

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA
TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIEROS ELECTROMECAÁNICOS

TEMA:

**“CONTROL Y MONITOREO DE LA OPERACIÓN DE
SINCRONISMO DE GENERADORES DE BAJA POTENCIA
MEDIANTE SOFTWARE WINCC ADVANCED COMO MÓDULO
DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS
ELÉCTRICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI,
PERIODO 2013-2014”**

AUTORES:

GUISHCASO SUNTÁSIG JOSÉ CRISTIAN
TOAPANTA CEVALLOS JOSÉ LUIS

DIRECTOR:

MSC. ÁLVARO MULLO

ASESOR METODOLÓGICO:

DR. GALO TERÁN

LATACUNGA – ECUADOR

FEBRERO 2015





FORMULARIO DE LA 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:

- Guishcaso Suntásig José Cristian
- Toapanta Cevallos José Luis

Con la tesis, cuyo título es: **“CONTROL Y MONITOREO DE LA OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE GENERADORES DE BAJA POTENCIA MEDIANTE SOFTWARE WINCC ADVANCED COMO MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2013--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.

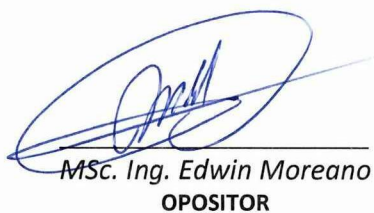
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 19 de Febrero del 2015

Para constancia firman:


Ing. Cristian Gallardo
PRESIDENTE


Lcda. Susana Pallasco
MIEMBRO



MSc. Ing. Edwin Moreano
OPOSITOR


MSc. Ing. Álvaro Mullo
TUTOR (DIRECTOR)

AUTORÍA

Nosotros Guishcaso Suntásig José Cristian y Toapanta Cevallos José Luis, declaramos bajo juramento que, el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

La responsabilidad de esta tesis de grado nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Técnica de Cotopaxi.



.....
José Cristian Guishcaso Suntásig
C.I.: 050323234-0



.....
José Luis Toapanta Cevallos
C.I.: 050345574-3

AVAL DEL DIRECTOR

En calidad de Director de Trabajo de Investigación sobre el tema:

“CONTROL Y MONITOREO DE LA OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE GENERADORES DE BAJA POTENCIA MEDIANTE SOFTWARE WINCC ADVANCED COMO MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2013-2014”, de **José Cristian Guishcaso Suntásig** y **José Luis Toapanta Cevallos**, egresados de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos Metodológicos y aportes Científico – Técnicos suficientes para ser sometida a la evaluación del Tribunal de grado, que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 13 de Enero del 2015

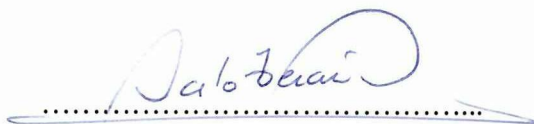


MSc. Alvaro Mullo
DIRECTOR DE TESIS

AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO

En calidad de Asesor Metodológico del Trabajo de Investigación sobre el tema: **“CONTROL Y MONITOREO DE LA OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE GENERADORES DE BAJA POTENCIA MEDIANTE SOFTWARE WINCC ADVANCED COMO MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2013-2014”**, de los señores estudiantes; **José Luis Toapanta Cevallos**, portador de C.C. **050345574-3** y **José Cristian Guishcaso Suntásig**, portador de C.C. **050323234-0** postulantes de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica. **CERTIFICO QUE:** Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis** que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 13 de Enero del 2015



Dr. Galo Patricio Terán Ortiz


C.C. 050067610-1


ASESOR METODOLÓGICO

CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

Yo **MSc. Álvaro Mullo** en calidad de Coordinador de la Carrera de Ingeniería Electromecánica: **CERTIFICO QUE:** los señores **José Cristian Guishcaso Suntásig** con C.C. **050323234-0** y **José Luis Toapanta Cevallos** con C.C. **050345574-3** egresados de la carrera de Ingeniería Electromecánica, implementan el banco de pruebas en el laboratorio de máquinas eléctricas con el tema: “CONTROL Y MONITOREO DE LA OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE GENERADORES DE BAJA POTENCIA MEDIANTE SOFTWARE WINCC ADVANCED COMO MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2013-2014”,

Latacunga, 14 de Enero del 2015


MSc. Álvaro Santiago Mullo Quevedo
C.C. 050276854-2
DIRECTOR DE TESIS



AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas y en especial a la Carrera de Ingeniería Electromecánica por la oportunidad de ingresar a la institución para obtener un título de tercer nivel para poder formarnos como profesionales útiles para la sociedad.

A nuestro director de tesis Ing. Álvaro Mullo por habernos guiado, impartiendo sus conocimientos y experiencia, para la consecución de nuestro proyecto de tesis.

DEDICATORIA

En primer lugar va dedicado a Dios, por iluminar y fortalecer con sabiduría mi vida, por haber otorgado en mi camino a todas las personas que han sido mi fuerza y compañía.

Con mucho cariño a mi padre Manuel Guishcaso que desde el cielo me estará cuidando y dándome sus bendiciones para seguir adelante en mi sueño.

A mi querida madrecita Mercedes Suntásig, que es mi gran tesoro mi más grande orgullo, quien día a día supo inculcarme de valores, llenarme de motivaciones sin límites de barreras para aceptar las derrotas y surgir airoso en mis metas.

A mis queridos hermanos, Vinicio, Raquel y Diana por apoyarme con sus consejos de nunca renunciar a obtener mi sueño anhelado.

A ti, amor de mi vida Silvia, compañera inseparable quién me ha sabido dar la fuerza necesaria para seguir luchando, con su eterno amor, cariño y comprensión.

A mis queridos sobrinos Christopher y Jhoel, que con sus sonrisas de ánimo, me han incentivado a seguir adelante.

CRISTIAN

DEDICATORIA

En primer lugar agradezco a Dios por derramar sus bendiciones sobre mí y llenarme de su fuerza para vencer todos los obstáculos desde el principio de mi vida.

A mi querida madrecita Martha Toapanta por todo el esfuerzo y sacrificio para brindarme todo el amor, la comprensión, el apoyo incondicional y la confianza en cada momento de mi vida pero sobre todo en mis estudios universitarios.

A mis hermanas Mónica y Vaneza por su apoyo incondicional, por creer en mí en todo momento y no dejar que decayera en el esfuerzo por lograr mis metas.

A mi amada que ha sido el impulso durante toda mi carrera y el pilar fundamental para la culminación de la misma, que con su apoyo constante y amor incondicional ha sido amiga y compañera inseparable, fuente de sabiduría, calma y consejo en todo momento.

A mi hijo Luis para quien ningún sacrificio es suficiente, que con su luz ha iluminado mi vida y ha hecho mi camino más claro.

A mi tía Irma a quien quiero como una madre por estar siempre dispuesta a apoyarme incondicionalmente a pesar de las diferencias que han existido entre nosotros.

A la Universidad, por habernos acogido con el fin de formarnos como profesionales íntegros y recíprocos con la sociedad.

JOSÉ LUIS

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	ii
AUTORÍA.....	iii
AVAL DEL DIRECTOR.....	iv
AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO	v
CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
CAPÍTULO I.....	x
CAPÍTULO II	xii
CAPÍTULO III.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
AVAL DE TRADUCCIÓN	xxi
INTRODUCCIÓN	xxii

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1 Antecedentes.	1
1.2 Primera Unidad Fundamental:	2
1.3 Máquinas Eléctricas	2
1.4 Máquina Síncrona	4

1.5	Motor Asíncrono o de Inducción	5
1.5.1	Rotor Devanado o con anillos.....	6
1.5.2	Rotor Jaula de Ardilla.....	7
1.6	Generador o Alternador.....	7
1.6.1	Generadores Sincrónicos.....	8
1.6.2	Características de Vacío del Generador Sincrónico.....	10
1.6.3	Características de Cortocircuito del Generador Sincrónico.....	10
1.6.4	Determinación de la Impedancia Sincrónica X_s	10
1.6.5	Potencia Interna del Generador Sincrónico	12
1.6.6	Generador Sincrónico de Rotor Cilíndrico.....	13
1.6.7	Generador Sincrónico de Polos Salientes.....	13
1.6.8	Generadores de Inducción (Asíncrono).....	14
1.6.8.1	Deslizamiento	15
1.6.8.2	Modalidad de funcionamiento del Motor Asíncrono	16
1.7	Sincronización de Generadores.....	17
1.7.1	Voltajes iguales.....	18
1.7.2	Voltajes en Fase	18
1.7.3	Frecuencia.....	18
1.7.4	Igualdad de secuencia de fase.....	19
1.8	Métodos de Sincronización.....	19
1.8.1	Primer Método.....	19
1.8.2	Segundo Método.....	20
1.8.2.1	Sentron PAC 3200.....	22
1.8.2.2	Variadores de frecuencia	24
1.8.2.3	Pantalla Touch	29
1.8.2.4	Software TIA Portal V12.....	30

1.8.2.5 Control Lógico Programable de Siemens PLC S71200	32
1.8.2.6 Motor y Generador	34
1.8.2.7 Fuente Sitop	35
1.8.2.8 Transformadores de Corriente 60/5	36
1.8.2.9 Protecciones del Sistema	36
1.8.2.10 Luces Piloto	37
1.8.3 Sistemas de Protección al Generador.	37
1.9 Software WinCC Advanced.....	37
1.9.1 Automatización con WinCC.....	38
1.10 Descripción del Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi	39
1.10.1 Generalidades.....	39
1.10.2 Lista de materiales.....	43

CAPÍTULO II

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	45
2.1 Metodología Básica.....	45
2.1.1 Metodología de Campo	45
2.1.2 Metodología Bibliográfica.....	46
2.1.3 Metodología Experimental	46
2.2 Población y Muestra.....	46
2.2.1 Análisis y Resultados de la Entrevista.....	47
2.2.2 Análisis y Resultados de la Encuesta.	49
2.3 Hipótesis.	58
2.3.1 Modelo Lógico.....	58

2.3.2	Modelo Matemático.	59
2.4	Argumentación.....	59
2.4.1	Estadístico de prueba.....	59
2.4.2	Resolución de la Fórmula Chi - cuadrado.	60
2.5	Decisión.....	61

CAPÍTULO III

3.1	PROPUESTA	63
3.2.1	Tema:.....	63
3.2.2	Presentación	63
3.2.3	Justificación de la Propuesta.....	64
3.2.4	Objetivos.....	65
3.2.4.1	Objetivo General	65
3.2.4.2	Objetivos Específicos	65
3.2.5	Alcance.....	66
3.2.6	Desarrollo Técnico de la Propuesta.....	66
3.2.7	Selección de los elementos para el montaje del Módulo de Sincronismo	67
3.2.8	Descripción de los elementos y accesorios del Módulo de Pruebas.....	68
3.2.9	Descripción del diseño del módulo didáctico de Sincronismo de Generadores de baja potencia.....	79
3.2.10	Programación del Módulo de Sincronismo de Generadores de Baja Potencia mediante el software TIA PORTAL V12 y WinCC Advanced.....	81
3.2.10.1	Creación del proyecto. Con los pasos realizados adecuadamente.....	82
3.2.10.2	Interfaz de conexión del PLC S7-1200 con el TIA PORTAL V12.....	85
3.2.10.3	Segmentos de Programación del PLC S7-1200. A continuación se muestran los diferentes segmentos de configuración.....	86