 1

Detalles		Frecuencia	Porcentaje%
Válidos	Si	0	0%
	No	7	100%
	Total	7	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.7: RESULTADOS PREGUNTA 1



Elaborado por: Autores

En la primera pregunta, arroja como resultado que el 100% de la población se encuentra totalmente insatisfecha; es decir 7 profesores, no están de acuerdo con en el estado actual de la transferencia de conocimiento acerca de transformadores monofásicos en las materias de Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética.

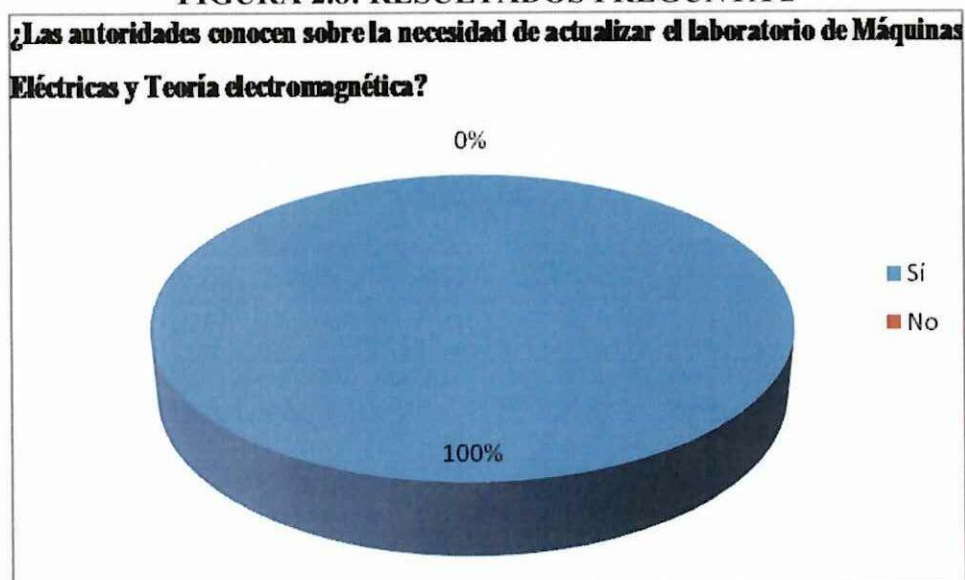
Pregunta 2: ¿Las autoridades conocen sobre las necesidades de profesores que imparten las materias de Máquinas Eléctricas y Teoría electromagnética?

TABLA 2.11: RESULTADOS PREGUNTA 2

Detalle		Frecuencia	Porcentaje%
Válidos	Sí	6	86%
	No	1	14%
	Total	7	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.8: RESULTADOS PREGUNTA 2



Elaborado por: Autores

En esta pregunta, se identifica la opinión de los catedráticos acerca de las autoridades. En este sentido, 6 profesores es decir el 86% de la población sugieren que las autoridades conocen las necesidades de actualizar los laboratorios de máquinas Eléctricas y teoría Electromagnética. Tan solo 1 profesor piensa que no se conoce las necesidades de implementar un módulo de Transformadores Monofásicos.

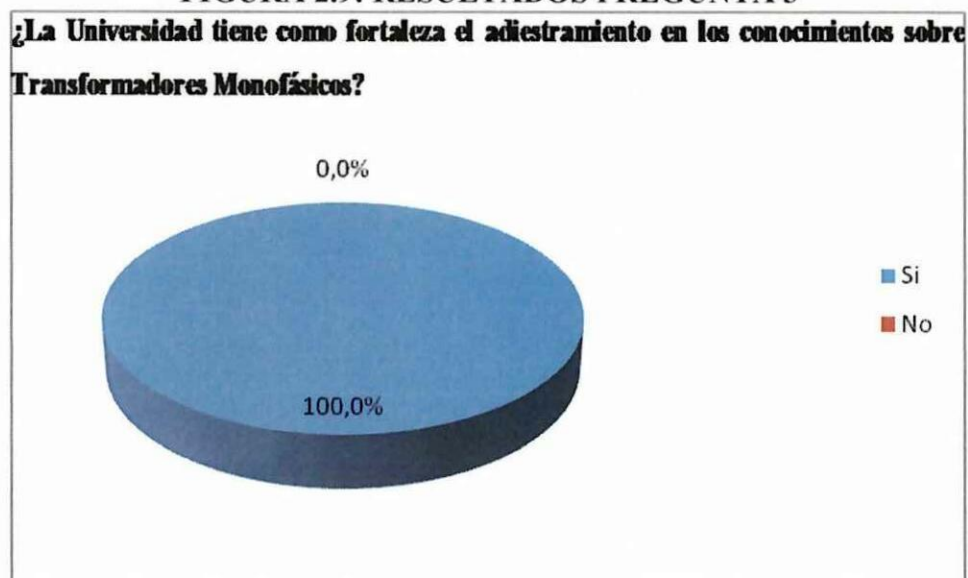
Pregunta 3: ¿La Universidad tiene como fortaleza el adiestramiento en los conocimientos sobre Transformadores Monofásicos?

TABLA 2.12: RESULTADOS PREGUNTA 3

	Detalle	Frecuencia	Porcentaje%
Válidos	Si	7	100.0%
	No	0	0.0%
	Total	7	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.9: RESULTADOS PREGUNTA 3



Elaborado por: Autores

El 100% de la población investigada considera que la Universidad posee como fortaleza el adiestramiento de los conocimientos sobre Transformadores Monofásicos, sin embargo se debe considerar que la con la prácticas se puede elevar el nivel de comprensión y conocimiento.

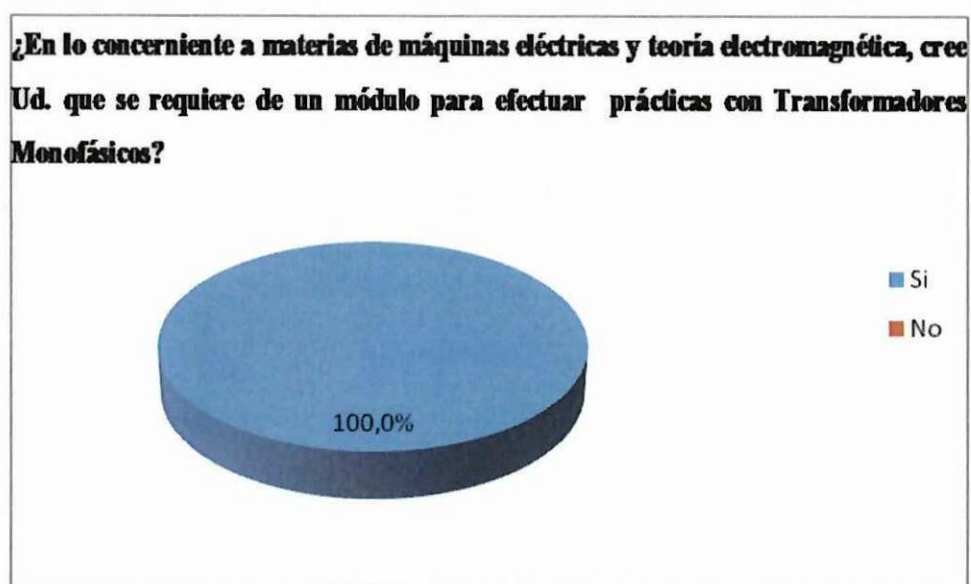
Pregunta 4: ¿En lo concerniente a materias de máquinas eléctricas y teoría electromagnética, cree Ud. que se requiere de un módulo para efectuar prácticas con Transformadores Monofásicos?

TABLA 2.13: RESULTADOS PREGUNTA 4

	Detalle	Frecuencia	Porcentaje%
Válidos	Si	7	100.0%
	No	0	0.0%
	Total	7	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.10: RESULTADOS PREGUNTA 4



Elaborado por: Autores

El 100% de la población investigada considera que es primordial la creación de un módulo para efectuar prácticas con transformadores monofásicos ya que con esta facilidad se estaría elevando el conocimiento global del estudiante y a la vez brindarle la oportunidad adquirir experiencia.

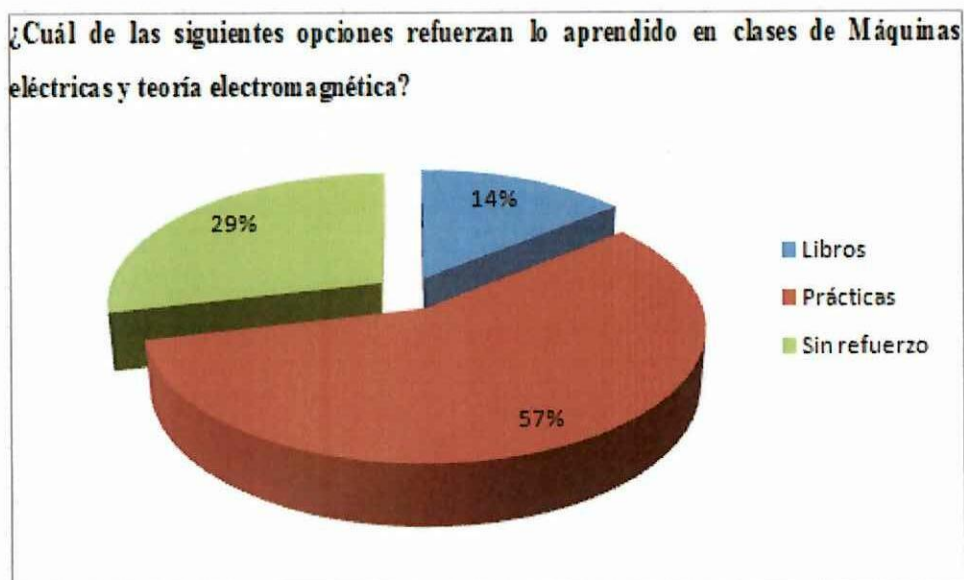
Pregunta 5: ¿Cuál de las siguientes opciones refuerzan lo aprendido en clases de Máquinas eléctricas y teoría electromagnética?

TABLA 2.14: RESULTADOS PREGUNTA 5

Detalle		Frecuencia	Porcentaje%
Válidos	Libros	1	14%
	Prácticas	4	57%
	Sin refuerzo	2	29%
	Total	7	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.11: RESULTADOS PREGUNTA 5



Elaborado por: Autores

Esta pregunta identifica el pensar de los profesores acerca del refuerzo de la materia impartida en clase. De esta manera se señala que el 57% es decir 4 maestros señalan que se puede reforzar el conocimiento teórico mediante las prácticas; el 14% de los profesores señalan que se puede reforzar la teoría mediante libros, el 29% restante señala que los estudiantes no refuerzan de ninguna manera lo aprendido en clases.

Pregunta 6: ¿Cómo califica Ud. la tecnología de los equipos para la práctica de Transformadores Monofásicos para el dictamen de las materias de Máquinas Eléctricas y teoría electromagnética?

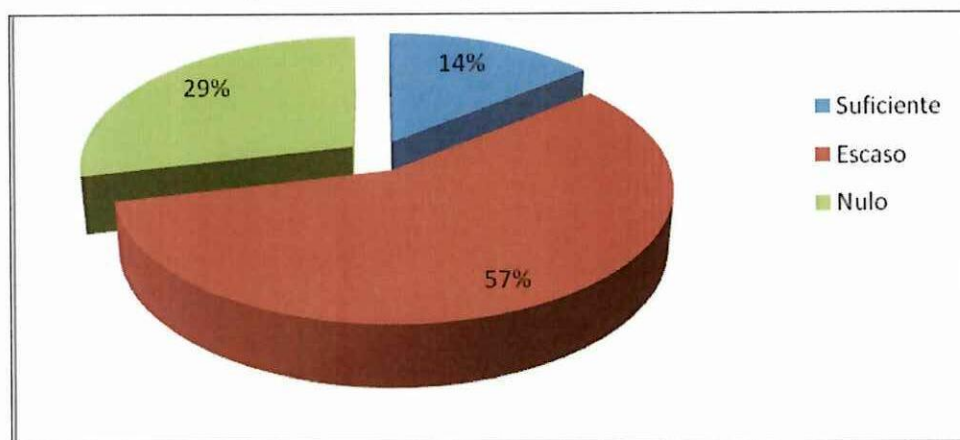
TABLA 2.15: RESULTADOS PREGUNTA 6

Detalle		Frecuencia	Porcentaje%
Válidos	Suficiente	1	14%
	Escaso	4	57%
	Nulo	2	29%
	Total	7	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.12: RESULTADOS PREGUNTA 6

¿Cómo califica Ud. la tecnología de los equipos para la práctica de Transformadores Monofásicos para el dictamen de las materias de Máquinas Eléctricas y teoría electromagnética?



Elaborado por: Autores

De la población investigada el 57% indica que es escasa la tecnología de los equipos para la práctica; la interpretación a esta pregunta lleva a la conclusión de que existe una insuficiente capacidad en instalaciones para el dictamen de las materias de máquinas eléctricas y teoría electromagnética, mientras que 29% catedráticos

sugieren la nula capacidad de la institución y tan solo el 14% considera que existe suficiente capacidad.

Pregunta 7: ¿Con qué frecuencia los profesores y estudiantes utilizan los laboratorios de Máquinas Eléctricas y teoría electromagnética?

TABLA 2.16: RESULTADOS PREGUNTA 7

	Detalle	Frecuencia	Porcentaje%
Válidos	Siempre	3	43%
	Casi siempre	3	43%
	Nunca	1	14%
	Total	7	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.13: RESULTADOS PREGUNTA 7



Elaborado por: Autores

Las respuestas a esta pregunta de la encuesta no presenta una conclusión verás. Es decir el 43% de profesores indican que siempre utilizan los laboratorios, sin embargo, también hay 43% de profesores que señalan que hay un uso escaso mientras que el 14% de la población menciona que no utiliza los laboratorios. Esta pregunta aunque

señala una mayoría de desuso de los laboratorios no representa una conclusión contundente.

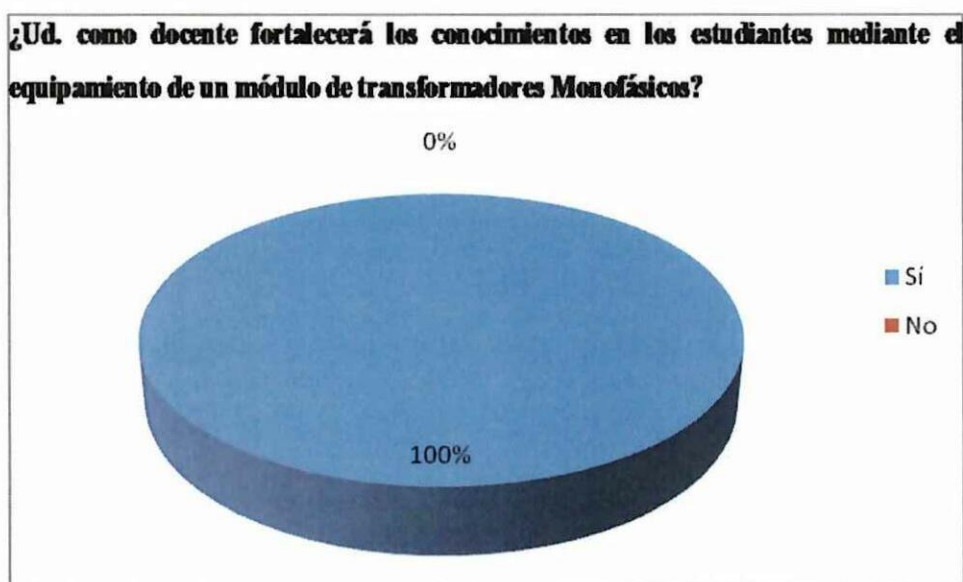
Pregunta 8: ¿Ud. como docente fortalecerá los conocimientos en los estudiantes mediante el equipamiento de un módulo de transformadores Monofásicos?

TABLA 2.17: RESULTADOS PREGUNTA 8

Detalle		Frecuencia	Porcentaje%
Válidos	Sí	7	100%
	No	0	0%
	Total	7	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.14: RESULTADOS PREGUNTA 8



Elaborado por: Autores

Al contrario de la conclusión anterior que pudo ser extraída, la respuesta a esta pregunta en la encuesta arroja una conclusión contundente. Es decir se puede observar

a simple vista que el 100% de la población investigada señalan que sí se fortalecerán los conocimientos mediante el uso de simuladores y aplicaciones.

Pregunta 9: ¿En referencia a la pregunta anterior, es necesario la elaboración de guías prácticas para la utilización del módulo de Transformadores Monofásicos?

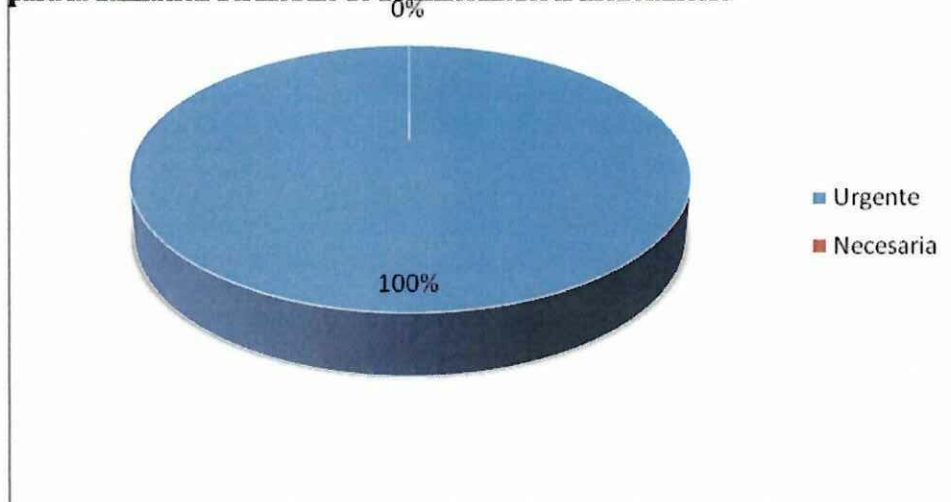
TABLA 2.18: RESULTADOS PREGUNTA 9

Detalle		Frecuencia	Porcentaje%
Válidos	Urgente	7	100%
	Necesaria	0	0%
	Total	7	100%

Elaborado por: Autores

FIGURA 2.15: RESULTADOS PREGUNTA 9

¿En referencia a la pregunta anterior, es necesario la elaboración de guías prácticas para la utilización del módulo de Transformadores Monofásicos?



Elaborado por: Autores

Esta respuesta señala la necesidad perenne de la elaboración de guías prácticas del módulo de Transformadores Monofásicos. Todos los profesores sugieren la necesidad de dicha elaboración pero en distintos grados, el 100% de la población identifican la necesidad como urgente.

2.7. Verificación de la hipótesis

A continuación se dará paso a la verificación de la hipótesis. En este sentido se llevará a cabo el manifiesto, el argumento y finalmente se tomará una decisión para el desarrollo del trabajo de grado.

2.7.1. Manifiesto de la hipótesis

La hipótesis con la que se ha trabajado es:

H = La implementación de un módulo de Transformadores Monofásicos en el laboratorio de máquinas eléctricas servirá como herramienta didáctica en el proceso de enseñanza de las cátedras de máquinas eléctricas y de teoría electromagnética.

2.7.2. Argumento

En el proceso de investigación que se planteó en esta tesis, se ha recolectado información mediante la técnica de investigación de campo y la herramienta estadística la encuesta aplicada tanto a los estudiantes como a los profesores de la carrera de ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi (U.T.C.).

Esta información comprueba que la implementación de un módulo de Transformadores Monofásicos en el laboratorio de máquinas eléctricas facilitará el proceso de enseñanza de la cátedra de Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética de la Universidad Técnica de Cotopaxi a través de un manual de uso de la misma.

Las respuestas tanto de catedráticos como de los alumnos encuestados no dejan lugar a dudas. Esta afirmación se basa en que un 91,2% de los estudiantes al igual que un 87,5% piensa que el equipamiento de los laboratorios es escaso o nulo. Por otro lado la necesidad por implementarse el módulo de Transformadores Monofásicos se ve reflejada en las respuestas tanto de estudiantes como de profesores (96.3% y 100% respectivamente).

Además, tanto la investigación teórica, como la elaboración del trabajo de campo afirman la utilidad del módulo así como de las guías prácticas a desarrollarse en el siguiente capítulo.

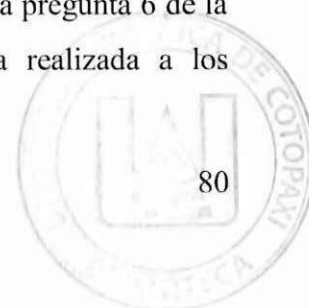
3. Tabla 2.17: Encuesta de los alumnos

PREGUNTAS REALIZADAS	OPCIONES			SUMAS MARGINALES
	SI	NO	NO CONTESTADA	
Pregunta 1	68	12	-----	80
Pregunta 2	65	15	-----	80
Pregunta 3	71	9	-----	80
Pregunta 4	69	11	-----	80
Pregunta 5	4	76	-----	80
Pregunta 6	66	14	-----	80
	390	90	-----	480

4. Tabla 2.18: Encuesta de los docentes

PREGUNTAS REALIZADAS	OPCIONES			SUMAS MARGINALES
	SI	NO	NO CONTESTADA	
Pregunta 1	0	7	-----	7
Pregunta 2	6	1	-----	7
Pregunta 3	7	0	-----	7
Pregunta 4	7	0	-----	7
Pregunta 5	2	1	4	7
Pregunta 6	4	2	1	7
Pregunta 7	3	3	1	7
Pregunta 8	7	0	-----	7
Pregunta 9	7	0	-----	7
	42	17	6	63

La respuesta positiva a la necesidad de la implementación de un módulo de transformadores trifásicos se puede apreciar en estas tablas. Tanto la pregunta 6 de la encuesta hecha a alumnos como la pregunta 9 de la encuesta realizada a los



profesores sugieren que una gran mayoría determina que es necesaria la implementación de dicho módulo (77 alumnos y 5 profesores). Por otro lado, las respuestas a las interrogantes planteadas por los investigadores tanto en lo que se refiere al tipo de instrumentos (pregunta 5) sugiere que 70% de los estudiantes encuentran a los equipos desactualizados.

En este sentido, las respuestas de los profesores consultados sugieren que hay un problema ya que son ellos los que determinan que la mejor manera de realizar el refuerzo de conocimientos es a través de materias prácticas.

4.7.2. Decisión

Luego de analizar los resultados estadísticos de las encuestas realizadas a los docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se logra concluir la gran mayoría, están de acuerdo con la elaboración de las guías prácticas de un módulo de Transformadores Monofásicos así la implementación del mismo. Los mencionados productos derivados de esta tesis lograrían complementar sus conocimientos teóricos.

CAPÍTULO III

5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. Justificación

Se justificará el tema antes expuesto basándonos en los siguientes ítems:

- Oportunidad

La capacitación práctica del módulo de transformadores monofásicos es una faceta de las cátedras que ya no es nueva a nivel mundial. Sin embargo las universidades de América Latina históricamente han abandonado esta idea. Hoy por hoy el cambio está dado y la ruta trazada. Es un tema constantemente demandado por profesores y estudiantes que en su implementación beneficiará a ambos.

- Viabilidad

Para este tema de investigación, se poseen los datos necesarios tanto en libros como en las mismas carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica. Esto nos permitirá (además del acceso a la base teórica) el acceso a entrevistas y encuestas al interior de dicha carrera tanto a profesores como a alumnos de las materias de Máquinas Eléctricas I y II y Teoría Electromagnética.

- Importancia

El estudio propuesto es importante en términos académicos y prácticos. Esto se da ya que a la vez que nos permitirá aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria, podrá ser de ayuda para la Universidad Técnica de Cotopaxi. En

este sentido beneficiará tanto a sus alumnos como a sus profesores. Además, con la implementación de un módulo de transformadores monofásicos se puede desarrollar ciertas prácticas en las materias dictadas dentro de la malla curricular.

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo General

Implementar el módulo de transformadores monofásicos mediante el uso de guías didácticas para facilitar la enseñanza del docente hacia los estudiantes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica.

3.2.2. Objetivos Específicos

- Manipular cada uno de los accesorios y equipos del módulo de transformador monofásico mediante el desarrollo de las prácticas propuestas, para reforzar el conocimiento teórico
- Determinar la base teórica y conceptual en cada una de las prácticas propuestas a través de trabajos preparatorios, para verificar el comportamiento del módulo de transformador monofásico
- Interpretar los resultados obtenidos mediante la hipótesis propuesta en cada una de las prácticas para comprobar el o los objetivos planteados.

3.2.3. Desarrollo de las Prácticas

Después de haber detallado en el Capítulo I los antecedentes teóricos a utilizarse; y de identificar en el Capítulo II la necesidad de la implementación de un módulo de transformadores monofásicos, el presente apartado busca desarrollar las prácticas pertinentes.

Cada una de estos apartados que se presentarán a continuación se compone de una sección de introducción donde se trazan los objetivos, el equipo necesario y la manera

en la que se pone en marcha el equipo. Después se realizarán las prácticas correspondientes a cada subtema. Además, dependiendo de la profundidad del tema, se sugiere una pequeña sección referente a los aspectos prácticos.

PORTADA



GUÍAS PRÁCTICAS DE MÓDULO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS

AUTORES:

Jorge Geovanny Pacheco Herrera

Alexander Francisco Tello Córdor

PRESENTACIÓN

Ante la necesidad de capacitar a los estudiantes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de mejor manera en las cátedras Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética y con el propósito de convertirse en una herramienta fundamental para el profesorado en su forma de transferir conocimientos a sus educandos; se desarrolló la presente guía de prácticas para el Módulo de Transformadores Monofásicos.

El desarrollo de la presente guía de prácticas permitirá a los estudiantes realizar aplicaciones prácticas en ambientes reales en baja tensión 110V/220V, utilizando diferentes elementos y dispositivos utilizados en las industrias para el control de procesos.

Mediante las prácticas planteadas se pretende alcanzar que el estudiante al resolverlas, vaya adquiriendo conocimiento y desarrollando habilidades y destrezas para resolver situaciones y problemas de diseño y montaje en el campo industrial o laboral, la presente guía contiene ejercicios fundamentales así como ejercicios con un nivel de dificultad.

Se recomienda estrictamente que antes de comenzar el desarrollo de aplicaciones prácticas, se lea detenidamente el **Manual de Operación y Mantenimiento del Módulo Didáctico** para prevenir riesgos y condiciones inseguras al momento de realizar las actividades prácticas.

Para introducirnos en manejo y operación del módulo didáctico de control industrial el estudiante deberá iniciar desde la práctica N° 1 hasta la práctica N° 5, estas prácticas permitirán al estudiante identificar fácilmente los aparatos de mando, control, señalización y actuadores, reconociendo sus componentes, además podrá

realizar fácilmente el esquema de potencia y control para sus prácticas desarrollándose dentro de la Lógica Cableada.

La práctica contiene:

- Tema
- Objetivo General
- Equipo
- Trabajo Preparatorio
- Gráfico
- Procedimiento
- Análisis de Resultados
- Cuestionario
- Conclusiones
- Recomendaciones

INTRODUCCIÓN

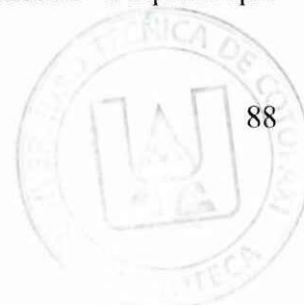
Hoy en día, la gran mayoría de los sistemas monofásicos, tanto para la producción como para el transporte y la distribución de la energía eléctrica son de Corriente Alterna. Por lo tanto, el estudio de los transformadores monofásicos es de mucha importancia, en el mundo de las maquinas eléctricas.

Este documento es un aporte para el trabajo de este tipo de instrumentos. El manejo de esta máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico monofásico, manteniendo una relación entre sus fases la cual depende del tipo de conexión de este circuito; conlleva una serie de pasos que a simple vista son invisibles al ojo del usuario de equipos eléctricos. La presente guía de prácticas es un acercamiento al conocimiento de su funcionamiento y del trabajo que pueden realizar estos equipos.

El presente manual contiene información y consejos útiles sobre la utilización del módulo de transformadores monofásicos y su implementación en el laboratorio de máquinas eléctricas mediante la elaboración de guías prácticas que a continuación se desarrollan. Este manual ha sido elaborado para instruirlo en lo referente a la utilización de un transformador monofásico el cual es un dispositivo que permite modificar potencia eléctrica de corriente alterna con un determinado valor de tensión y corriente en otra potencia casi el mismo valor, pero generalmente con distintos valores de tensión y corriente.

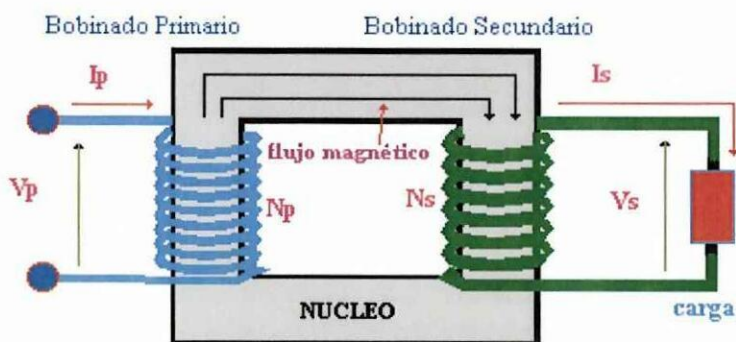
Además quien desee instruirse de forma correcta debe aplicar su lectura comprensiva en lo referente al tema que hemos propuesto pues el transformador monofásico es un dispositivo que se encarga de "transformar" la tensión de corriente alterna que tiene a la entrada en otra diferente a la salida.

Este dispositivo se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han arrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor. Este conjunto de vueltas se llaman bobinas y se denominarán: "primario" a la que recibe la tensión de entrada y "secundario" a aquella que dona la tensión transformada.



La bobina "primaria" recibe una tensión alterna que hará circular, por ella, una corriente alterna. Esta corriente inducirá un flujo magnético en el núcleo de hierro. Como el bobinado "secundario" está arrollado sobre el mismo núcleo de hierro, el flujo magnético circulará a través de las espiras de éste.

GRÁFICO3.1. TRANSFORMADOR



Fuente: Instalaciones y Máquinas Eléctricas (Amalia Luque Sendra)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

Al haber un flujo magnético que atraviesa las espiras del "secundario" se generará por el alambre del secundario una tensión. Habría corriente si hubiera una carga (si el secundario estuviera conectado a una resistencia, por ejemplo). La razón de la transformación de tensión entre el bobinado "PRIMARIO" y el "SECUNDARIO" depende del número de vueltas que tenga cada uno.

La relación de transformación es de la forma

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{T_p}{T_s},$$

Donde N_p , N_s son el número de espiras y T_p y T_s son las tensiones del primario y del secundario respectivamente.

Entonces: $V_s = V_p \cdot \frac{N_s}{N_p}$

Un transformador puede ser elevador o reductor, dependiendo del número de espiras de cada bobinado.

Si se supone que el transformador es ideal (la potencia que se le entrega es igual a la que se obtiene de él, se desprecian las pérdidas por calor y otras), entonces:

$$\text{Potencia de entrada (Pi)} = \text{Potencia de salida (Ps)}.$$

$$P_i = P_s$$

Si tenemos los datos de intensidad y tensión de un dispositivo, se puede averiguar su potencia usando la siguiente fórmula.

$$\text{Potencia (P)} = \text{Tensión (V)} \times \text{Intensidad (I)}$$

$$P = V \times I \text{ (W)}$$

Aplicamos este concepto al transformador y deducimos que la única manera de mantener la misma potencia en los dos bobinados es que cuando la tensión se eleve la intensidad disminuya en la misma proporción y viceversa. Entonces:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Así, para conocer la corriente en el secundario cuando tengo la corriente I_p (intensidad en el primario), N_p (espiras en el primario) y N_s (espiras en el secundario) se utiliza siguiente fórmula:

$$I_s = N_p \cdot \frac{I_p}{N_s}$$

Al detallar en el Capítulo I los antecedentes teóricos a utilizarse; e identificar en el Capítulo II la necesidad de la implementación de un módulo de transformadores monofásicos, el presente apartado busca desarrollar las prácticas pertinentes.

Cada una de estos apartados se compone de una sección de introducción donde se trazan los objetivos, el equipo necesario y la manera en la que se pone en marcha el equipo basado en las prácticas realizadas.

Familiarización

Equipo necesario

- Fuente de alimentación universal 60-105.
- Transformador monofásico Unidad 61-106
- Sistema Frame 91-200
- Set de Lagartos 68-800

O bien:

Instrumentación Virtual (60-070-VIP)	Unidad Multicanal E/S CD Paquete de Software	68-500 68-912-USB
Instrumentación Convencional (60-70- CI2)	Rectificador voltímetro y amperímetro (dos de descanso)	68-117

Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

Advertencias

- Desconecte toda la alimentación poniendo el interruptor de fase 3 sin descarga voltios en la Fuente Universal de Poder de alimentación de 60 a 105 a la posición de "apagado".

- Para Instrumentación Virtual, encender el PC e iniciar el software de instrumentación virtual 68-912 -USB
- Si usted tiene Instrumentación Virtual y el acceso a una hoja de cálculo Excel o puede utilizar la instalación en el software de 68 a 912 - USB para guardar y almacenar conjuntos de resultados, importarlos directamente en Excel, calcular automáticamente los resultados y dibujar gráficos

Montaje Preliminar

Desconecte toda la alimentación poniendo el interruptor de fase '3 sin descarga voltios ' en la Fuente Universal de Poder de alimentación de 60 a 105 a la posición de "apagado".

Para Instrumentación Virtual, encender el PC e iniciar el software de instrumentación virtual 68-912 -USB (consulte el manual 60-070 -VIP).

Si usted tiene Instrumentación Virtual y el acceso a una hoja de cálculo Excel o puede utilizar la instalación en el software de 68 a 912 - USB para guardar y almacenar conjuntos de resultados, importarlos directamente en Excel, calcular automáticamente los resultados y dibujar gráficos. (Consulte el manual - Paquete de Instrumentación Virtual 60-070 –VIP).

Prácticas

OBJETIVO:

Conocer las relaciones de voltaje sin carga

EQUIPO

- Fuente de alimentación universal 60-105.
- Transformador monofásico Unidad 61-106
- Sistema Frame 91-200
- Set de Lagartos 68-800

TRABAJO PREPARATORIO:

La tensión inducida por el flujo alterno en cualquiera sea este arrollado de forma helicoidal alrededor del núcleo se puede expresar como un valor dado de voltios por turno.

Si :

Número de vueltas en primaria = N_1

Número de vueltas en secundaria = N_2

Voltios por vuelta = k

Entonces :

Voltios primarios $V_1 = kN_1$

Voltios secundarios $V_2 = kN_2$

Como k es constante :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = k$$

La corriente de carga en el secundario producirá un flujo que tiende a reducir el flujo principal. Esto conduce a un aumento de la corriente primaria suficiente para mantener el flujo en el núcleo en su valor original.

Por lo tanto : $I_1 N_1 = I_2 N_2$

Esto se puede escribir como :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

Combinando las ecuaciones 1 y 2:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

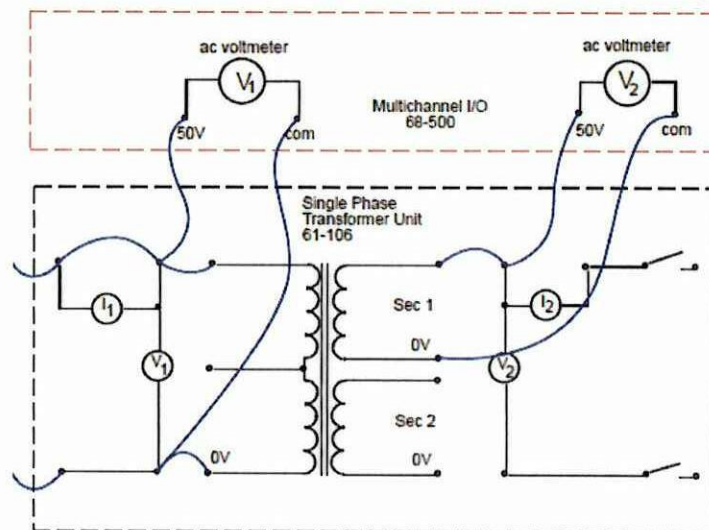
Así que para un transformador ideal:

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

PROCEDIMIENTO

1. Realice las conexiones que se muestran en el Gráfico 1(a) y 1(b) o 1(c)
2. En la Fuente de alimentación universal 60-105, garantizar la " salida variable tensión ' el control se establece en 0 % a continuación, establezca el interruptor de circuito de fase '3 ' a la de posición.
3. Ajuste la tensión del primario a 40 V mediante el uso de la " tensión de salida variable '
4. Registre la lectura del voltímetro V2 secundaria, en una copia de la adecuada.

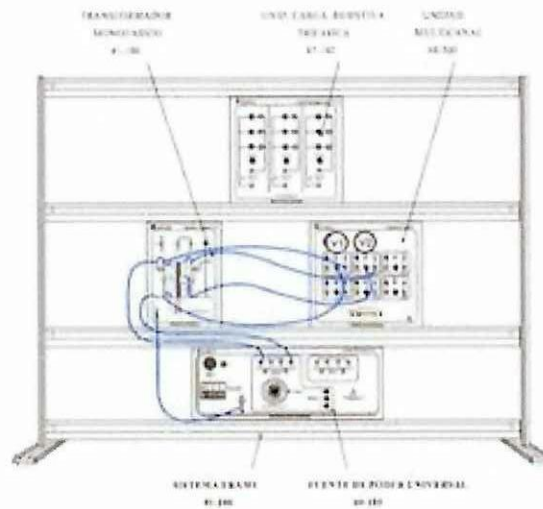
5. Asegúrese de anotar los resultados en la versión adecuada 230 V o 120 V tabla de resultados.
6. Gire el control de tensión de salida variable a 0% en la corriente universal
7. Proporcione 60-105 y luego apagar el interruptor de circuito de fase 3”.
8. Repita el experimento para el resto de conexiones como se muestra en la práctica
9. Registre los resultados en la tabla de análisis de resultados
10. Desconecte el interruptor de circuito de fase 3 al culminar la práctica.

GRÁFICOS:**GRÁFICO 1(A) DIAGRAMA DEL CIRCUITO**

Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

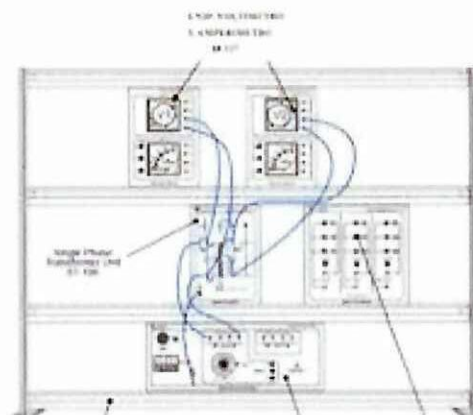
Gráfico 1 (b) Diagrama imitado_ Instrumentación virtual



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

Gráfico 1 (c) Diagrama imitado_ Instrumentación convencional



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

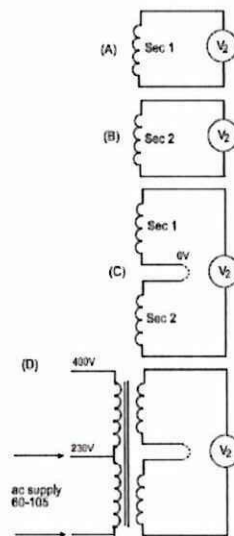
ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Tabla de resultados 1 (Versión 230 V)

Voltmeter 1		Voltmeter 2		Voltmeter Ratio on No-Load (Primary Reading/Secondary Reading)
Primary Connections	Reading	Secondary Connections	Reading	
400 V, 0 V	40	(A) 115 V, 0 V (Sec 1)		
400 V, 0 V	40	(B) 115 V, 0 V (Sec 2)		
400 V, 0 V	40	(C) 115V (Sec 1), 0 V (Sec 2) [0 V (Sec 1) & 115 V (Sec 2) linked]		
230 V, 0 V	40	(D) 115 V (Sec 1), 0 V (Sec 2) [0 V (Sec 1) & 115 V (Sec 2) linked]		

Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

Conceptualice lo que es para Ud. voltaje

¿Cuáles son las mediciones de expresión de voltaje?

¿Qué instrumentos miden el voltaje?

CONCLUSIONES:

.....
.....
.....
.....

RECOMENDACIONES:

.....
.....
.....
.....

OBJETIVO:

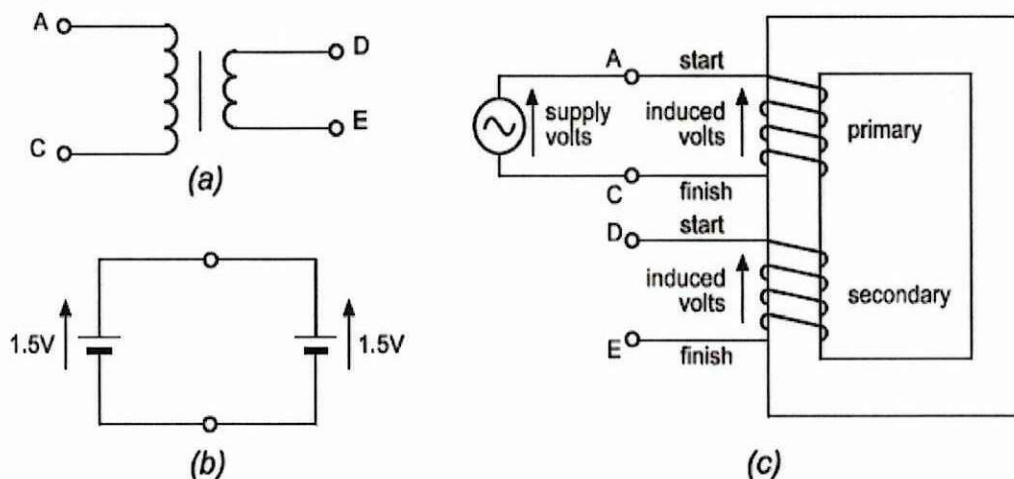
Determinar la polaridad de los devanados del transformador

EQUIPO

- Fuente de alimentación universal 60-105.
- Transformador monofásico Unidad 61-106
- Carga de Resistencia Trifásica conmutada de 67 a 142
- Sistema de Carga 91-200
- Norma Set de Latiguillos 68-800

TRABAJO PREPARATORIO:

Un simple transformador con dos devanados separados se muestra en el Gráfico 2 (a). Para ilustrar los principios en juego, el mismo transformador se ha redibujado en el Gráfico 2(c) con el primario y bobinas secundarias herida en la misma dirección en una base común, y con el 'inicio' y 'final' de los cables de cada bobina de la etiqueta.

Gráfico 2

Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

Si una tensión alterna está conectada a la bobina A- C, el flujo de corriente resultante creará un flujo alterno en el núcleo magnético. Esto provoca una tensión inducida que se produce en la bobina A- C que actúa para reducir el flujo de corriente a través de esa bobina. Esta tensión inducida se llama el "back EMF "o" contador EMF'.

La relación entre la tensión de alimentación y la FEM de vuelta en la primaria se puede comparar ala de dos células conectadas positivas a positivo, negativa a negativo, como se muestra en el Gráfico 2 (b).

Ellos tienen la misma polaridad, pero debe tenerse en cuenta que sus tensiones en los terminales están en oposición a de otra, y como resultado no fluye corriente entre ellos. En el transformador se puede decir que la polaridad de la fuerza contra electromotriz en el bobinado primario es la misma que la de la tensión de alimentación, de nuevo lados voltajes se oponen el uno al otro. El efecto de la fuerza contra electromotriz es reducir el flujo de corriente en el transformador.

El devanado secundario está arrollado alrededor de la misma como el núcleo primario y en consecuencia una tensión inducida también se creará dentro de sus bobinados. Esta es la tensión de salida del transformador

Su frecuencia es la misma que la frecuencia de la tensión de alimentación y su magnitud dependerá del número de espiras en su devanado. Haciendo referencia a el Gráfico 2 (c), la polaridad de la secundaria inducida voltaje a través de los terminales D - E será la misma que la polaridad de la tensión del primario a través terminales A- C.

La polaridad de la bobina secundaria puede ser revertida mediante la inversión de las conexiones a sus terminales.

Durante la fabricación, es probable que todas las bobinas en el transformador se enrollen en la misma dirección de rotación, en sentido horario o en sentido anti horario. Si esto es así, entonces el inicio de cables bobinado siempre tiene la misma polaridad.

El establecimiento de la polaridad del devanado de un transformador

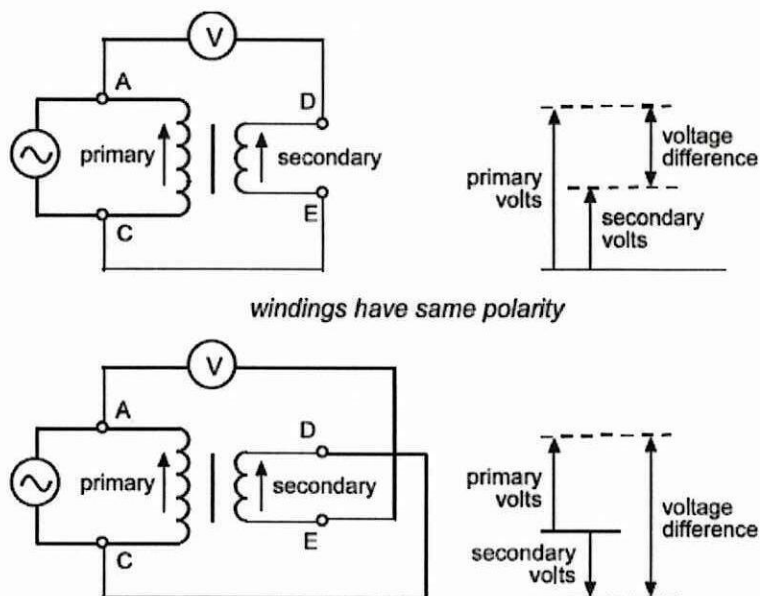
Si no se les da la bobina del transformador detalles, podemos llevar a cabo una prueba para establecer su polaridad en esta prueba, uno de los terminales de la bobina primaria se hace común con uno de los terminales de la bobina secundaria. Un bajo voltaje CA se aplica sobre la diferencia de tensión primaria y entre los dos terminales no comunes se mide. Podemos entonces calcular la polaridad relativa de los dos devanados.

La conexión que da tensión mínima a través de los devanados es la que da equivalente Polaridad. Si la relación de voltaje de los dos devanados es uno - a-uno, el voltaje a través de los devanados es cero cuando sus polaridades son las mismas. Para otras relaciones, el voltaje a través de los devanados es la diferencia entre los voltajes de devanado individual (misma polaridad) o la suma del individuo tensiones (de polaridad opuesta).

Cuando un transformador tiene más de una secundaria, la misma prueba se puede extender a identificar la polaridad de todos los devanados.

Los circuitos utilizados para las pruebas de CA de polaridad se dan en el Gráfico 3.

Gráfico 3



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge Alexander Tello (2014)

PROCEDIMIENTO:

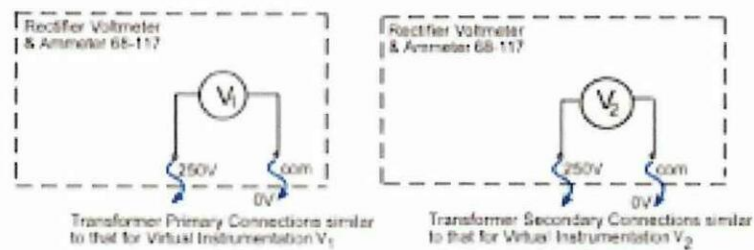
1. Si se está utilizando la instrumentación virtual, ajuste el interruptor de 250 V/500 V gama para los canales V1 y V2 a 500 V en el multicanal de E / S Unidad de 68-500. Este permite hasta 50 V a monitorear cuando las tomas 50 V están conectados y seleccionado en el software.
2. En la Fuente de alimentación universal 60-105, garantizar la salida variable tensión control se establece en 0 % a continuación, establezca el interruptor de circuito de fase 3 a la de posición.
3. Ajuste la tensión del primario a 40 V mediante el uso de la tensión de salida variable de control. Este es el voltaje aplicado a la conexión primaria y se lee en V1 instrumentación virtual o convencional.

Registre la lectura del voltímetro secundaria, en una copia adecuada de la Tabla de Resultados 2 Práctica (dependiendo de la versión del producto 230 V o 120 V). La conexión V2 voltímetro secundaria y el vínculo entre la primaria y secundaria se muestra en el Gráfico 4 corresponden con la primera entrada en su mesa.

1. Gire el control de tensión de salida variable a 0% en la corriente universal. Proporcione 60-105 y luego apagar el interruptor de circuito de fase 3.
2. Repita el experimento para el resto de conexiones que figuran en el Gráfico 5 y registre los valores adecuados en la tabla de resultados.
3. Tenemos toda la información necesaria para establecer la polaridad de la primaria y dos devanados secundarios del transformador.

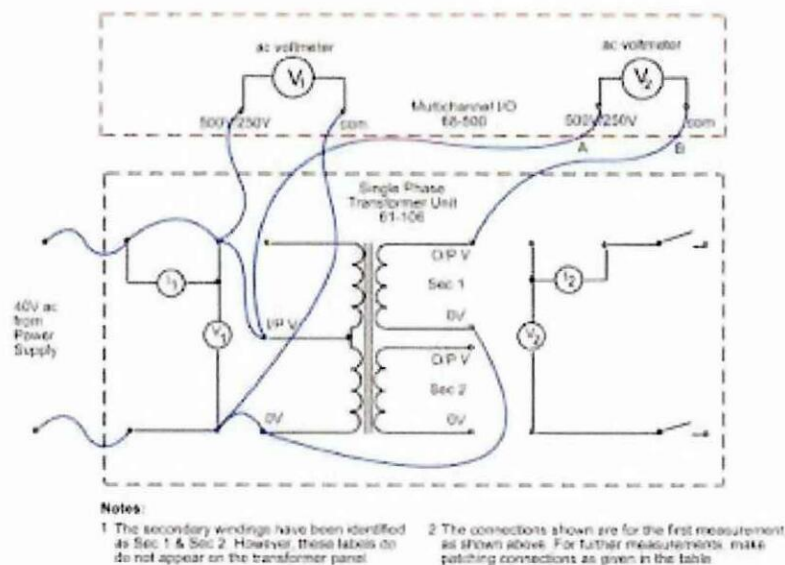
GRÁFICOS:

GRÁFICO 4 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE INSTRUMENTACIÓN CONVENCIONAL



Investigadores: investigadores: pacheco jorge _ Alexander Tello (2014)

GRÁFICO 5 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

ANÁLISIS DE RESULTADOS:**Tabla de resultados 2 (Versión 230 V)**

Primary Voltage (V)		Link between windings		Voltage (V)		Polarity same/ opposite
Connection	Reading	Primary	Secondary	Connection	Reading	
230 V, 0 V	40	0 V	0 V (Sec 1)	230 V, 115 V (Sec 1)		
230 V, 0 V	40	0 V	115 V (Sec 1)	230 V, 0 V (Sec 1)		
230 V, 0 V	40	0 V	0 V (Sec 2)	230 V, 115 V (Sec 2)		
230 V, 0 V	40	0 V	115 V (Sec 2)	230 V, 0 V (Sec 2)		
		Secondary	Secondary			
230 V, 0 V	40	0 V (Sec 1)	0 V (Sec 2)	115 V (Sec 1), 115 V (Sec 2)		
230 V, 0 V	40	0 V (Sec 1)	115 V (Sec 2)	115 V (Sec 1), 0 V (Sec 2)		

Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

Explique por qué el voltaje con dos devanados en serie es aproximadamente cero en un caso y casi 120 V c-a en el otro.

¿Cuáles terminales tiene la misma polaridad?

Si el devanado 1 a 2 se conecta en serie con el devanado 3 a 4 ¿Cuáles son los tres voltajes de salida que se pueden obtener?

PRACTICA N° 2	TEMA: POLARIDAD DEL TRANSFORMADOR	7/7
<p>CONCLUSIONES:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>RECOMENDACIONES:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		

OBJETIVO:

Analizar las líneas de fuerza de un circuito magnético

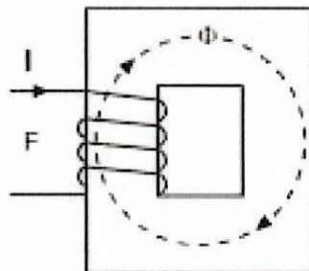
EQUIPO

- Fuente de alimentación universal 60-105.
- Transformador monofásico Unidad 61-106
- Sistema 91-200
- Norma Set de Latiguillos 68-800

TRABAJO PREPARATORIO:

El circuito magnético

El camino tomado por el flujo en una máquina eléctrica se llama el transformador de circuito magnético, motores y generadores, solenoides y relés todos obedecen a reglas similares y se componen de similares materiales magnéticos. Mediante la comprensión de los principios del circuito magnético de un transformador, que puede ampliar nuestro conocimiento de otras máquinas eléctricas.

GRÁFICO 6

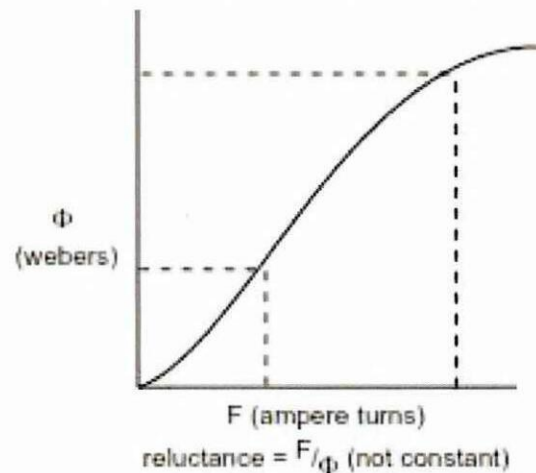
Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

En el circuito magnético mostrado en el Gráfico 6 una bobina está enrollada alrededor de una sección de un núcleo magnético. Cuando hay corriente I que circula en la bobina, producirá un campo magnético y esto causará un flujo ϕ que se creará en el material magnético que forma el núcleo.

Se dice que la corriente que fluye a través de las vueltas de la bobina produce una fuerza magneto motriz (MMF, expresada en amperios- vuelta) y que la intensidad de campo debido a esto es H (amperio- vueltas por metro de la longitud de la trayectoria de flujo). La relación entre el flujo ϕ (expresado en Weber) y MMF es similar aquí entre corriente y tensión en un circuito eléctrico con elementos resistivos. Sin embargo, ayuna diferencia fundamental: en el circuito eléctrico, el gráfico de la corriente contra voltaje es una línea recta través del origen, mientras que en un circuito magnético, la gráfica de flujo contra el MMF no es lineal (véase Gráfico 7).

GRÁFICO 7



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

PRACTICA N° 3	TEMA: EL CIRCUITO MAGNÉTICO Corriente Primaria y transformador de tensión en vacío	3/6
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Haga todas las conexiones que se muestran en el Gráfico 8. Si se está utilizando la instrumentación virtual, ajuste el interruptor de 250 V/500 V gama para Canal V1 a 250 V en Multicanal E / S Unidad de 68-500. Esto permite voltajes de hasta 250 V a vigilar cuando se conecta la toma del 500 V/250 V. 2. Además, establecer el 1 A/10 A interruptor de rango de II a 1 A. Esto permite corrientes de hasta 200 mA a vigilar cuando el socket 200 mA es conectado. 3. En la Fuente de alimentación universal 60-105, garantizar la tensión de variable de salida de control se establece en 0 %, entonces ponga el disyuntor trifásico a la posición de encendido. Deja el osciloscopio desconectado. 4. En la Fuente de alimentación universal 60-105, ajuste el interruptor de fase 3 para la posición de encendido y luego aumentar el voltaje de 0 V a un máximo. 5. Si el ajuste de 240 V o 125 V no se puede alcanzar entonces grabar el máximo voltaje disponible y el valor de la corriente primaria. En cada paso de voltaje, registre adecuadamente la corriente primaria en una copia de la tabla de resultados (230 V o 120 V). 6. Reducir la tensión suministrada desde la fuente de alimentación a cero y encender el osciloscopio. Si se está utilizando la instrumentación convencional, cambiar en la diferencial sonda y a garantizar que la relación de atenuación se ajusta a 1:20. La entrada Y1 al osciloscopio se mide, a través de la sonda diferencial, a través de unos 2 ohmios resistencia conectada en serie con el devanado de la primaria; la caída de voltaje a través de la resistencia es directamente proporcional a la corriente primaria. 		

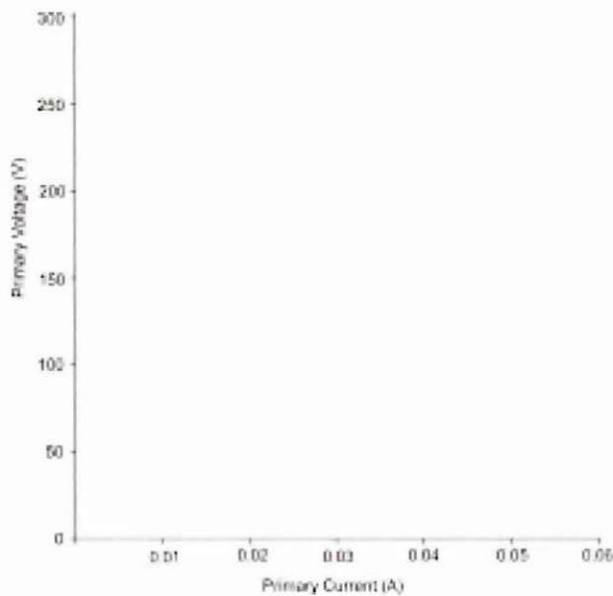
ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Tabla de resultados y gráficos 3 (Versión 230 V)

Primary Voltage (V)	0	50	100	150	200	240
Primary Current (A)						

Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

PRACTICA N° 3	TEMA: EL CIRCUITO MAGNÉTICO Corriente Primaria y transformador de tensión en vacío	6/6
----------------------	---	------------

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

Conceptualice lo que es un circuito magnético.

Indique el tipo de material que se usa en un circuito magnético.

¿Cómo se hallan canalizadas las líneas de fuerza del campo magnético?

• **CONCLUSIONES:**

.....

.....

.....

.....

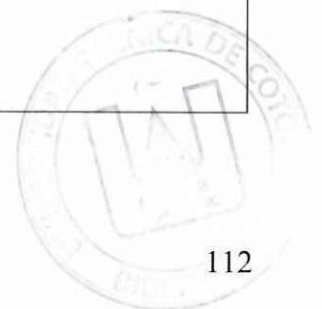
• **RECOMENDACIONES:**

.....

.....

.....

.....



OBJETIVO:

Construir un circuito equivalente de un transformador en vacío.

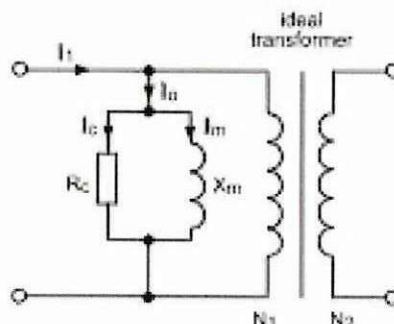
EQUIPO

- Fuente de alimentación universal 60-105.
- Transformador monofásico Unidad 61-106
- Sistema de Carga 91-200
- Norma Set de Latiguillos 68-800

TRABAJO PREPARATORIO:

El circuito equivalente

Un transformador real sin carga en sus secundarias se puede representar como un transformador ideal sin pérdida en el núcleo y que requiere corriente de magnetización cero más dos elementos paralelos y $R_c X_m$ como en el Gráfico 9.

GRÁFICO 9

Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

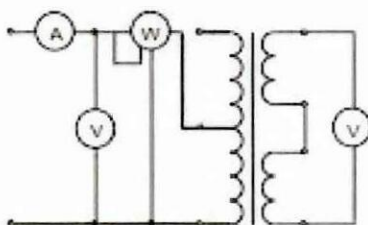
La resistencia R_c es el elemento de pérdida en el núcleo. La corriente a través de este estará en fase con el voltaje aplicado y se disipará potencia equivalente a la del núcleo a una tensión especificada y la frecuencia.

La reactancia X_m es el elemento de magnetización. Su corriente se retrasará la tensión aplicada por 90° ; es decir, está en cuadratura con la tensión aplicada, y ninguna energía

se disipa. La corriente tomada por X_m produce la fuerza magneto motriz que establece el flujo en el núcleo.

Mediante la medición de la corriente y potencia tomada de la alimentación, como se muestra en el Gráfico 10, los valores de los elementos del circuito equivalente se pueden derivar y el diagrama de fasores construidos.

GRÁFICO 10



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

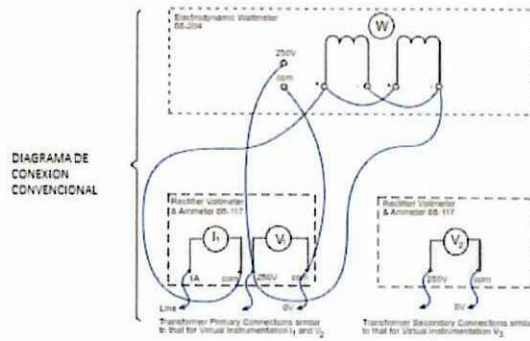
PROCEDIMIENTO :

1. Haga todas las conexiones que se muestran en el Gráfico. 11
2. Si se está utilizando la instrumentación virtual, ajuste el interruptor de 250 V/500 V gama para los canales V1 y V2 a 250 V en el multicanal de E / S Unidad de 68-500. Este permite a tensiones de hasta 250 V que se deben vigilar los 500 V/250 V. El socket está conectado.
3. Establecer el 1 A/10 A interruptor de rango de 11 a 1 A'. Esto permite que las corrientes de hasta 1 A vigilar cuando el 10 A / 1 A socket está conectado o hasta 200 mA a vigilar cuando el 200 mA socket está conectado y el software seleccionado.
4. En la Fuente de alimentación universal 60-105, garantizar la tensión de salida variable con control establecido en 0 %.Ajuste el interruptor de fase 3 para la posición de encendido y luego gire la tensión de salida variable controlar para dar un voltaje en V1.
5. Mida la I_1 primaria actual y la tensión V2 secundario y registre los resultados en la copia de la tabla de resultados para la adecuada versión (230 V o 120 V)

1. En la instrumentación virtual o convencional, registre la tensión de entrada al transformador en su copia de la tabla de resultados.
2. Gire el control de tensión de salida variable a 0% en la corriente universal proporcione 60-105 y luego apagar el interruptor de circuito de fase 3.

GRÁFICOS:

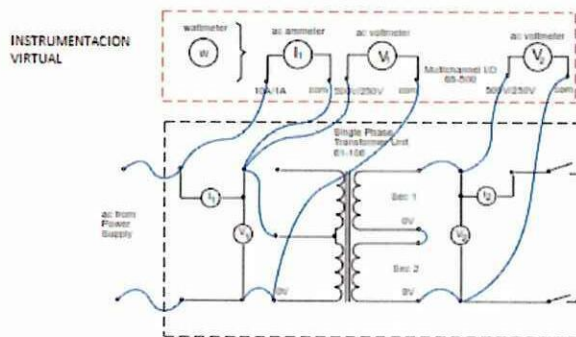
GRÁFICO 11 DIAGRAMA DE CONEXIÓN CONVENCIONAL



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

Gráfico 12: Diagrama de conexión virtual



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

ANÁLISIS:

Tabla de resultados 4 (Versión 230V)

Primary Volts V_1	Primary Current I_1	Input Power P_1	Secondary Volts V_2

Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

¿Qué entiende por circuito abierto?

¿Cómo se lleva a cabo la prueba de un circuito abierto?

¿Cuántos y cuáles son los terminales que constituyen un circuito abierto?

CONCLUSIONES:

.....
.....
.....
.....

RECOMENDACIONES:

.....
.....
.....
.....

OBJETIVO:

Como predecir la eficiencia de un transformador en un rango de cargas ,
Como completar el circuito equivalente.

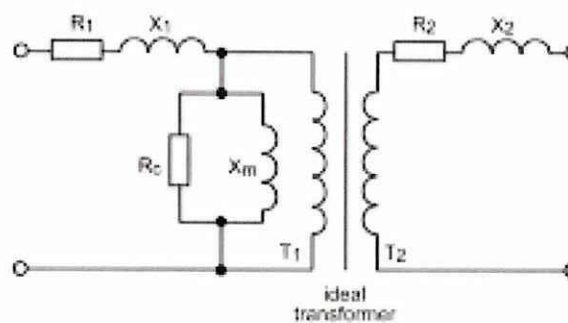
EQUIPO

- Fuente de alimentación universal 60-105.
- Transformador monofásico Unidad 61-106
- Sistema de Carga 91-200
- Norma Set de Latiguillos 68-800

TRABAJO PREPARATORIO:

Circuito Equivalente

Mediante la adición de las resistencias del devanado y reactancias de dispersión para el circuito equivalente del transformador en vacío, que se puede extender para formar un modelo completo del transformador. El grado de complejidad a la que se toma el circuito equivalente dependerá de la aplicación particular para que se vaya a utilizar. El circuito equivalente completo se muestra en el Gráfico13.

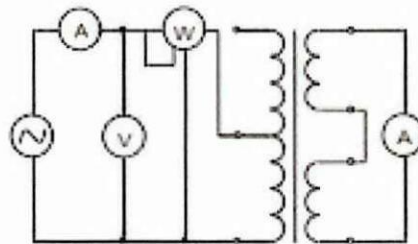
Gráfico 13

Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello

Prueba de Corto Circuito

La magnitud de la resistencia y la reactancia de fuga de bobinado efectiva total se puede encontrar la colocación de un cortocircuito en el secundario, y averiguar cuánto voltaje en el primario se necesita en los terminales para conducir la corriente nominal a través del transformador. Este voltaje será bastante pequeño, de manera que las pérdidas en el núcleo (el efecto de R_c y X_M) serán insignificantes. El circuito requerido se muestra en el Gráfico14.

Gráfico 14

Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

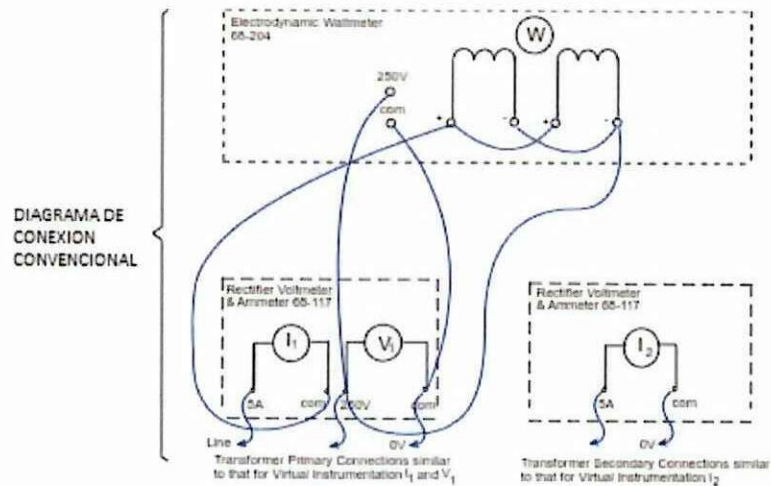
Hay, sin embargo, una prueba preliminar que vamos a realizar con el fin de superar algunas limitaciones en nuestra situación de laboratorio. En la industria de la prueba de un transformador se llevaría a cabo con instrumentos de alta precisión, re calibrado regularmente. También ocurre que en los grandes transformadores (para los que las pruebas de circuito abierto y corto son más valiosos) los resultados no suelen ser casi tan Dependiente sobre errores de medición como en nuestro pequeño. Las razones se harán evidentes más adelante.

Sin embargo, para asegurar que usted obtiene buenos resultados, será conveniente cerciorarse de que el voltímetro, amperímetro y vatímetro Electrodinámico son coherentes entre sí, si la instrumentación convencional es utilizada.

PRACTICA N° 5	TEMA: PRUEBA DE CORTO CIRCUITO	3/5
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Realice las conexiones que se muestran en el Gráfico 15 y 16. 2. Si se está utilizando la instrumentación virtual, ajuste el interruptor de 250 V/500 V gama para el canal V1 a 250 V en el multicanal de E / S Unidad de 68-500. Esto permite tensiones de hasta 250 V que se deben vigilar la toma del 500 V/250 V si está conectado. 3. Además, establezca los switches de rango 1A/10A para I1 e I2 canales a 10 A. 4. Esto permite que las corrientes de hasta 10 A que se deben vigilar la 10 A / 1 A socket está conectado. 5. En la Fuente de alimentación universal 60-105, garantizar la salida variable y control de tensión 'que se establece en 0 %. Luego ajuste el interruptor de fase 3 para la posición de encendido y luego gire la tensión de salida variable, controle para dar una lectura de 0.43A. 6. Mida la tensión V1 primaria e I1 actual utilizando la instrumentación virtual o instrumentación convencional. Anote los resultados en una copia apropiada de la Tabla de resultados 5 para la versión del producto apropiado (230V) 7. Recuerde que no debe mover el control de variable de salida de tensión en el poder de la unidad de suministro. 		

GRÁFICO:

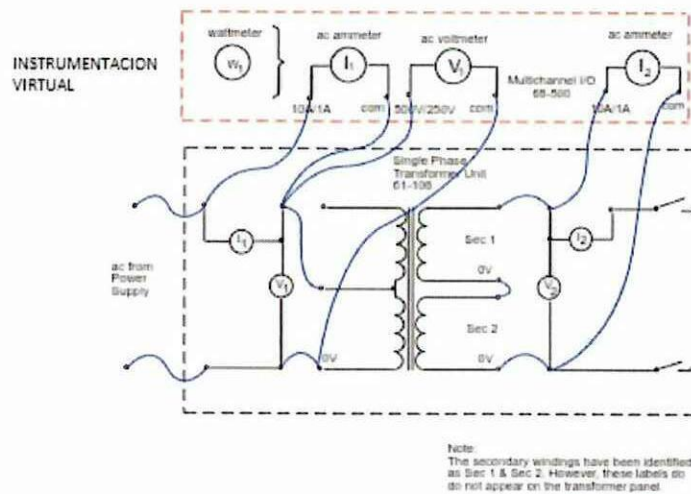
GRÁFICO 15 DIAGRAMA DE CONEXIÓN CONVENCIONAL



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

GRÁFICO 16. DIAGRAMA DE CONEXIÓN VIRTUAL



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Tabla de resultados 5 (Versión 230 V)

Primary Voltage (V_1)	Primary Current (I_1)	Input Power (P_1)	Secondary Current (I_2)
			0.43 A

Fuente : Manual (60-070-VIP)

Investigadores: Investigadores: Pacheco Jorge _ Alexander Tello (2014)

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

¿Qué entiende por corto circuito?

¿Cuándo existe un corto circuito la corriente eléctrica a donde pasa directamente?

¿Cuál es la polaridad que se presenta en un corto circuito?

CONCLUSIONES:

.....
.....
.....

RECOMENDACIONES:

.....
.....
.....
.....

CONCLUSIONES

El presente proyecto de tesis ha permitido a los postulantes llegar a una retroalimentación del porque es necesario la implementación de un módulo de transformador monofásico didáctico que permiten el proceso de enseñanza-aprendizaje en la carrera de Ingeniería eléctrica.

- A través de la encuesta realizada a los estudiantes y profesores de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi se logró identificar la factibilidad y la oportunidad de implementar el módulo de transformadores monofásicos.
- En base a las encuestas y el análisis de resultados se justifica que la investigación teórica y la elaboración del trabajo de campo facilitan el proceso de enseñanza de la cátedra de máquinas eléctricas y Teoría Electromagnética, mediante la implementación del módulo de transformador monofásico con las guías prácticas.
- Las encuestas arrojaron que un 82,5% de los estudiantes al igual que 100% de los profesores piensan que es necesario la elaboración de guías prácticas.
- Por medio de este módulo didáctico implementado en el laboratorio de máquinas eléctricas se facilita el aprendizaje teórico recibido en las aulas y puesto en ejecución de manera práctica en este laboratorio.
- Se implementaron las guías prácticas para el proceso de utilización y manipulación del módulo de transformador monofásico, en las que se describen la teoría, equipo, conexiones y datos a ser comprobados por los usuarios.
- Se verificó que las protecciones eléctricas existentes en estos equipos actúen oportunamente con la finalidad de garantizar y salvaguardar la integridad de las personas que interactúen con el mismo.

- Es de mucha importancia que las conexiones efectuadas en este módulo sean verificadas de acuerdo al diagrama de la práctica a ser realizada con el objeto de mantener siempre operativo y conservar su vida útil.
- Por medio de las guías elaboradas, y al realizar cada una de la prácticas propuestas se verificó que los resultados proporcionados por el fabricante tienen un margen de error aceptable, justificado por la variación de voltaje suministrado por la red eléctrica pública
- Se realizó pruebas de conexiones erróneas, con la finalidad de garantizar que las protecciones del módulo de Transformadores Monofásicos actúen protegiendo al equipo y al personal.
- Se logran implementar las primeras guías prácticas para el proceso de utilización y manipulación del módulo de Transformadores Monofásicos.

RECOMENDACIONES

- Para la utilización de este módulo se debe tomar en consideración todas las medidas y normas de seguridad detalladas en el manual de utilización proporcionados por el fabricante.
- Antes de realizar cada una de las prácticas, es necesario que el estudiante se familiarice con la teoría, el equipo y el diagrama de conexiones.
- El docente o instructor deberá realizar una evaluación teórica a los estudiantes, previo al desarrollo de la práctica, con el propósito de evitar daños en el equipo.
- Para efectuar cada una de las prácticas se debe verificar que la fuente de alimentación se encuentre desenergizada.
- Es necesario que el docente de esta cátedra complemente el proceso de aprendizaje con ejercicios adicionales a las prácticas realizadas.
- Se recomienda la adquisición de tecnología virtual, ya que este módulo de transformador monofásico puede aplicarse para este tipo de requerimiento.
- Durante la utilización de este módulo se tome en cuenta todas las medidas y normas de seguridad detalladas en las políticas del manual.
- Realizar un control continuo de los componentes del manual. Y de ser necesario las afinaciones correspondientes a fin de evitar contratiempos y peligros durante las prácticas.

- Se recomienda complementar e implementar los módulos de acuerdo al avance de la tecnología.
- Se recomienda la implementación de un sitio con todos los datos técnicos especificados para el buen funcionamiento del módulo.
- De la misma manera se recomienda dar a conocer a profesores y alumnos la existencia y una inducción para el manejo de los módulos para que realicen prácticas en base a los cronogramas de actividades.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- CADENA QUIMBITA, H. M. (1998). Vademecum de Máquinas Eléctricas y Material Industrial.
- DUTÁN, Luis. (2010) Modelación de transformadores para estudios de energización usando ATP-EMTP. Escuela Politécnica Nacional.
- Facultad de Ingeniería Universidad de la República de Uruguay. (2004). Introducción a la Electrotecnia. Montevideo
- FITZGERALD, A. E.; Kingsley, Charles; Umans, Stephen (2003). Máquinas Eléctricas. Sexta Edición. México
- HURTADO, Oswaldo (2005). Sistema de Educación Superior del Ecuador. Quito
- KOSOW, Irving L. (1993). *Máquinas eléctricas y transformadores. México*
- LÓPEZ, Ricardo (2006). Desarrollo y Validación de Modelos de Transformadores Monofásicos y MONOFÁSICOS con Saturación, para el Análisis de Armónicos en Sistemas de Potencia. Catalunya
- NASAR, S. A., & Unnewehr, L. E. (1982). Electromecánica y máquinas eléctricas. Limusa.
- PONCE CRUZ, P., & Sampé López, J. (2008). Máquinas eléctricas y técnicas modernas de control. 3B.
- PÉREZ, Pedro (2008). Transformadores de Distribución. Reverté Ediciones. México
- SANZ FEITO, J. (2002). Máquinas eléctricas. Ed. Pearson Educación. Madrid.
- THALER, G. J., & Wilcox, M. L. (1969). Máquinas eléctricas: estado dinámico y permanente. Limusa-Wiley.
- VIDELA FLORES, Andrés (2000). *Manual de máquinas eléctricas. México*

SITIOS WEB CONSULTADOS

- Páginas especializadas
 - <http://www.tuveras.com/eltrafotrifasico/eltrafotrifasico.htm>
 - http://www.unidadesdepropiedad.com/index.php?option=com_content&view=article&id=148&Itemid=265
 - http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3000/3015/html/14_el_transformador_trifsico_y_su_conexionado.html
- www.monografias.com
 - <http://www.monografias.com/trabajos82/transformadores-trifasicos-corriente/transformadores-trifasicos-corriente.shtml>
 - <http://www.monografias.com/trabajos78/tipos-aplicaciones-conexiones-transformadores-trifasicos/tipos-aplicaciones-conexiones-transformadores-trifasicos2.shtml>
- SENESCYT
 - <http://www.educacionsuperior.gob.ec/>
- UNESCO
 - http://www.unesco.org/ve/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=406&lang=es
 - <http://www.unesco.org/new/es/education/>
- www.wikipedia.com
 - <http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>

ANEXOS

ANEXO 1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERAS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTROMECAÁNICA
ENCUESTA DIRIGIDA A LOS PROFESORES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE COTOPAXI

OBJETIVO

Simular y aplicar prácticas de Transformadores Monofásicos en el laboratorio de ciencias eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

INSTRUCCIONES

Lea detenidamente, marque con un círculo la respuesta correcta

Preguntas:

Pregunta 1: ¿La tecnología de los equipos de Transformadores Monofásicos del laboratorio de máquinas eléctricas satisfacen las necesidades para las prácticas?

Si

No

Pregunta 2: ¿Las autoridades conocen sobre las necesidades de profesores que imparten las materias de Máquinas Eléctricas y Teoría electromagnética?

Si

No

Pregunta 3: ¿La Universidad tiene como fortaleza el adiestramiento en los conocimientos sobre Transformadores Monofásicos?

Si

No

Pregunta 4: ¿En lo concerniente a materias de máquinas eléctricas y teoría electromagnética, cree Ud. que se requiere de un módulo para efectuar prácticas con Transformadores Monofásicos?

Si

No

Pregunta 5: ¿Cuál de las siguientes opciones refuerzan lo aprendido en clases de Máquinas eléctricas y teoría electromagnética?

Libros

Prácticas

Sin esfuerzo

Pregunta 6: ¿Cómo califica Ud. la tecnología de los equipos para la práctica de Transformadores Trifásico para el dictamen de las materias de Máquinas Eléctricas y teoría electromagnética?

Suficiente

Escaso

Nulo

Pregunta 7: ¿Con qué frecuencia los profesores y estudiantes utilizan los laboratorios de Máquinas Eléctricas y teoría electromagnética

Siempre

Casi siempre

Nunca

Pregunta 8: ¿Ud. como docente fortalecerá los conocimientos en los estudiantes mediante el equipamiento de un módulo de transformadores Monofásicos?

Sí

No

Pregunta 9: ¿En referencia a la pregunta anterior, es necesaria la elaboración de guías prácticas para la utilización del módulo de Transformadores Monofásicos?

Sí

No

ANEXO 2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERAS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTROMECAÁNICA
ENCUESTA DIRIGIDA A LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE COTOPAXI

OBJETIVO

Simular y aplicar prácticas de Transformadores Monofásicos en el laboratorio de ciencias eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi

INSTRUCCIONES

Lea detenidamente y marque con un círculo la respuesta correcta

Preguntas:

Pregunta 1: ¿Cree necesario comprobar los conocimientos teóricos de Transformadores Monofásicos mediante los módulos de laboratorio?

Sí

No

Pregunta 2: ¿Cree que la realización de prácticas fortalecerían los conocimientos teóricos?

Sí

No

Pregunta 3: ¿Se puede reforzar lo aprendido en las clases de Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética con un módulo de Transformadores Monofásicos?

Si

No

Pregunta 4: ¿Los docentes de las materias Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética fortalecerán los conocimientos mediante el uso de simuladores?

Sí

No

Pregunta 5: ¿Seleccione cómo califica la tecnología actual del equipamiento de los laboratorios con respecto a los Transformadores Monofásicos?

Tecnología Actualizada

Tecnología Desactualizada

Pregunta 6: ¿Es necesaria la elaboración de guías prácticas del módulo de Transformadores Monofásicos?

Si

No

Elaborado por: Grupo investigador

ACTA DE DONACIÓN

Ms.C.

Víctor Hugo Armas
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

Presente.-

De nuestras consideraciones,

Nosotros, Jorge Geovanny Pacheco Herrera C.I. 0501977136 y Alexander Francisco Tello Córdor C.I. 0501809180, Ingenieros de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, entregamos libre y voluntariamente un módulo de transformador monofásico; el mismo que forma parte de la tesis y servirá en las prácticas de laboratorio para los estudiantes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica.

Por la atención y trámite que se sirva dar a la presente, reiteramos nuestros sinceros agradecimientos.

Atentamente,



Jorge Geovanny Pacheco Herrera
C.I. 0501977136



Alexander Francisco Tello Córdor
C.I. 0501809180