

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO ELÉCTRICO EN SISTEMAS DE POTENCIA CON MENCIÓN EN DISEÑO DE MAQUINARIA

TEMA:

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA REGULACIÓN DIGITAL DEL VOLTAJE TERMINAL DE GENERADORES SÍNCRONOS TRIFÁSICOS"

> AUTORES: JORGE LEONARDO MOREJÓN NOBOA NELSON ARTURO PÉREZ QUINTUÑA

DIRECTOR DE TESÍS: ING. OTTO ASTUDILLO ASTUDILLO

MARZO 2015

GUAYAQUIL – ECUADOR

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Jorge Leonardo Morejón Noboa y Nelson Arturo Pérez Quintuña declaramos que el presente trabajo de tesis es de exclusiva responsabilidad de los autores, el propósito de la misma es exclusivamente dedicado al estudio del comportamiento de las máquinas síncronas para uso del laboratorio de motores y generadores de la universidad por medio de un banco de pruebas didáctico, por lo cual, incluye una explicación básica de los equipos y componentes utilizados en el mismo más no el cuestionamiento de la ingeniería utilizada en los componentes del banco de prueba, toda la información técnica de los componentes utilizados es la encontrada de libre acceso en manuales de los fabricantes así como el uso de los software de programación y comunicación fueron descargados de manera libre de las páginas de acceso de los fabricantes de los componentes eléctricos y no tienen uso y fines comerciales sino netamente educativos.

Guayaquil, Marzo 15 del 2015

Jorge Leonardo Morejón Noboa

C.I. # 091943038-9

Nelson Arturo Pérez Quintuña

C.I. # 091659406-2

CERTIFICACIÓN

El presente trabajo de titulación ha sido desarrollado bajo mi dirección y supervisión por los señores Jorge Morejón Noboa y Nelson Pérez Quintuña.

Ing. Otto Astudillo A. MAE.

Docente: Ing. Eléctrica

Director del Proyecto

DEDICATORIAS

Esta tesis está dedicada a mis padres, Elsy de las Mercedes Noboa Noboa y Jorge Leonardo Morejón Carvache, quienes con mucho esfuerzo y dedicación supieron inculcarme valores y guiarme en el transcurso de mi vida para encontrar la profesión correcta a mis expectativas, a mi esposa Jéssica Lorena Villamar Álvarez quien con mucho amor y compresión me ayudo a llevar a cabo este proyecto profesional, a mis hijos Andy, Leo, Amanda y César para que siempre tengan en mente que no hay meta que no se pueda lograr con estudio y perseverancia.

Jorge Leonardo Morejón Noboa

Esta tesis está dedicada a mi familia, mis padres, César Pérez y Mariana Quintuña, por haberme brindado las enseñanzas, consejos necesarios y así haberme encaminado en mi profesión, a mi esposa, Esther Miranda, mi hijo, Nelson Arturo, por su paciencia, comprensión y motivación, en el término de este proyecto, a mis hermanos, Víctor, Lauro y Gregorio por estar presente, gracias al apoyo de cada uno de ellos he podido culminar una etapa de mi vida profesional.

Nelson Arturo Pérez Quintuña.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme cumplir con esta etapa de mi desarrollo profesional en compañía de mi familia, a mi madre Elsy de las Mercedes Noboa Noboa por todo el esfuerzo y sacrificio para sacarme adelante desde mis primeros años de vida luchando contra muchas adversidades.

A mis docentes de la Universidad Politécnica Salesiana quienes impartieron sus conocimientos en mi vida estudiantil y me ayudaron a alcanzar esta meta profesional. Tengo el agrado de reconocer de manera especial a los Ingenieros Otto Astudillo y Carlos Chávez por su aporte en el desarrollo del presente proyecto.

Jorge Leonardo Morejón Noboa

A papito Dios por brindarme salud y vida necesaria en mi vida personal y profesional.

A mi papi César Pérez, mi mami Mariana Quintuña, mi esposa Esther Miranda, mi hijo Nelson Pérez, mis hermanos Víctor, Lauro y Gregorio, por su esfuerzo, sacrificio, dedicación sin ellos no hubiese podido dar este paso con una formación académica.

A mis profesores los de la Universidad Politécnica Salesiana por guiarme en mis estudios, en especial al Ingeniero Otto Astudillo e Ingeniero Carlos Chávez gracias a ellos pude resolver con satisfacción este tema de tesis.

Nelson Arturo Pérez Quintuña.

ÍNDICE GENERAL

Declarat	atoria De Responsabilidad;Erroi	'! Marcador no definido.
Certifica	cación	iii
Dedicate	torias	iv
Agradec	ecimiento	v
Índice C	General	vi
Índice D	De Figuras	xiv
Índice D	De Tablas	XX
Índice D	De Ecuaciones	xxi
Resume	en	xxii
Abstract	ct	xxiii
Capítulo	lo I	1
Plantear	amiento Del Problema	1
1.1.	El Problema	
1.2.	Delimitación Del Problema.	
1.2.1.	Delimitación Especial	
1.2.2.	Delimitación Temporal	2
1.3.	Objetivos	
1.3.1.	General	
1.3.2.	Específico	
1.3.3.	Justificación	
1.3.4.	Metodología	4

Capítul	o II	5
Fundan	nentos Teóricos De La Máquina Síncrona	5
2.1.	Definición	5
2.2.	Partes De Un Generador Síncrono	6
2.3.	Principio De Funcionamiento De Generador Síncrono	8
2.4.	Velocidad De Rotación De Un Generador Síncrono	13
2.5.	Circuito Equivalente Monofásico De Un Generador Síncrono	13
2.6.	Circuito Equivalente Trifásico De Un Generador Síncrono	14
2.7.	Conexiones Básicas De Un Generador Síncrono Trifásico	15
2.8.	Diagrama Fasorial De Un Generador Síncrono	17
2.9.	Potencia De Los Generadores Síncronos.	18
2.10.	Obtención De Los Parámetros Modelo De Los Generadores Síncronos.	19
2.11.	Prueba De Cortocircuito	20
2.12.	Prueba De Circuito Abierto	21
2.13.	Prueba De Tensión Continúa	23
2.14.	Curvas De Capacidad En Los Generadores Síncronos.	23
Capítul	o III	26
Sistema	as De Excitación De La Maquina Sincrona	26
3.1.	Definición	26
3.2.	Funciones De Un Sistema De Control De Excitación	26
3.3.	Partes De Un Sistema De Excitación.	26
3.4.	Tipos De Sistema De Excitación	27
3.5.	Reguladores Automáticos De Tensión "Avr".	28
3.6.	Introducción A Los Controladores Pid	31
3.6.1.	Parámetros De Los Sistemas De Control Proporcional	31
3.6.2.	Parámetros De Los Sistemas De Control Integral.	32
3.6.3.	Parámetros De Los Sistemas De Control Derivativo	33
3.6.4.	Acciones De Los Sistemas De Control Proporcional.	34
3.6.5.	Acciones De Los Sistemas De Control Integral.	35
3.6.6.	Acciones De Los Sistemas De Control Derivativo	35
3.7.	Funcionamiento De Regulador Automático De Voltaje.	•••••
		36

Capítulo	o IV	40
Manual	De Instrucciones Para Sistema Digital De Control De Excitación Para	
Máquina 4 1	a Síncrona	40 40
4.1.	Notificación De Precauciones Establecidas Por El Espricante	+0 40
4.1.2	Información General V Especificaciones	+0 41
4.1.2.	Características	+1 41
4.2.1	Modelo V Número De Estilo Del Regulador	+1 12
4.2.1.	Especificaciones	+2 13
4.2.2.	Interface Hombre Maguina	+J 52
ч. <i>3</i> . 4 3 1	Apagado Por Sobreexcitación	52
432	Sobretensión De Generador	53
433	Detección De Pérdida De Sensado	53
434	Limitación De Sobreexcitación	53
435	Limitación De Subexcitación	54
436	Indicador De Modo Var / P F	54
4.3.7.	Indicador De Modo Manual	54
4.3.8.	Indicador De Baja Frecuencia	54
4.3.9.	Puerto De Comunicación	54
4.4.	Descripción Funcional	55
4.4.1.	Bloques De Función Decs-100	56
4.4.2.	Características De Funcionamiento Del Decs-100.	61
4.5.	Instalación Del Regulador Decs-100	69
4.5.1.	Descripción De Terminales	71
4.5.2.	Descripción De Terminales:	72
4.5.3.	Ajuste Preliminar.	72
4.5.4.	Consideraciones De Alimentación Durante La Programación Del	
	Decs-100.	73
4.6.	Software Bestcoms.	75
4.6.1.	Instalación	76
4.6.2.	Conexión Del Decs-100 Y Pc	77
4.6.3.	Arranque Bestcoms TM	77
4.6.4.	Establecimiento De La Comunicación.	79

4.7.	Ajustes De Control De Sistema
4.7.1.	Envío Y Recepción De Datos De Ajustes
4.7.2.	Configuración Del Sistema
4.7.3.	Configuración De Los Ajustes91
4.7.4.	Control De Ganancia
4.7.5.	Ventana De Análisis
Capitulo	0 V
Diseño	Y Construcción Del Banco De Pruebas 107
5.1.	Propósito Del Diseño
5.1.1.	Detalle De Materiales
5.1.2.	Dimensiones Del Diseño
5.1.3.	Construcción De Banco De Pruebas111
5.1.4.	Descripción Técnica De Los Componentes Del Banco 117
Capitulo) VI
Manual	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1.	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1.	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1. 6.2.	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1. 6.2. Normas	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1. 6.2. Normas 6.2.1.	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1. 6.2. Normas 6.2.1. 6.2.2.	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1. 6.2. Normas 6.2.1. 6.2.2. 6.2.3.	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1. 6.2. Normas 6.2.1. 6.2.2. 6.2.3. 6.2.4.	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1. 6.2. Normas 6.2.1. 6.2.2. 6.2.3. 6.2.4. 6.2.5.	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1. 6.2. Normas 6.2.1. 6.2.2. 6.2.3. 6.2.4. 6.2.5. 6.2.6.	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1. 6.2. Normas 6.2.1. 6.2.2. 6.2.3. 6.2.4. 6.2.5. 6.2.6. 6.2.7.	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1. 6.2. Normas 6.2.1. 6.2.2. 6.2.3. 6.2.4. 6.2.5. 6.2.6. 6.2.7. 6.2.8.	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1. 6.2. Normas 6.2.1. 6.2.2. 6.2.3. 6.2.4. 6.2.5. 6.2.6. 6.2.7. 6.2.8. 6.2.9.	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1. 6.2. Normas 6.2.1. 6.2.2. 6.2.3. 6.2.4. 6.2.5. 6.2.6. 6.2.7. 6.2.8. 6.2.9.	De Prácticas De Laboratorio
Manual 6.1. 6.2. Normas 6.2.1. 6.2.2. 6.2.3. 6.2.4. 6.2.5. 6.2.6. 6.2.7. 6.2.8. 6.2.9.	De Prácticas De Laboratorio124Guia De Prácticas Para Pruebas Con Banco Para Control124de Voltaje Terminal124Práctica 1.125Datos Informativos125Datos De La Práctica125Objetivos125Marco Teórico125Marco Procedimental125Recursos Utilizados126Cronograma/Calendario126Representación Gráfica De Banco De Pruebas Para Regulación126De Voltaje Terminal De Generadores Síncronos126

6.2.11.	Normas De Seguridad Dentro Del Laboratorio	. 128
6.2.12.	Cuestionario	. 128
6.2.13.	Proyecto:	. 128
6.3. I	Práctica 2.	
Recono	cimiento de componentes del banco	.129
6.3.1.	Datos Informativos	. 129
6.3.2.	Datos De La Práctica	. 129
6.3.3.	Objetivos	. 129
6.3.4.	Marco Teórico	. 129
6.3.5.	Marco Procedimental	. 130
6.3.6.	Recursos Utilizados	. 130
6.3.7.	Tablas De Registro De Resultados.	. 130
6.3.8.	Cronograma/Calendario	. 131
6.3.9.	Bibliografía	. 131
6.3.10.	Cuestionario	. 132
6.3.11.	Proyecto:	. 132
6.4.	Práctica 3	. 162
Determi	inacion De Los Parámetros Modelo De La Maquina Sincrona.	. 162
6.4.1.	Datos Informativos	. 162
6.4.2.	Datos De La Práctica	. 162
6.4.3.	Objetivos	. 162
6.4.4.	Marco Teórico	. 163
6.4.5.	Marco Procedimental	. 163
6.4.6.	Recursos Utilizados	. 164
6.4.7.	Anexos.	. 164
6.4.8.	Cronograma/Calendario	. 164
6.4.9.	Bibliografia	. 164
6.4.10.	Cuestionario	. 164
6.4.11.	Proyecto:	. 165
6.5. I	Práctica 4.	
Comuni	cación de Sistema Digital de Control de Excitación con PC	.166
652	Datos De La Práctica	166
6.5.3	Obietivos	. 166
		50

6.5.4.	Marco Teórico	. 167
6.5.5.	Marco Procedimental	. 167
6.5.6.	Recursos Utilizados	. 167
6.5.7.	Anexos.	167
6.5.8.	Cronograma/Calendario	. 167
6.5.9.	Bibliografia	. 168
6.5.10.	Cuestionario	168
6.5.11.	Proyecto:	168
6.6.	Práctica 5	169
Configu	racion De Parámetros Con Programa Bestcoms Para Controlar	
voltaje	Terminal De Máquina Sincrona Hampden Sm-300	.169
6.6.1.	Datos Informativos	. 169
6.6.2.	Datos De La Práctica	. 169
6.6.3.	Objetivos	169
6.6.1.	Marco Teórico	. 170
6.6.2.	Marco Procedimental	. 170
6.6.3.	Recursos Utilizados	. 171
6.6.4.	Anexos.	171
6.6.5.	Cronograma/Calendario	. 171
6.6.6.	Bibliografia	. 171
6.6.7.	Cuestionario	. 171
6.6.8.	Proyecto:	. 172
6.7. I	Práctica6	
Maquin	a Síncrona Operando Como Generador En Conexión Estrella	.173
6.7.1.	Datos Informativos	. 173
6.7.2.	Datos De La Práctica	. 173
6.7.3.	Objetivos	173
6.7.4.	Marco Teórico	. 174
6.7.5.	Marco Procedimental	. 174
6.7.6.	Recursos Utilizados	175
6.7.7.	Anexos.	175
6.7.8.	Cronograma/Calendario	. 175
6.7.9.	Bibliografia	. 175
6.7.10.	Cuestionario	. 175

6.7.11.	Proyecto:	176
6.8.	Práctica 7	177
Maquin	a Síncrona Operando Como Generador En Conexión Delta	177
6.8.1.	Datos Informativos	177
6.8.2.	Datos De La Práctica	177
6.8.3.	Objetivos	177
6.8.4.	Marco Teórico	178
6.8.5.	Marco Procedimental	178
6.8.6.	Recursos Utilizados	179
6.8.7.	Anexos.	179
6.8.8.	Cronograma/Calendario	179
6.8.9.	Bibliografia	179
6.8.10.	Cuestionario	179
6.8.11.	Proyecto:	180
6.9.	Práctica 8	181
Pruebas	de operación de Maquina Síncrona Hampden Sm-300	
con carg	a resistiva en conexión delta y estrella	.181
6.9.1.	Datos Informativos	181
6.9.2.	Datos De La Práctica	181
6.9.3.	Objetivos	181
6.9.4.	Marco Teórico	182
6.9.5.	Marco Procedimental	182
6.9.6.	Recursos Utilizados	183
6.9.7.	Anexos.	183
6.9.8.	Cronograma/Calendario	183
6.9.9.	Bibliografía	183
6.9.10.	Cuestionario	183
6.9.11.	Proyecto:	184
6.10.	Práctica 9	185
Pruebas de operación de Maquina Síncrona Hampden Sm-300		
con carg	ga Inductiva en conexión delta y estrella	185
6.10.1.	Datos Informativos	185
6.10.2.	Datos De La Práctica	185
6.10.3.	Objetivos	185

6.10.4.	Marco Teórico
6.10.5.	Marco Procedimental
6.10.6.	Recursos Utilizados
6.10.7.	Anexos
6.10.8.	Cronograma/Calendario
6.10.9.	Bibliografia
6.10.10.	Cuestionario
6.10.11.	Proyecto:
6.11.	Práctica 10
Pruebas	De Operación De Maquina Síncrona Hampden Sm-300 Con Carga
Capaciti	va En Conexión Delta Y Estrella189
6.11.1.	Datos Informativos
6.11.2.	Datos De La Práctica
6.11.3.	Objetivos
6.11.4.	Marco Teórico
6.11.5.	Marco Procedimental
6.11.6.	Recursos Utilizados
6.11.7.	Anexos
6.11.8.	Cronograma/Calendario191
6.11.9.	Bibliografía
6.11.10.	Cuestionario
6.11.11.	Proyecto:

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Ubicación Universidad Politécnica Salesiana Pabellón "B"
Figura 2: Pabellón "B"
Figura 3: Máquina Hampden SM-3005
Figura 4: Placa de Identificación Máquina Hampden SM-300
Figura 5: Estator de máquina Síncrona
Figura 6: Máquina Síncrona; Rotor de polos no salientes y estator7
Figura 7: Máquina Síncrona con Rotor de polos salientes y estator
Figura 8: Representación gráfica elemental de la Máquina
Síncrona para su estudio8
Figura 9: Representación de una espira para su estudio9
Figura 10: Vista en corte frontal9
Figura 11: Gráfica de forma de onda sinusoidal 12
Figura 12: Circuito equivalente monofásico de un generador síncrono 14
Figura 13: Circuito equivalente trifásico de un generador síncrono
Figura 14: Circuito equivalente trifásico de un generador síncrono
conectado en estrella "Y"16
Figura 15: Circuito equivalente trifásico de un generador síncrono
conectado en delta "Δ"16
Figura 16: Diagrama fasorial de un generador síncrono conectado a una carga
resistiva pura
Figura 17: Diagrama fasorial de un generador síncrono conectado a una carga
con factor de potencia en atraso 18
Figura 18: Diagrama fasorial de un generador síncrono conectado a una carga
con factor de potencia en adelanto18
Figura 19: Diagrama de flujo de potencia en un generador síncrono 19
Figura 20: Circuito Equivalente de una fase en prueba de cortocircuito en
generador síncrono20
Figura 21: Curva característica de la prueba de cortocircuito de generador
síncrono
Figura 22: Circuito Equivalente de una fase en prueba de circuito abierto en
generador síncrono21
Figura 23: Curva característica de la prueba de circuito abierto de generador
síncrono22

Figura 24: Diagrama equivalente de la máquina síncrona con conexión
para prueba de tensión DC para determinar la resistencia
de armadura23
Figura 25: Diagrama fasorial del generador síncrono24
Figura 26: Unidades de Potencia Correspondientes
Figura 27: Diagrama de capacidad con sus respectivas curvas25
Figura 28: Diagrama de bloques de un sistema de excitación
Figura 29: Esquema básico de acoplamiento de regulador DECS 100 a
generador del laboratorio de máquinas
Figura 30: Rotor de anillos rozantes máquina Hampden SM300 29
Figura 31: Reguladores de voltaje terminal de generadores utilizados en el
mercado
Figura 32: Curvas características de control PID
Figura 33: Bloque de control proporcional
Figura 34: Grafica de comportamiento de control proporcional
Figura 35: Bloque de control proporcional e integral
Figura 36: Gráfica de comportamiento de control de integral
Figura 37: Bloque de control derivativo
Figura 38: Grafica de comportamiento de control derivativo
Figura 39: Forma de onda con acción de control proporcional
Figura 40: Forma de onda con acción de control integral35
Figura 41: Forma de onda con acción de control derivativa
Figura 42: Modelo de sistema de excitación IEEE DC1A para excitatrices
rotativas de campo controlado y una actuación
constante de la regulación de tensión
Figura 43: Diagrama de bloques de control Proporcional Integral y derivativo 39
Figura 44: Forma de reconocimiento del modelo del regulador de voltaje
Figura 45: Pendientes voltios / hertz
Figura 46: Panel de Indicadores del DECS-100 52
Figura 47: Regulador de Voltaje Digital DECS-100
Figura 48: Diagrama de Bloques de sistema de control digital de
excitación DECS-10056
Figura 49: Curva corriente de campo Vs tiempo cuando actúa límite
de sobreexcitación67
Figura 50: Gráfica de Regulador Decs-100 se identifican los puntos de conexión69

Figura 51: Diagrama de conexiones de Regulador Decs-100 se
identifican los puntos de conexión70
Figura 52: Terminales de Sensado de Voltaje de barra71
Figura 53: Terminales de Conexión de sensado de voltaje de Fases71
Figura 54: Terminales de Conexión para switch auxiliares de modos
de control71
Figura 55: Conexión para la alimentación con un voltaje de 120 Vac
y una resistencia para disipación de la corriente "inruhs"
Figura 56: Conexión para la alimentación monofásica con un módulo
de reducción de corrientes de irrupción74
Figura 57: Conexión para la alimentación trifásica con un módulo de
reducción de corrientes de irrupción75
Figura 58: CD con archivos de programación Bestcom y Manual de
uso de regulador "DECS"77
Figura 59: Pantalla inicial Bestcom DECS-100 versión 1.09.01
Figura 60: Pantalla inicial Bestcom DECS-100 versión 1.09.01
Figura 61: Estableciendo comunicación con programa
Figura 62: Ingreso de contraseña de Fábrica "decs"79
Figura 63: Escoger puerto comm de comunicación
Figura 64: Escoger puerto comm de comunicación
Figura 65: Administrador de dispositivos puerto escogido en el
ejemplo "comm 10"
Figura 66: Comunicación establecida entre DECS y programa
Figura 67: Teclas Send-to-DECS, Get from DECS y EEPROM
Figura 68: Ajuste de Sensado de Voltaje
Figura 69: Ajuste de Sensado de Modo Limitador (OEL - UEL)
Figura 70: Ajuste de Frecuencia
Figura 71: Ajuste de Sensado de Modo Limitador (OEL - UEL)
Figura 72: Punto de Ajuste del Voltaje de sensado del regulador
Figura 73: Punto de Ajuste del Voltaje de sensado del regulador
Figura 74: Números de versión de Software
Figura 75: Números de estilo de Regulador
Figura 76: Números de estilo de Regulador90
Figura 77: Números de estilo de Regulador90
Figura 78: Números de estilo de Regulador91

Figura 79: Pantalla Puntos de ajuste	91
Figura 80: Punto de Ajuste de Voltaje Terminal automático	
Figura 81: Punto de Ajuste de Voltaje Terminal automático	
Figura 82: Punto de Ajuste de Caída (Droop)	
Figura 83: Punto de Ajuste de regulación de corriente de campo	
Figura 84: Punto de ajuste de control de potencia reactiva	
Figura 85: Punto de ajuste de control de factor de potencia.	
Figura 86: Punto de ajuste de puesta en marcha y tiempo calibrado	
de arranque suave de generación	
Figura 87: Punto de ajuste Baja frecuencia, rodilla de frecuencia	
Figura 88: Punto de ajuste rodilla de frecuencia y pendiente voltios hertz	
Figura 89: Punto de ajuste de coincidencia de Voltaje (V. Matching)	
Figura 90: Punto de desactivación de coincidencia de Voltaje	
(V. Matching) por contactos 52J/K-52L/M.	
Figura 91: Modo de operación de coincidencia de Tensión.	
Figura 92: Modo de operación de coincidencia de Tensión.	
Figura 93: Tabla de rangos ajustables de estabilidad establecidos	
por el fabricante	
Figura 94: Control de Ganancia para VAR/PF.	100
Figura 95: Control de ganancia para el límite de sobre y baja excitación	101
Figura 96: Pantalla de análisis de parámetros de generación	102
Figura 97: Pantalla de protecciones del generador.	103
Figura 98: Pantalla limitantes de sobre y baja Excitación	104
Figura 99: Pantalla limitantes de sobre y baja Excitación.	105
Figura 100: Pantalla de estado de alarmas, estado de control de	
entradas de interruptores	105
Figura 101: Diseño de Tablero principal de Banco de Pruebas	107
Figura 102: Diseño de mesa en autocad con sus medidas.	109
Figura 103: Diseño de mesa en autocad con sus medidas.	110
Figura 104: Tablero para banco de pruebas de la máquina sincrónica.	
No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones	111
Figura 105: Impresión de lona a escala 1:1 a color para ser usado	
como plantilla en la marcación de elementos en la plancha	
de tablero para banco de pruebas	111
Figura 106: Montaje de lona como plantilla para realizar perforaciones	112

Figura 107: Colocación de los componentes para verificar
dimensiones antes de proceder con la marcación
Figura 108: Perforaciones realizadas en tablero para banco de pruebas 113
Figura 109: Trabajos de pintura realizados en tablero para banco de pruebas 113
Figura 110: Impresión de vinil definitivo a escala para banco de pruebas 114
Figura 111: Proceso de pegado de vinil en banco de pruebas
Figura 112: Parte frontal del tablero de banco de pruebas115
Figura 113: Montaje de componentes y cableado de banco de pruebas 115
Figura 114: Montaje de componentes y cableado de banco de pruebas 116
Figura 115: Pruebas de alimentación de componentes y programación
de equipos
Figura 116: Conexión y pruebas de funcionamiento en laboratorios
de la universidad117
Figura 117: Sistema digital de control de excitación Basler DECS-100 118
Figura 118: Terminal Jack para panel (Cal Test)118
Figura 119: Medidor de energía DM 6200 119
Figura 120: Parte frontal de medidor de energía DM 6200 119
Figura 121: Parte posterior de medidor de energía DM 6200120
Figura 122: Voltímetro digital MV15120
Figura 123: Amperímetro digital MA12121
Figura 124: Base Porta Fusible
Figura 125: Cinta Espiral para cable122
Figura 126: Base Adhesiva para amarras plásticas122
Figura 127: Prensa Estopas
Figura 128: Banco de Pruebas Para Regulación de Voltaje Terminal
de Generadores Síncronos Trifásicos126
Figura 129: Banco de Pruebas Para Regulación de Voltaje Terminal
de Generadores Síncronos Trifásicos127
Figura 130: Banco de Pruebas Para Regulación de Voltaje Terminal
de Generadores Síncronos Trifásicos193
Figura 131: Banco de Pruebas Capacitivo, Inductivo y resistivo del
laboratorio usado para prácticas194
Figura 132: Banco de Pruebas Capacitivo, Inductivo y Resistivo
del laboratorio usado para prácticas194
Figura 133: Diagrama de modelado trifásico de maquina Hampden

SM-300 en conexión delta con carga Resistiva
Figura 134: Diagrama de modelado trifásico de maquina Hampden
SM-300 en conexión estrella con carga Resistiva195
Figura 135: Banco de pruebas de carga Resistiva de 4Kw, al 50%
de carga
Figura 136: Medición de voltajes y ángulos de fase realizada con
carga resistiva al 50%, maquina SM-300 en conexión delta 196
Figura 137: Medición de corrientes y ángulos de fases realizadas con
carga resistiva al 50%, maquina SM-300 en conexión delta 197
Figura 138: Medición de potencias realizadas con carga resistiva al
50%, maquina SM-300 en conexión delta
Figura 139: Banco de pruebas de carga Resistiva de 4Kw, al 100% de carga 198
Figura 140: Medición de voltajes y ángulos de fase realizada con
carga resistiva al 100%, maquina SM-300 en conexión delta 198
Figura 141: Medición de corrientes y ángulos de fase realizada
con resistiva al 100%, maquina SM-300 en conexión delta
Figura 142: Medición de potencias con carga resistiva al 100%, maquina199
Figura 143: Diagrama de modelado trifásico de maquina Hampden
SM-300 en conexión delta con carga Inductiva
Figura 144: Diagrama de modelado trifásico de maquina Hampden
SM-300 en conexión estrella con carga Inductiva
Figura 145: Diagrama de modelado trifásico de maquina Hampden
SM-300 en conexión delta con carga Capacitiva
Figura 146: Diagrama de modelado trifásico de maquina Hampden
SM-300 en conexión estrella con carga Capacitiva

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2: (Área de una espira).12Ecuación 3: (Densidad de flujo).13Ecuación 4. (Frecuencia del voltaje generado).13Ecuación 5: (Relación del voltaje trifásico).16Ecuación 6: (Potencia activa trifásica).19Ecuación 7: (Potencia reactiva trifásica).19Ecuación 8: (Corriente de armadura).20Ecuación 9: (Impedancia).22Ecuación 10: (Reactancia sincrónica).22	Ecuación 1: (Tensión Inducida)	9
Ecuación 3: (Densidad de flujo).13Ecuación 4. (Frecuencia del voltaje generado).13Ecuación 5: (Relación del voltaje trifásico).16Ecuación 6: (Potencia activa trifásica).19Ecuación 7: (Potencia reactiva trifásica).19Ecuación 8: (Corriente de armadura).20Ecuación 9: (Impedancia).22Ecuación 10: (Reactancia sincrónica).22	Ecuación 2: (Área de una espira).	12
Ecuación 4. (Frecuencia del voltaje generado).13Ecuación 5: (Relación del voltaje trifásico).16Ecuación 6: (Potencia activa trifásica).19Ecuación 7: (Potencia reactiva trifásica).19Ecuación 8: (Corriente de armadura).20Ecuación 9: (Impedancia).22Ecuación 10: (Reactancia sincrónica).22	Ecuación 3: (Densidad de flujo)	13
Ecuación 5: (Relación del voltaje trifásico).16Ecuación 6: (Potencia activa trifásica).19Ecuación 7: (Potencia reactiva trifásica).19Ecuación 8: (Corriente de armadura).20Ecuación 9: (Impedancia).22Ecuación 10: (Reactancia sincrónica).22	Ecuación 4. (Frecuencia del voltaje generado).	13
Ecuación 6: (Potencia activa trifásica).19Ecuación 7: (Potencia reactiva trifásica).19Ecuación 8: (Corriente de armadura).20Ecuación 9: (Impedancia).22Ecuación 10: (Reactancia sincrónica).22	Ecuación 5: (Relación del voltaje trifásico).	16
Ecuación 7: (Potencia reactiva trifásica).19Ecuación 8: (Corriente de armadura).20Ecuación 9: (Impedancia).22Ecuación 10: (Reactancia sincrónica).22	Ecuación 6: (Potencia activa trifásica)	19
Ecuación 8: (Corriente de armadura)	Ecuación 7: (Potencia reactiva trifásica)	19
Ecuación 9: (Impedancia)	Ecuación 8: (Corriente de armadura).	20
Ecuación 10: (Reactancia sincrónica)	Ecuación 9: (Impedancia).	22
	Ecuación 10: (Reactancia sincrónica).	22

RESUMEN

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA REGULACIÓN DIGITAL DE VOLTAJE TERMINAL EN GENERADORES SÍNCRONOS TRIFÁSICOS"

AUTORES: Jorge Morejón Noboa; Nelson Pérez Quintuña.

Docente Tutor: Ing. Otto Astudillo MAE.

Se llevó a cabo el diseño e implementación de un banco de pruebas didáctico para el estudio de las máquinas síncronas enfocado en las maquinas Hampden SM - 300 para el laboratorio. Entre los componentes más importantes del módulo se destacan la inclusión de un Sistema Digital de Control de Excitación por sus siglas "DECS" marca Basler modelo DECS-100, con el cual se puede realizar el control de los voltajes y corrientes al sistema de excitación y por ello el control del voltaje terminal de salida del generador.

El banco de pruebas acopla un computador con el programa Bestcoms de Basler para el control y monitoreo de los parámetros eléctricos de generación y con ello lograr un estudio más profundo del comportamiento de las maquinas síncronas del laboratorio de maquinarias eléctricas de la Universidad Politécnica Salesiana.

ABSTRACT

"DESIGN AND CONSTRUCTION OF A TEST BENCH FOR CONTROL DIGITAL TERMINAL VOLTAGE PHASE SYNCHRONOUS GENERATORS"

AUTHORS: Jorge Morejón Noboa; Nelson Pérez Quintuña.

TEACHER TUTOR: Ing. Otto Astudillo MAE.

He carried out the design and implementation of a testing bench be of didactic tests for the study of synchronous machines machines focused on Hampden SM - 300 for the laboratory. Among the most important highlights module components including a Digital Excitation Control System for its acronym "DECS" brand Basler DECS-100 model, with which can perform control voltages and currents to the excitation system and thereby controlling the output voltage terminal of the generator. The test bench coupled with a computer Basler Bestcoms program for the control and monitoring of the electrical parameters of generation and to achieve a deeper understanding of the behavior of synchronous electrical machines laboratory machinery of the Salesian University study.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. El problema.

Actualmente la universidad politécnica salesiana no cuenta con un banco de pruebas digital para los equipos de generación del laboratorio de motores y generadores, en el cual se dicta la materia de Máquinas Eléctricas II con el fin de poder desarrollar nuevas prácticas con modernas tecnologías del control de los equipos de generación de energía eléctrica utilizando las maquinas síncronas Hampden SM-300 propiedad de la universidad.

1.2. Delimitación del problema.

En vista del acelerado desarrollo de los sistemas eléctricos de potencia los alumnos egresados de La Universidad Politécnica Salesiana en nuestro afán por colaborar con la educación vemos la necesidad de plantear proyectos que ayuden al desarrollo y enseñanza de las nuevas generaciones de ingenieros con proyectos que despierten mayor interés en temas de investigación y que refuercen los conocimientos adquiridos con el desarrollo de prácticas esenciales de la carrera de ingeniería eléctrica, por lo cual vimos la necesidad de implementar un módulo entrenador para el laboratorio de generadores de la universidad y con ello experimentar con nuevas y modernas tecnologías en el campo de la generación eléctrica de los sistemas de potencia, con este banco de trabajo se desarrollaran nuevas prácticas del control de los sistemas de generación eléctrica de potencia.

1.2.1. Delimitación especial.

Nuestro Banco de Pruebas de Equipos de Generación será implementado en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil calle 37 SE entre las calles Domingo Comín y General Francisco Robles en el bloque "B" tercer piso donde se encuentra ubicado el laboratorio de motores y generadores.



Figura 1: Ubicación Universidad Politécnica Salesiana Pabellón "B"

Fuente: Google Earth

Figura 2: Pabellón "B"



Fuente: Google Earth

1.2.2. Delimitación temporal.

El tiempo estimado para llevar a cabo el proyecto de implementación del banco de pruebas corre a partir de nuestra matricula de tesis efectuada a finales del mes de Septiembre del año 2014 una vez llevada la estructura del banco de pruebas a los laboratorios de la universidad iniciamos el armado y montaje de componentes, luego

las pruebas y el desglose de prácticas correspondientes a la operación del banco para lo cual se estimó un tiempo de 6 meses.

1.3. Objetivos.

1.3.1. General.

Diseñar y construir un banco de pruebas didáctico para el control y estudio de la regulación del voltaje terminal de los generadores síncronos del laboratorio en distintos escenarios de carga, con lo cual se podrá desarrollar prácticas dinámicas de estudio del comportamiento del generador controlado de manera digital.

1.3.2. Específico.

Utilizar en los laboratorios de maquinaria eléctrica un banco de pruebas como herramienta para el estudio profundo del comportamiento de los generadores síncronos.

Desarrollar mayor interés en los estudiantes en el uso de nuevas tecnologías de control de generadores.

Fortalecer los conocimientos teóricos adquiridos en la carrera de ingeniería eléctrica con el desarrollo de prácticas alineadas al contenido de la materia.

Entregar a la Universidad Politécnica Salesiana un proyecto que sea de mucho provecho para reforzar los conocimientos adquiridos a los actuales cursantes de la carrera de ingeniería eléctrica.

1.3.3. Justificación.

Con el fin de reforzar los conocimientos adquiridos en la universidad e implementar componentes modernos de control para el estudio del comportamiento de generadores síncronos trifásicos vemos la necesidad de la construcción de un banco de pruebas de control digital didáctico en el que se pueda experimentar de manera práctica con nuevas tecnologías los comportamientos de los generadores síncronos del laboratorio de maquinaria eléctrica, cabe recalcar que la universidad actualmente no cuenta con un banco de prueba y control digital de los equipos de generación, es por ello que se ve la urgencia de la implementación del mismo en los laboratorios de máquinas eléctricas.

1.3.4. Metodología.

Podemos decir que la metodología utilizada en el presente trabajo es analítica ya que desglosamos a la máquina síncrona en sus partes para su estudio por separado y luego analizamos las relaciones que las unen consiguiendo con esta estrategia una deducción de todos los parámetros que influyen en el comportamiento de la misma, luego de obtener el conocimiento de su comportamiento al llevar a cabo las prácticas de la máquina síncrona aplicamos los conocimientos técnicos teóricos y prácticos aprendidos a lo largo de nuestra vida universitaria para con ello demostrar con hechos y pruebas físicas que lo que se dice en la teoría se cumple en la práctica.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA MÁQUINA SÍNCRONA

2.1. Definición

Decimos que las maquinas eléctricas de corriente alterna síncronas son máquinas eléctricas rotativas en las cuales la velocidad de rotación del eje y la frecuencia eléctrica dependen una de la otra, por ello se dice que dicha máquina puede trabajar tanto como generador o como motor, es decir al trabajar como motor la velocidad de rotación de su eje dependerá de la frecuencia de la fuente de alimentación de corriente alterna y al trabajar como generador la frecuencia entregada en sus terminales de salida dependerá de la velocidad de su eje dada por otra máquina o fuente de energía mecánica primaria, es decir como generador son utilizadas para convertir potencia eléctrica en potencia mecánica, este capítulo explica el funcionamiento de las máquina síncronas trabajando como generador.



Figura 3: Máquina Hampden SM-300

Fuente: http://www.hampden.com



Figura 4: Placa de Identificación Máquina Hampden SM-300

Fuente: Laboratorio de Máquinas UPS

"La máquina sincrónica que opera como generador de C.A. impulsada por una turbina para convertir la energía mecánica en eléctrica es la principal fuente de generación de potencia eléctrica del mundo" (Análisis de Sistemas de Potencia, John J. Grainger, 1996. pàg.81).

2.2. Partes de un generador Síncrono

Entre sus partes principales tenemos el estator y el rotor.

El estator, es la parte estática de la máquina síncrona está compuesto por una carcasa y un núcleo de láminas de material ferromagnético en el cual se alojan los devanados de alambre que conforman las bobinas los cuales están distribuidos de manera trifásica para el caso de estudio de nuestra máquina, a estos devanados los vamos a denominar devanados inducidos.



Figura 5: Estator de máquina Síncrona

Fuente: http://serviciotecnico

El rotor, es la parte rotativa de la máquina síncrona, se dice que por su tipo de construcción puede ser de polos salientes lo cual quiere decir proyectados hacia afuera y de polos no salientes los cuales tienen sus polos magnéticos construidos a la superficie del rotor, sobre los devanados del rotor se aplica una corriente dc y debido a que estos producen el campo magnético sobre las bobinas del estator son llamados devanados de campo, para poder alimentar con voltaje dc las bobinas del devanado de campo se utilizan rotores con anillos rozantes y escobillas o también se crean acoplamientos al mismo eje del rotor con devanados de armadura inducidos por una fuente dc de campo acoplada a la carcasa del estator y puentes rectificadores acoplados al mismo eje del rotor con una corriente dc para generar la densidad de campo magnético correspondiente.



Figura 6: Máquina Síncrona; Rotor de polos no salientes y estator

Fuente: http://www.endesaeduca.com



Figura 7: Máquina Síncrona con Rotor de polos salientes y estator

Fuente: http://jaibana.udea.edu

2.3. Principio de funcionamiento de generador Síncrono

Se dice que la relación entre electricidad, magnetismo y movimiento es tan dependiente entre ellas que dos de ellas producen la tercera, partiendo desde este punto de vista nos acogemos a Ley Michael de Faraday.

Para la explicación de la misma suponemos un conductor formando una espira de alambre cerrando un circuito en una región expuesta a campos magnéticos, al dar movimiento a la espira esta atraviesa la densidad de campo en la que se encuentra cortando las líneas de flujo magnético con ello obtendremos un voltaje inducido conocido como (fem) el cual es directamente proporcional a la rapidez del cambio en el tiempo del flujo magnético.

Figura 8: Representación gráfica elemental de la Máquina Síncrona para su estudio.



Fuente: Los Autores

Para el estudio de la máquina síncrona trabajando como generador partiremos con la explicación de una espira de alambre que gira dentro de un campo magnético uniforme, el movimiento relativo dado a la espira inducirá un voltaje en los terminales de la misma.





Fuente: Los Autores Figura 10: Vista en corte frontal.



Fuente: Los Autores

El voltaje inducido total (*e*total) será igual a la sumatoria de los voltajes resultantes en cada segmento los mismos que están dados por la ecuación.

(Chapman, 2005, pág. 231)

$$eind = (v x B). l$$

Ecuación 1: (Tensión Inducida)

Dónde:

"v" es la velocidad de rotación de la espira (m/s).

"*B*" es la densidad de flujo magnético (Tesla).

"l" es la longitud a lo largo de la espira (m).

"r" radio de la espira (m).

En los segmentos ab y cd la velocidad de la espira es tangencial a la trayectoria de su rotación, en nuestra representación el campo magnético "B" apunta de derecha a izquierda viajando del polo magnético norte al sur debido a que los segmentos ab y cd son los que cortan las líneas de campo magnético, el producto cruz de la velocidad de la espira "v" y la densidad de campo magnético "B" por la longitud de la espira "l" nos da como resultado.

(Chapman, 2005, pàg. 232) (....)

 $eind(a-b) = (v \times B).1$

eind(a-b) = v B l sen Θ (a-b) Hacia la Pagina

 $eind(c-d) = (v \times B). 1$

eind(c-d) = v B l sen Θ (c-d) Hacia afuera de la pagina

En los segmentos (b-c) y (d-a) el producto (v x B) es perpendicular a "l" de tal manera que la eind en ambos casos será igual a cero.

eind = (b-c) y (d-a) = 0

Una vez deducido esto tenemos que el voltaje total inducido en la espira será la suma de los voltajes en cada uno de sus segmentos de espira de donde:

eind total = eind (a-b) + eind (b-c) + eind (c-d) + eind (d-a)

Nótese que Θ (a-b) = 180° - Θ (c-d), recuérdese la identidad trigonométrica SEN Θ = SEN (180° - Θ). Por lo tanto, el voltaje inducido es:

eind total= $2vBl \text{ sen } \Theta$

Nota (1): Stephen J. Chapman, 2005, pàg. 232

Posiciones de la	eind segmento (a-b)	eind segmento (c-d)	eind total
espira en	Considerando v.B sen	Considerando v.B sen	Σ eind(a-b)+
grados	θ	θ	eind(c-d)
$\Theta = \omega t$	$1 \operatorname{Cos} 0^{\circ} = 1$	$1 \operatorname{Cos} 0^{\circ} = 1$	
0°	v.Bl	v.Bl	2 v.Bl
30°	0,866v.Bl	0,866v.Bl	1,732 v.Bl
60°	0,5v.Bl	0,5v.Bl	v.Bl
90°	0	0	0
120°	-0.5v.Bl	-0.5v.Bl	-v.Bl
150°	-0.866v.Bl	-0.866v.Bl	-1,732 v.Bl
180°	-v.Bl	-v.Bl	-2 v.Bl
210°	-0.866v.Bl	-0.866v.Bl	-1,732 v.Bl
240°	-0.5v.Bl	-0.5v.Bl	-v.Bl
270°	0	0	0
300°	0,5v.Bl	0,5v.Bl	v.Bl
330°	0,866v.Bl	0,866v.Bl	1,732 v.Bl
360°	v.Bl	v.Bl	2 v.Bl

Tabla 1: Valores *e*ind total para posiciones de la espira cada 30° en una vuelta.

Fuente: Los Autores

Figura 11: Gráfica de forma de onda sinusoidal.



Fuente: Los Autores

Si se hace girar a la espira con una velocidad angular constante " ω ", el ángulo Θ de la espira crecerá linealmente con el tiempo.

 $\Theta = \omega.t$

Tenemos que la velocidad tangencial de la espira es:

 $v = r \omega$

Sustituyendo "v" y "O" de la fórmula:

eind total= 2vBl sen θ

Tenemos:

eind total = $2 r \omega B l sen \omega.t$

Ahora sustituyendo que el área de la espira es dos veces su radio por la longitud de la misma tenemos:

A = 2 r l

Ecuación 2: (Área de una espira).

Por lo tanto si el flujo máximo se observa cuando la espira esta perpendicular a la densidad de flujo tenemos:

Ecuación 3: (Densidad de flujo).

Sustituyendo tenemos la ecuación:

eind total = Φ max ω sen ω .t

Con estos resultados decimos que la generación de voltaje de una maquina síncrona depende de:

a.- La velocidad de rotación de su eje.

b.- El flujo magnético de la máquina.

c.- El devanado de la máquina compuesto de espiras de alambre con sus respectivas constantes constructivas y consideración de pérdidas.

2.4. Velocidad de rotación de un generador síncrono

De lo visto en las explicaciones anteriores podemos decir que la máquina de dos polos genera por cada revolución del rotor un ciclo de voltaje y que en la máquina de cuatro polos se generan por cada revolución dos ciclos en cada bobina del estator, en los generadores síncronos la frecuencia se produce, entrelaza o sincroniza con la tasa de rotación mecánica del generador, (2) "como el número de ciclos por revolución es igual al número de pares de polos la frecuencia del voltaje generado es"

$$\begin{array}{cccc}
P & N & P \\
f = ----- & fm & Hz \\
2 & 60 & 2
\end{array}$$

Ecuación 4. (Frecuencia del voltaje generado).

Dónde:

f = frecuencia eléctrica en (Hz).

P = número de polos

N = Velocidad del rotor en revoluciones por minuto (rpm).

fm = N/60, frecuencia mecánica en revoluciones por segundo (rps).

Nota (2): John J. Grainger. William D. Stevenson Jr, påg. 84-85.

2.5. Circuito equivalente monofásico de un generador síncrono

Se dice que el voltaje interno creado por un generador síncrono se lo denomina como **Ea**, pero que este voltaje no es el que tenemos a la salida de los terminales de nuestro generador al cual denominaremos **Vt**.




Fuente: Los Autores

Dónde:

Vf = Voltaje de alimentación al devanado de campo DC (v)..

If = Corriente al devanado de campo (A).

Rf = Resistencia del devanado de campo (Ω).

Lf = Inductancia del devanado de campo (H).

Ea = Tensión de Armadura (v).

Ra = Resistencia de armadura (Ω).

Xs = Reactancia síncrona de la máquina (H).

Ia = Corriente de Armadura (A):.

VØ = Voltaje de Fase (v).

La autoinductancia de la máquina y los efectos de la reacción de inducida se los representa por medio de reactancias las cuales se acostumbra a combinarlas en una sola reactancia a la que llamaremos reactancia síncrona de la máquina representada por "Xs".

Si por el circuito mostrado en la figura #12 circula una corriente **Ia**, por la Ley de Kirchhoff la formula a la que responde este circuito es:

2.6. Circuito equivalente trifásico de un generador síncrono.

A partir de la deducción anterior podemos dibujar el circuito equivalente completo de un generador trifásico, en el cual representamos una fuente de potencia de corriente directa que alimenta a nuestro devanado de campo del rotor, en nuestro circuito de devanado de campo representamos una resistencia (Rf) y una inductancia (Lf) en serie los cuales recibirán la señal de voltaje y corriente directa controlada para nuestro sistema de generación.

La otra parte de nuestro circuito equivalente está representado por los tres modelos de cada fase en los cuales los voltajes y corrientes de las tres fases están separados en su disposición en el estator de la máquina por 120 grados pero en su número de espiras, calibre de conductor, paso de bobinas y demás son idénticos.

Podemos decir que para cada fase tenemos un voltaje interno generado con una inductancia que es la suma de la autoinductancia de la bobina y la reactancia del inducido conocida como "Xs" en serie con la resistencia de armadura "Ra".



Figura 13: Circuito equivalente trifásico de un generador síncrono

Fuente: Los Autores

2.7. Conexiones básicas de un generador síncrono trifásico.

Las fases de salida de nuestro un generador se pueden conectar en Estrella "Y" o en Delta " Δ ", para lo cual tenemos distintas relaciones de salida de nuestro nivel de

voltaje terminal tal es el caso que si los conectamos en "Y" el nivel de voltaje terminal está relacionado con el voltaje de cada fase por:

 $Vt = \sqrt{3} V \emptyset$

Ecuación 5: (Relación del voltaje trifásico).

Figura 14: Circuito equivalente trifásico de un generador síncrono conectado en



Fuente: Los Autores

Figura 15: Circuito equivalente trifásico de un generador síncrono conectado en



Fuente: Los Autores

De este tipo de conexión podemos decir que el voltaje terminal es igual al voltaje de cada fase.

$$Vt = V\emptyset$$

2.8. Diagrama fasorial de un generador síncrono.

Los voltajes generados por un generador síncrono se pueden expresar como fasores y debido a que los fasores tienen magnitud y ángulo la relación entre ellos se puede expresar gráficamente en los llamados diagramas fasoriales.

En el siguiente grafico vemos el diagrama fasorial de un generador que alimenta una carga con factor de potencia unitario (carga resistiva pura), la representación vectorial de la tensión de armadura "Ea" es diferente del voltaje de fase "VØ" debido a las caídas de voltaje resistivo e inductivo, las corrientes y voltajes se referencian a "VØ" y asumimos arbitrariamente para la primera fase un ángulo de cero grados.

Figura 16: Diagrama fasorial de un generador síncrono conectado a una carga resistiva pura.



Fuente: Los Autores

De la misma manera podemos graficar fasorialmente generadores que operan con factor de potencia en adelanto o en atraso, podemos notar que necesitamos un voltaje interno generado "Ea" menor para las cargas en adelanto que para las cargas en atraso.

Figura 17: Diagrama fasorial de un generador síncrono conectado a una carga con factor de potencia en atraso.



Fuente: Los Autores.

Figura 18: Diagrama fasorial de un generador síncrono conectado a una carga con factor de potencia en adelanto.



Fuente: Los Autores.

2.9. Potencia de los generadores síncronos.

Básicamente un generador síncrono debe tener la capacidad de mantener fija su velocidad de rotación sin importar la demanda de potencia que se requiera absorber lógicamente sin sobrepasar la capacidad máxima de potencia que este pueda entregar, normalmente los generadores síncronos vienen acoplados a un motor primario que puede ser una turbina hidráulica, de vapor, etc., o a un motor diesel o similar, la potencia mecánica que estos motores primarios pueden proveer se convierte en potencia eléctrica que sale de la máquina.

A esta potencia de entrada en la máquina debemos restar las distintas perdidas hasta llegar a la obtención de la potencia eléctrica real que podemos extraer y consumir de nuestro generador.



Figura 19: Diagrama de flujo de potencia en un generador síncrono.

Fuente: Los Autores

 $P \text{ entrada} = \tau \text{ aplicado } * \omega m$ $P \text{ convertida} = \tau \text{ inducido } * \omega m$ $P \text{ convertida} = 3 \text{ Ea. Ia } \cos \gamma$

Donde γ es el ángulo entre Ea y Ia. La diferencia entre la potencia que entra al generador y la potencia convertida en el generador representa las perdidas mecánicas, del núcleo y misceláneas de la máquina.

Nota (3): Stephen J. Chapman, 2005, pàg. 281.

Podemos expresar la potencia real eléctrica de salida de línea a línea como:

$$Psalida = \sqrt{3}Vt.Il \cos\theta$$

Ecuación 6: (Potencia activa trifásica).

Podemos expresar la potencia reactiva de salida de línea a línea como:

$$Q$$
salida = $\sqrt{3}Vt.Il \, \text{sen} \, \theta$

Ecuación 7: (Potencia reactiva trifásica).

2.10. Obtención de los parámetros modelo de los generadores síncronos.

Para efectos de estudio y descripción del comportamiento de una máquina síncrona real operando como generador del circuito equivalente de la máquina se realizan las siguientes pruebas para determinar:

El nivel de resistencia del inducido.

La relación entre el flujo y la corriente suministrada al campo con ello lógicamente los valores de Tensión de armadura, voltaje por fase y terminal.

La Reactancia síncrona.

2.11. Prueba de cortocircuito.

Para ello realizamos de manera provisional un corto circuito en los terminales de salida de fase de nuestro generador, a estos terminales debemos colocar un amperímetro en la escala correcta según la capacidad de nuestro equipo para poder realizar la medición de la corriente de armadura "*Ia*" partiendo desde cero en la alimentación de nuestra corriente de campo "*If*" incrementamos poco a poco la corriente de campo y tomamos los valores para plasmarlos en una gráfica de corriente de campo versus corriente de armadura.

Al tener los terminales de salida en corto circuito la relación de la corriente de armadura según la Ley de Kirchhoff esta dad por:

$$Ea = Ia(Ra + jXs)$$
$$Ia = \frac{Ea}{Ra + jXs}$$

Ecuación 8: (Corriente de armadura).

Figura 20: Circuito Equivalente de una fase en prueba de cortocircuito en generador síncrono.



Fuente: Los Autores

Figura 21: Curva característica de la prueba de cortocircuito de generador



Fuente: Los Autores

2.12. Prueba de circuito abierto.

Para esta prueba deben estar completamente desconectados los terminales de salida de cualquier componente o carga y establecemos una corriente de campo a cero, únicamente mantenemos conectado un voltímetro a los terminales de salida de nuestro generador al tener los terminales de salida abiertos la corriente de armadura "Ia" será igual a cero por lo cual la tensión de armadura "Ea" y el voltaje de fase "VØ" serán iguales, aumentamos gradualmente la corriente de campo de nuestro generador y medimos el voltaje en cada etapa a la salida del mismo, en principio tendremos como resultado una curva casi lineal hasta que con corrientes de campo más altas tenemos cierto nivel de saturación.

Figura 22: Circuito Equivalente de una fase en prueba de circuito abierto en generador síncrono.



Fuente: Los Autores.



Figura 23: Curva característica de la prueba de circuito abierto de generador

Fuente: Los Autores

Una vez determinados los parámetros para las características de circuito abierto y cortocircuito vemos que de la prueba de cortocircuito el voltaje de fase es igual a cero entonces la impedancia interna de la máquina está dada por:

$$Zs = \sqrt{Ra^2 + Xs^2} = \frac{Ea}{Ia}$$

Ecuación 9: (Impedancia).

Debido a que Xs es mucho mayor que Ra esta ecuación se reduce a:

$$Xs \approx \frac{Ea}{Ia} = \frac{V\emptyset, oc}{Ia}$$

Ecuación 10: (Reactancia sincrónica).

Método aproximado para determinar la reactancia síncrona para una corriente de campo dada. Nota (4): Stephen J. Chapman, 2005, pàg. 285.

a.- Obtener el voltaje interno generado "Ea" de la prueba de circuito abierto para esa corriente de campo.

b.- Obtener el flujo de corriente en cortocircuito "Ia", para esa corriente de campo de la prueba de cortocircuito.

c.- Encontrar Xs por medio de la ecuación:

$$Xs \approx \frac{Ea}{Ia} = \frac{V\emptyset,oc}{Ia}$$

2.13. Prueba de tensión continúa.

Esta prueba consiste en aplicar una tensión DC a dos de los devanados del estator conectados en estrella y realizar las mediciones de corriente que circula por los devanados por lo tanto la resistencia estar dad por:

$$2Ra = \frac{Vdc}{Idc}$$
 De donde: $Ra = \frac{Vdc}{2Idc}$

Figura 24: Diagrama equivalente de la máquina síncrona con conexión para



Fuente: Los Autores

2.14. Curvas de capacidad en los generadores síncronos.

El estudio del comportamiento de la operación de un generador síncrono con carga se lo puede expresar gráficamente por medio del diagrama de capacidad de un generador, debemos tener en cuenta las variaciones que se dan dependiendo del factor de potencia de la carga y además si el mismo no se encuentra sincronizado con otras unidades en paralelo, para este caso se realizara el estudio del generador como unidad sola entregando energía a distintos tipos de carga en los que se delimitara los límites de operación del estator, rotor.

Para explicar cómo se obtienen las curvas de capacidad nos acogemos al diagrama fasorial de un generador síncrono operando con un factor de potencia en retraso con una tensión nominal.

Figura 25: Diagrama fasorial del generador síncrono.



Fuente: (Chapman, 2005, pág. 329)

Se puede apreciar según el diagrama el origen en la punta VØ, la longitud del segmento vertical AB cuya longitud es Xs*Ia $\cos\theta$ y el segmento horizontal OA tiene una longitud Xs*Ia $\sin\theta$.





Fuente: (Chapman, 2005, pág. 329)

Podemos ver que la potencia real de salida del generador es:

 $P = 3 V \emptyset Ia \cos\theta$

Su potencia reactiva está dada por la ecuación:

$$Q = 3 V \emptyset Ia sen \theta$$

Su potencia aparente es:

$$S = 3 V \emptyset I a$$

El origen de los ejes de voltaje en el diagrama fasorial se encuentra en -VØ en el eje horizontal de donde el origen en el diagrama de potencia se encuentra en:

$$Q = \frac{3V\phi}{Xs}(-V\phi)$$
$$Q = -\frac{3V^2\phi}{Xs}$$

Como la corriente es proporcional al flujo de la máquina y este es proporcional a $Ea=k\emptyset\omega$ se establece la longitud correspondiente a Ea en el diagrama de potencia:

$$DE = -\frac{3EaV\phi}{Xs}$$

Con estos datos se puede implementar la curva de capacidad que es una gráfica de Potencia Activa vs Potencia reactiva en la cual el límite de armadura viene dado con centro en el origen y cuyo radio es la potencia aparente "S", y el límite de campo del rotor es una circunferencia con centro en $Q = -3EV^2 \emptyset / Xs$.





Fuente: Los autores

CAPÍTULO III

SISTEMAS DE EXCITACIÓN DE LA MAQUINA SINCRONA

3.1. Definición

Se conoce a los sistemas de excitación como la fuente que suministra la corriente de campo principal de un generador síncrono, en vista del acelerado crecimiento de los sistemas eléctricos de potencia se observan sistemas de control cada vez más eficaces en el control de generadores ante perturbaciones en las redes de transmisión o distribución de energía eléctrica si bien es cierto la electrónica de potencia a jugado un papel muy importante en el control de las unidades generadoras por medio del control automático de la corriente de campo de las excitatrices de los generadores síncronos consiguiendo con ello una mayor eficiencia al mantener el voltaje terminal de salida constante en el generador en los valores especificados o programados.

3.2. Funciones de un sistema de control de excitación.

Entre las funciones de un sistema de excitación podemos destacar el control del voltaje terminal para mantener la estabilidad de los sistemas de potencia ante perturbaciones típicas de las variaciones de carga de los mismos, adicionalmente los nuevos sistemas de control de excitación son capaces de acoplarse con elementos de supervisión , protección y control para con ello tener un desempeño satisfactorio de los sistemas de potencia asegurando que los generadores síncronos no sobrepasen sus límites de capacidad, en la actualidad se ha visto una gran demanda de reguladores automáticos de voltaje "AVR" corrigiendo entre otras cosas la tensión de salida en los terminales del generador ante los repentinos cambios de carga y transitorios en la tensión, frecuencia y potencia de los sistemas.

3.3. Partes de un sistema de excitación.

Entre las partes generales encontradas en un sistema de excitación tenemos: "P. Kundur, Power System Stability and Control, California: McGraw-Hill, 1994" (.....)

1.- Excitador: El cual es el elemento que provee la potencia en corriente directa para el devanado de campo del generador sincrónico.

2. Regulador automático de tensión: El mismo que procesa y amplifica las señales de control tomando como referencia la señal de censado de los terminales de voltaje de salida del generador para compararla con el voltaje calibrado y realizar la compensación, los reguladores de tensión terminal modernos realizan esta función mediante un controlador proporcional, integral y derivativo "PID".



Figura 28: Diagrama de bloques de un sistema de excitación.

Fuente: "P. Kundur, Power System Stability and Control, California: McGraw-Hill, 1994"

3.- Transductor de tensión terminal: Realiza la medición del voltaje a la salida de los terminales del generador, procesa la señal a valores de DC la compara con los valores seteados ayudando a mantener los valores de voltaje de salida deseados.

4. Estabilizador del sistema de potencia: Cuenta con entradas adicionales de detección de potencia para amortiguar fluctuaciones en el sistema de potencia y evitar oscilaciones.

5. Limitadores y protección de circuitos: Se asegura que el equipo de generación no supere sus capacidades de operación mediante dispositivos de control y protección.

3.4. Tipos de sistema de excitación.

Entre los tipos más comunes de sistemas de excitación en base a la fuente de potencia de excitación utilizada tenemos:

- Sistema de excitación rotativo de corriente continua
- Sistema de excitación rotativo de corriente alterna
- Sistema de excitación estático.

"P. Kundur, Power System Stability and Control, California: McGraw-Hill, 1994" Nuestro estudio se enfoca en los sistemas de excitación rotativos de corriente continua y alterna debido a que la máquina del laboratorio es de anillos rozantes y la corriente DC suministrada se logra por medio de un regulador automático de voltaje "AVR".

3.5. Reguladores automáticos de tensión "AVR".

En la actualidad encontramos diferentes tipos de reguladores automáticos de voltaje terminal, el cual tiene como función principal el proveer la corriente de campo DC a la excitatriz de la máquina síncrona y de supervisar, controlar y proteger la unidad generadora ante disturbios de carga o situaciones transientes manteniendo estable el sistema de potencia con una respuesta rápida en el control ante las distintas perturbaciones, para nuestro caso puntual detallaremos el acoplamiento de un regulador de voltaje automático de la marca Basler tipo "DECS-100" a las maquinas del laboratorio de motores y generadores de la universidad.





Fuente: Los Autores.

En la figura podemos apreciar un esquema básico representando la máquina síncrona Hampden del laboratorio de maquinas la misma que está conectada a un regulador automático de voltaje DECS-100 marca Basler.

Debido a la construcción didáctica del tablero se aprecia los terminales de conexión a los devanados F1 (+) y F2 (-) los cuales serán los encargados de suministrar la corriente al devanado de campo del generador, cabe acotar que para este caso el devanado de campo de la máquina consta de un arreglo por medio de anillos rozantes para suministrar la corriente de campo al rotor de manera directa, los terminales Vs1-Vs2-Vs3 serán los encargados de sensar el voltaje de salida del generador dependiendo de las conexiones que se establezcan según las practicas realizadas para el estudio del comportamiento de la máquina síncrona del laboratorio, en los terminales de salida T1-T2-T3 se conectara de manera protegida distintos tipos de carga se observa en T2 un transformador de corriente encargado de sensar el comportamiento de la corriente en la fase 2 del generador, se tiene adicionalmente las entradas físicas de control de voltaje y activación de la excitación del equipo (fig. 28), el regulador de voltaje utilizado es diseñado para trabajar con arreglos de sistemas de excitación acopladas a un mismo eje sin necesidad de escobillas donde el devanado de campo que alimenta es estático acoplado a la caja de los escudos o tapas del estator y la parte móvil o armadura de rotor consta de un devanado trifásico montado sobre el mismo eje del rotor por medio de un arreglo mecánico se acopla un puente rectificador a la salida del devanado de armadura y a su vez este rectificador alimenta con corriente DC al devanado de campo principal en el rotor el cual puede ser de polos salientes o de polos no salientes, este campo rotatorio es el que induce un voltaje en la armadura del estator de la máquina produciendo la Tensión terminal a la salida de los bornes del generador.



Figura 30: Rotor de anillos rozantes máquina Hampden SM300.

Fuente: Los Autores

Observamos en la figura tres anillos rozantes debido a que esta máquina es para uso estudiantil y puede operar tanto como motor o como generador, la disposición interna de la conexión de los devanados del rotor de polos no salientes nos permite utilizar dos de los tres anillos rozantes para la alimentación de la corriente de campo a nuestro generador el cual inducirá su densidad de campo magnético sobre el devanado del estator o armadura para obtener nuestro voltaje terminal.

Figura 31: Reguladores de voltaje terminal de generadores utilizados en el mercad







Fuente: Internet páginas del distribuidor Basler reguladores DECS- 100; 200;

250.





Fuente: Internet páginas de distribuidores Kato reguladores KCR 760; K65.







Fuente: Internet páginas de distribuidores Caterpillar, regulador analógico y digitales VR6, DVR Y CDVR.

En el mercado se puede encontrar reguladores de las marcas, Basler, Leroy Somer, Stamford, Marathon Electric, Caterpillar, etc....

3.6. Introducción a los controladores PID.

El control PID opera con tres parámetros distintos, el proporcional, el integral y el derivativo corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener lo calcula lo ajusta realizando la acción correcta que ajusta el proceso que se desea.



Figura 32: Curvas características de control PID.



3.6.1. Parámetros de los sistemas de control proporcional. Ganancia Proporcional Kp.

La parte proporcional es el producto entre las señales de error y la constante de proporcionalidad para tratar de que el error en estado estacionario se aproxime a cero en la acción del control proporcional si Kp es pequeña la acción proporcional es pequeña, si Kp es grande la acción proporcional es grande.





Fuente: Los Autores

Figura 34: Grafica de comportamiento de control proporcional.



Fuente: Los Autores.

3.6.2. Parámetros de los sistemas de control integral. Constante de tiempo Integral (Ti).

Es el tiempo mínimo requerido para que la acción integral contribuya a la salida del controlador en una cantidad igual a la acción proporcional, si Ti es pequeña la acción integral es grande y si Ti es grande la acción integral es pequeña.





Fuente: Los Autores.

Figura 36: Gráfica de comportamiento de control de integral.



Fuente: Los Autores.

3.6.3. Parámetros de los sistemas de control derivativo. Constante de tiempo derivativo (Td).

Es el tiempo para que la acción derivativa surta efecto en la salida, si TD es pequeño la acción derivativa es pequeña, si Td es grande la acción derivativa es grande.



Figura 37: Bloque de control derivativo.

Fuente: Los Autores.





. Fuente: Los Autores.

3.6.4. Acciones de los sistemas de control proporcional.

La parte proporcional consiste entre el producto de la señal de error y la constante proporcional, para lograr que el error en estado estacionario sea casi nulo pero en la mayoría de los casos estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango.

Figura 39: Forma de onda con acción de control proporcional.



Fuente: Los Autores

3.6.5. Acciones de los sistemas de control integral.

Tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario provocado por el modo proporcional, proporciona una corrección para compensar las perturbaciones y mantener la variable controlada, más del 90% de los lazos de control utilizan PI. Se puede inestabilizar un sistema si Ti disminuye mucho.

Figura 40: Forma de onda con acción de control integral.



Fuente: Los Autores

3.6.6. Acciones de los sistemas de control derivativo.

Se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error si el error es constante solo actúan los modos proporcional e integral, la acción derivativa anticipa el efecto de la acción proporcional para estabilizar más rápidamente la variable controlada después de cualquier perturbación.





Fuente: Los Autores

3.7. Funcionamiento de Regulador automático de voltaje.

El objetivo principal de los reguladores automáticos de voltaje "AVR" es mantener el voltaje terminal a valores constantes bajo regímenes de carga estables, además tienen la capacidad de regular su nivel de voltaje y realizar funciones de controlar potencias reactivas y factor de potencia, los reguladores de voltaje modernos se basan en los sistemas de control de lazo cerrado.

Los *sistemas de control en lazo cerrado* se denominan también sistemas de control realimentados. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la señal de salida misma o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema.

"Katsuhiko Ogata. Ingeniería de Control Moderna, tercera edición, pág., 7"

La IEEE a desarrollado estudios de sistemas de excitación y estabilidad de los sistemas de potencia en su estándar "IEEE Std 421.5TM-2005" tomamos como referencia aproximada del comportamiento de la máquina síncrona del laboratorio el modelo DC1A el cual es para excitatrices rotativas de campo controlado y una actuación constante de la regulación de tensión.

Figura 42: Modelo de sistema de excitación IEEE DC1A para excitatrices rotativas de campo controlado y una actuación constante de la regulación de tensión



Fuente: "IEEE Std 421.5[™]-2005"

Nomenclatura de términos utilizados en diagrama de control:

- VC: Tensión Terminal.
- VR: Voltaje de referencia
- VS: Señal de voltaje de estabilización para producir un voltaje de error.
- VF: Resultado de la acción derivativa de lazo menor de realimentación.

(Se puede observar que VF se resta y VS se añade para producir un voltaje de error)

- VR: Tensión de salida del regulador controla la tensión de campo de la excitatriz.
- KA: Ganancia para amplificar el error de tensión.

TA: Constante de tiempo para la ganancia.

TB: Constante de tiempo para ganancia.

Vx: Salida del bloque de saturación de la excitatriz donde SE(Efd) es una función no

Lineal de la tensión de excitación Efd.

Efd: Tensión de Excitación.

KF: Ganancia de realimentación.

TF: Constante de tiempo de realimentación.

La entrada principal para este modelo es la salida *VC* del transductor de voltaje terminal y compensador de carga. En la suma de unión, la salida de la terminal del transductor de voltaje *VC*, es restada del valor de referencia determinado, *VREF*, la retroalimentación estabilizadora, *VF*, es restada y la señal de estabilización del sistema de potencia, *VS*, es adicionada para producir un error de voltaje. En el estado estacionario estas dos últimas señales son cero, dejando solo el error de señal del voltaje terminal.

La señal resultante es amplificada en el regulador. La constante de tiempo *TA*, y la ganancia *KA*, asociadas con el regulador de voltaje son mostradas incluyendo los límites típicos *"non-windup"* de saturación o limitaciones suministradas del amplificador de potencia.

La salida del regulador de voltaje, *VR*, es usada para controlar la excitatriz, la cual puede ser de excitación separada o auto excitada. Cuando se utiliza una excitatriz auto excitada, el valor de *KE* refleja la configuración del reóstato de campo derivado.

En algunas instancias el valor resultante de KE puede ser negativo.

Si un valor diferente de cero es proporcionado para *KE*, el programa no debe recalcular *KE*. Para muchos sistemas, frecuentemente el reóstato es fijado en un valor que produciría autoexcitación cerca de condiciones nominales. Los sistemas con reóstato de campo con arreglos fijos están en uso en unidades que son controladas remotamente. Para representar una excitatriz con excitación separada se usa un valor para KE = 1 "IEEE Std 421.5TM-2005".

Entre otros comportamientos de sistemas de control de regulación de voltaje el regulador DECS 100 utilizado responde a otras variables de control que pueden ser desarrolladas con distintos generadores del laboratorio de máquinas.

Figura 43: Diagrama de bloques de control Proporcional Integral y derivativo



Fuente: Los Autores.

(Análisis de Sistemas de Potencia Mc Graw Hill, 1996)

Fuente: "P. Kundur, Power System Stability and Control, California: McGraw-Hill, 1994".

CAPÍTULO IV

Manual de instrucciones para sistema digital de control de excitación para máquina síncrona.

(Fuente: www.basler.com Publicación: 9287500991 Revisión: M 02/15)

4.1. Introducción.

El resumen de este manual de instrucciones proporciona información sobre el funcionamiento y la instalación de la DECS-100 "Sistema de control Digital de excitación". Para lograr esto, se proporciona la siguiente información:

- Información general y especificaciones
- Controles e indicadores
- Descripción funcional
- Instalación
- Introducción al programa Bestcoms.
- Mantenimiento y solución de problemas

4.1.1. Notificación de precauciones establecidas por el fabricante.

El nivel de excitación modo Manual debe ser evaluado antes de habilitar esta característica.

Si el nivel de la corriente de excitación es inapropiado para el generador, puede producir daños en el generador.

Números de ganancias incorrectos "PID" darán como resultado el bajo rendimiento del sistema o daños en el sistema.

Cuando se aplica potencia de funcionamiento para fines de programación, observe las precauciones detalladas en la sección 4,5 Instalación, Configuración Preliminar del regulador DECS-100.

Se debe programar el DECS-100 con el generador en estado estático (sin movimiento de la unidad), y las conexiones al DECS-100 terminales F + y F- deben ser removidas momentáneamente.

Antes de cargar un archivo de configuración, retire la potencia de funcionamiento de la DECS-100, desconectar el cableado de campo de los terminales F + y F-, y volver a aplicar el voltaje operativo de poder de la DECS-100.

4.1.2. Información general y especificaciones.

El Sistema de Control de Excitación Digital Basler (DECS-100) es un sistema electrónico de estado sólido, basado en el control por microprocesador.

El DECS-100 regula la tensión de salida de un generador sin escobillas, con el control de la corriente en el campo de excitación del generador, la potencia de entrada a la DECS-100 puede ser multipolar, de alta frecuencia, se puede contar con un generador de imán permanente (PMG) o desde la salida del generador cuando se utiliza como un sistema de derivación auto excitado.

El DECS-100 se suministra en un paquete epóxico compacto diseñado para el montaje detrás del panel. La DECS-100 es de fácil montaje por medio de tornillos, cuenta con indicadores (LEDs) para anunciar la condición de estado de alimentación del sistema, las conexiones se realizan mediante terminales de enchufe de un cuarto de pulgada a los terminales de la unidad, cuenta adicionalmente con un conector DB-9 para las opciones de comunicación entre DECS-100 y un computador.

4.2. Características.

Los reguladores de voltaje digital DECS-100 cuentan con las siguientes capacidades y características:

- Cuatro modos de control: regulación automática de voltaje (AVR), regulación manual de corriente (FCR), regulación de factor de potencia (PF) y la regulación de potencia reactiva (var).
- Ajustes de estabilidad programables.
- Arranque y control de la tensión con una rampa ajustable en modo de control AVR.
- Sobreexcitación limitante (OEL) y subexcitación limitante (UEL) en AVR, Var, y los modos de control de PF.
- Baja frecuencia y regulación (voltios / hertz).
- Detección de tensión trifásica o monofásica de sensado de generador en modo de regulación.
- Detección de la tensión en barra monofásica (rms).

- Detección de corriente monofásica para fines de medición y regulación.
- Detección de corriente y tensión de campo.

• Una entrada analógica para el control con mando remoto proporcional para variar el valor de voltaje de salida.

• Cinco entradas de detección de contactos para la interfaz del sistema.

• Un relé de salida común para las funciones de indicación de alarma y disparo.

• Tres funciones de protección: sobretensión campo, sobre voltaje del generador y la pérdida de voltaje de sensado.

• Operación de Generador en paralelo con compensación de caída reactiva y

Compensación diferencial reactiva.

4.2.1. Modelo y Número de estilo del regulador.

El número de modelo y las opciones incluidas en el dispositivo específicas se detallan en una etiqueta pegada en el panel posterior. Tras la recepción de un DECS-100, asegúrate de revisar el número de estilo.

Características eléctricas DECS-100 y las características operativas se definen por una combinación de letras y cifras que componen el número de estilo. El gráfico número de estilo DECS-100 se muestra en la Figura.



Figura 44: Forma de reconocimiento del modelo del regulador de voltaje.



De esta manera verificamos según el dato de placa de nuestro sistema de control de excitación digital **"DECS-100-B15"**, la "B" nos indica que es un regulador con control de VAR/PF; el número "1" nos indica que tiene la función de coincidencia de voltaje; y el "5" que trabaja con un transformador para sensado de corriente con relación a 5 amperios en su secundario.

4.2.2. Especificaciones.

A continuación se detallan las especificaciones del regulador según fabricante.

Se debe consultar la Sección de Consideraciones de alimentación durante la programación, se deben tomar en cuenta los requisitos especiales sobre la aplicación de energía de funcionamiento durante la programación DECS-100 y la aplicación de la potencia de la estación.

Potencia de funcionamiento.

Voltaje: 88 a 250 Vac, monofásico o trifásico (LL)

Frecuencia: 50 a 400 Hz

Disipación de potencia: 40 W (máxima continua)

Carga: 650 VA

Acumulación de tensión: ≥ 6 Vac

Terminales: 3, 4, 5

Sensado de Voltaje de Generador.

Tipo: 1-Phase / 3 fases, 4 rangos

Carga: <1 VA por fase

Terminales: E1, E2, E3

Sensado de 50 Hertz

Rango 1: 100 Vac (85-132 VAC)

Rango 2: 200 Vac (190-220 VAC)

Rango 3: 400 Vac (380-440 VAC)

Rango 4: N / A

Sensado de 60 Hertz

Rango 1: 120 Vac (85-132 VAC)

Rango 2: 240 Vac (170-264 VAC)

Rango 3: 480 Vac (340-528 VAC)

Rango 4: 600 Vac (540-660 VAC)

Sensado de Corriente de generador

Tipo: 1-fase (fase B), 50/60 Hz

Estilo XX1: 1 Aac continúa máxima

Estilo XX5: 5 Aac continúa máxima

Carga: <0,1 VA

Terminales: CT1, CT2

Sensado de Voltaje en barra (Opcional)

Tipo: 1-fase, 4 rangos

Carga: <1 VA por fase

Terminales: B1, B3

Sensado de 50 Hertz

Rango 1: 100 Vac (85-132 VAC)

Rango 2: 200 Vac (190-220 VAC)

Rango 3: 400 Vac (380-440 VAC)

Rango 4: N / A

Sensado en 60 Hertz

Rango 1: 120 Vac (85-132 VAC)

Rango 2: 240 Vac (170-264 VAC)

Rango 3: 480 Vac (340-528 VAC)

Rango 4: 600 Vac (540-660 VAC)

Entrada para accesorio

Rango de voltaje: -3 a +3 Vdc

Rango Valor nominal: -30% a + 30% de cambio

Carga: 1 kW

Terminales: A, B

Puerto de comunicación

Interfaz: dúplex completo RS-232

Conexión: Panel trasero conector DB-9

Baud: 4800

Bits de datos: 8

Paridad: Ninguno

Bit de parada: 1

Contacto de entrada a circuitos

Tipo: contactos secos

Interrogatorio Voltaje: 13 V CC (suministrado por DECS-100)

Asignación de terminales para funciones estándar

Levante: 6U, 7

Baja: 6D, 7

Var / PF Habilitar: 52J, 52K

Control paralelo: 52L, 52M

Coincidencia de Tensión: VM, VMC

Salida de Alarma Común

Tipo: Forma A

Carga nominal: 7 Aac / Adc continua

Marca: 30 Aac / Adc, conducción durante 0.2 seg

Romper: 7 Aac / 0.1 Adc

Tensión de funcionamiento: 240 Vac / 250 Vdc máximo

Terminales: AL1, AL2

Salida de campo

Continua Clasificación: 63 Vdc, 7 Adc

Resistencia de campo: 9 mínimo Ω

Terminales: F+, F-

10 Segundos respuesta forzada

200 Vac de entrada de alimentación: 135 Vcc, 15 Adc

110 Vac Potencia de entrada: 90 V CC, 10 Adc (9Ω campo)

75 Vdc, 15 Adc (5 Ω campo)

AVR Modo de funcionamiento

Rango de ajuste: Ver Voltaje de sensado del Generador.

Regulación de voltaje: \pm 0,25% sobre el rango de carga con factor de potencia nominal y el generador con frecuencia constante, \pm 0,5% con detección 3-fase y la derivación de potencia en 40% THD de la tensión de la forma de onda (debido a una carga de seis SCR).

Temperatura: \pm 0,5% en favor de un cambio de 40 $^{\circ}$

V / Hz Característica: Pendiente desde 0 a 3PU es ajustable en incrementos 0.01PU. Transición (Rodilla) de frecuencia es ajustable de 40 a 65 Hz. Vea la Gráfica de curvas V / Hz.

Tiempo de Respuesta: Dentro de 1 ciclo.



Figura 45: Pendientes voltios / hertz

Fuente: www.basler.com Publicación: 9287500991 Revisión: M 02/15)

FCR (Manual) Modo de funcionamiento

Rango de ajuste: 0 a 7 Adc

Incremento: 0.01 Adc

Modo de Operación Var (Opcional)

Rango de ajuste: -100 a 100%

Incremento: 0.1%

PF Modo de funcionamiento (Opcional)

Rango de ajuste: 0,6 a 0,6 lag plomo

Incremento: 0.001

Compensación paralela

Modos: Caída reactiva y diferenciales reactiva (contracorriente) *

Rango de ajuste de caída: 0 a 10%

Incremento: 1%

* La carga puede exceder de 1 VA si se añaden resistencias externas al circuito CT.

Protección contra sobretensiones de Campo.

Rango de recogida: 0 a 250 Vdc

Tiempo de retraso de 10 s (fijo)

Protección de sobre tensión de generador.

Recolección

Rango: 100 a 120% del valor de voltaje del sistema

Incremento: 1.0%

Tiempo de retardo de alarma

Rango: 0 a 10 s

Incremento: 1 s

Limitador de sobreexcitación

Recolección

Rango: 0 a 15 Adc

Incremento: 0.001 Adc

Alarma Tiempo de retardo

Rango: 0 a 10 s

Incremento: 1 s

Limitador de Subexcitación

Recolección

Rango: 0 a 100% de vars puntuación

Incremento: 1%

Alarma Tiempo de retardo

Rango: 0 a 10 s

Incremento: 1 s

Función de arranque suave (sólo modo AVR)

Tiempo Ajuste Rango: 1 a 7200 s

Incremento: 1 s

Coincidencia de Tensión

Precisión: Generador de tensión rms se corresponde con el voltaje del bus rms dentro

 \pm 0,5% de la tensión del generador.

Ajuste Tiempo

Rango: 1-300 s

Incremento: 0.01 s

Medición (BESTCOMS TM)

Voltaje de Generador

Rango: 10 V a 79 kV

Precisión: \pm 0,5% (a 25 ° C)

Corriente de Generador

Rango: 0,04 a 3,000 Aac por 1 A CT (No exceder nominal CT)

0,2 a 15.000 Aac for5 Un CT (No exceder nominal CT)

Precisión: \pm 0,5% (a 25 ° C)

<u>Frecuencia</u>

Rango: 40 a 65 Hz

Precisión: \pm 0.2 Hz (a 25 ° C)
Tensión Campo

Rango: 0 a 200 Vdc

Precisión: \pm 5,0% (a 25 ° C)

Corriente de campo

Rango: 0 a 20 A

Precisión: \pm 0,5% (a 25 ° C)

Bus Voltaje

Rango: 10 V a 79 kV

Precisión: $\pm 0,5\%$ (a 25 ° C)

Entrada auxiliar CC

Rango: -3 V a 3 V

Precisión: \pm 0,5% (a 25 ° C)

Potencia (aparente, real y reactiva)

Rango: 0 a 99 MVA, MW, Mvar

Precisión: \pm 3,0% (a 25 ° C)

Factor de Potencia

Rango: -1,0 a -0,6, 0,6 a 1,0

Precisión: \pm 0,02 en la corriente nominal (25 ° C), entrada CT \geq 10% nominal

Angulo de fase

Rango: 0 a 360 grados

Precisión: ± 2.0 grados (a 25 ° C), entrada CT ${\geq}10\%$ nominal

Medio ambiente

Temperatura de funcionamiento

DECS-100: -40 a 70 ° C (-40 a 158 ° F)

Temperatura de almacenamiento

DECS-100: -40 a 85 ° C (-40 a 185 ° F)

CD-ROM: 0 a 50 ° C (32 a 122 ° F)

Tipo de Ensayos.

Shock: Soporta 20 G en tres planos perpendiculares

Vibración: Soporta 1.2 G en 5-26 Hz

Resiste 0.914 mm (0.036 in) de amplitud pp en 27 a 52 Hz

Resiste 5 G en el 53 a 500 Hz

Niebla salina: Calificado por MIL-STD-810E

Físico

<u>Peso</u> Unidad: 1,10 kg (2,42 libras) Gastos de envío: 1,31 kg (2,88 libras)

Reconocimiento Marítimo

Reconocido por norma IACS UR (secciones E10 y E22) por el siguiente:

- Bureau Veritas (BV) Reglas BV Pt. C, Ch. 3
- Det Norske Veritas (DNV) No. 2.4
- Germanischer Lloyd (GL) VI-7-2

Reconocido por UL de componentes

El DECS-100 reconoce las normas de seguridad canadiense y estadounidenses aplicables y los requisitos de UL, Normas utilizadas para la evaluación: UL6200.

Cumplimiento de las CE (conformidad Europea)

LVD 2006/95 / CE.

BS EN 50178 - Equipos electrónicos para uso en instalaciones de potencia

EMC 2004/108 / CEI.

IEC 61000-6-2 - Compatibilidad electromagnética (EMC) Inmunidad para ambientes

Industriales.

IEC 61000-6-4 - Compatibilidad Electromagnética (EMC) Emisiones estándar para entornos industriales.

4.3. Interface Hombre Maquina. INTRODUCCIÓN

La interfaz DECS-100-máquina (HMI) se compone de los indicadores del panel frontal, un panel trasero y puerto de comunicación.

Los indicadores del panel frontal DECS-100 se componen de ocho LEDs rojos.



Figura 46: Panel de Indicadores del DECS-100

Fuente: www.basler.com Publicación: 9287500991 Revisión: M 02/15)

4.3.1. Apagado por sobreexcitación

Este LED se enciende cuando la función de protección de sobreexcitación está habilitada y la tensión de campo excede el punto de consigna ajustable durante 10 segundos. El apagado se da en el DECS-100 cuando un estado de sobreexcitación es detectado. El apagado de sobreexcitación LED se ilumina durante 5 segundos cuando el DECS-100 es nuevamente encendido tras un apagado por sobreexcitación.

4.3.2. Sobretensión de Generador

Este LED se enciende cuando la tensión de salida del generador excede el punto de ajuste durante 0,75 segundos. Cuando existe la condición de sobretensión del generador, los contactos de salida DECS-100 se cierran (si el apagado de hardware está habilitada). El LED indicador de sobretensión se iluminará durante 5 segundos cuando el DECS-100 se enciende después de una parada del generador de sobretensión.

4.3.3. Detección de pérdida de sensado.

Este LED se enciende cuando se detecta una pérdida en la detección de voltaje de sensado del generador. Cuando una pérdida de la condición de detección de voltaje de sensado ocurre, los contactos de salida del DECS-100 se activan. Dependiendo de la acción protectora se selecciona, o bien el apagado (shutdown) o transferencia a modo Manual.

En la pérdida de sensado del Generador el LED parpadeará durante 5 segundos cuando el DECS-100 se enciende después de una parada por detección de pérdida de sensado del generador.

4.3.4. Limitación de sobreexcitación.

Este LED se enciende cuando la corriente de campo excede el límite de sobreexcitación programado. Permanece encendido hasta que el estado de sobreexcitación cesa o el retardo de tiempo de sobreexcitación expira y el DECS-100 se apaga.

La limitación LED de sobreexcitación parpadeará durante 5 segundos cuando el DECS-100 se enciende después de un apagado por sobreexcitación.

4.3.5. Limitación de Subexcitación

Este LED se enciende cuando el sentido de la potencia reactiva (VARs principales) disminuye por debajo de lo programado del límite subexcitación. Permanece encendido hasta que la condición subexcitación cesa o el tiempo de retardo de subexcitación expira y el DECS-100 se apaga. El LED indicador de subexcitación parpadeará durante 5 segundos cuando el DECS-100 se enciende después de un apagado por subexcitación.

4.3.6. Indicador de modo Var / P.F.

Este LED se ilumina para indicar que el DECS-100 está funcionando en el modo de control Var o PF que es un control opcional. El Control Var / factor de potencia se activa a través de software BESTCOMS TM y cuando el contacto 52J/K está abierto.

4.3.7. Indicador de modo Manual

Este LED se ilumina cuando el DECS-100 está funcionando en modo manual. El modo manual se activa a través de Software BESTCOMS.

4.3.8. Indicador de baja frecuencia

Este LED se enciende cuando la frecuencia del generador disminuye por debajo del punto de ajuste de baja frecuencia y el regulador actúa según la pendiente de regulación voltios/hertz seleccionada.

4.3.9. Puerto de comunicación.

El puerto de comunicación se encuentra en el panel posterior y consta de un conector hembra, RS-232 (DB-9). El puerto de comunicación sirve como una interfaz para la programación y configuración del DECS-100. La figura 47 ilustra la ubicación del puerto de comunicación.

La programación requiere un estándar, la conexión se realiza por un conector "DB-9" cable de nueve pines, el cable serial de comunicación se conecta entre el DECS-100 y una PC compatible que operan con el software BESTCOMS.

El Software BESTCOMS responde a una plataforma de Windows® de Microsoft el software de comunicación es suministrado con el DECS-100, una explicación más detallada del software se dará más adelante.



Figura 47: Regulador de Voltaje Digital DECS-100

Fuente: www.basler.com Publicación: 9287500991 Revisión: M 02/15)

4.4. Descripción Funcional. INTRODUCCIÓN

En esta sección se describe cómo funciona el DECS-100 y explica sus características de funcionamiento. Para facilitar comprensión las funciones del DECS-100 se ilustran en el diagrama de bloques de la Figura.

Las características de funcionamiento incluyen cuatro modos de funcionamiento, cuatro funciones de protección, disposiciones de inicio, compensación reactiva de caída, la compensación de baja frecuencia. Una detallada descripción de cada característica de funcionamiento está detallada en características de funcionamiento.



Figura 48: Diagrama de Bloques de sistema de control digital de excitación DECS-100

Fuente: <u>www.basler.com</u> Publicación: 9287500991 Revisión: M 02/15)

4.4.1. BLOQUES DE FUNCIÓN DECS-100

La función de cada bloque se explica junto con la operación de todas las entradas y salidas de los bloques de función.

Entrada analógica

Siete funciones de entradas analógicas de voltajes y corrientes pueden ser detectadas y se aplican a la DECS-100.

Bus Voltaje (Voltaje en Barra)

El voltaje en las barras C-A puede ser medido en los terminales B3 y B1 adicionalmente la unidad incluye la función de tensión coincidente. Tensiones nominales de hasta 600 Vac pueden ser detectadas en estos terminales. Voltaje monitoreado en esta entrada se escala y se acondiciona antes de ser aplicada a la entrada del convertidor de analógico a digital (ADC).

Esta señal de tensión de barra aplicada al ADC se utiliza para calcular el valor eficaz de la tensión de la barra a través de fases C y A (Barra VC-A).

EL Voltaje del generador se controla en los terminales E1 (fase - A), E2 (fase - B) y E3 (fase - C). Las tensiones nominales pueden ser de hasta 600 Vac y pueden ser detectadas en estos terminales. El voltaje aplicado a estas entradas es acondicionado antes de ser aplicada a la entrada del ADC. La señal de voltaje de fase C y A (VC-A) del generador es utilizado por el ADC para calcular el valor eficaz de la tensión del generador a través de fases C y A. Del mismo modo, la señal de voltaje de fase C y B (VC-B) del generador se utiliza por el ADC para calcular el valor eficaz de la tensión del generador a través de las fases C y B. El valor eficaz de la fase B del generador a la fase A de voltaje (VB-A) se calcula por el microprocesador y el de la fase C a la fase A de la señal (VC-A) y la señal de fase C a la fase B (VC-B).

Además, el generador en la fase C a la fase A (VC-A) tiene un circuito detector de cruce por cero filtrado. Esta señal se aplica al microprocesador y se utiliza para calcular la frecuencia del generador.

Línea de medición de corriente en fase – B.

La línea de fase B es en la cual se mide la señal de corriente (IB) se desarrolla a través de un transformador de corriente (CT) y es monitoreada a través de terminales CT1 y CT2. Dependiendo de la opción seleccionada, la corriente hasta 1 amperio (número de estilo XX1) o 5 amperios (número de estilo XX5) rms pueden ser monitoreada en estos terminales.

La corriente medida en estos terminales se escala y acondicionado por un transformador de corriente interna y circuitos activos para su uso por el ADC.

La señal aplicada al ADC se utiliza para calcular el valor rms de corriente de la línea B de fase.

Adicionalmente el ángulo de fase entre la medición en la línea de corriente de la fase "B" y la medición de voltaje C-A es calculada para su uso durante el funcionamiento de caída y función var / factor de potencia.

Entrada accesorios (Ajuste Auxiliar)

Esta entrada permite el ajuste de la consigna de regulación DECS-100 por la aplicación de un voltaje de corriente continua a través de los terminales A y B. La tensión positiva aplicada al terminal A con respecto a terminal B activa el punto de ajuste en incremento. Voltaje de -3 a +3 Vdc puede ser aplicado a esta entrada. El circuito induce una carga de 1,000 ohmios de la fuente de corriente continua. La aplicación de una señal Vcc \pm 3 corresponde a un cambio de \pm 30 por ciento del valor de consigna.

Tensión Campo

Voltaje (VFIELD) a través de los terminales de salida de campo regulador, F + y F-, es monitoreado, y acondicionado antes de ser aplicada al ADC. Esta señal se utiliza para calcular el valor de CC de la tensión de campo para su uso en la protección del sistema.

Corriente de Campo

La corriente (I-FIELD) a través de la salida principal de potencia se convierte a un nivel de tensión proporcional. Esta señal de tensión se escala y se acondiciona antes de ser aplicada a la entrada del ADC. El resultado se utiliza para calcular el valor de la corriente de campo para su uso en el modo Manual de operación, así como la protección del sistema.

Contacto de circuitos de entrada

Cinco circuitos de entrada de contacto funcionan con una fuente de alimentación interna de 13 Vcc proporcionan un control de entrada de contactos aislados, de tipo seco.

<u>a.- Subir.</u>

El cierre de un contacto a través de los terminales 6U y 7 hace que la consigna de trabajo se active para aumentar el voltaje. El voltaje está en función está activa, siempre y cuando el contacto está cerrado.

b.- Bajar.

El cierre de un contacto a través de terminales 6D y 7 hace que la consigna de trabajo se active para disminuir. Esta función está activa, siempre y cuando el contacto está cerrado.

Opción de control Var / Factor de Potencia (52J/K)

Al cerrar los contactos a través de los terminales 52J y 52K Desactiva el control de Var / Factor de Potencia. Un contacto abierto permite al DECS-100 controlar la potencia reactiva del generador o el Modo de Factor de Potencia.

El contacto queda sin efecto cuando esta función no está habilitada en el software.

Paralelo Generador de Compensación (52L / M)

El cierre del contacto a través de terminales 52L y 52M Desactiva el funcionamiento para operación en paralelo. Un contacto abierto permite el funcionamiento para la operación de la unidad en paralelo y el DECS-100 opera en Modo de compensación de caída reactiva.

Si la opción de Control Var / Factor de Potencia está presente y se activa en el software, la entrada 52J / K tiene prioridad. Por lo tanto, si el 52J / K y las entradas 52L / M están ambos abiertos, el sistema opera en modo var / factor de potencia.

Opción de Control de Voltaje a igualación de barra (Voltaje Matching).

Si la opción Coincidencia de Tensión está habilitada en el software, el cierre de un contacto a través de terminales de VM y VMC hace que el DECS-100 opera en modo de coincidencia de voltaje.

Un contacto abierto desactiva tensión coincidente. La activación de la tensión coincidente también se desactiva cuando las entradas o bien el 52J / K o 52L / M están abiertas.

RS-232 Puerto de comunicación

El puerto de comunicación proporciona la interfaz para la programación de usuario y la configuración de la DECS-100.

La conexión se realiza al puerto RS-232 en el conector terminal hembra (DB-9).

El puerto de comunicación es visualmente aislado y se alimenta de una fuente transformador aislado.

Microprocesador

El microprocesador es el corazón de la DECS-100 y lleva a cabo la medición, cálculo, control, y funciones de comunicación, la programación de su memoria es no volátil debido a ello puede almacenar los datos grabados en su memoria.

Etapa de entrada de energía.

La Potencia de entrada aplicada a los terminales 3, 4, y 5 se rectifica y filtra antes de ser aplicado a la potencia amplificador y la fuente de alimentación. La potencia de entrada puede ser monofásica o trifásica en el rango de 88-250 Vac a una frecuencia de 50 a 400 hertzios.

La fuente de alimentación de entrada debe estar funcionado correctamente para esta aplicación.

Fuente De Alimentación

La fuente de alimentación conmutada interna recibe alimentación de la etapa de entrada de energía y suministra energía a los niveles de tensión de corriente continua requeridos a los circuitos internos de la DECS-100.

Amplificador de la etapa de potencia

El amplificador de potencia recibe potencia de la etapa de entrada de potencia y suministra una cantidad controlada de alimentación al campo de excitación a través de terminales F + y F-. La cantidad de energía suministrada al campo de excitación es basado en pulsos de activación periódica recibidos desde el microprocesador. El amplificador de potencia utiliza componentes de estado sólido para proporcionar la potencia necesaria para el campo de excitación. La salida del amplificador de

potencia en el campo tiene hasta 63 Vcc a las 7 Adc continua y 135 Vcc a 15 Adc durante 10 segundos.

Indicadores del panel frontal

Ocho indicadores del panel frontal LED se iluminan para indicar diferentes funciones de protección y modos de operación los cuales fueron descritos en páginas anteriores.

Salida de relé.

Un contacto de salida de alarma común se proporciona a través de terminales AL1 y AL2. Este contacto es normalmente abierto, sirve para contactos anunciadores de las condiciones de alarma o de disparo.

4.4.2. Características de funcionamiento del DECS-100.

A continuación se describen las características de funcionamiento DECS-100.

Modos de funcionamiento

El DECS-100 proporciona hasta cuatro modos de funcionamiento seleccionables mediante software BESTCOMS TM.

Modo de regulación de voltaje automático y modo manual son características estándar. Los modos Var y del factor de potencia son una opción.

Modo de regulación automática de voltaje

En el modo de regulación automática de voltaje (AVR), el voltaje de salida del generador DECS-100 Regula rms.

Esto se logra mediante la detección de tensión de salida del generador y el ajuste de la corriente de excitación de salida de CC al mantener la tensión en el punto de ajuste de la regulación. La consigna de la regulación se ajusta con el control (Lower-Raise) de las entradas de contacto, la entrada de accesorios, o a través de software BESTCOMS.

El punto de regulación también puede ser modificado por la función de caída (Droop) o la función de subfrecuencia bajo ciertas condiciones.

Modo Manual

En el modo Manual, también conocido como Regulación de corriente de Campo (FCR), el DECS-100 mantiene corriente de de excitación a un nivel establecido. El punto de ajuste de nivel actual y es ajustable de 0 a 7 Adc en incrementos de 0.01 Adc

incrementos por parte del aumento o disminución de las entradas de contacto (Lower-Raise), la entrada de accesorios, o a través de software BESTCOMS.

Modo de Control Var (Opcional)

En el modo de control de Var, la DECS-100 mantiene al generador con un nivel de vars (voltios-amperios reactivos), a un nivel establecido cuando está en paralelo con un bus infinito. El DECS-100 calcula los vars utilizando las mediciones realizadas por el sensado de voltaje y corriente del generador. A continuación, se ajusta la corriente de excitación de corriente continua para mantener vars en el punto de seteado. El control de Var está activado y desactivado a través de software BESTCOMS. Cuando el software está activado en el control var se habilita o deshabilita mediante el control Var / Factor de Potencia (52J / K) y el contacto de entrada.

Se puede realizar una variación de la potencia reactiva entregada y generada a través del control (lower - raise) de la entrada de accesorios, o a través de software BESTCOMS.

Modo de Control Factor de potencia (Opcional)

En el modo de control del factor de potencia, la DECS-100 mantiene el factor de potencia del generador a un nivel establecido cuando está en paralelo con la barra (bus) infinita. El DECS-100 calcula el factor de potencia del generador utilizando el sensado de voltaje de salida del generador y las cantidades de corriente y luego ajusta la corriente de excitación de corriente continua para mantener factor de potencia en el punto de ajuste. El control del factor de potencia está activado o desactivado a través de software BESTCOMS.

Cuando el software está activado, se activa o desactiva mediante el switch de Control Var / Factor de Potencia con el contacto del circuito de entrada (52J / K). El punto de ajuste del factor de potencia es ajustable entre 0,6 y 0,6 en adelanto o en atraso y a través de la opción lower-raise a través de software BESTCOMS.

Compensación de caída reactiva (Droop)

El DECS-100 proporciona una función de compensación de caída reactiva para ayudar en la distribución de carga reactiva durante el funcionamiento del generador en paralelo. Cuando esta función está activada, el DECS-100 calcula el reactivo parte de la carga del generador usando la tensión de salida del generador detectada y cantidades de corriente luego modifica la regulación de consigna de tensión. Los resultados en la carga del generador factor de potencia unitario no se manifiesta en casi ningún cambio en el voltaje de salida del generador. Un generador expuesto a cargas de factor de potencia en retraso (inductivas) nos daría una reducción de la tensión de salida del generador. Una carga del generador factor de potencia (capacitiva) da como resultado un aumento de la tensión de salida del generador. La caída es ajustable hasta 10 por ciento, de la lectura de corriente medida en la línea de fase B (1 amperio o 5 amperios aplicados a través de terminales CT1 y CT2) y el factor de potencia de 0,8. La función de caída es activada y desactivada a través del circuito de entrada de contacto de Compensación del Generador en paralelo (Terminales 52L y 52M). La compensación de caída (Droop) también se desactiva cuando se opera en los modos de control var o del factor de potencia.

Baja Frecuencia

Cuando la frecuencia del generador cae por debajo de la consigna de frecuencia seleccionada en la pendiente de rodilla de frecuencia, el punto de ajuste de tensión es el punto ajustado automáticamente por el DECS-100 para que la tensión del generador siga el punto seteado en relación por unidad (pu) de la pendiente de comportamiento V / Hz.. Cuando se opera en la curva seleccionada pu V / Hz, se encienden los indicadores activos en la panel frontal y en BESTCOMS.

El control de baja frecuencia está desactivado por debajo de 12 hertz. La frecuencia de la rodilla es regulable de 40 a 65 hertz en incrementos de 0,1 hertz y la curva de pu V / Hz puede ser fijado en una pendiente de 0 a 3 en pasos de 0,01 a través de software de BESTCOMS. Una pendiente de 0 desactiva efectivamente la mínima frecuencia.

El DECS-100 tiene un punto de regulación mínima de aproximadamente 30 por ciento del punto seteado nominal.

Protección

El DECS-100 incluye tres funciones de protección: sobretensión de generador, pérdida de voltaje de sensado y sobretensión campo. Cada función de protección tiene un indicador del panel frontal correspondiente que se ilumina cuando el función está activa. Una función de protección activo también es anunciada a través BESTCOMS.

Sobretensión en Generador.

Una condición de sobretensión en el generador se puede configurar en el programa BESTCOMS para cerrar la salida del relé del DECS-100 (contactos AL1-AL2), los aumentos de tensión por encima del punto de ajuste de nivel de tensión y el tiempo de respuesta pueden ser ajustable.

Si el DECS-100 está configurado para cerrar la salida de relé, una condición generador de sobretensión se iluminará el panel frontal y el indicador del BESTCOMS cerrara la salida de relé en los terminales AL1 y AL2.

Cuando el DECS-100 se enciende después de que se ha activado la protección de sobretensión, el indicador de sobretensión del generador se encenderá durante cinco segundos.

El punto de ajuste de nivel de voltaje es ajustable desde 100 hasta 120% del ajuste de la tensión del sistema. El tiempo de activación de la alarma es ajustable de 0 a 10 segundos.

Pérdida de Voltaje de Sensado

El DECS-100 monitorea el voltaje de salida del generador y toma medidas de protección si una pérdida de Voltaje se detecta. Se detecta una pérdida de tensión de detección durante las siguientes condiciones.

• El voltaje detectado es menor que 50 por ciento de la tensión nominal (detección de voltaje en una fase o en las tres fases).

• Una pérdida total de cualquiera de las fases (Detección de sensado trifásico).

• La diferencia de voltaje entre cualquiera de las fases (línea a línea) y el promedio de tres fases no supere el 20 por ciento del valor nominal (Detección de sensado trifásico).

Un retraso de tiempo de 0 a 25 segundos se puede ajustar a través del software BESTCOMS. Esto retrasa la acción de protección con el fin de permitir forzar el campo en aplicaciones que no se detectan corriente del generador B-fase.

El ajuste de retardo de tiempo predeterminado es de 10 segundos.

Software BESTCOMS permite la selección de una de dos acciones de protección para una pérdida de detección. O bien una apagado completo o una transferencia a modo manual se pueden seleccionar.

Si se selecciona el apagado y una pérdida de detección del voltaje de sensado se produce, la pérdida se indica en el panel y en luces indicadoras del programa BESTCOMS, el relé de salida se cierra y el DECS-100 se apaga después de la retardo de sensado. Cuando el DECS-100 se enciende después de una pérdida de detección del sensado del generador, el indicador de pérdida de Generador de detección se encenderá durante cinco segundos. Sin embargo, al volverlo a encendersi la pérdida de condiciones de detección aún existe, la DECS-100 no van a operar debido a la pérdida de detección de sensado de voltaje se debe considerar el tiempo de retardo de la protección.

Si se selecciona la transferencia manual y una pérdida del voltaje de sensado se produce, la salida de relé se cierra, y el DECS-100 se transfiere al modo manual de operación después del tiempo de retardo ajustable. El DECS-100 permanecerá en este modo de operación conmutada a través de BESTCOMS. Antes de seleccionar traslado a Manual después de la pérdida de voltaje de sensado, es necesario determinar un nivel Manual (FCR) y el con un punto de ajuste apropiado para luego ser transferido a un nivel de excitación adecuada y no causar daños graves en el equipo.

Esta función se desactiva cuando la frecuencia disminuye por debajo de 12 hertz o cuando un corto circuito generador se detecta. Un cortocircuito en el generador determina cuando la corriente CT de la fase B supera tres los tiempos por valor unitario. La parada por ausencia de voltaje de sensado de fase o la transferencia a manual no está activa durante el tiempo de arranque suave.

Sobretensión de Campo (Apagado por Sobreexcitación).

Una condición de protección por sobretensión al devanado de campo puede configurarse (en BESTCOMS) para cerrar la salida de relé DECS-100.

Cuando el voltaje de campo aumenta por encima del punto de ajuste en una duración fija de 10 segundos, las DECS-100 inicia la acción seleccionada.

Si el DECS-100 está configurado para cerrar la salida de relé, una condición de sobretensión de campo se iluminará el frente del panel y el indicador del programa BESTCOMS es activado por sobreexcitación activando la salida de relé en los terminales AL1 y AL2.

Cuando el DECS-100 se enciende después de una desconexión por sobretensión, el indicador de apagado de sobreexcitación se encenderá durante cinco segundos. La consigna de nivel de voltaje es ajustable de 0 a 250 Vcc. El tiempo de retardo de sobretensión de excitación se fija en 10 segundos.

Limitadores

Límite de sobre excitación

El Limite de sobre excitación (OEL), es cuando el nivel de corriente de campo aumenta por encima de la consigna de nivel de corriente ajustable, en el panel frontal del programa BESTCOMS se enciende un indicador por sobreexcitación, si la sobre excitación persiste durante la duración del tiempo de retardo de alarma ajustada por el usuario, la salida de relé en los terminales AL1 y AL2 cierra sus contactos.

Si la corriente de campo aumenta por encima del valor ajustado, en el panel frontal y en el programa BESTCOMS se enciende el indicador por sobre excitación la corriente de campo es limitada y obligados a seguir la curva de tiempo característico. La ventaja del control de límite de sobre excitación (OEL) es que proporciona un control directo de la corriente de campo al excitador sin depender del voltaje normal de regulador. Su desventaja es que no puede proporcionar una transición sin problemas dentro y fuera del límite.

Cuando el DECS-100 se enciende después de una parada provocada por sobreexcitación, el indicador de Limitación se encenderá durante cinco segundos.

El nivel de corriente es ajustable de 0 a 15 ADC El tiempo de retardo de la alarma es ajustable de 0 a 10 segundos.







Límite de sub – excitación.

Cuando el nivel de vars aumenta por encima del punto de ajuste, el panel frontal y el programa BESTCOMS encienden los indicadores de sub – excitación, si la condición persiste y llega a la condición calibrada para la duración de tiempo se enciende la alarma y se activa la salida en los terminales del relé (AL1-AL2).

Si la opción de apagado está habilitada, el DECS-100 se desactivará cuando el retardo de tiempo se cumpla para la condición de alarma, cuando se vuelva a encender la unidad luego de la parada por sub-excitación se encenderá el indicador por 5 segundos en el arranque.

La consigna de nivel "Var" es ajustable de 0 a 100% de los "Vars" nominales.

El nivel nominal var está determinado por la siguiente ecuación:

rated var level = $V_{AVG} \times I_B \times \sqrt{3}$

El valor de IB es el medido por medio del transformado de corriente de la fase respectiva, el tiempo de actuación de la alarma puede ser calibrado de 0 a 10seg.

Arranque Suave

El DECS-100 también incorpora una función de arranque suave ajustable que controla el tiempo para el voltaje del generador o corriente de campo al punto de ajuste de rampa. La velocidad de rampa es ajustable de 1 a 7200 segundos en incrementos de 1 segundo a través del programa BESTCOMS. La función de baja frecuencia también está activa durante arranque suave y tiene prioridad en el control de la tensión del generador en un esfuerzo para minimizar el sobrepaso de tensión. <u>Coincidencia de Tensión (Opcional)</u>

La coincidencia de voltaje es útil cuando las relaciones de los transformadores de potencial no son iguales. Por medio del programa BESTCOMS se puede programar la opción de los transformadores de potencial.

La opción de coincidencia tensión DECS-100 ajusta automáticamente la salida rms generador con el voltaje de barra rms. antes de la sincronización. El DECS-100 compara y coincide con la tensión del generador con el voltaje de barra mediante el ajuste de la corriente de excitación. El control de la tensión se activa cuando la entrada de tensión de la barra de carga y la del generador está dentro del 10% del rango de detección de entrada secundaria nominal del generador seleccionado.

La velocidad a la que el DECS-100 coincide con el nivel de entrada del generador con el nivel de entrada de la barra se controla por un ajuste de velocidad este ajuste se da de 1 a 300 segundos en incrementos de 0,01 segundos.

El control de la coincidencia de Tensión puede ser activado o desactivado desde el contacto VM Y VMC y el control puede también ser desactivado por el estado de las entradas de contacto DECS-100, en el programa BESTCOMS, o en las entradas de

contactos 52J / K, 52L / M, o ambas entradas de contacto se puede configurar para activar y desactivar el control de la tensión de coincidencia.

4.5. Instalación del regulador DECS-100

Conexiones

Las conexiones del regulador dependen del esquema de aplicación y de excitación de la máquina a controlar.

El uso cableado incorrecto para una aplicación dada puede resultar en daños a la unidad. Se debe verificar el diagrama de comportamiento de la unidad a controlar antes de realizar la puesta en marcha del equipo.

Figura 50: Gráfica de Regulador Decs-100 se identifica los puntos de conexión.



Fuente: www.basler.com Publicación: 9287500991 Revisión: M 02/15)



Figura 51: Diagrama de conexiones de Regulador Decs-100 se identifican los puntos de conexión.



4.5.1. Descripción de Terminales.

Figura 52: Terminales de Sensado de Voltaje de barra

Bus Voltage Phase	Terminal
А	B1
С	B3

Fuente: www.basler.com Publicación: 9287500991 Revisión: M 02/15)

Sensing	Generator Phase	Terminal
	Α	E1
3-Phase	В	E2
	С	E3
1 Dhase	Α	E1
I-Fnase	С	E2, E3

Figura 53: Terminales de Conexión de sensado de voltaje de Fases.

Fuente: www.basler.com Publicación: 9287500991 Revisión: M 02/15)

Figura 54: Terminales de Conexión para switch auxiliares de modos de control

DECS-100 Operating Mode	52L/M	52J/K	Generator Operating Mode
AVR mode active, no droop, optional var/PF mode disabled	Closed	Closed	Single unit/stand-alone
Droop mode active, optional var/PF mode disabled	Open	Closed	Paralleled to the utility grid (droop) or two or more generators islanded (droop or CCC)
Var/PF mode active	Open	Open	Paralleled to utility grid

Fuente: www.basler.com Publicación: 9287500991 Revisión: M 02/15)

4.5.2. Descripción de terminales:

- ➤ Terminales de sensado de corriente CT1 –CT2.
- Terminales de sensado de Voltaje de barra B1 y B3.
- Terminales de sensado de Voltaje E1-E2-E3
- Terminales de salida de Relay AL1 AL2.
- Terminales de salida de control Var/PF. 52J y 52K.
- > Terminales de Compensación de generador en paralelo.52L y 52M.
- Terminales de contactos a switch de control manual de Voltaje (Lower Raise) 6U, 6D y 7.
- Terminales de Alimentación de poder 3,4, y 5.
- > Terminales de entrada para accesorios A y B.
- Terminales de control para igualación de Voltaje VM y VMC
- ➤ Terminales de salida a Excitatriz F1+ y F2-.
- Terminal de punto de conexión de Tierra "GND"

4.5.3. Ajuste Preliminar.

Antes de arrancar el generador y DECS-100 por primera vez se deben seguir los siguientes pasos:

- Marcar y desconectar todos los cables a la DECS-100. Asegúrese de aislar los terminales de los cables para evitar que un cortocircuito.
- 2. Inicie el motor primario y realizar todos los ajustes del regulador del motor.
- Después de realizar todos los ajustes iniciales gobernador del motor, apague el motor primario.
- 4. Conecte solamente los DECS-100 terminales de entrada de alimentación a una fuente de alimentación auxiliar. antes de aplicar Potencia de funcionamiento DECS-100, tome las precauciones indicadas en Consideraciones de alimentación de funcionamiento durante la programación del DECS-100.
- Realizar todas las configuraciones de programación del regulador DECS-100 mediante la conexión de un PC que tenga implementado el programa BESTCOMS.
- 6. Apague el DECS-100.
- Conecte el resto de los terminales desconectados en el literal 1 usando la identificación de etiquetado.

- 8. Arranque el motor primario y realizar los ajustes finales en la velocidad y la carga nominal.
- 9. Después de la primera puesta en marcha, la DECS-100 no debe requerir más ajustes a menos que haya un cambio en el sistema.
- 10. Comprobación del funcionamiento de la unidad en vacío y con carga.

4.5.4. Consideraciones de alimentación Durante la Programación del

DECS-100.

Debido a su etapa de potencia modulada (PWM) por ancho de pulso, la entrada de potencia de funcionamiento DECS-100 tiene una cantidad sustancial de capacitancia y alta corriente de irrupción puede ser experimentado en DECS-100 al ponerlo en operación cuando se utiliza una fuente de alimentación estable. Al encender el DECS-100 para la programación hacerlo con una tensión no mayor que 120Vac, alta corriente de irrupción puede dañar la unidad. Por lo tanto, durante la programación, DECS-100 potencia de funcionamiento debe estar dentro del rango de 30 a 120 VCA (50/60 Hz).

Nota: En casos donde sea conveniente se puede aplicar una tensión de 24 Vdc para propósitos de programación, al programar el DECS-100 sin movimiento de la máquina primaria las conexiones a los terminales F + y F- de la excitación deben ser removidas momentáneamente.

Si es necesario para realizar la programación con potencia de funcionamiento aplicada 120 Vac se debe utilizar un limitador de corriente como una resistencia la cual debe estar conectada entre la fuente de poder y DECS-100. Una resistencia nominal de 20 ohmios y 20 vatios se pueden utilizar para limitar la corriente de entrada a un nivel seguro. Durante la duración de la corriente de "inrush" (alrededor de un ciclo), la resistencia absorberá la potencia.

Una vez que la irrupción ha pasado, el nivel de disipación de potencia de la resistencia será mínimo. Si se desea, un resistor 50 vatios 10 ohmios se puede utilizar en su lugar.

Figura 55: Conexión para la alimentación con un voltaje de 120 Vac y una resistencia para disipación de la corriente "inruhs".



Fuente: www.basler.com Publicación: 9287500991 Revisión: M 02/15)

Estas consideraciones especiales de operación deben ser observadas sólo durante la programación DECS-100.

Aplicaciones donde el DECS-100 se alimenta desde la salida del generador en paralelo a sus terminales (shunt) o una configuración de imanes permanentes (PMG) son válidos dentro de los límites indicados, en las sección de especificaciones, en aplicaciones donde se utiliza potencia de otra fuente o de la red pública para alimentar el DECS-100, la DECS-100 debe ser protegido por un módulo de reducción de corriente de irrupción (ICRM-7).



-B-

-C-

OUT

OUT

Terminals

IN

IN

Source

Figura 56: Conexión para la alimentación monofásica con un módulo de reducción de corrientes de irrupción.

Fuente: <u>www.basler.com</u> Published for the Basler Electric Power Systems Group #RSC-ICRM • May, 2005.

Figura 57: Conexión para la alimentación trifásica con un módulo de reducción de corrientes de irrupción.



Fuente: <u>www.basler.com</u> Published for the Basler Electric Power Systems Group #RSC-ICRM • May, 2005.

4.6. Software Bestcoms. INTRODUCCIÓN.

El software BESTCOMS TM es usado para programar una amplia gama de reguladores digitales de control de excitación de la marca Basler pero para cada "DECS" se tiene un software controlador diferente los mismos que permiten opciones de programación con distintas claves de acceso. Para el caso del "DECS-100" contamos con el programa Bestcom para Decs-100, con el cual podemos programar y controlar el regulador y adicionalmente es el cual proporciona el enlace de comunicación entre el DECS-100 y el usuario.

Todos los ajustes para la operación del regulador se introducen a través del programa BESTCOMS y todos los valores de medición son emitidos una vez por segundo y se leen a través del programa.

BESTCOMS permite al usuario establecer parámetros proporcionales, integrales y derivados adecuados, basados a un generador específico con constantes y tiempos de respuesta de control y excitación distintos. Los ajustes relazados en BESTCOMS a la unidad reguladora se pueden guardar en archivos de computadora y pueden ser utilizados más tarde para configurar otras unidades con la misma configuración.

4.6.1. Instalación.

Software BESTCOMS para el DECS-100 funciona con ordenadores personales y son compatibles con sistemas operativos de, IBM, Microsoft® Windows® XP, Vista y 7. Recomienda operativo los requisitos son los siguientes:

• PC compatible con IBM, 486DX2 o más rápido (se recomienda 100 MHz o microprocesador superior)

• Unidad de CD-ROM

• Un puerto serie disponible o una configuración de reconocimiento de puerto serial a USB.

Instalación BESTCOMS

En la adquisición de un regulador de voltaje digital "DECS" el proveedor de la misma, entrega el CD de instalación del programa Bestcoms en el cual se encuentra también los manuales de servicio.

Entre los pasos para la instalación del programa tenemos:

1. Inserte el CD-ROM en la unidad de CD-ROM del PC.

2. Cuando aparezca el menú de configuración y CD de documentación DECS-100, haga clic en el botón Instalar para el Programa PC BESTCOMS, la unidad de configuración instala automáticamente el programa BESTCOMS en su PC.

Cuando se instala BESTCOMS, se añade una carpeta Basler Electric para el menú del programa de Windows®. Se accede a la carpeta haciendo clic en el botón Inicio y seleccione Programas, la carpeta "Basler Electric" contiene iconos para el programa BESTCOMS-DECS100 y un icono de desinstalación para eliminar el programa BESTCOMS.

Figura 58: CD con archivos de programación Bestcom y Manual de uso de regulador "DECS".





Fuente: Los Autores.

4.6.2. Conexión del DECS-100 y PC.

Conecte un cable de comunicación entre la parte trasera del conector RS-232 del DECS-100 y el puerto de comunicación apropiada de la PC, también se suele utilizar un cable serial DB-9 y un adaptador de cable serial a "USB"

4.6.3. ARRANQUE BESTCOMS TM

El programa BESTCOMS se inicia haciendo clic en el botón Inicio de Windows®,

Luego se selecciona Programas, la carpeta Basler Electric y luego haciendo clic en el icono BESTCOMS-DECS100.



Figura 59: Pantalla inicial Bestcom DECS-100 versión 1.09.01

Fuente: Los Autores.

En la puesta en marcha se observa un cuadro de diálogo con el título del programa y el número de parte de la versión aparece brevemente. Después de este diálogo Se muestra el cuadro de la pantalla de configuración del sistema es visualizado.

Figura 60: Pantalla inicial Bestcom DECS-100 versión 1.09.01

BESTCOMS-DECS-100 - System Co	onfiguration
File Communications Screens [DECSLoad Tools Help
Configure Settings Gain	Analysis Protection Metering SendToDECS GetFromDECS PID EEPROM
System Settings	ALARM SIGNAL
Sensing Voltage	Regulator Sensing Voltage (V) Generator PT Ratio
C Three G Single Phase Phase	120
Limiter Mode	Generator CT Ratio
C None C OEL	Regulator Sensing Current (A)
Both C UEL	5 Bus PT Ratio
OEL Type	
	PC Windows Software DECS-100
Generator Frequency	1.09.01 x.xx.xx
○ 50 Hz ④ 60 Hz	Style Number
Setpoint Auto Save	DECS-100 -
⊙ Disable ⊂ Enable	VAR/PF Option Voltage Matching Option CT Input A) No Option B) VAR/PF 0) No Option 1) VM 1) 1 Amp 5) 5 Amp

Fuente: Los Autores.

4.6.4. Establecimiento de la comunicación.

La comunicación entre BESTCOMS y la DECS-100 debe ser establecida antes de verificar cualquier valor de medición o cambios en la configuración.

Para establecer comunicación se debe abrir el puerto de comunicación DECS-100 haciendo clic en Comunicaciones en la barra de menú, abrir puerto de comunicación y dar clic en RS-232 port, el siguiente cuadro de diálogo nos va a pedir el ingreso de la contraseña de ingreso, El decs-100 se libera o se acede con la contraseña "decs" la cual es una contraseña establecida por fabrica, seguida de la tecla enter.

Figura 61: Estableciendo comunicación con programa.

🖪 BE	STCOMS-DECS-100 - System	n Configuration
File	Communications Screens	DECSLoad Tools Help
	Open Comm Port	RS-232 Port
	Close Comm Port	Analysis Protection Metering
	Password Change	
S	ystem Settings	

Fuente: Los Autores.

Figura 62: Ingreso de contraseña de Fábrica "decs"

	BESTCOMS-DECS-100 - System Configuration				
File Comm	unication	s Screens	DECSLoad	Tools H	lelp
	Password letering				
Type your access Password and then press Enter					
Syster		decs	Cance	1	
Sensing Voltage Regulator Sensing Voltage					
C Three C Single 120		0			

Fuente: Los Autores.

Luego de ingresar la contraseña se debe seleccionar el puerto Comm por medio del cual se va a establecer comunicación, Comm 1, Comm 2, Comm 3 o etc....

Comm Port	-	-	-		
	Communicati	on Setting	js ———		
Comm Port	Baud Rate	Parity	Data Bits	Stop Bit	
10 ▼ 7 ▲ 9	Auto Detec	N	8	1	
10 11 12 13	<u> </u>	nitialize Cancel]		-

Figura 63: Escoger puerto comm de comunicación.

Fuente: Los Autores.

Debemos saber en nuestra PC en que puerto de comunicación está conectado nuestro cable de datos DB9 junto con el convertidor de RS-232 a puerto USB, para ello nos dirigimos a, Inicio, panel de control, sistema y seguridad, y en sistema ubicamos administrador de dispositivos y damos clic.

Figura 64: Escoger puerto comm de comunicación.



Fuente: Los Autores.

En la ventana de administrador de dispositivos ubicamos, puertos y verificamos en que puerto está conectado nuestro cable de datos, para el caso de nuestra conexión de ejemplo está conectado en el comm 10 (profilic USB-to-serial comm port comm 10)

Figura 65: Administrador de dispositivos puerto escogido en el ejemplo "comm 10"



Fuente: Los Autores.

Una vez establecida la comunicación entre el DECS y la PC tenemos la ventana de dialogo de comunicación establecida, en la cual ya podemos realizar los cambios que necesitemos según los parámetros de operación de nuestra unidad generadora.

Figura 66: Comunicación establecida entre DECS y programa.

BESTCOMS-DECS-100 - System C	onfiguration
File Communications Screens	DECSLoad Tools Help
Configure Settings Gain	Analysis Protection Metering Senan DECS GetFromDECS PID EEPROM
System Settings	ALARM SIGNAL
Sensing Voltage	Regulator Sensing Voltage (V) Generator PT Ratio
C Three C Single Phase Phase	120
Limiter Mode	Generator CT Ratio
C None C OEL	Regulator Sensing Current (A) 1
Goth ⊂ UEL	5 Bus PT Ratio
OEL Type	1
	Version Numbers PC Windows Software DECS-100
Generator Frequency	1.09.01 x.xxx xx
⊂ 50 Hz 📀 60 Hz	Style Number
Setpoint Auto Save	DECS-100 ·
	A) No Option B) VAR/PF Voltage Matching Option CT Input 0) No Option B) VAR/PF 0) No Option 1) VM 1) 1 Amp 5) 5 Amp

Fuente: Los Autores.

4.7. Ajustes de control de sistema

Los ajustes de configuración se organizan en seis grupos:

- Configuración del sistema
- Ajustes de Configuración
- Control de ganancia
- Análisis
- Protección / Relay
- Medición / Operación

Cada grupo de ajustes tiene un botón de la barra de herramientas correspondiente que se puede seleccionar para acceder a ese grupo de ajustes.

Los seis grupos de ajustes también se puede acceder haciendo clic en Pantallas en la barra de menú y luego seleccionando el grupo de ajustes que desee de la lista. Una vez que se accede a un grupo de ajustes, los ajustes individuales del grupo pueden ser cambiados.

Un ajuste se cambia haciendo clic dentro del campo de configuración y escribiendo el nuevo ajuste.

Los límites del rango de una configuración se pueden ver haciendo doble clic en el ajuste. Una vez que se han hecho todos los cambios de configuración deseados en una pantalla de grupo de ajustes, los ajustes deben ser grabados en la DECS antes de ver otras pantallas, de lo contrario, se perderán los cambios de configuración realizados.

Los ajustes cambios también pueden ser grabados en la DECS-100 haciendo clic el botón "Send To DECS". Los ajustes también se pueden enviar a la DECS-100 haciendo clic en Comunicaciones en la barra de menú y haciendo clic en Enviar a DECS, o pulsando la tecla enter después de establecer el nuevo valor..

4.7.1. Envío y recepción de datos de ajustes.

Cuando se habilita la comunicación, DECS-100 ajustes pueden ser enviados o recibidos a través BESTCOM.

Cuando la programación ha sido completada se debe esperar por lo menos 5 segundos antes de desconectar la fuente de poder, se puede también obtener los ajustes de configuración de la DECS haciendo clic en la barra de menú y luego hacer clic en obtener desde DECS.

Los ajustes se guardan en la memoria no volátil (EEPROM). En el caso de una pérdida de energía, estos son los ajustes que están activos en el encendido del equipo, si los ajustes se cambian y se envían al DECS-100, pero no son enviados a EEPROM, los ajustes modificados se pierden si se pierde la energía de funcionamiento DECS-100.

Al salir BESTCOMS o cerrar la comunicación, se le pregunta si desea guardar los ajustes en la EEPROM.

Esta pregunta se hace aun si no se realizaron cambios en la configuración.

Cuando se habilita la comunicación, los cambios de configuración se guardan en la memoria EEPROM haciendo clic en el botón EEPROM.

La oportunidad de guardar los ajustes a EEPROM también se da a través de un cuadro de diálogo al salir BESTCOMS o al cerrar la comunicación.

Después que de los ajustes se han guardado en la EEPROM, se debe esperar al menos cinco segundos antes de retirar la fuente de poder.

BESTCOMS-DECS-100 - System Co	onfiguration	
File Communications Screens	DECSLoad Tools Help	\sim
Configure Settings Gain	Analysis Protection Meteric SendToDE	CS GetFromDECS
System Settings	\sim	ALARM SIGNAL
Sensing Voltage	Regulator Sensing Voltage (V)	Generator PT Ratio
C Three & Single Phase & Phase	120	1
Limiter Mode		Generator CT Ratio
C None C OEL	Regulator Sensing Current (A)	1
	5	Bus PT Ratio
OEL Type		1
	PC Windows Software	DECS-100
Generator Frequency	1.09.01	8.300.300
⊂ 50 Hz @ 60 Hz	Style Number	
Setpoint Auto Save	DECS-100 ·	
	A) No Option B) VAR/PF Uption OJ No Option B) VAR/PF	hing Option CT Input ion 1) VM 1) 1 Amp 5) 5 Amp
L		

Figura 67: Teclas Send-to-DECS, Get from DECS y EEPROM

Fuente: Los Autores.

4.7.2. Configuración Del Sistema

Definiciones de ajustes.

En el programa Bestcoms cada uno de los seis grupos de ajuste tiene una pantalla correspondiente.

La pantalla de configuración del sistema se compone de una pestaña Configuración del sistema, haga clic en el botón "Configurar" para acceder a la pantalla de configuración del sistema o haga clic en Pantallas en la barra de menú y haga clic en Sistema luego en Configuración, entre los parámetros a configurar en esta ventana tenemos:

Sensado de Voltaje (Voltage Sensing).

Este ajuste se utiliza para configurar el DECS-100, ya sea para una sola fase o para sensado trifásico de la detección de voltaje.

BESTCOMS-DECS-100 - System Co	onfiguration
File Communications Screens D	DECSLoad Tools Help
Configure Settings Gain	Analysis Protection Metering SendToDECS GetFromDECS PID EEPROM
System Settings	ALARM SIGNAL
Sensing Voltage	Regulator Sensing Voltage (V) Generator PT Ratio
⊂ Three ⊙ Single Phase ⊙ Phase	120
Limiter Mode	Generator CT Ratio
C None C OEL	Regulator Sensing Current (A)
	Bus PT Ratio
OEL Type	
	PC Windows Software DECS-100
Generator Frequency	1.09.01 x.xx.xx
C 50 Hz 📀 60 Hz	Style Number
Setpoint Auto Save	DECS-100 ·
⊙ Disable ⊂ Enable	VAR/PF Option Voltage Matching Option CT Input A) No Option B) VAR/PF 0) No Option 1) VM 1) 1 Amp 5) 5 Amp

Figura 68: Ajuste de Sensado de Voltaje

Fuente: Los Autores.

Modo limitador.

Este ajuste activa y desactiva los limitadores de excitación:

- Sobreexcitación limitante (OEL)
- Subexcitación limitante (UEL)

Se los puede activar de forma independiente, ambos pueden estar habilitados o ninguno limitador puede estar habilitado.





Fuente: Los Autores.

Generador de frecuencia.

Este ajuste se utiliza para seleccionar una frecuencia nominal de funcionamiento del sistema de 50 hertz o 60 hertz.
Figura 70: Ajuste de Frecuencia.



Fuente: Los Autores.

Punto de ajuste Auto Save.

Cuando está función esta activada guarda automáticamente los cambios realizados en la memoria no volátil. Un cambio realizado en cualquier punto de ajuste (AVR, FCR, Var, o PF) es detectado y se inicia un conteo de tiempo de 10 minutos. ¿Cuándo el retardo de tiempo se cumple, el DECS-100 guarda automáticamente los valores de consigna en la memoria no volátil.

Cuando está función esta desactivada y se realizan cambios los cambios de consigna se deben guardar en la memoria no volátil haciendo clic en el botón de EEPROM.

2		
BESTCOMS-DECS-100 - System Co	nfiguration	
File Communications Screens D	ECSLoad Tools Help	
Configure Settings Gain	Analysis Protection Metering SendToDECS Ge	
System Settings		ALARM SIGNAL
Sensing Voltage	Regulator Sensing Voltage (V) - Ge	nerator PT Ratio
⊂ Three ⊙ Single Phase ⊙ Phase	120	1
Limiter Mode	Ge	nerator CT Ratio
C None C OEL	Regulator Sensing Current (A)	1
	5	s PT Ratio
OEL Type		1
Summing C Takeover Point C Style	Version Numbers PC Windows Software DECS	100
Generator Frequency	1.09.01	X.XX.XX
⊂ 50 Hz 🔎 60 Hz	Style Number	
Setpoint Auto Save	DECS-100 -	
© Disable 🔿 Enable	VAR/PF Option Voltage Matching Op A) No Option B) VAR/PF 0) No Option 1)	o <u>tion C^T Input</u> VM 1)1 Amp 5)5 Amp

Figura 71: Ajuste de Sensado de Modo Limitador (OEL - UEL)

Fuente: Los Autores.

Voltaje de Sensado del Regulador.

Punto de ajuste de la tensión de voltaje alterno generado nominal del generador, en este campo se coloca valores de tensión dentro de los rangos de 100 a 140 Vac, 200 a 280 Vac, o 400-560 Vac podrán introducirse en incrementos de 0,1 Vac. Un ajuste de 600 Vac también puede ser registrado.

Figura 72: Punto de Ajuste del Voltaje de sensado del regulador

BESTCOMS-DECS-100 - System	Configuration
File Communications Screens	DECSLoad Tools Help
Configure Settings Ga	in Analysis Protection Metering SendToDECS GetFromDECS PID EEPROM
System Settings	ALARM SIGNAL
Sensing Voltage	Regulator Sensing Voltage (V) Generator PT Ratio
C Three C Single Phase Phase	120
Limiter Mode	Generator CT Ratio
C None C DEL	Regulator Sensing Current (A)
● Both ● UEL	5 Bus PT Ratio
OEL Type	
☞ Summing C Takeover Point C Style	PC Windows Software DECS-100
Generator Frequency	
OUHZ (* 60 Hz	Style Number
Setpoint Auto Save O Disable C Enable	DECS-100 VAR/PF Option Voltage Matching Option CT Input A) No Option B) VAR/PF O) No Option 1) VM 1) 1 Amp 5) 5 Amp

Fuente: Los Autores.

Sensado de Corriente del Regulador

En este campo se configura la salida nominal del transformador de corriente (TC) que suministra el DECS-100 con la medición de la corriente de línea del generador medida en la fase B.

Este valor (1 o 5) debe introducirse manualmente para las unidades con una versión de firmware inferior a 1.12.01.

BESTCOMS-DECS-100 - System Co	onfiguration	
File Communications Screens E	DECSLoad Tools Help	
Configure Settings Gain	Analysis Protection Metering SendToD	ECS GetFromDECS PID EEPROM
System Settings		ALARM SIGNAL
Sensing Voltage	Regulator Sensing Voltage (V)	Generator PT Ratio
C Three read Single Phase	120	1
Limiter Mode		Generator CT Ratio
CNone COEL	Regulator Sensing Current (A)	
🛛 🕞 Both 🔿 UEL	5	-Bus PT Ratio
OEL Type		1
	Version Numbers	DECS-100
Generator Frequency	1.09.01	X.XX.XX
⊂ 50 Hz 📀 60 Hz	Style Number	
Setpoint Auto Save	DECS-100 -	
Disable C Enable	A) No Option B) VAR/PF 0 0 No 0	tching Option <u>CT Input</u> otion 1) VM 1) 1 Amp 5) 5 Amp

Figura 73: Punto de Ajuste del Voltaje de sensado del regulador

Fuente: Los Autores.

Números de versión.

Estos dos números sólo son de lectura los mismos que indican la versión del software BESTCOMS y la versión del DECS-100. Los números de versión sólo se muestran cuando la comunicación entre el DECS-100 y BESTCOMS se ha establecido.

BESTCOMS-DECS-100 - System (Configuration	
File Communications Screens	DECSLoad Tools Help	
Configure Settings Gair	Analysis Protection Metering SendToDE	CS GetFromDECS PID EEPROM
System Settings		ALARM SIGNAL
Sensing Voltage	Regulator Sensing Voltage (V)	Generator PT Ratio
C Three C Single Phase Phase	120	1
Limiter Mode		Generator CT Ratio
C None C OEL	Regulator Sensing Current (A)	1
● Both C UEL	5	Bus PT Ratio
OEL Type		
	Version Numbers	DECS-100
Generator Frequency	1.09.01	X.XX.XX
C 50 Hz 📀 60 Hz	Style Number	
Setpoint Auto Save	DECS-100 -	
Disable C Enable	VAR/PF Option A) No Option B) VAR/PF 0) No Opti	hing Option <u>CT</u> Input on 1) VM 1) 1 Amp 5) 5 Amp

Figura 74: Números de versión de Software

Fuente: Los Autores.

Número del estilo.

Los tres campos de número de estilo son solo de lectura e indican las características eléctricas y características operativas del DECS-100. Se muestra el número de estilo sólo cuando la comunicación entre se establece el DECS-100 y BESTCOMS, un detalle más amplio del número de estilo se dio en el capítulo 4.2.2.

BESTCOMS-DECS-100 - System Co	onfiguration			
File Communications Screens	DECSLoad Tools Help			
Configure Settings Gain	Analysis Protection Meteri	ng SendToDECS	GetFromDECS	PIDEEPROM
System Settings			• 7	ALARM SIGNAL
Sensing Voltage	Regulator Sensing Vol	tage (V)	Generator P	T Ratio
⊂ Three ⊂ Single Phase ⊂ Phase	120		1	
Limiter Mode		[Generator C	T Ratio
C None C OEL	Regulator Sensing Cu	rrent (A)	1	
Both C UEL	5		Bus PT Ratio	,
OEL Type			1	
Grave Summing C Takeover Point C Style Style	Version Numbers PC Windows Softwa	re DE	CS-100	
Generator Frequency	1.09.01		<u>- 2 32 32</u>	
Setpoint Auto Save	Style Number	Г		
• Disable • Enable	VAR/PF Option A) No Option B) VAR/P	Voltage Matching 0) No Option	<u>; Option</u> 1) VM 1) 1	CT Input Amp 5)5 Amp

Figura 75: Números de estilo de Regulador

Fuente: Los Autores.

Relación del transformador de Potencial del Generador (PT).

La relación del transformador de potencia del generador se introduce en este campo, esta relación permite que el voltaje que aparece a través del programa BESTCOMS coincida con la tensión de salida del generador real. La proporción de 1 a 150 se puede introducir en incrementos de 0,01.



Figura 76: Números de estilo de Regulador

Fuente: Los Autores.

Relación de Primario de Transformador de Corriente.(TC).

La relación del transformador de corriente del generador fase B se introduce en este campo de ajuste, esta relación permite que la corriente mostrada por el DECS-100 sea igual que la medida por el transformador de corriente de la fase B. Una relación de 1 a 3000 se puede introducir en incrementos de 0,1.



BESTCOMS-DECS-100 - System Co	onfiguration
File Communications Screens	DECSLoad Tools Help
Configure Settings Gain	Analysis Protection Metering SendToDECS GetFromDECS PID EEPROM
System Settings	ALARM SIGNAL
Sensing Voltage	Regulator Sensing Voltage (V) Generator PT Ratio
C Three G Single Phase Phase	120 1
Limiter Mode	Generator CT Ratio
C None C OEL	Regulator Sensing Current (A)
	5 Bus PI Kauo
OEL Type	
	PC Windows Software DECS-100
Generator Frequency	1.09.01 x.xx.xx
C 50 Hz 📀 60 Hz	Style Number
-Setpoint Auto Save	DECS-100 ·
Disable C Enable	VAR/PF Option Voltage Matching Option CT Input A) No Option B) VAR/PF 0) No Option 1) VM 1) 1 Amp 5) 5 Amp

Fuente: Los Autores.

Relación de transformador de potencial en barra (PT)

Este campo de ajuste se utiliza para ingresar la relación de transformación de detección de la barra principal de tensión (bus). Este punto de ajuste permite que la tensión de la barra se muestre a través del programa BESTCOMS. Una relación de 1 a 150 se puede introducir en incrementos de 0,01.

Figura	78:	Números	de	estilo	de	Regulado	r
rigura	10.	1 unit 05	uc	como	uc	Regulau	, 1

BESTCOMS-DECS-100 - System C	ionfiguration
File Communications Screens	DECSLoad Tools Help
Configure Settings Gain	Analysis Protection Metering SendToDECS GetFromDECS PID EEPROM
System Settings	ALARM SIGNAL
Sensing Voltage	Regulator Sensing Voltage (V) Generator PT Ratio
C Three @ Single Phase @ Phase	120
Limiter Mode	Generator CT Ratio
C None C OEL	Regulator Sensing Current (A)
	5 Bus PT Ratio
OEL Type	
	PC Windows Software DECS-100
Generator Frequency	1.09.01 x.xx.xx
○ 50 Hz	Style Number
Setpoint Auto Save	DECS-100 -
Disable C Enable	VAR/PF Option Voltage Matching Option CT Input A) No Option B) VAR/PF 0) No Option 1) VM 1) 1 Amp 5) 5 Amp
[L	(

Fuente: Los Autores.

4.7.3. Configuración de los ajustes

La pantalla de Ajustes (Cetinas) de Configuración consta de dos pestañas: Punto de

ajuste (Setpoint) y puesta en marcha (Startup).

Figura 79: Pantalla Puntos de ajuste

BESTCOMS-DECS-100 - Setting Adjustments	
File Communication Screens DECSLoad Tools Hel	p
Configure Settings Jain Analysis Protection M	Attering SendToDECS GetFromDECS PID EEPROM
Setpoint Startup	ALARM SIGNAL
Automatic Voltage Regulator (AVR)	Field Current Regulator (FCR)
AVR Setpoint (V)	FCR Setpoint (A)
Fine Voltage Adjustment	Reactive Power Control (VAR)
Band Setting (%)	Overexcited (+) VAR Setpoint (% of rated) Underexcited(-) 0
Droop	Power Factor Control (PF)
Setpoint (%)	Lagging (+) FF Setpoint

Fuente: Los Autores.

Punto de ajuste (Setpoint)

En los puntos de ajuste podemos configurar las siguientes condiciones de operación.

<u>Regulador automático de voltaje (AVR) – (AVR Setpoint) (</u>V).

Este campo ajuste se utiliza para introducir el voltaje terminal de salida del generador deseado. El rango de valores de AVR depende de la detección del voltaje terminal sensado y el ajuste de la banda.

BESTCOMS-DECS-100 - Setting Adjustments	
File Communications Screens DECSLoad Tools H	elp
Configure Settings Gain Analysis Protection	Metering SendToDECS GetFromDECS PID EEPROM
Setpoint Startup	ALARM SIGNAL
Automatic Voltage Regulator (AVR) AVR Selpoint (V) 120	Field Current Regulator (FCR)
Fine Voltage Adjustment Band Setting (%) 15	Reactive Power Control (VAR) Overexcited (+) VAR Selpoint (% of raled) Underexcited(-)
Droop Selpoint (%) 5	Power Factor Control (PF) Lagging (+) PF Selpoint Leading (-) 1

Figura 80: Punto de Ajuste de Voltaje Terminal automático.

Fuente: Los Autores.

Ajuste de tensión Fine - Marco Band (%).

El ajuste de la banda determina el mínimo y máximo punto de ajuste permitido al Regulador Automático de Voltaje (AVR) es un porcentaje del ajuste de voltaje terminal sensado del regulador, en la banda de Ajuste se introducen valores de porcentaje del voltaje de detectado en un rango de 0 a 15% en incrementos de 0,1%.

Figura 81: Punto de Ajuste de Voltaje Terminal automático.

BESTCOMS-DECS-100 - Setting Adjustments	
File Communications Screens DECSLoad Tools He	elp
Configure Settings Gain Analysis Protection	Metering SendToDECS GetFromDECS PID EEPROM
Setpoint Startup	ALARM SIGNAL
Automatic Voltage Regulator (AVR)	Field Current Regulator (FCR)
AVR Setpoint (V)	FCR Setpoint (A)
Fine Voltage Adjustment	Reactive Power Control (VAR)
Band Setting (%)	Overexcited (+) VAR Setpoint (% of rated) Underexcited(-)
Droop	Power Factor Control (PF)
Setpoint (%)	Lagging (+) PF Setpoint

Fuente: Los Autores.

Punto de ajuste de Caída en (%) Droop.

Este ajuste controla la función de compensación de caída reactiva del DECS-100. El valor del punto de ajuste determina la cantidad de cambio permitido en el punto de ajuste de tensión del generador cuando la DECS-100 responde a una carga reactiva, el valor de punto de ajuste es ajustable de 0 a 10% en incrementos de 0,01%. El punto de ajuste se basa en una carga de factor de potencia de 0,8.

🖹 BESTCOMS-DECS-100 - Setting Adjustments	x
File Communications Screens DECSLoad Tools Help	
Configure Settings Gain Analysis Protection Metering SendToDECS GelFromDECS PID EEP	ROM
Setpoint Startup • ALARM SIGN	NAL.
Automatic Voltage Regulator (AVR) Field Current Regulator (FCR)	
AVR Sepoint (V) 120 FCR Sepoint (A) 0.2	
Fine Voltage Adjustment Reactive Power Control (VAR)	
Band Setting (%) Underscrited (+) VAR Setpoint (% of rated) 15 Underscrited(-)	
Droop Power Factor Control (PF) Setpoint (%) 5	

Figura 82: Punto de Ajuste de Caída (Droop).

Fuente: Los Autores.

El regulador de corriente de campo (FCR) - FCR Setpoint (A).

Este ajuste define el punto de ajuste de corriente de campo cuando el equipo opera en modo manual. El punto de ajuste de regulación de corriente de campo (FCR) acepta un valor de 0 a 7 Adc en incrementos de 0.01 Adc.

Figura 83: Punto de Ajuste de regulación de corriente de campo.

BESTCOMS-DECS-100 - Se	tting Adjustments				- 0 - X
File Communications Screens DECSLoad Tools Help					
Configure Settings	Gain Analysis Pr	rotection Metering	SendToDECS	GetFromDECS	PID EEPROM
Setpoint	Startup			• 4	LARM SIGNAL
-Automatic Volta	ge Regulator (AV	R) Fiel	ld Current I	Regulator (F	CR)
AVR Setpoint (V) 120 FCR Setpoint (A) 0.2				ン	
Fine Voltage Adj	justment	Rea	ctive Power	Control (VA	(<i>R</i>)
Band Se	etting (%) 15	Overe Under	xcited (+)	R Setpoint (% of ra	ited)
Droop		Pow	ver Factor C	Control (PF)	
Setpoin	5	Lag Lea	ging (+) PF ding (-)	Setpoint	

Fuente: Los Autores.

Control de potencia reactiva (VAR) – Punto de Ajuste VAR (% del nominal).

El Punto de ajuste de VAR determina el nivel de vars de generador mantenido por el DECS-100 cuando se opera en modo de control de Var. Los valores de -100 a + 100 por ciento en incrementos de 1,0 por ciento se pueden introducir en el campo VAR Setpoint.

BESTCOMS-DECS-100 - Setting Adjustments				
File Communications Screens DECSLoad Tools Help				
Configure Settings Gain Analysis Protection	on Metering SendToDECS GetFromDECS PID EEPROM			
Setpoint Startup	ALARM SIGNAL			
Automatic Voltage Regulator (AVR)	Field Current Regulator (FCR)			
AVR Setpoint (V)	FCR Setpoint (A)			
Fine Voltage Adjustment Reactive Power Control (V/AR) Band Setting (%) Overexcited (+) VAR Setpoint (% of rated) 15 Underexcited (+) 0				
Droop	Power Factor Control (PF)			
Setpoint (%)	Lagging (+) PF Setpoint			

Figura 84: Punto de ajuste de control de potencia reactiva.

Fuente: Los Autores.

Control de Factor de Potencia (PF) - PF de consigna.

El Punto de ajuste del factor de potencia determina el nivel de factor de potencia del generador mantenido por el DECS-100 cuando se opera en el modo de control de Factor de Potencia. Los valores introducidos (PF setpoints) son ajustable -0,6 a -1 (1) o 0,6 a + 1 en incrementos de 0.001.

Figura 85: Punto de ajuste de control de factor de p	otencia.
--	----------

BESTCOMS-DECS-100 - Setting Adjustments	
File Communications Screens DECSLoad	Tools Help
Configure Settings Gain Analysis	Protection Metering SendToDECS GetFromDECS PID EEPROM
Setpoint Startur	ALARM SIGNAL
Automatic Voltage Regulator (A	VR) Field Current Regulator (FCR)
AVR Setpoint (V)	FCR Setpoint (A)
Fine Voltage Adjustment	Reactive Power Control (VAR)
Band Setting (%)	Overexcited (+) VAR Setpoint (% of rated) Underexcited(-) 0
Droop Setpoint [%] 5	Power Factor Control (PF) Lagging (+) Leading (-) PF Selpoint 1

Fuente: Los Autores.

Puesta en marcha

Opciones de configuración de parámetros de puesta en marcha de generador.

Figura 86: Punto de ajuste de puesta en marcha y tiempo calibrado de arranque suave de generación.

BESTCOMS-DECS-100 - Setting Adjustments	
File Communications Screens DECSLoad Tools Help	
Configure Settings Gain Analysis Protection Metering SendToD	DECS GetFromDECS PID EEPROM
Setpoint Startup Startup Control Underfrequency Setting Gen Solt Start Time (sec) 20 20 57 Stope (Volts/Hz) 1	ALARM SIGNAL Voltage Matching Speed (sec) 1 Disable by Contact

Fuente: Los Autores.

Control de Puesta en marcha de arranque suave del generador en segundos (seg).

Este ajuste define el tiempo de rampa de voltaje límite para el arranque suave del voltaje del generador. El tiempo de arranque suave minimiza rebasamiento del nivel de tensión del generador y se puede configurar de 1 a 7200 segundos en incrementos de 1 segundo.

- A		
Configure Settings Gain	Analysis Protection Metering Se	ndToDECS GetFromDECS PID EEPR
Setpoint	Startun	
Startup Control	Underfrequency Setting	Voltage Matching
20	Corner Frequency (Hz)	Speed (sec)
	57	1
		Disable by Contact
	Slope (Volts/Hz)	Disable by Contact © 52JK or 52LM © 52JK
	Slope (Volts/Hz)	Disable by Contact © 52JK or 52LM © 52JK Mode

Figura 87: Punto de ajuste Baja frecuencia, rodilla de frecuencia.

Fuente: Los Autores.



Figura 88: Punto de ajuste rodilla de frecuencia y pendiente voltios hertz.



Ajuste de baja frecuencia y rodilla de Frecuencia (Hz).

El ajuste de la rodilla de frecuencia define el valor de frecuencia mínimo en el cual el DECS-100 inicia su punto de operación de rampa de control proporcional voltios/hertz para ajustar tensión del generador dependiendo de la caída de frecuencia debida a la carga. Un valor de 40 a 65 hertz se puede introducir en este campo en incrementos 0,01 Hz.

Ajuste de Pendiente (Voltios / Hz).

Este ajuste proporciona una protección del generador en transientes de baja frecuencia debidas al ingreso de cargas bloque, por cada Hz que caiga, el voltaje se reducirá según el valor seteado por la rampa. Un ajuste de pendiente de 0 a 3,00 se puede introducir en incrementos de 0,01.

Para dar un ejemplo de la operación de la pendiente V/Hz, supongamos que la unidad está trabajando con un voltaje de generación de 480 Vac, y que la rampa esta seteada a un nivel de 2V/Hz, el punto de inicio de esta operación está definido por la rodilla de frecuencia en 57 Hz, desde este punto por cada 1Hz que reduzca por el ingreso de cargas bloque o eventos transitorios el voltaje de salida del generador se reducirá en relación a la rampa calibrada.

2* 480 /(56)= 17,14 Vac 480 - 17,14 = 462,85 Vac Será la caída de la tensión terminal hasta que se recupere nuevamente la frecuencia.

BESTCOMS-DECS-100 - Setting Ac	djustments	
File Communications Screens L	Analysis Protection Metering SendToE	DECS GetFromDECS PID EEPROM
Setpoint	Startup	ALARM SIGNAL
Gen Solt Start Time (sec)	Corner Frequency (Hz)	Speed (sec)
	Slope (Volts/Hz)	Disable by Contact 52/K of 52/K 52LM C 52/K
		C Maintain C Revert

Figura 89: Punto de ajuste de coincidencia de Voltaje (V. Matching).



Coincidencia de Tensión - velocidad (seg).

Este ajuste determina la rapidez con que la tensión del generador se ajusta por medio del DECS-100 para que coincida con la tensión de barra. El ajuste se puede realizar entre 1 y 300 segundos en 0.01 incrementos.

Figura 90: Punto de desactivación de coincidencia de Voltaje (V. Matching) por contactos 52J/K-52L/M.

BESTCOMS-DECS-100 - Setting Adju	stments	
File Communications Screens DEC	SLoad Tools Help	
Configure Settings Gain	Analysis Protection Metering SendTol	DECS GetFromDECS PID EEPROM
Setpoint	Startup	ALARM SIGNAL
Startup Control	Underfrequency Setting	Voltage Matching
Gen Soft Start Time (sec)	Corner Frequency (Hz)	Speed (sec)
	Slope (Volts/Hz)	Disable by Contact © 52/K or 52/K O 52/K
		C Maintain C Revert

Fuente: Los Autores.

Coincidencia de Tensión - Desactivar por contacto.

Este ajuste selecciona la entrada de los contactos del regulador DECS-100 utilizados para desactivar la opción de coincidencia de voltaje, si se lo requiere realizar con cualesquiera de los contactos 52J/K y 52 L/M o solamente por el contacto 52 J/K.

BESTCOMS-DECS-100 - Sett	ng Adjustments	
File Communications Scree	ns DECSLoad Tools Help	
Configure Settings	Gain Analysis Protection Metering Send	ToDECS GetFromDECS PID EEPROM
Setpoint	Startup	ALARM SIGNAL
Gen Soft Start Time (sec)	Underfrequency Setting	Voltage Matching
20	Corner Frequency (Hz)	Speed (sec)
	Slope (Volts/Hz)	Disable by Contact © 52JK or 52LM © 52JK
		Mode C Maintain C Revert

Figura 91: Modo de operación de coincidencia de Tensión.

Fuente: Los Autores.

Modo de Coincidencia de Tensión.

El modo de activación de coincidencia de tensión puede mantener o revertir la acción de coincidencia de tensión, es decir el valor de consigna del DECS-100 se mantiene en el nivel de voltaje de barra incluso después de que el generador ha sido desconectado de la red cuando está en la condición (maintain), por otro lado al escoger la opción revertir (revent) retorna al punto de ajuste de voltaje pre-establecido.

4.7.4. Control de ganancia

La pantalla Control de ganancia nos permite configurar los rangos de estabilidad, controles proporcional, integral y derivativo de la regulación automática de voltaje y la regulación de corriente de campo, las ganancias de la operación en VAR/PF y los limites por sobre y baja excitación.

BESTCOMS-DECS-100 - Control Ga	ain		_ C <mark>_ X</mark>
File Communications Screens D	ECSLoad Tools Help		
Configure Setting Gain	Analysis Protection Metering	SendToDECS GetFromDECS	PID EEPROM
Control Gain		• A	LARM SIGNAL
Stability Range	VAR/PF	OEL/UEL	
AVR/FCR Proportional Gain KP 80	PF Integral Gain KI	DEL Integral Gain 10 DEL Loop Gain Kg 10	
Integral Gain Kl 20 KD <= Derivative Gain => TD 5 0 4VR <= Loop Gain Kg =>FCR 50 100	VAR <= Loop Gain Kg =>1	UEL Integral Gain UEL Integral Gain UEL Loop Gain Kaj 10	KI

Figura 92: Modo de operación de coincidencia de Tensión.

Fuente: Los Autores.

Rango de Estabilidad.

Este ajuste selecciona uno de 20 rangos de estabilidad preestablecidas dentro de la DECS-100. Una guía para seleccionar el rango de estabilidad se proporciona en la Tabla siguiente.

Un ajuste de 21 en el rango de estabilidad permite realizar los ajustes a través de la ventana PID de BESTCOMS. Cuando el rango de estabilidad se fija en 21, el botón PID se puede seleccionar para acceder a la ventana PID de configuración. Un ajuste de la gama de estabilidad de 1 a 20 desactiva el botón PID y no permite el acceso a la ventana PID.

Generator	Time Co	onstants	Stability
Size	Generator (T'do)	Exciter (Texc)	Range
SMALL	1.0	0.17	1
•	1.5	0.25	2
	2.0	0.33	3
	2.5	0.42	4
	3.0	0.50	5
	3.5	0.58	6
	4.0	0.67	7
	4.5	0.75	8
	5.0	0.83	9
	5.5	0.92	10
	6.0	1.00	11
	6.5	1.08	12
	7.0	1.17	13
	7.5	1.25	14
	8.0	1.33	15
	8.5	1.42	16
	9.0	1.50	17
	9.5	1.58	18
*	10.0	1.67	19
LARGE	10.5	1.75	20

Figura 93: Tabla de rangos ajustables de estabilidad establecidos por el fabricante.

Fuente: <u>www.basler.com</u>



Figura 94: Control de Ganancia para VAR/PF.



AVR / FCR - Ganancia Integral KI.

Este ajuste selecciona el parámetro constante de estabilidad integral (KI). El DECS-100 suministra un valor que es equivalente a KI multiplicado por la integral del error entre el punto seteado de voltaje y la salida de voltaje actual del generador. Los valores de KI van desde 0,01 a 1000 se pueden introducir en incrementos de 0,01.

El aumento del valor de KI disminuye el tiempo requerido para alcanzar el estado estacionario.

AVR / FCR - Ganancia Derivativa KD.

Este ajuste selecciona el parámetro de constante de estabilidad derivativa (KD). El DECS-100 proporciona un valor de salida que es equivalente a KD multiplicado por la derivada del error entre el punto de ajuste de tensión y la tensión de salida real del generador. Los valores de Kd de 0 a 1000 pueden ser ingresados incrementos de 0,01.

El aumento del valor de KD reduce el tiempo de respuesta transitoria.

AVR / FCR, Ganancia de tiempo derivativo TD.

Elimina los efectos del ruido sobre la diferenciación numérica. Un valor de 0 a 1 puede ser ingresado en incrementos de 0,01. Valores típicos TD intervalo de 0,01 a 0,03.

AVR / FCR - AVR <= Lazo de Ganancia (Loop Gain) Kg => FCR.

Esta opción permite ajustar el nivel de ganancia de bucle del algorítmo PID. Los valores de ganancia de bucle de 0 a 1000 se pueden introducir para el funcionamiento AVR y FCR en incrementos de 0,01.

VAR / PF - PF Integral Gain KI.

Esta configuración permite ajustar la ganancia integral y determina la característica de la respuesta dinámica DECS-100 a un ajuste PF cambiado. Valores PF KI de 0 a 300 podrán formularse incrementos de 0,01.

VAR / PF - Var <= Loop Gain Kg => PF.

Esta opción permite ajustar el nivel de ganancia de bucle o lazo del algorítmo PI para VAR o control de Factor de Potencia. Los valores de ganancia de bucle de 0 a 300 se pueden introducir para el funcionamiento var y factor de potencia en incrementos de 0,01.

Figura 95: Control de ganancia para el límite de sobre y baja excitación.

BESTCOMS-DECS-100 - Control Gai	n	
File Communications Screens DE	CSLoad Tools Help	
Configure Settings Gain	Analysis Protection Meteri	ng SendToDECS GetFromDECS PID EEPROM
Control Gain		ALARM SIGNAL
Stability Range	VAR/PF	
AVR/FCR Proportional Gain KP 80	PF Integral Gain KI	OEL Integral Gain KI
Integral Gain KI	VAR <= Loop Gain Kg	=>PF-1
AVR <= Loop Gain Kg =>FCR 50 100		UEL Loop Gain Kg

Fuente: Los Autores.

OEL / UEL - OEL Integral Gain KI.

Este ajuste controla la velocidad a la que el DECS-100 responde durante un evento de sobreexcitación. Valores de KI de 0 a 300 se pueden introducir en incrementos de 0,01.

OEL / UEL - OEL Loop Gain Kg.

Esta opción permite ajustar el nivel de ganancia de lazo del algorítmo PID para la función de limitación por sobreexcitación. Los valores de ganancia de bucle de 0 a 300 se pueden introducir en incrementos de 0,01.

OEL / UEL - UEL Integral Gain KI.

Este ajuste controla la velocidad a la que el DECS-100 responde durante un evento subexcitación. Valores de KI de 0 a 300 se pueden introducir en incrementos de 0,01.

OEL / UEL - UEL Loop Gain Kg.

Esta opción permite ajustar el nivel de ganancia de lazo del algorítmo PID para la función de limitación por subexcitación. Los valores de ganancia de bucle de 0 a 300 se pueden introducir en incrementos de 0,01.



Figura 96: Pantalla de análisis de parámetros de generación.

Fuente: Los Autores.

4.7.5. Ventana de Análisis

Haga clic en el botón de análisis o haga clic en Pantallas en la barra de menú y haga clic en Análisis para ver la pantalla de Análisis.

La pantalla de análisis consta de cuatro pestañas: VAR, PF, AVR, y FCR. Cada una de las pantallas contiene cuatro valores medidos de detección y tiene seis indicadores de señal de alarma. Los valores medidos de detección incluyen Vrms (tensión eficaz), Ifd (corriente de campo dc), potencia reactiva (VAR), y el factor de potencia (PF).

Indicadores de señal de alarma incluye sobreexcitación Limite, subexcitación Limite, Sobretensión de Generador, pérdida de sensado de Generador, baja frecuencia, y apagado por sobreexcitación.



Figura 97: Pantalla de protecciones del generador.

Fuente: Los Autores.

Se aprecia en la gráfica las protecciones por los parámetros de Sobre voltaje y el rango en % que puede ser calibrada la protección, el tiempo de respuesta y si se activa condiciones de alarma o de apagado de la unidad.

De la misma forma se aprecia la protección por sobre voltaje de campo establecida por un nivel máximo de voltaje DC, y la condición de registro de la alarma que puede ser una condición de alarma o una condición de apagado de la unidad. La protección de pérdida del voltaje de sensado nos da la opción de apagado del regulador o transferir la regulación de corriente de campo de manera manual si estuviese el equipo acoplado a esa función, el tiempo de activación de la alarma se puede setear en segundos y la condición de apagado se puede habilitar.

BESTCOMS-DECS-100 - Protection Settings	- 0 X
File Communications Screens DECSLoad Tools Help	
Configure Settings Gain Analysis Protection Metering SendToDECS GetFromDECS	PID EEPROM
Protection Limiter A	LARM SIGNAL
OEL Current Level (A) 1 Alarm Time Delay (sec) 10	
UEL VAR Level (%) 10 Alarm Time Delay (sec) 10 C Disable	

Figura 98: Pantalla limitantes de sobre y baja Excitación.

Fuente: Los Autores.

Puntos de ajuste de límite de sobre corriente de excitación (OEL) y límite de baja excitación debidos a la variación del nivel de los VAR en porcentajes, tiempo de actuación de la alarma en segundos y opción de apagado de la unidad.

R BESTCOMS-DECS-100 - M	letering. Operation and	Alarms	
File Communications Sci	reens DECSLoad Too	ols Help	
Configure Settings	Gain Analysis Pro	tection Metering SendToDEC	CS GetFromDECS PID EEPROM
Operation	Alarm/Status	5 •	ALARM SIGNAL
Gen Voltage (V) Vab Vcb Vcb Vca Vca Vavg 0	Power VA 0 W 0 Var 0 PF 0	Bus Voltage (V) Vbus Field Voltage (V) Vfd Field Current (A) Ifd 0	Setpoint Voltage (V) Current (A) 240 0.2 VAR (% Nom) PF 0 1 Voltage Matching 0 0.5
Gen Current (A) Ib 0 Gen Frequency (Hz) Freq 0	Phase Angle (Degree) VI 0 Aux DC Input (V) Vacc 0	Regulator Output (%)	Control Mode

Figura 99: Pantalla limitantes de sobre y baja Excitación.

Fuente: Los Autores.

Pantalla de parámetros de monitoreo de Voltajes de Generación, corriente de la fase

"B", frecuencia de generación, Potencia activa, reactiva y aparente, factor de potencia, voltaje de barra, voltaje y corriente de devanado de campo.

Figura 100: Pantalla de estado de alarmas, estado de control de entradas de interruptores.

BESTCOMS-DECS100 - Metering, Operation and Alarms
Ele <u>Communications</u> Screens <u>D</u> ECSLoad <u>H</u> elp
Configure Settings Gain Analysis Protection Metering SendToDECS GetFromDECS PID EEFRON
Operation Alarm/Status Protection Alarms
Overexcitation Shutdown Overexcitation Limiting Overexcitation Limiting Overexcitation Limiting Overexcitation Limiting Overexcitation Limiting Overexcitation Limiting
Control Status VAB/PF Mode Active ON Manual Mode Active
Switch Status

Fuente: Los Autores.

Podemos ver en la pantalla los estados de alarmas por sobre y baja excitación, sobre voltaje, baja frecuencia, perdida de voltaje de sensado, en la ventana intermedia los controles de los estados de los modos VAR/PF y modo manual, en la ventana inferior el estado de los switch 52J/K, 52L/M y VM.

CAPITULO V

Diseño y Construcción del Banco de Pruebas

5.1. Propósito del diseño.

El propósito del diseño y construcción del tablero para banco de pruebas de generadores síncronos trifásicos se lo realiza con la finalidad de dar a conocer una de las aplicaciones de la electricidad, la electrónica y la informática, en el control del proceso de sistemas de generación de energía eléctrica, a través de componentes electrónicos modernos para la obtención estable del voltaje terminal en los generadores síncronos trifásicos del laboratorio y con ello realizar pruebas dinámicas del comportamiento de las máquinas y reforzar la materia de Máquinas Eléctricas II.

Figura 101: Diseño de Tablero principal de Banco de Pruebas.



Fuente: Los Autores.

El tablero se diseñó con una disposición netamente didáctica y con dispositivos de seguridad ante sobrecargas o disparos por cortocircuitos no deseados para preservar la integridad física de los estudiantes y docentes como medida primordial y luego la seguridad de los componentes del banco.

El banco de pruebas fue construido en segmentos dividida su estructura metálica en dos partes, la mesa de trabajo y el tablero eléctrico con los componentes, los segmentos son fácilmente desmontables para que sea de fácil traslado en caso de

movilizaciones a largas distancias (fuera de las instalaciones del pabellón de la universidad) y adicionalmente la mesa cuenta con ruedas para movilización del banco de pruebas a cortas distancias dentro del pabellón del área técnica de la universidad.

5.1.1. Detalle de materiales.

La estructura del tablero fue fabricada por tubo cuadrado de 1 ½" x 2mm de espesor en hierro negro y plancha lisa de 3mm de espesor en hierro negro los demás componentes utilizados los detallamos a continuación.

Cantidad	Medida	Descripción
2	u	Breaker para riel din Sneider 3x32A, 220vac
1	u	Regulador de voltaje Basler DECS-100
1	u	Juego de harnees para conexión de Regulador
1	u	Fuente de voltaje 120vac/ 24vdc, 10A
		Selector de 3 posiciones manija larga con
1	u	retorno
4	u	Selectores de 2 posiciones manija corta
1	u	Medidor de energía trifásico 220vac
4	u	Transformadores de corriente 60/5A
5	u	Luces pilotos color verde, 220vac
1	u	Luces pilotos color rojo, 220vac
6	u	Focos pilotos 220vac
22	u	Porta fusibles para riel Din
9	u	Fusibles tipo cartucho 16A
5	u	Fusibles tipo cartucho 6A
6	u	Fusibles tipo cartucho 5A
6	u	Fusibles tipo cartucho 4A
4	u	Fusibles tipo cartucho 2A
1	u	Voltímetro analógico 96x48mm VDC
1	u	Amperímetro analógico 96x48mm VDC
1	u	Switch trifásico de 32A, para caja
1	u	Clavija hembra sobrepuesta trifásica 32A
2	u	Clavija macho colgante trifásica 32A
1	u	Tablero metálico 30x40x16cm con fondo falso
1	u	Juego de marquilla de números
1	u	Juego de marquilla de letras
1	u	Caja rectangular
		Tomacorriente doble polarizado 120vac para
1	u	caja
100	u	Terminales CALL TEST
40	u	Borneras para riel din # 16-10
2	m	Cinta espiral fina
3	m	Cable concéntrico 4x12 AWG
1	m	Riel omega
100	u	Amarras plásticas de 10cm

1	u	Cpu 120vac para computadora.
1	u	Pantalla de 14" 120vac
1	u	Teclado compacto inalámbrico
1	u	Plancha de hierro negro lisa de 3mm
3	u	Tubo cuadrado de 40x40mm
4	u	Garruchas giratorias con freno, de 3"
8	u	Pernos cabeza de coco de 5/16" x 2" completos
6	m	Ángulo de hierro negro de 1 1/4"
5	m	Ángulo de aluminio de 1"
3	1	Pintura anticorrosiva gris
2	1	Pintura esmalte beige
2	1	Pintura esmalte negro
		Construcción de estructura, construcción de
1	u	plancha perforada, masillada y pintada

5.1.2. Dimensiones del diseño

Figura 102: Diseño de mesa en autocad con sus medidas.



Fuente: Los Autores

Figura 103: Diseño de mesa en autocad con sus medidas.



Fuente: Los Autores.

5.1.3. Construcción de banco de Pruebas.



Figura 104: Tablero para banco de pruebas de la máquina sincrónica.

Fuente: Los Autores

La parte inicial del proceso fue llevada a cabo en un taller de metalmecánica donde se realizó la construcción estructural de la mesa y el tablero con las medidas acordadas según plano realizado en autocad.

Figura 105: Impresión de lona a escala 1:1 a color para ser usado como plantilla en la marcación de elementos en la plancha de tablero para banco de pruebas.



Fuente Los Autores.

Se procedió con la impresión del diseño del banco de pruebas con todos sus elementos en una lona debido a que este material no se estira considerablemente y nos pueda servir de plantilla con la escala correcta para realizar todas las perforaciones para el montaje de los distintos componentes en el banco.

Se realiza el montaje y la marcación de lona a escala sobre estructura de tablero para realizar procedimiento de marcado de la ubicación de todos los componentes para realizar las respectivas perforaciones.



Figura 106: Montaje de lona como plantilla para realizar perforaciones.

Fuente: Los autores

Figura 107: Colocación de los componentes para verificar dimensiones antes de proceder con la marcación.



Fuente: Los autores

Se realizó medición física de los componentes del banco y comparación de los componentes con las medidas a escala para evitar errores en las perforaciones.

Una vez marcada la ubicación de las perforaciones se realizó las respectivas perforaciones calados y cortes con plasma para colocar y asegurar los componentes en el banco.

Figura 108: Perforaciones realizadas en tablero para banco de pruebas.



Fuente: Los Autores.

Teniendo realizadas todas las perforaciones y absolutamente el montaje de todos los seguros y platinas para montaje de las rieles de los breaker y fusibles, cajón de teclado, platinas soldadas para montaje de monitor, todos los trabajos de soldadura realizados, se procede a realizar los trabajos de pintura color beige y negra en las respectivas bases de mesa y tablero.

Figura 109: Trabajos de pintura realizados en tablero para banco de pruebas.



Fuente: Los Autores.

Proceso de pintado a soplete de tablero para banco de pruebas con pintura sintética color beige.



Figura 110: Impresión de vinil definitivo a escala para banco de pruebas.

Fuente: Los Autores.

Una vez realizado el proceso de pintura y secado de la misma se procedió a realizar el pegado del vinil transparente sobre la parte frontal del tablero debido a que las perforaciones fueron hechas bajo la plantilla de lona, todas las perforaciones coinciden exactamente con las líneas del dibujo realizado.



Figura 111: Proceso de pegado de vinil en banco de pruebas.

Fuente: Los Autores.

Pegado de lámina de vinil transparente impresa a colores, líneas de conexión con su respectiva nomenclatura e identificación de banco de pruebas.



Figura 112: Parte frontal del tablero de banco de pruebas.

Fuente: Los Autores.

Tablero para banco de pruebas pintado y pegado la lámina de vinil para su respectiva ubicación de elementos.



Figura 113: Montaje de componentes y cableado de banco de pruebas.

Fuente: Los Autores.



Figura 114: Montaje de componentes y cableado de banco de pruebas.

Fuente: Los Autores.

Figura 115: Pruebas de alimentación de componentes y programación de equipos.



Fuente: Los Autores.

Figura 116: Conexión y pruebas de funcionamiento en laboratorios de la universidad.



Fuente: Los Autores.

Conexión e instalación de banco en los laboratorios de la universidad energizándolo a una fuente de alimentación trifásica de 220vac, pruebas y conexiones de la máquina sincrónica con motor de laboratorio de máquinas.

Se realizó prueba de operación, energizando a banco de pruebas desde una fuente de alimentación de 220 VAC para el funcionamiento de los componentes del banco tales como computadora, fuente de corriente directa para la alimentación de tarjeta de control y elementos de medición (analizador de redes).

Se acoplo una máquina de corriente alterna para que trabaje como motor primario y por medio de un acoplamiento flexible, arrastre a la máquina sincrónica Hampden SM-300 a una velocidad constante y poder realizar las pruebas de la misma como generador, se realiza conexión desde líneas de salida de fases de generador (U_V_W_X_Y_Z) y líneas de control de excitación (F1+; F2-) y llevándolas al banco de pruebas con sus respectivas protecciones. Los detalles de la puesta en marcha se analizan en el siguiente capítulo.

5.1.4. Descripción Técnica de los componentes del banco.

Los componentes del banco de pruebas utilizados fueron escogidos bajo un criterio técnico comercial, enfocado en el beneficio para la universidad, los estudiantes y docentes que van a hacer uso del banco de pruebas, siendo así que la mayoría de los componentes se los encuentra en el mercado local y serian de fácil adquisición en caso de una reposición necesaria de los mismos.

A continuación detallamos los elementos incluidos en el banco de pruebas.

Sistema digital de Control de Excitación Basler DECS-100, debido a que este es un componente principal de control del banco de pruebas se le dedico el capítulo IV, donde se incluyó los rangos de especificación según información del fabricante, características técnicas, conexiones utilizadas, programación y demás datos operativos y funcionales de la unidad.





Fuente: Los Autores.

Tarjeta electrónica Basler con su respectivo CD de instalación.

Figura 118: Terminal Jack para panel (Cal Test).



Características:	
Marca:	Cal Test.
Voltaje:	600-1000V.
Dimensión:	Esparrago con rosca M4, con 2
	tuercas hexagonales.
Materiales:	Cuerpo de Poliamida (Nylon); Jack
	y tuerca: latón, níquel.
Colores disponibles:	Amarillo, azul, rojo, negro, verde,
	violeta, blanco, negro, café.

Fuente: Distribuidor de cal test

Medidor de energía DM 6200

Característica:	
Marca:	Schneider Electric.
Pantalla:	led 3 filas, de 7 segmentos, 4 dígitos.
Medición:	voltaje trifásico 3ø (RMS).
	Corriente trifásica 3ø (RMS).
Alimentación:	240V AC.
Dimensión:	96mm x 96mm

Figura 119: Medidor de energía DM 6200



Fuente: Distribuidor Schneider.





Fuente: Distribuidor Schneider.

Figura 121: Parte posterior de medidor de energía DM 6200.



Fuente: Distribuidor Schneider.

Medidor de panel digital utilizado como voltímetro digital monofásico DC.

Característica:

Marca:	Sélec.
Pantalla:	led de 7 segmentos, 3 dígitos.
Medición:	voltaje monofásico 1ø (RMS).
Alimentación:	240V AC.
Dimensión:	48mm x 96mm
Protección:	IP65

Figura 122: Voltímetro digital MV15.



Fuente: Distribuidor Selec.

Medidor de panel digital utilizado como amperímetro digital monofásico DC.

Característica:	
Marca:	Selec.
Pantalla:	led de 7 segmentos. 4 dígitos.
Medición:	corriente monofásica 1ø (RMS), CT primario o derivación.
Alimentación:	120V AC.
Dimensión:	48mm x 96mm.
Protección:	IP65

Figura 123: Amperímetro digital MA12.



Fuente: Distribuidor Selec.

Base porta fusible Camsco. Figura 124: Base Porta Fusible



Marca: Medidas: Rango de fusible: Voltaje: Montaje: Camsco. 10mm x 38mm. 1, 2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32A. máximo 500V. riel din 35mm, simétrico.

Fuente: www.selectautomation.net
Cinta espiral para cable.

Marca:	Schneider electric.
Medidas:	4, 6, 10, 12, 15,19, 24mm.
Color:	blanco, negro, transparente.
Montaje:	base adhesiva.
Material:	nylon.

Figura 125: Cinta Espiral para cable.





Fuente: www.selectautomation.net

Base adhesiva para amarras plásticas.

Figura 126: Base Adhesiva para amarras plásticas.



Material: Medidas:

Color:

Aplicación:

nylon y pegamento adhesivo. HA 101 (21x21mm) y HA 102 (28x28mm). blanco y negro. soportar peso de cable solo o envuelto en cinta espiral.

Fuente: www.selectautomation.net

Prensa-estopas plásticas PG. Figura 127: Prensa Estopas.



Material: Medidas: 29, PG 42. Color: Protección: manufacturados en nylon. PG 9, PG 11, PG 13.5, PG 16, PG

blanco y negro. IP 68.

Fuente: www.selectautomation.net

CAPITULO VI

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Se realiza el desglose de prácticas a implementar en el banco de pruebas de regulación de voltaje terminal de generadores síncronos trifásicos, por medio de un sistema digital de control de excitación.

6.1.GUIA DE PRÁCTICAS PARA PRUEBAS CON BANCO PARA CONTROL DE VOLTAJE TERMINAL.

PRÁCTICA 1: Normas de seguridad del banco de pruebas.

PRÁCTICA 2: Reconocimiento de componentes del banco.

PRÁCTICA 3: Determinacion de los parámetros modelo de la máquina síncrona.

PRÁCTICA 4: Comunicación Sistema Digital de Control de Excitación con PC.

PRÁCTICA 5: Configuracion de parámetros con programa Bestcoms para controlar Voltaje terminal de máquina síncrona Hampden SM-300.

PRÁCTICA 6: Máquina síncrona operando como generador en conexión estrella

PRÁCTICA 7: Máquina síncrona operando como generador en conexión delta.

PRÁCTICA 8: Pruebas de operación de máquina síncrona Hampden SM-300 con carga RESISTIVA en conexión delta y estrella.

PRÁCTICA 9: Pruebas de operación de máquina síncrona Hampden SM-300 con carga INDUCTIVA en conexión delta y estrella.

PRÁCTICA 10: Pruebas de operación de máquina síncrona Hampden SM-300 con carga CAPACITIVA en conexión delta y estrella.

6.2. PRÁCTICA 1.

Normas de seguridad del banco de pruebas.

6.2.1. DATOS INFORMATIVOS

- > MATERIA: Máquinas Eléctricas II
- PRÁCTICA Nº 1
- > NÚMERO DE ESTUDIANTES: 6
- > NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo
- > **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

6.2.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Normas de seguridad del Banco de Pruebas.

6.2.3. OBJETIVOS

<u>General</u>

Establecer normativas de seguridad a seguir durante la realización de prácticas con los equipos instalados en el banco de pruebas.

Específicos.

Cuidar la integridad física de estudiantes y docentes estableciendo normativas de utilización de los componentes del banco de pruebas.

6.2.4. MARCO TEÓRICO

- Descripción de la operación de los componentes implementados en el banco de pruebas.
- ➢ Las cinco reglas de oro de la electricidad.

6.2.5. MARCO PROCEDIMENTAL

- Familiarizarse con los componentes implementados en el banco de pruebas.
- > Tomar correctivos en caso de observar posibles condiciones inseguras.
- Verificar el punto de conexión de la toma de tierra.
- Verificar el estado de los conductores del cable de alimentación principal.

Verificar que los fusibles colocados estén acorde a la capacidad requerida para la protección de los componentes.

6.2.6. RECURSOS UTILIZADOS

- > Banco de Pruebas para el control digital de voltaje terminal
- Cables de conexión del laboratorio.
- Inspección Visual de componentes

6.2.7. ANEXOS.

- Catálogos de los equipos implementados en el tablero emitidos por el fabricante.
- Diagrama de banco de pruebas.

6.2.8. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

6.2.9. Representación Gráfica de Banco de Pruebas Para Regulación de Voltaje Terminal de Generadores Síncronos Trifásicos.

Figura 128: Banco de Pruebas Para Regulación de Voltaje Terminal de Generadores Síncronos Trifásicos.



Fuente. Los Autores

Figura 129: Banco de Pruebas Para Regulación de Voltaje Terminal de Generadores Síncronos Trifásicos.



Fuente. Los Autores

6.2.10. NORMAS DE SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS

- ➢ No realizar actos inseguros con los elementos del banco.
- > Prevenir de acciones inseguras a terceros en casos que se puedan determinar.
- Realizar inspección visual del equipo sin energía eléctrica tanto por el frente y por la parte posterior del mismo antes de llevar a cabo cualquier práctica.
- Si se desconoce la práctica a realizar "pregunte" no tome decisiones sin pleno conocimiento de la operación.
- Debido a que las prácticas implican maquinarias en movimiento realizar de manera correcta los acoplamientos entre motor primario y generador.
- Observar que las guardas de seguridad de los equipos en movimiento estén colocadas.
- Cualquier anomalía o comportamiento incorrecto de los elementos del banco debe ser reportada.
- No limitarse a observar la seguridad de los componentes del banco sino también del entorno del laboratorio en el que se encuentren.
- No utilice cables de conexión deteriorados.
- No manipule ninguno de los elementos del banco de control de voltaje terminal con las manos mojadas.
- Prevenir de desconexión involuntaria de los conductores del banco, asegúrese que los cables estén absolutamente bien conectados.

6.2.11. NORMAS DE SEGURIDAD DENTRO DEL LABORATORIO

- Prohibido el ingreso de alimentos al laboratorio.
- No realizar operaciones desconocidas no autorizadas o no consultadas con el docente.
- Prohibido el ingreso de personas ajenas a la materia dictada

6.2.12. CUESTIONARIO

¿Indique que seguridad se debe tener con los elementos del banco en orden de prioridad?

¿Indique los pasos a seguir ante un evento inesperado de corto circuito?

¿Por qué no se debe usar cables o conectores en mal estado?

¿Indique la importancia del punto de conexión de tierra?

¿Explique las diferencias entre electrización y electrocución?

¿Explique las cinco reglas de oro de la electricidad?

6.2.13. PROYECTO:

Evaluar y cotizar la instalación de los elementos utilizados en el banco de pruebas para control del voltaje terminal.

6.3.PRÁCTICA 2.

Reconocimiento de componentes del banco.

6.3.1. DATOS INFORMATIVOS

- > MATERIA: Máquinas Eléctricas II
- PRÁCTICA N° 2
- > NÚMERO DE ESTUDIANTES: 6
- > NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo
- > **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

6.3.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Reconocimiento de componentes del banco.

6.3.3. OBJETIVOS

<u>General</u>

Conocer los componentes del banco de pruebas y familiarizarse con la operación de cada uno de ellos.

Específicos.

- Identificar en orden de prioridad la importancia de los componentes del banco.
- > Conocer la operación de los componentes del banco de pruebas.
- Realizar las respectivas pruebas de funcionamiento según especificaciones del fabricante.

6.3.4. MARCO TEÓRICO

- Funcionamiento de cada dispositivo.
- Normas de seguridad de un laboratorio.
- > Formatos para registro de valores experimentales.
- > Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

6.3.5. MARCO PROCEDIMENTAL

- Revisar, analizar y comprender el correspondiente diagrama del banco de pruebas.
- Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.
- Verificar el correcto funcionamiento de los elementos, Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.
- Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.
- Establecer conclusiones y recomendaciones de la práctica.

6.3.6. RECURSOS UTILIZADOS

- Banco de Pruebas para el control digital de voltaje terminal
- Cables de conexión del laboratorio.
- Inspección Visual de componentes
- Instrumentos de medición de Tensión, corriente y potencia.
- > Tablas de protocolos de mantenimiento de componentes.
- Uso de una carga resistiva, inductiva y capacitiva para la toma de datos para la comparación de los valores de corriente y potencia.

6.3.7. TABLAS DE REGISTRO DE RESULTADOS.

Tabla 1. Protocolo Mantenimiento Preventivo para contactores.

Tabla 2. Protocolo Mantenimiento Preventivo para clavija trifásica 1.

Tabla 3. Protocolo Mantenimiento Preventivo para cables

Tabla 4, Protocolo Mantenimiento Preventivo para clavija trifásica 2.136

Tabla 5. Protocolo Mantenimiento Preventivo para porta fusibles.

Tabla 6. Protocolo Mantenimiento Preventivo para fuente de voltaje.

Tabla 7. Protocolo Mantenimiento Preventivo para voltímetro DC

Tabla 8. Protocolo Mantenimiento Preventivo para amperímetro DC

Tabla 9. Protocolo Mantenimiento Preventivo para modulo electrónico.

- Tabla 10. Protocolo Mantenimiento Preventivo para breaker
- Tabla 11. Protocolo Mantenimiento Preventivo para luz piloto 1.
- Tabla 12. Protocolo Mantenimiento Preventivo para luz piloto 2.
- Tabla 13. Protocolo Mantenimiento Preventivo para analizador de red.
- Tabla 14. Protocolo Mantenimiento Preventivo para selector 1.
- Tabla 15. Protocolo Mantenimiento Preventivo para selector 2.
- Tabla 16. Protocolo Mantenimiento Preventivo para cpu.
- Tabla 17. Protocolo Mantenimiento Preventivo para monitor.
- Tabla 18. Protocolo Mantenimiento Preventivo para ups.
- Tabla 19. Protocolo Mantenimiento Preventivo para teclado.
- Tabla 20. Protocolo Mantenimiento Preventivo para tomacorriente.
- Tabla 21. Protocolo Mantenimiento Preventivo para cable de datos DB9.
- Tabla 22. Protocolo Mantenimiento Preventivo para cable de datos RS232
- Tabla 23. Protocolo Mantenimiento Preventivo para conectores.
- Tabla 24. Protocolo Mantenimiento Preventivo para transformadores de corriente.
- Tabla 25. Protocolo Mantenimiento Preventivo para mesa y tablero.
- Tabla 26. Protocolo Mantenimiento Preventivo cable de conexión.
- Tabla 27. Protocolo Mantenimiento Preventivo para caja metálica.
- Tabla 28. Protocolo Mantenimiento Preventivo para regleta.

6.3.8. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

6.3.9. BIBLIOGRAFÍA

- Manuales de servicio digitalizados Schneider, (recibidos en la adquisición de los componentes y entregados en memoria técnica)
- Manuales de servicio Basler, (recibidos en la adquisición de los componentes y entregados en memoria técnica)

6.3.10. CUESTIONARIO

¿Indique que seguridad se debe tener con los elementos del banco en orden de prioridad?

¿Indique los pasos a seguir ante un evento inesperado de corto circuito?

¿Por qué no se debe usar cables o conectores en mal estado?

¿Indique la importancia del punto de conexión de tierra?

¿Explique las diferencias entre electrización y electrocución?

¿Explique las cinco reglas de oro de la electricidad?

6.3.11. PROYECTO:

Investigar los tipos de sistemas de generación de energía existentes.

Tabla 1: Protocolo Mantenimiento Preventivo para contactores.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR								
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES							
EOI	<u>PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR.</u> UIPO / CONTACTOR / Schneider / 32 Amp.	EVENTIVO			FECHA :			
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE BOBINAS Y CONTACTOS (CONTINUIDAD) PRUEBA DE TENSIÓN A BOBINA								
ITEM	VARIABLE	MEDICION / FLUKE 87V		DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES			
1	BOBINAS DEL CONTACTOR	240V	60%		ENCLAVAMIENTO OK			
2	CONTACTOS DE FUERZA	ACEPTABLE	10%					
3	CONTACTOS AUX NC	ACEPTABLE	10%					
4	CONTACTOS AUX NO	ACEPTABLE	10%					
5	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	10%					
	RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DI DISF	E OPER POSITIN 100%	ATIVIDAD DEL VO:	REALIZADO POR :			
	RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO	RECII	BIDO P	OR :	APROBADO POR :			

Tabla 2: Protocolo Mantenimiento Preventivo para clavija trifásica 1.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAY	AQUIL / LABORA	TORI	O DE MOTORES	S Y GENERADORES		
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
EQUIPO / CLAVIJA TRIFÁSICA / LEGRAND FECHA :							
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE CONTINUIDAD							
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FLU 87V	JKE	DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES		
1	PUNTO DE CONEXIÓN R	ACEPTABLE	25%				
2	PUNTO DE CONEXIÓN S	ACEPTABLE	25%				
3	PUNTO DE CONEXIÓN T	ACEPTABLE	25%				
4	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	25%				
	RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZADO POR : DISPOSITIVO: 100%					
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIB	IDO P	OR :	APROBADO POR :		

Tabla 3: Protocolo Mantenimiento Preventivo para cables.

INCENTERIA ELECTRICA / SEDE CUAVAQUIL /LARORATORIO DE MOTORES V.CENERADORES							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUA				I GENERADORES		
EOI	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR				FECHA		
EQUIPO / CABLE CONCENTRICO 4X12 / INCABLE FECHA:							
ITEM	VARIABLE	MEDICION / FLUKE 87V		DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES		
1	CONDUCTOR A	ACEPTABLE	25%				
2	CONDUCTOR B	ACEPTABLE	25%				
3	CONDUCTOR C	ACEPTABLE	25%				
4	CONDUCTOR D	ACEPTABLE	25%				
5							
	RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE DISP	OPER OSITIV 100%	ATIVIDAD DEL VO:	REALIZADO POR :		
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIE	BIDO P	OR :	APROBADO POR :		

Tabla 4: Protocolo Mantenimiento Preventivo para clavija trifásica 2.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUA		IORI	O DE MOTORES	Y GENERADORES		
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	EVENTIVO					
EQU	JIPO / CLAVIJA TRIFASICA / LEGRAND				FECHA :		
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE CONTINUIDAD							
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FLU 87V	UKE	DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES		
1	PUNTO DE CONEXIÓN R	ACEPTABLE	25%				
2	PUNTO DE CONEXIÓN S	ACEPTABLE	25%				
3	PUNTO DE CONEXIÓN T	ACEPTABLE	25%				
4	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	25%				
5							
	RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE DISP	OPER OSITI 100%	ATIVIDAD DEL VO:	REALIZADO POR :		
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIE	BIDO P	POR :	APROBADO POR :		

 Tabla 5: Protocolo Mantenimiento Preventivo para porta fusibles.

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR								
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAY	AQUIL / LABORA	TORI	O DE MOTORES	Y GENERADORES				
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	EVENTIVO							
EQU	JIPO / PORTA FUSIBLES CAMSCO / 10*38m	m.			FECHA :				
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE CONTINUIDAD / INSPECCION VISUAL									
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FLU 87V	JKE	DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES				
1	ESTADO DE LOS BORNES	ACEPTABLE	50%						
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	50%						
3									
4									
5									
	RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZADO POR : DISPOSITIVO: 100%							
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIB	IDO P	OR :	APROBADO POR :				

Tabla 6: Protocolo Mantenimiento Preventivo para fuente de voltaje.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR									
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUA	YAQUIL / LABORA	TORI	O DE MOTORES	S Y GENERADORES				
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EQU	UIPO / FUENTE DE VOLTAJE DC /120-240 Va	ac/ 24 Vdc SIEMEN	5		FECHA:				
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE VOLTAJE DC / INSPECCIÓN VISUAL									
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FL 87V	UKE	DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES				
1	PRUEBA DE TENSIÓN	ACEPTABLE	50%						
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	50%						
3									
4									
5									
	RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZADO POR : DISPOSITIVO: 100%							
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECII	BIDO P	POR :	APROBADO POR :				

Tabla 7: Protocolo Mantenimiento Preventivo para voltímetro DC

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR								
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUA	YAQUIL / LABORA	TORI	O DE MOTO	ORES	Y GENERADORES		
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	REVENTIVO				-		
EQU	UIPO / VOLTÍMETRO DC / SELEC					FECHA :		
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE TENSIÓN DC MEDIDA								
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FLU 87V	JKE	DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES		
1	PRUEBA DE TENSION	ACEPTABLE	50%					
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	50%					
3								
4								
5								
	RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZADO POR DISPOSITIVO: 100%						
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIE	BIDO P	POR :		APROBADO POR :		

 Tabla 8: Protocolo Mantenimiento Preventivo para amperímetro DC

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUA	YAQUIL / LABORA	TORI	O DE MOTORES	S Y GENERADORES		
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	REVENTIVO					
EQU	JIPO / PRUEBA DE CORRIENTE DC / SELEC	2			FECHA:		
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE CORRIENTE MEDIDA							
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FL 87V	UKE	DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES		
1	PRUEBA DE CORRIENTE	ACEPTABLE	50%				
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	50%				
3							
4							
5							
	RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO: 100%					
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIE	BIDO P	OR :	APROBADO POR :		

Tabla 9: Protocolo Mantenimiento Preventivo para módulo electrónico.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUA	YAQUIL / LABORA	TORI	O DE MOTORE	S Y GENERADORES		
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	EVENTIVO					
EQU	JIPO / SISTEMA DE CONTROL DE EXCITA	<u> CIÓN – DECS-100 /</u>	' BASL	ÆR	FECHA :		
PRUEBA REALIZADA: PRUEBA DE OPERACIÓN Y COMUNICACIÓN.							
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FLU 87V	UKE	DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES		
1	PRUEBA DE COMUNICACIÓN	ACEPTABLE	40%				
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	20%				
3	PRUEBA DE OPERACIÓN	ACEPTABLE	40%				
4							
5							
	RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZADO POR : DISPOSITIVO: 100%					
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIE	BIDO P	POR :	APROBADO POR :		

 Tabla 10: Protocolo Mantenimiento Preventivo para breaker

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUA	YAQUIL / LABORA	TORI	O DE MOTORE	S Y GENERADORES		
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	EVENTIVO					
EQU	UIPO / BREAKER DE 3 POLOS 32 AMP / SCH	INEIDER.			FECHA:		
PRUEBA	REALIZADA: PRUEBA DE CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FLU 87V	JKE	DIAGNÓSTICO	O OBSERVACIONES		
1	PRUEBA DE CONTINUIDAD	ACEPTABLE	50%				
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	50%				
3							
4							
5							
	RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZADO POR : DISPOSITIVO: 100%					
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIB	SIDO P	POR :	APROBADO POR :		

Tabla 11: Protocolo Mantenimiento Preventivo para luz piloto 1.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUA	YAQUIL / LABORA	TORI	O DE MOTORE	S Y GENERADORES		
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	EVENTIVO					
EQU	JIPO / INDICADOR PILOTO VERDE / SCHN	EIDER. /240 VAC			FECHA:		
PRUEBA REALIZADA: PRUEBA DE ALIMENTACION ENCENDIDO / APAGADO							
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FLU 87V	JKE	DIAGNÓSTICO) OBSERVACIONES		
1	ENCENDIDO	ACEPTABLE	40%				
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	20%				
3	PRUEBA DE OPERACIÓN	ACEPTABLE	40%				
4							
5							
	RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZADO POR : DISPOSITIVO: 100%					
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIB	SIDO P	POR :	APROBADO POR :		

Tabla 12: Protocolo Mantenimiento Preventivo para luz piloto 2.

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAY	AQUIL / LABORA	ΓORI	O DE MO	DTORES	Y GENERADORES		
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	EVENTIVO						
EQU	JIPO / INDICADOR PILOTO ROJA / SCHNE	IDER. /240 VAC				FECHA :		
PRUEBA	REALIZADA: PRUEBA DE ALIMENTACION	ENCENDIDO / APA	GADO)				
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FLU 87V	KE	DIAGNO	ÓSTICO	OBSERVACIONES		
1	ENCENDIDO	ACEPTABLE	40%					
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	20%					
3	PRUEBA DE OPERACIÓN	ACEPTABLE	40%					
4								
5								
	RECOMENDACIONES: PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZADO POR : DISPOSITIVO: 100%							
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIB	IDO P	OR :		APROBADO POR :		

Tabla 13: Protocolo Mantenimiento Preventivo para analizador de red.

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA	/ SEDE GUAYAQUIL / LA	ABORAT	ORIO DE MOTORES	Y GENERADORES			
P	ROTOCOLO DE MANTENIN	MIENTO PREVENTIVO						
INSTR	UMENTACIÓN / ANALIZAI	OOR DE RED / SCHNEID	ER DM62	00	FECHA :			
PRUEBA R	EALIZADA: REGISTRO DE N	IEDICIONES DE VOLTAJ	ES GENER	ADOS CONECTADOS	A UNA CARGA INDUCTIVA			
COMPARAI	DOS CON ANALIZADOR DE	REDES FLUKE 1735.						
ITEM	VARIABLE	COMPARACIÓN C	CON	DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES			
		ANALIZADOR FLUK	E 1735					
1	VOLTAJE RMS V12	ACEPTABLE	5%					
2	VOLTAJE RMS V23	ACEPTABLE	5%					
3	VOLTAJE RMS V31	ACEPTABLE	5%					
4	VOLTAJE RMS V1-N	ACEPTABLE	5%					
5	VOLTAJE RMS V2-N	ACEPTABLE	5%					
6	VOLTAJE RMS V3-N	ACEPTABLE	5%					
7	AMPERAJE RMS A1	ACEPTABLE	5%					
8	AMPERAJE RMS A2	ACEPTABLE	5%					
9	AMPERAJE RMS A3	ACEPTABLE	5%					
10	L1° PHASE 1	ACEPTABLE	5%					
11	L2° PHASE 2	ACEPTABLE	5%					
12	L3° PHASE 3	ACEPTABLE	5%					

13	A1° PHASE 1 EN GRADOS	ACEPTABLE	5%			
14	A2° PHASE 1 EN GRADOS	ACEPTABLE	5%			
15	A3° PHASE 1 EN GRADOS	ACEPTABLE	5%			
16	AMPERAJE NEUTRAL N	ACEPTABLE	5%			
17	FACTOR DE POT PF1	ACEPTABLE	5%			
18	FACTOR DE POT PF2	ACEPTABLE	5%			
19	FACTOR DE POT PF3	ACEPTABLE	5%			
20	COMUNICACION	ACEPTABLE	5%			
REC	COMENDACIONES:	PORCENTAJE DE OPER	RATIVIDA	D DEL DISP	OSITIVO:	REALIZADO POR :
		100%				
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		REC	IBIDO PC	OR:		APROBADO POR :

 Tabla 14: Protocolo Mantenimiento Preventivo para selector 1.

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAY	YAQUIL / LABORA	TORI	O DE MOTORES	S Y GENERADORES			
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	EVENTIVO						
EQU	JIPO / SELECTOR DE DOS POSICIONES / O	N - OFF			FECHA :			
PRUEBA	REALIZADA: PRUEBA DE CONTINUIDAD							
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FLU 87V	MEDICIÓN / FLUKE 87V DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES			
1	PRUEBA DE CONTINUIDAD	ACEPTABLE	50%					
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	50%					
3								
4								
5								
RECOMENDACIONES: PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZADO POR : DISPOSITIVO: 100%								
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIE	BIDO P	POR :	APROBADO POR :			

Tabla 15: Protocolo Mantenimiento Preventivo para selector 2.

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAY	YAQUIL / LABORA	TORI	O DE MO	DTORES	Y GENERADORES		
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	EVENTIVO						
	JIPO / SELECTOR DE TRES POSICIONES C	ON RETORNO				ГЕСНА :		
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FL 87V	UKE	DIAGNO	ÓSTICO	OBSERVACIONES		
1	PRUEBA DE CONTINUIDAD	ACEPTABLE	50%					
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	50%					
3								
4								
5								
RECOMENDACIONES: PORCENTAJE DE O DISPOS 100				ATIVIDA VO:	AD DEL	REALIZADO POR :		
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO RECIBIDO POR : A					APROBADO POR :			

Tabla 16: Protocolo Mantenimiento Preventivo para CPU.

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES						
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	EVENTIVO					
EQU	UIPO / CPU				FECHA :		
PRUEBA	REALIZADA: PRUEBA DE OPERCION Y RES	SPUESTA CON PRO	GRAM	IA DE DECS			
ITEM	VARIABLE	INSPECCIÓN FUNCIONAL		DIAGNÓSTIC	CO OBSERVACIONES		
1	PRUEBA DE OPERACIÓN	ACEPTABLE	50%				
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	50%				
3							
4							
5							
RECOMENDACIONES: PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZADO POR : DISPOSITIVO: 100%							
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIB	IDO P	OR :	APROBADO POR :		

Tabla 17: Protocolo Mantenimiento Preventivo para monitor.

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUA	YAQUIL / LABORA	TORI	O DE MO	DTORES	Y GENERADORES		
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	REVENTIVO				l ~		
EQU	UIPO / MONITOR DE 14,5" / AOC					FECHA :		
PRUEBA	A KEALIZADA: PRUEBA DE OPERACION		т					
ITEM	VARIABLE	FUNCIONAL	(DIAGN	ÓSTICO	OBSERVACIONES		
1	PRUEBA DE OPERACIÓN	ACEPTABLE	50%					
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	50%					
3								
4								
5								
RECOMENDACIONES: PORCENTAJE DE OPER DISPOSITIV 100%				ATIVIDA VO:	AD DEL	REALIZADO POR :		
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO RECIBIDO POR : APROBADO POR						APROBADO POR :		

 Tabla 18: Protocolo Mantenimiento Preventivo para UPS

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUA	AQUIL / LABORA	TORI	O DE MOTORES	S Y GENERADORES			
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	EVENTIVO						
EQU	JIPO / UPS / THOR				FECHA :			
PRUEBA	REALIZADA: PRUEBA DE OPERACIÓN Y R	EACCION ANTE CO	RTE I	DE ENERGIA				
ITEM	VARIABLE	INSPECCIÓN FUNCIONAL		DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES			
1	PRUEBA DE OPERACIÓN	ACEPTABLE	40%					
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	20%					
3	REACCION ANTE CORTE DE ENERGIA	ACEPTABLE	40%					
4								
5								
RECOMENDACIONES: PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZADO POR : DISPOSITIVO: 100%								
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIB	IDO P	OR :	APROBADO POR :			

Tabla 19: Protocolo Mantenimiento Preventivo para teclado.

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR								
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAY	AQUIL / LABORA	TORI	O DE MO	OTORES	Y GENERADORES			
EO	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR UIPO / TECLADO INALÁMBRICO / LOGITE	<u>EVENTIVO</u> CH				FECHA :			
PRUEBA	A REALIZADA: PRUEBA DE OPERACIÓN CON	N PC							
ITEM	VARIABLE	INSPECCIÓN FUNCIONAL	1	DIAGN	ÓSTICO	OBSERVACIONES			
1	PRUEBA DE OPERACIÓN	ACEPTABLE	40%						
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	20%						
3	REACCIÓN ANTE CORTE DE ENERGÍA	ACEPTABLE	40%						
4									
5									
RECOMENDACIONES: PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZAD DISPOSITIVO: 100%					REALIZADO POR :				
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO RECIBIDO POR : APROBADO POR :						APROBADO POR :			

Tabla 20: Protocolo Mantenimiento Preventivo para tomacorriente.

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUA	YAQUIL / LABORA	TORI	O DE MOTORES	S Y GENERADORES			
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	EVENTIVO			1			
EQU	JIPO / TOMACORRIENTE LEVINTONG				FECHA:			
PRUEBA	REALIZADA: PRUEBA DE CONTINUIDAD Y	OPERACIÓN						
ITEM	VARIABLE	MEDICION / FLU 87V	JKE	DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES			
1	PRUEBA DE CONTINUIDAD	ACEPTABLE	40%					
2	PRUEBA DE OPERACIÓN	ACEPTABLE	20%					
3	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	40%					
4								
5								
RECOMENDACIONES: PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZADO POR : DISPOSITIVO: 100%								
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIE	BIDO P	POR :	APROBADO POR :			

Tabla 21: Protocolo Mantenimiento Preventivo para cable de datos DB9.

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUA	YAQUIL / LABORA	TORI	O DE MOTORES	Y GENERADORES			
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	REVENTIVO						
EQU	UIPO / CABLE DE DATOS DB9 A dealizada : deliera de oderación con	J PC V DECS			FECHA :			
ITEM	VARIABLE	INSPECCIÓN FUNCIONAL	1	DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES			
1	PRUEBA DE OPERACIÓN	ACEPTABLE	40%					
2	PRUEBA DE COMUNICACIÓN	ACEPTABLE	20%					
3	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	40%					
4								
5								
RECOMENDACIONES: PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZADO POR : DISPOSITIVO: 100%								
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO RECIBIDO POR : APROBADO POR :								

Tabla 22: Protocolo Mantenimiento Preventivo para cable de datos RS232.

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR							
	INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUA	AQUIL / LABORA	TORI	O DE MC	DIORES	Y GENERADORES		
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PR	EVENTIVO						
EQU	JIPO / CABLE DE DATOS RS232 SERIAL A	USB / MANHATTAN	1			FECHA:		
PRUEBA	REALIZADA: PRUEBA DE OPERACIÓN CON	NPC Y DECS						
ITEM	VARIABLE	INSPECCIÓN FUNCIONAL	INSPECCIÓN FUNCIONAL DIAGNÓSTICO			OBSERVACIONES		
1	PRUEBA DE OPERACIÓN	ACEPTABLE	40%					
2	PRUEBA DE COMUNICACIÓN	ACEPTABLE	20%					
3	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	40%					
4								
5								
RECOMENDACIONES: PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL REALIZADO POR : DISPOSITIVO: 100 %								
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIB	IDO P	POR :		APROBADO POR :		

 Tabla 23: Protocolo Mantenimiento Preventivo para conectores.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR										
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES										
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO										
EQU	JIPO / CONECTORES CAL TEST	FECHA :								
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FLUKE 87V		DIAGNÓSTIC	CO OBSERVACIONES					
1	PRUEBA DE CONTINUIDAD	ACEPTABLE	40%							
2	VERIFICACIÓN DE ROSCAS A TERMINALES	ACEPTABLE	20%							
3	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	40%							
4										
5										
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO: 100%			L REALIZADO POR :					
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :					

Tabla 24: Protocolo Mantenimiento Preventivo para transformadores de corriente.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR										
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES										
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO										
EQUIPO / IKANSFORMADORES DE CORRIENTE IC / CAMISCO 60 A 5 Amp FECHA : PRUEBA REALIZADA: PRUEBA DE OPERACIÓN										
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FLUKE 355		DIAGNÓSTICO	O OBSERVACIONES					
1	PRUEBA DE OPERACIÓN	ACEPTABLE	40%							
2	PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDICIÓN	ACEPTABLE	20%							
3	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	40%							
4										
5										
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO: 100%			REALIZADO POR :					
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :					
Tabla 25: Protocolo Mantenimiento Preventivo para mesa y tablero.

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES									
EO	UIPO / ESTRUCTURA DE MESA Y TABLERO			FECHA :					
PRUEBA	PRUEBA REALIZADA : RIGIDEZ ESTRUCTURAL / INSPECCIÓN VISUAL ESTETICA								
ITEM	VARIABLE	INSPECCIÓN VISU	JAL	DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES			
1	ESTRUCTURA SUPERIOR DE TABLERO	ACEPTABLE	15%						
2	ESTRUCTURA DE MESA	ACEPTABLE	15%						
3	TABLA DE MESA	ACEPTABLE	10%						
4	CAUCHO ESPANDIBLE	ACEPTABLE	10%						
5	RUEDAS	ACEPTABLE	10%						
6	PINTURA	ACEPTABLE	10%						
5	SOLDADURA	ACEPTABLE	10%						
6	VINIL	ACEPTABLE	10%						
7	PERFILES DE ALUMINIO	ACEPTABLE	10%						
	RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE O	DE LA	REALIZADO POR :					
		ESTRU							
		1							
	DEGDONG A DI E DEL DIA ONÓGETICO								
	RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO	RECIBIDO POR : APROBADO POR :							

Tabla 26: Protocolo Mantenimiento Preventivo cable de conexión.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR										
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES										
EOI	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					FECHA				
PRUEBA REALIZADA: PRUEBA DE CONTINUIDAD										
ITEM	VARIABLE	MEDICIÓN / FL 87V	UKE	DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES				
1	PRUEBA DE CONTINUIDAD	ACEPTABLE	40%							
2	AISLAMIENTO	ACEPTABLE	20%							
3	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	40%							
4										
5										
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO: 100%			REALIZADO POR :					
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIBIDO POR :			APROBADO POR :					

Tabla 27: Protocolo Mantenimiento Preventivo para caja metálica.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR								
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES								
	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
EQU	UIPO / CAJA DE MONTAJE DE REGULADO	R DECS-100			FECHA :			
PRUEBA	REALIZADA: INSPECCION VISUAL	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	_	T				
ITEM	VARIABLE	INSPECCION FUNCIONAL	I ,	DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES		
1	PRUEBA DE CIERRE Y APERTURA DE PUERTA	ACEPTABLE	50%					
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	50%					
3								
4								
5								
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO: 100%			REALIZADO POR :			
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :			

Tabla 28: Protocolo Mantenimiento Preventivo para regleta.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR									
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES									
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO									
EQUIPO / REGLETAS DE CONEXIÓN DE REGULADOR FECHA :									
PRUEBA	REALIZADA: PRUEBA DE CONTINUIDAD								
ITEM	VARIABLE	INSPECCIÓN FUNCIONAL		DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES	
1	PRUEBA DE CONTINUIDAD	ACEPTABLE	50%						
2	ESTRUCTURA EXTERNA	ACEPTABLE	50%						
3									
4									
5									
RECOMENDACIONES: PORCENTAJE D				ATIVIDAD VO:	DEL	REALIZADO POR :			
	RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO	RECIBIDO POR :				APROBADO POR :			

6.4. PRÁCTICA 3.

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS MODELO DE LA MÁQUINA SÍNCRONA.

Prueba de circuito abierto, prueba de corto circuito y prueba de tensión continúa.

6.4.1. DATOS INFORMATIVOS

- > MATERIA: Máquinas Eléctricas II
- PRÁCTICA N° 3
- > NÚMERO DE ESTUDIANTES: 6
- > NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo
- > **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

6.4.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Determinacion de los parámetros modelo de la máquina síncrona.

6.4.3. OBJETIVOS

General

Modelar la máquina síncrona Hampden SM-300 del laboratorio de motores y generadores para determinar el circuito eléctrico equivalente en operación como Generador Síncrono Trifásico.

Específicos.

- Determinar la corriente de armadura (Ia).
- Determinar tensión de armadura (Ea).
- > Determinar la curva de magnetización y la reactancia sincrónica (Xs).
- Determinar la resistencia de armadura (Ra).
- Modelado básico de la máquina síncrona monofásica.
- Modelado de la máquina síncrona trifásica.

Medir y entender las lecturas tomadas para tener una idea clara del comportamiento de la máquina en condiciones de operación reales trabajando como generador.

6.4.4. MARCO TEÓRICO

- Prueba de cortocircuito.
- Prueba de circuito abierto.
- Prueba de Tensión continúa.
- Modelado de máquina síncrona.

6.4.5. MARCO PROCEDIMENTAL

- Conectar máquina que realizara las veces de motor primario y verificar su correcta operación.
- Acoplamiento de la máquina sincrónica a motor primario por medio de matrimonio con motor primario desconectado de fuente de alimentación como medida de seguridad.
- > Realizar conexiones para las pruebas según diagramas eléctricos.
- Para la prueba de corto circuito y la de tensión DC se requiere la conexión de la máquina síncrona a una fuente DC del laboratorio, debido a que nuestro sistema de regulación no parte desde cero voltios DC en su alimentación al devanado de campo, de la prueba de corto circuito se deben tomar los datos de corriente de campo y corriente de fase máxima, para la prueba de tensión DC la fuente utilizada debe ser capaz de proporcionar una tensión menor o igual al 10% del valor de la tensión nominal del generador.
- Los datos tomados de la prueba de circuito abierto son aproximados debido a que el sistema digital de control de excitación parte su generación desde un valor prefijado mínimo de voltaje que no es próximo a cero luego de ello los valores pueden ser aumentados en rangos de voltaje en escala de 0,1voltios desde programa de control de excitación, con ello se puede graficar la curva de magnetización desde el voltaje mínimo generado hasta el punto de saturación de la máquina.
- Registrar los valores tomados de las pruebas para realizar los cálculos pertinentes.

6.4.6. RECURSOS UTILIZADOS

- > Banco de Pruebas para el control digital de voltaje terminal
- Dinamómetro DYN-400 como motor primario.
- Fuente de control externa variable DC para alimentación y control de motor primario.
- Acoplamiento de caucho flexible entre dinamómetro y máquina síncrona SM-300
- Cables de conexión del laboratorio.
- Diagramas de conexiones para elaboración de prácticas.
- > Instrumentos de medición para parámetros DC y AC.

6.4.7. ANEXOS.

- Diagramas equivalentes de la máquina.
- Diagrama de banco de pruebas.
- Tablas para registro de mediciones.
- Gráfica de comportamiento de la máquina.

6.4.8. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

6.4.9. BIBLIOGRAFÍA

Apuntes de la materia Máquina Eléctricas II Ing. Otto Astudillo.

Chapman, S.J. (2005). Máquinas eléctricas.

6.4.10. CUESTIONARIO

¿Describa e indique la operación de los componentes básicos de un sistema de generación?

¿Cómo se calcula la velocidad sincrónica?

¿Cuál es el propósito de la pruebas de circuito abierto? Explique y grafique.

¿Cuál es el propósito de la pruebas de corto circuito? Explique y calcule.

¿Cuál es el propósito de la pruebas de tensión DC? Explique y calcule.

¿Cuál es la importancia de un sistema de excitación?

¿A qué sistema de excitación responde la configuración actual del banco de pruebas?

6.4.11. PROYECTO:

Investigue los tipos de motores primarios utilizados en los sistemas de generación. Investigue los tipos de sistemas de generación a pequeña, mediana y gran escala. Investigue los tipos de sistemas de excitación.

6.5. PRÁCTICA 4.

Comunicación de Sistema Digital de Control de Excitación con PC.

6.5.1. DATOS INFORMATIVOS

- > MATERIA: Máquinas Eléctricas II
- ➢ PRÁCTICA N° 4
- > NÚMERO DE ESTUDIANTES: 6
- > NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo
- > **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

6.5.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Comunicación de Sistema Digital de Control de Excitación con PC.

6.5.3. OBJETIVOS

<u>General</u>

Establecer enlace de comunicación entre Sistema Digital de Control de Excitación (DECS-100) y programa Bestcoms previamente instalado en PC.

"Nota: Las opciones de alimentación del módulo para su programación deben ser leídas antes del proceso de alimentación, para evitar daños catastróficos en el módulo del sistema digital de control de excitación DECS-100. (Ver capítulo 4.5.4)".

Específicos.

- Lograr comunicación entre software y hardware del sistema de control digital de excitación para poder programar unidad reguladora de control de excitación.
- Ser capaz de configurar puerto de PC para ser detectado en comunicación con DECS-100
- Realizar los ajustes de configuraciones del sistema.
- Controlar el voltaje terminal de la máquina sincrónica Hampden SM-300 desde Software Bestcom de Basler.

6.5.4. MARCO TEÓRICO

- Consideraciones de alimentación durante la Programación DECS-100 (ver capítulo 4.5.4).
- Introducción a software Bestcoms (ver capítulo 4.6 a 4.6.4).
- Configuración y ajuste del sistema (ver capítulo 4.7 a 4.7.5).

6.5.5. MARCO PROCEDIMENTAL

- Solo después de haber leído y comprendido las opciones de alimentación previo a la programación de la unidad DECS-100 se puede proceder a la alimentación de voltaje del panel y la conexión del interfaz de la unidad.
- > Mantener siempre las prácticas de seguridad recomendadas.
- > Poner en marcha el funcionamiento de computador.
- Inspeccionar conexiones físicas entre cable DB9 junto con adaptador convertidor de señal RS232 a USB.
- > Verificar la correcta conexión a puerto Comm de la PC.
- > Ubicar y abrir programa Bestcoms de Basler en PC.
- > Realizar proceso de comunicación con el respectivo ingreso de clave.

6.5.6. RECURSOS UTILIZADOS

- Literatura resumida del manual Basler en los capítulos 4.6 y 4.7 de este libro.
- Banco de Pruebas para el control digital de voltaje terminal.
- Cables de conexión del laboratorio.
- > Uso de computador de tablero con programa Bestcoms.

6.5.7. ANEXOS.

- Diagrama de banco de pruebas.
- Capítulo 4.6 y 4.7 de este libro (resumen de manual de servicio).

6.5.8. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

6.5.9. BIBLIOGRAFÍA

Apuntes de la materia Máquina Eléctricas.

Chapman, S.J. (2005). Máquinas eléctricas.

Manual de servicio Basler DECS-100 (www.Basler.com)

Resumen de puesta en marcha capítulo 4.6 y 4.7 de este libro (fuente www.Basler.com)

6.5.10. CUESTIONARIO

¿Describa e indique los componentes necesarios para establecer comunicación con programa Bestcom?

¿Especifique los niveles de tensión de alimentación de DECS-100?

¿Especifique los niveles de operación de tensión nominal y sensado del regulador digital DECS?

6.5.11. PROYECTO:

Establecer comunicación entre DECS y programa Bestcoms.

6.6. PRÁCTICA 5.

CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS CON PROGRAMA BESTCOMS PARA CONTROLAR VOLTAJE TERMINAL DE MÁQUINA SINCRONA HAMPDEN SM-300.

6.6.1. DATOS INFORMATIVOS

- > MATERIA: Máquinas Eléctricas II
- **PRÁCTICA** N° 5
- > NÚMERO DE ESTUDIANTES: 6
- > NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo
- > **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

6.6.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS CON PROGRAMA BESTCOMS PARA CONTROLAR VOLTAJE TERMINAL DE MÁQUINA SINCRONA HAMPDEN SM-300.

6.6.3. OBJETIVOS General

- Controlar el nivel de voltaje terminal de la máquina síncrona Hampden desde Software Bestcoms.
- Establecer enlace de comunicación entre Sistema Digital de Control de Excitación (DECS-100) y programa Bestcoms previamente instalado en PC.

"Nota: Las opciones de alimentación del módulo para su programación deben ser leídas antes del proceso de alimentación, para evitar daños catastróficos en el módulo del sistema digital de control de excitación DECS-100. (Ver capítulo 4.5.4)".

Específicos.

- Lograr comunicación entre software y hardware del sistema de control digital de excitación para poder programar unidad reguladora de control de excitación.
- Realizar los ajustes de configuraciones del sistema.
- Controlar el voltaje terminal de la máquina sincrónica Hampden SM-300 desde Software Bestcom de Basler.

6.6.1. MARCO TEÓRICO

- Consideraciones de alimentación durante la Programación DECS-100 (ver capítulo 4.5.4).
- Introducción a software Bestcoms (ver capítulo 4.6 a 4.6.4).
- Configuración y ajuste del sistema (ver capítulo 4.7 a 4.7.5).

6.6.2. MARCO PROCEDIMENTAL

- Solo después de haber leído y comprendido las opciones de alimentación previo a la programación de la unidad DECS-100 se puede proceder a la alimentación de voltaje del panel y la conexión del interfaz de la unidad.
- > Mantener siempre las prácticas de seguridad recomendadas.
- > Poner en marcha el funcionamiento de computador.
- Inspeccionar conexiones físicas entre cable DB9 junto con adaptador convertidor de señal RS232 a USB.
- > Verificar la correcta conexión a puerto Comm de la PC.
- > Ubicar y abrir programa Bestcoms de Basler en PC.
- Realizar proceso de comunicación con el respectivo ingreso de clave (decs).
- Programar los parámetros de configuración para el control de voltaje terminal.
- Puesta en marcha de la unidad de generación.
- Verificación de respuesta y cumplimiento de los parámetros seteado de generación.
- Realizar cambios de los niveles requeridos de salida del voltaje terminal desde programa Bestcoms y verificar comportamiento de la máquina síncrona.

6.6.3. RECURSOS UTILIZADOS

- Literatura resumida del manual Basler en los capítulos 4.6 y 4.7 de este libro.
- > Banco de Pruebas para el control digital de voltaje terminal.
- Dinamómetro DYN-400 como motor primario o similar.
- Fuente de control externa variable DC para alimentación y control de motor primario.
- Acoplamiento de caucho flexible entre dinamómetro y máquina síncrona SM-300
- Cables de conexión del laboratorio.
- Diagramas de conexiones para elaboración de prácticas.
- Uso de computador de tablero con programa Bestcoms.

6.6.4. ANEXOS.

- Diagrama de banco de pruebas.
- Capítulo 4.6 y 4.7 de este libro (resumen de manual de servicio).

6.6.5. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

6.6.6. BIBLIOGRAFÍA

Apuntes de la materia Máquina Eléctricas II. Chapman, S.J. (2005). Máquinas eléctricas. Manual de servicio Basler DECS-100 (www.Basler.com) Resumen de puesta en marcha capítulo 4.6 y 4.7 de este libro (fuente www.Basler.com)

6.6.7. CUESTIONARIO

¿Especifique los niveles de operación de tensión nominal y sensado del regulador digital DECS?

¿Describa los pasos a seguir para la puesta en marcha de la máquina síncrona del laboratorio SM-300 operando como generador acoplada al banco de control de voltaje terminal?

¿Explique las opciones de programación básicas de los parámetros de configuración del DECS-100 en Software Bestcoms? (Configure, Settings y Gain)

¿Describa las opciones de la ventana "Analyisis" del programa?

¿Describa las opciones de la ventana "Protection" del programa?

¿Describa las opciones de la ventana "Metering" del programa?

¿Qué se debe realizar para guardar los datos programados?

¿Cómo se puede extraer información de programación desde el DECS-100 al PC?

¿Qué papel desempeña el controlador PID para mantener estable el voltaje terminal de salida?

6.6.8. **PROYECTO**:

Programar y controlar la máquina síncrona Hampden SM-300 del laboratorio por medio del banco de pruebas para control de voltaje terminal a distintos niveles de tensión de salida a vacío y observar el efecto en los voltajes y corrientes del devanado de campo versus la salida de Voltaje Terminal.

Establecer conclusiones personales.

6.7. PRÁCTICA 6 MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR EN CONEXIÓN ESTRELLA

6.7.1. DATOS INFORMATIVOS

- > MATERIA: Máquinas Eléctricas II
- ➢ PRÁCTICA N° 6
- > NÚMERO DE ESTUDIANTES: 6
- > NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo
- > **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

6.7.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR EN CONEXIÓN ESTRELLA.

6.7.3. OBJETIVOS General

- Controlar el nivel de voltaje terminal de la máquina síncrona Hampden SM-300 desde Software Bestcoms con estator en conexión estrella.
- Establecer enlace de comunicación entre Sistema Digital de Control de Excitación (DECS-100) y programa Bestcoms previamente instalado en PC.

"Nota: Las opciones de alimentación del módulo para su programación deben ser leídas antes del proceso de alimentación, para evitar daños catastróficos en el módulo del sistema digital de control de excitación DECS-100. (Ver capítulo 4.5.4)".

Específicos.

Lograr un voltaje terminal de generación en niveles "RMS" aceptables para la realización de prácticas del comportamiento de la máquina y Controlar el voltaje terminal de la máquina sincrónica Hampden SM-300 desde Software Bestcom de Basler.

6.7.4. MARCO TEÓRICO

- Consideraciones de alimentación durante la Programación DECS-100 (ver capítulo 4.5.4).
- Introducción a software Bestcoms (ver capítulo 4.6 a 4.6.4).
- Configuración y ajuste del sistema (ver capítulo 4.7 a 4.7.5).
- Realizar conexiones en los devanados de salida del generador en estrella y verificar el comportamiento de los voltajes de generación y los ángulos de fase.

6.7.5. MARCO PROCEDIMENTAL

- Solo después de haber leído y comprendido las opciones de alimentación previo a la programación de la unidad DECS-100 se puede proceder a la alimentación de voltaje del panel y la conexión del interfaz de la unidad.
- > Mantener siempre las prácticas de seguridad recomendadas.
- > Poner en marcha el funcionamiento de computador.
- Inspeccionar conexiones físicas entre cable DB9 junto con adaptador convertidor de señal RS232 a USB.
- Verificar la correcta conexión a puerto Comm de la PC.
- Ubicar y abrir programa Bestcoms de Basler en PC.
- > Realizar proceso de comunicación con el respectivo ingreso de clave.
- Programar los parámetros de configuración para el control de voltaje terminal.
- Conexión de la unidad de generación en estrella.
- Puesta en marcha de la unidad de generación.
- Verificación de respuesta y cumplimiento de los parámetros seteados de generación.
- Realizar cambios de los niveles requeridos de salida del voltaje terminal desde programa Bestcoms y verificar comportamiento de la máquina síncrona.
- Verificar los niveles de voltaje y ángulo de cada fase.
- Realizar un diagrama representativo de la conexión estrella indicando sus respectivos ángulos de fase.

6.7.6. RECURSOS UTILIZADOS

- Literatura resumida del manual Basler en los capítulos 4.6 y 4.7 de este libro.
- > Banco de Pruebas para el control digital de voltaje terminal.
- Dinamómetro DYN-400 como motor primario o similar.
- Fuente de control externa variable DC para alimentación y control de motor primario.
- Acoplamiento de caucho flexible entre dinamómetro y maquina síncrona SM-300
- Cables de conexión del laboratorio.
- Diagramas de conexiones para elaboración de prácticas.
- Uso de computador de tablero con programa Bestcoms.

6.7.7. ANEXOS.

- Diagrama de banco de pruebas.
- Capítulo 4.6 y 4.7 de este libro (resumen de manual de servicio).

6.7.8. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

6.7.9. BIBLIOGRAFÍA

Apuntes de la materia Máquina Eléctricas II Ing. Otto Astudillo.

Chapman, S.J. (2005). Máquinas eléctricas.

Manual de servicio Basler DECS-100 (www.Basler.com)

Resumen de puesta en marcha capítulo 4.6 y 4.7 de este libro (fuente www.Basler.com)

6.7.10. CUESTIONARIO

¿Cuál es el nivel de voltaje que se puede obtener con la maquina Hampden SM-300 en conexión estrella? Ver placa del equipo.

¿Para un equipo de generación con 12 y 24 cables de salida de conexión realice de manera gráfica la nomenclatura de sus terminales por fase y la conexión en estrella serie y estrella doble paralelo?

¿Indique las diferencias entre los niveles de tensión y corriente de cada conexión de la pregunta anterior? Grafique y explique.

6.7.11. PROYECTO:

Programar y controlar la máquina síncrona Hampden SM-300 del laboratorio por medio del banco de pruebas para control de voltaje terminal a distintos niveles de tensión de salida a vacío y observar el efecto entre el voltaje terminal y el voltaje y corrientes de campo con sus devanados en la conexión estrella.

Realizar un diagrama esquemático del comportamiento de los fasores de voltaje y corriente.

Establecer conclusiones personales.

6.8. PRÁCTICA 7 MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR EN CONEXIÓN DELTA

6.8.1. DATOS INFORMATIVOS

- > MATERIA: Máquinas Eléctricas II
- > PRÁCTICA Nº 7
- > NÚMERO DE ESTUDIANTES: 6
- > NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo
- > **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

6.8.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR EN CONEXIÓN DELTA.

6.8.3. OBJETIVOS General

- Controlar el nivel de voltaje terminal de la máquina síncrona Hampden SM-300 desde Software Bestcoms con estator en conexión estrella.
- Establecer enlace de comunicación entre Sistema Digital de Control de Excitación (DECS-100) y programa Bestcoms previamente instalado en PC.

"Nota: Las opciones de alimentación del módulo para su programación deben ser leídas antes del proceso de alimentación, para evitar daños catastróficos en el módulo del sistema digital de control de excitación DECS-100. (Ver capítulo 4.5.4)".

Específicos.

Lograr un voltaje terminal de generación en niveles "RMS" aceptables para la realización de prácticas del comportamiento de la máquina y Controlar el voltaje terminal de la máquina sincrónica Hampden SM-300 desde Software Bestcom de Basler.

6.8.4. MARCO TEÓRICO

- Consideraciones de alimentación durante la Programación DECS-100 (ver capítulo 4.5.4).
- Introducción a software Bestcoms (ver capítulo 4.6 a 4.6.4).
- Configuración y ajuste del sistema (ver capítulo 4.7 a 4.7.5).
- Realizar conexiones en los devanados de salida del generador en conexión delta y verificar el comportamiento de los voltajes de generación y los ángulos de fase.

6.8.5. MARCO PROCEDIMENTAL

- Solo después de haber leído y comprendido las opciones de alimentación previo a la programación de la unidad DECS-100 se puede proceder a la alimentación de voltaje del panel y la conexión del interfaz de la unidad.
- Mantener siempre las prácticas de seguridad recomendadas.
- > Poner en marcha el funcionamiento de computador.
- Inspeccionar conexiones físicas entre cable DB9 junto con adaptador convertidor de señal RS232 a USB.
- Verificar la correcta conexión a puerto Comm de la PC.
- Ubicar y abrir programa Bestcoms de Basler en PC.
- Realizar proceso de comunicación con el respectivo ingreso de clave (decs).
- Programar los parámetros de configuración para el control de voltaje terminal.
- Conexión de la unidad de generación en conexión delta.
- Puesta en marcha de la unidad de generación.
- Verificación de respuesta y cumplimiento de los parámetros seteados de generación.
- Realizar cambios de los niveles requeridos de salida del voltaje terminal desde programa Bestcoms y verificar comportamiento de la máquina síncrona.
- Verificar los niveles de voltaje y ángulo de cada fase.
- Realizar un diagrama representativo de la conexión delta indicando sus respectivos ángulos de fase.

6.8.6. RECURSOS UTILIZADOS

- Literatura resumida del manual Basler en los capítulos 4.6 y 4.7 de este libro.
- > Banco de Pruebas para el control digital de voltaje terminal.
- Dinamómetro DYN-400 como motor primario o similar.
- Fuente de control externa variable DC para alimentación y control de motor primario.
- Acoplamiento de caucho flexible entre dinamómetro y maquina síncrona SM-300
- Cables de conexión del laboratorio.
- Diagramas de conexiones para elaboración de prácticas.
- > Uso de computador de tablero con programa Bestcoms.

6.8.7. ANEXOS.

- Diagrama de banco de pruebas.
- Capítulo 4.6 y 4.7 de este libro (resumen de manual de servicio).

6.8.8. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

6.8.9. BIBLIOGRAFÍA

Apuntes de la materia Máquina Eléctricas II Ing. Otto Astudillo.

Chapman, S.J.(2005). Máquinas eléctricas.

Manual de servicio Basler DECS-100 (www.Basler.com)

Resumen de puesta en marcha capítulo 4.6 y 4.7 de este libro (fuente www.Basler.com)

6.8.10. CUESTIONARIO

¿Cuál es el nivel de voltaje que se puede obtener con la máquina Hampden SM-300 en conexión delta? Ver placa del equipo.

¿Para un equipo de generación con 12 y 24 cables de salida de conexión realice de manera gráfica la nomenclatura de sus terminales por fase y la conexión en delta serie y delta paralelo?

¿Indique las diferencias entre los niveles de tensión y corriente de cada conexión de la pregunta anterior? Grafique y explique.

6.8.11. PROYECTO:

Programar y controlar la máquina síncrona Hampden SM-300 del laboratorio por medio del banco de pruebas para control de voltaje terminal a distintos niveles de tensión de salida a vacío y observar el efecto en el voltaje terminal con sus devanados en la conexión delta.

Realizar un diagrama esquemático del comportamiento de los fasores de voltaje y corriente.

Establecer conclusiones personales.

6.9. PRÁCTICA 8

PRUEBAS DE OPERACIÓN DE MÁQUINA SÍNCRONA HAMPDEN SM-300 CON CARGA RESISTIVA EN CONEXIÓN DELTA Y ESTRELLA.

6.9.1. DATOS INFORMATIVOS

- > MATERIA: Máquinas Eléctricas II
- PRÁCTICA N° 7
- > NÚMERO DE ESTUDIANTES: 6
- > NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo
- > **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

6.9.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: PRUEBAS DE OPERACIÓN DE MÁQUINA SÍNCRONA HAMPDEN SM-300 CON CARGA RESISTIVA EN CONEXIÓN DELTA Y ESTRELLA.

6.9.3. OBJETIVOS <u>General</u>

- Controlar el nivel de voltaje terminal de la máquina síncrona Hampden SM-300 desde Software Bestcoms con estator en conexión estrella y delta conectado a una carga resistiva.
- Establecer enlace de comunicación entre Sistema Digital de Control de Excitación (DECS-100) y programa Bestcoms previamente instalado en PC.

"Nota: Las opciones de alimentación del módulo para su programación deben ser leídas antes del proceso de alimentación, para evitar daños catastróficos en el módulo del sistema digital de control de excitación DECS-100. (Ver capítulo 4.5.4)".

Específicos.

Lograr un voltaje terminal de generación en niveles "RMS" aceptables para la realización de prácticas del comportamiento de la máquina y Controlar el voltaje terminal de la máquina sincrónica Hampden SM-300 desde Software Bestcom de Basler.

6.9.4. MARCO TEÓRICO

- Consideraciones de alimentación durante la Programación DECS-100 (ver capítulo 4.5.4).
- Introducción a software Bestcoms (ver capítulo 4.6 a 4.6.4).
- Configuración y ajuste del sistema (ver capítulo 4.7 a 4.7.5).
- Realizar conexiones en los devanados de salida del generador en conexión delta y verificar el comportamiento de los voltajes de generación y los ángulos de fase.

6.9.5. MARCO PROCEDIMENTAL

- Solo después de haber leído y comprendido las opciones de alimentación previo a la programación de la unidad DECS-100 se puede proceder a la alimentación de voltaje del panel y la conexión del interfaz de la unidad.
- Mantener siempre las prácticas de seguridad recomendadas.
- > Poner en marcha el funcionamiento de computador.
- Inspeccionar conexiones físicas entre cable DB9 junto con adaptador convertidor de señal RS232 a USB.
- Verificar la correcta conexión a puerto Comm de la PC.
- Ubicar y abrir programa Bestcoms de Basler en PC.
- Realizar proceso de comunicación con el respectivo ingreso de clave (decs).
- Programar los parámetros de configuración para el control de voltaje terminal.
- Conexión de la unidad de generación en conexión estrella y delta.
- Puesta en marcha de la unidad de generación.
- Verificación de respuesta y cumplimiento de los parámetros seteados de generación.
- Realizar cambios de los niveles requeridos de salida del voltaje terminal desde programa Bestcoms y verificar comportamiento de la maquina síncrona.
- Verificar los niveles de voltaje y ángulo de cada fase.
- Realizar un diagrama representativo de la conexión estrella y delta indicando sus respectivos ángulos de fase.

6.9.6. RECURSOS UTILIZADOS

- Literatura resumida del manual Basler en los capítulos 4.6 y 4.7 de este libro.
- > Banco de Pruebas para el control digital de voltaje terminal.
- Dinamómetro DYN-400 como motor primario o similar.
- Fuente de control externa variable DC para alimentación y control de motor primario.
- Acoplamiento de caucho flexible entre dinamómetro y maquina síncrona SM-300
- Cables de conexión del laboratorio.
- Diagramas de conexiones para elaboración de prácticas.
- Uso de computador de tablero con programa Bestcoms.

6.9.7. ANEXOS.

- Diagrama de banco de pruebas.
- Capítulo 4.6 y 4.7 de este libro (resumen de manual de servicio).

6.9.8. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

6.9.9. BIBLIOGRAFÍA

Apuntes de la materia Máquina Eléctricas II Ing. Otto Astudillo.

Chapman, S.J.(2005). Máquinas eléctricas.

Manual de servicio Basler DECS-100 (www.Basler.com)

Resumen de puesta en marcha capítulo 4.6 y 4.7 de este libro (fuente www.Basler.com)

6.9.10. CUESTIONARIO

¿Qué ocurre con la velocidad de la máquina primaria al aumentar carga resistiva pura al generador?

¿Cuál es el factor de potencia del sistema?

¿Cuáles son las diferencias de trabajar con la misma carga pero con distinto nivel de voltaje debido al cambio de conexión de estrella a delta, que pasa con la corriente?

¿Cuál fue el comportamiento del voltaje terminal de salida, del voltaje de campo y la corriente de campo a medida que se ingresaba carga?

¿Indique en la gráfica de potencia el punto de operación del generador con carga resistiva?

Grafique en un diagrama de capacidad el punto de operación de la maquina síncrona con esta carga.

6.9.11. PROYECTO:

Realizar las conexiones en estrella y luego en delta para el generador cambiando los parámetros de salida de voltaje terminal en programa, conectar carga resistiva en cada condición y llenar los formatos de comportamiento.

Establecer conclusiones personales.

6.10. PRÁCTICA 9

PRUEBAS DE OPERACIÓN DE MÁQUINA SÍNCRONA HAMPDEN SM-300 CON CARGA INDUCTIVA EN CONEXIÓN DELTA Y ESTRELLA.

6.10.1. DATOS INFORMATIVOS

- > MATERIA: Máquinas Eléctricas II
- PRÁCTICA N° 7
- > NÚMERO DE ESTUDIANTES: 6
- > NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo
- > **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

6.10.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: PRUEBAS DE OPERACIÓN DE MÁQUINA SÍNCRONA HAMPDEN SM-300 CON CARGA INDUCTIVA EN CONEXIÓN DELTA Y ESTRELLA.

6.10.3. OBJETIVOS <u>General</u>

- Controlar el nivel de voltaje terminal de la máquina síncrona Hampden SM-300 desde Software Bestcoms con estator en conexión estrella y delta conectado a una carga inductiva.
- Establecer enlace de comunicación entre Sistema Digital de Control de Excitación (DECS-100) y programa Bestcoms previamente instalado en PC.

"Nota: Las opciones de alimentación del módulo para su programación deben ser leídas antes del proceso de alimentación, para evitar daños catastróficos en el módulo del sistema digital de control de excitación DECS-100. (Ver capítulo 4.5.4)".

Específicos.

Lograr un voltaje terminal de generación en niveles "RMS" aceptables para la realización de prácticas del comportamiento de la máquina y Controlar el voltaje terminal de la máquina sincrónica Hampden SM-300 desde Software Bestcom de Basler.

6.10.4. MARCO TEÓRICO

- Consideraciones de alimentación durante la Programación DECS-100 (ver capítulo 4.5.4).
- ▶ Introducción a software Bestcoms (ver capítulo 4.6 a 4.6.4).
- Configuración y ajuste del sistema (ver capítulo 4.7 a 4.7.5).
- Realizar conexiones en los devanados de salida del generador en conexión delta y estrella para verificar el comportamiento de los voltajes de generación, factor de potencia, ángulos de fase y curva de capacidad potencia.

6.10.5. MARCO PROCEDIMENTAL

- Solo después de haber leído y comprendido las opciones de alimentación previo a la programación de la unidad DECS-100 se puede proceder a la alimentación de voltaje del panel y la conexión del interfaz de la unidad.
- > Mantener siempre las prácticas de seguridad recomendadas.
- Poner en marcha el funcionamiento de computador.
- Inspeccionar conexiones físicas entre cable DB9 junto con adaptador convertidor de señal RS232 a USB.
- Verificar la correcta conexión a puerto Comm de la PC.
- Ubicar y abrir programa Bestcoms de Basler en PC.
- Realizar proceso de comunicación con el respectivo ingreso de clave (decs).
- Programar los parámetros de configuración para el control de voltaje terminal.
- Conexión de la unidad de generación en conexión estrella y delta.
- Puesta en marcha de la unidad de generación.
- Verificación de respuesta y cumplimiento de los parámetros seteados de generación.
- Realizar cambios de los niveles requeridos de salida del voltaje terminal desde programa Bestcoms y verificar comportamiento de la máquina síncrona.
- Verificar los niveles de voltaje y ángulo de cada fase.
- Realizar un diagrama representativo de la conexión estrella y delta indicando sus respectivos ángulos de fase.

6.10.6. RECURSOS UTILIZADOS

- Literatura resumida del manual Basler en los capítulos 4.6 y 4.7 de este libro.
- > Banco de Pruebas para el control digital de voltaje terminal.
- > Dinamómetro DYN-400 como motor primario o similar.
- Fuente de control externa variable DC para alimentación y control de motor primario.
- Acoplamiento de caucho flexible entre dinamómetro y máquina síncrona SM-300
- Cables de conexión del laboratorio.
- Diagramas de conexiones para elaboración de prácticas.
- > Uso de computador de tablero con programa Bestcoms.

6.10.7. ANEXOS.

- Diagrama de banco de pruebas.
- Capítulo 4.6 y 4.7 de este libro (resumen de manual de servicio).

6.10.8. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

6.10.9. BIBLIOGRAFÍA

Apuntes de la materia Máquina Eléctricas II Ing. Otto Astudillo.

Chapman, S.J. (2005). Máquinas eléctricas.

Manual de servicio Basler DECS-100 (www.Basler.com)

Resumen de puesta en marcha capítulo 4.6 y 4.7 de este libro (fuente <u>www.Basler.com</u>)

6.10.10. CUESTIONARIO

¿Qué ocurre con la velocidad de la máquina primaria al aumentar carga inductiva al generador?

¿Cuál es el factor de potencia del sistema?

¿Cuáles son las diferencias de trabajar con la misma carga pero con distinto nivel de voltaje debido al cambio de conexión de estrella a delta o viceversa, que pasa con la corriente?

¿Cuál fue el comportamiento del voltaje terminal de salida, del voltaje de campo y la corriente de campo a medida que se ingresaba carga?

Grafique en un diagrama de capacidad el punto de operación de la máquina síncrona con esta carga.

6.10.11. **PROYECTO**:

Realizar las conexiones en estrella y luego en delta para el generador cambiando los parámetros de salida de voltaje terminal en programa, conectar carga inductiva en cada condición y llenar los formatos de comportamiento. Establecer conclusiones personales.

6.11. PRÁCTICA 10

PRUEBAS DE OPERACIÓN DE MÁQUINA SÍNCRONA HAMPDEN SM-300 CON CARGA CAPACITIVA EN CONEXIÓN DELTA Y ESTRELLA.

6.11.1. DATOS INFORMATIVOS

- > MATERIA: Máquinas Eléctricas II
- > **PRÁCTICA** N° 7
- > NÚMERO DE ESTUDIANTES: 6
- > NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo
- > **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

6.11.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: PRUEBAS DE OPERACIÓN DE MÁQUINA SÍNCRONA HAMPDEN SM-300 CON CARGA CAPACITIVA EN CONEXIÓN DELTA Y ESTRELLA.

6.11.3. OBJETIVOS <u>General</u>

- Controlar el nivel de voltaje terminal de la máquina síncrona Hampden SM-300 desde Software Bestcoms con estator en conexión estrella y delta conectado a una carga capacitiva.
- Establecer enlace de comunicación entre Sistema Digital de Control de Excitación (DECS-100) y programa Bestcoms previamente instalado en PC.

"Nota: Las opciones de alimentación del módulo para su programación deben ser leídas antes del proceso de alimentación, para evitar daños catastróficos en el módulo del sistema digital de control de excitación DECS-100. (Ver capítulo 4.5.4)".

Específicos.

Lograr un voltaje terminal de generación en niveles "RMS" aceptables para la realización de prácticas del comportamiento de la máquina y Controlar el voltaje terminal de la máquina sincrónica Hampden SM-300 desde Software Bestcoms de Basler.

6.11.4. MARCO TEÓRICO

- Consideraciones de alimentación durante la Programación DECS-100 (ver capítulo 4.5.4).
- ▶ Introducción a software Bestcoms (ver capítulo 4.6 a 4.6.4).
- Configuración y ajuste del sistema (ver capítulo 4.7 a 4.7.5).
- Realizar conexiones en los devanados de salida del generador en conexión delta y estrella para verificar el comportamiento de los voltajes de generación, factor de potencia, ángulos de fase y curva de capacidad de potencia.

6.11.5. MARCO PROCEDIMENTAL

- Solo después de haber leído y comprendido las opciones de alimentación previo a la programación de la unidad DECS-100 se puede proceder a la alimentación de voltaje del panel y la conexión del interfaz de la unidad.
- > Mantener siempre las prácticas de seguridad recomendadas.
- > Poner en marcha el funcionamiento de computador.
- Inspeccionar conexiones físicas entre cable DB9 junto con adaptador convertidor de señal RS232 a USB.
- Verificar la correcta conexión a puerto Comm de la PC.
- > Ubicar y abrir programa Bestcoms de Basler en PC.
- Realizar proceso de comunicación con el respectivo ingreso de clave (decs).
- Programar los parámetros de configuración para el control de voltaje terminal.
- Conexión de la unidad de generación en conexión estrella y delta.
- Puesta en marcha de la unidad de generación.
- Verificación de respuesta y cumplimiento de los parámetros seteados de generación.
- Realizar cambios de los niveles requeridos de salida del voltaje terminal desde programa Bestcoms y verificar comportamiento de la máquina síncrona.
- Verificar los niveles de voltaje y ángulo de cada fase.
- Realizar un diagrama representativo de la conexión estrella y delta indicando sus respectivos ángulos de fase.

6.11.6. RECURSOS UTILIZADOS

- Literatura resumida del manual Basler en los capítulos 4.6 y 4.7 de este libro.
- > Banco de Pruebas para el control digital de voltaje terminal.
- > Dinamómetro DYN-400 como motor primario o similar.
- Fuente de control externa variable DC para alimentación y control de motor primario.
- Acoplamiento de caucho flexible entre dinamómetro y máquina síncrona SM-300
- Cables de conexión del laboratorio.
- Diagramas de conexiones para elaboración de prácticas.
- > Uso de computador de tablero con programa Bestcoms.

6.11.7. ANEXOS.

- Diagrama de banco de pruebas.
- Capítulo 4.6 y 4.7 de este libro (resumen de manual de servicio).

6.11.8. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

6.11.9. BIBLIOGRAFÍA

Apuntes de la materia Máquina Eléctricas II Ing. Otto Astudillo.

Chapman, S.J.(2005). Maquinas eléctricas.

Manual de servicio Basler DECS-100 (www.Basler.com)

Resumen de puesta en marcha capítulo 4.6 y 4.7 de este libro (fuente www.Basler.com)

6.11.10. CUESTIONARIO

¿Qué ocurre con la velocidad de la máquina primaria al aumentar carga inductiva al generador?

¿Cuál es el factor de potencia del sistema?

¿Cuáles son las diferencias de trabajar con la misma carga pero con distinto nivel de voltaje debido al cambio de conexión de estrella a delta o viceversa, que pasa con el voltaje terminal?

¿Cuál fué el comportamiento del voltaje terminal de salida, del voltaje de campo y la corriente de campo a medida que se ingresaba carga?

Grafique en un diagrama de capacidad el punto de operación de la máquina síncrona con esta carga.

6.11.11. **Proyecto:**

Realizar las conexiones en estrella y luego en delta para el generador cambiando los parámetros de salida de voltaje terminal en programa, conectar carga inductiva en cada condición y llenar los formatos de comportamiento.

Establecer conclusiones personales.

ANEXOS

Figura 130: Banco de Pruebas Para Regulación de Voltaje Terminal de Generadores Síncronos Trifásicos



Fuente. Los Autores
Figura 131: Banco de Pruebas Capacitivo, Inductivo y resistivo del laboratorio usado para prácticas.



Fuente. Los Autores

Figura 132: Banco de Pruebas Capacitivo, Inductivo y Resistivo del laboratorio usado para prácticas.



Fuente: Los Autores



Figura 133: Diagrama de modelado trifásico de máquina Hampden SM-300 en conexión delta con carga Resistiva.

Fuente: Los Autores

Figura 134: Diagrama de modelado trifásico de máquina Hampden SM-300 en conexión estrella con carga Resistiva.



Fuente: Los Autores

Figura 135: Banco de pruebas de carga Resistiva de 4Kw, al 50% de carga.



Fuente: Los Autores

Figura 136: Medición de voltajes y ángulos de fase realizada con carga resistiva al 50%, máquina SM-300 en conexión delta.



Fuente: Los Autores





Fuente: Los Autores

Figura 138: Medición de potencias realizadas con carga resistiva al 50%, máquina SM-300 en conexión delta.

POTENCIA Y ENERGÍA						
THE REPORT OF THE REAL		· 6:25:0	17- 🔤 40			
18 miles	H	В	C	Total 🕋		
U	550	210	230	660		
	A	В	C	Total		
VA	550	210	230	670		
(Can Ph	A	B	C	Total		
var	1 20	10 (10	20		
	A	B	C	Total		
PF	0.99	0.99	0.99	0.99		
05709715 17:46:39 2300 60Hz 30 WYE EN50160*				EN50160*		
DOWN	-	TREND	EVENTS 129	HOLD RUN		

Fuente: Los Autores

Figura 139: Banco de pruebas de carga Resistiva de 4Kw, al 100% de carga.



Fuente: Los Autores

Figura 140: Medición de voltajes y ángulos de fase realizada con carga resistiva al 100%, máquina SM-300 en conexión delta.



Fuente: Los Autores

Figura 141: Medición de corrientes y ángulos de fase realizada con resistiva al 100%, máquina SM-300 en conexión delta.



Fuente: Los Autores

Figura 142: Medición	de potencias con carga	a resistiva al 100%.
I Igulu 142. Miculcion	ue potencias con carg	

POTEN	CIA Y ENE	RGÍA			
		6:14 6:14 6	© 6:14:13		
		B	C	Total	
U	430	440	450	1320	
	A	B	C	Total	
VA	430	440	450	1330	
	A	B	3	Total	
var	(20	10 📢	20	30	
	A	B	C	Total	
PF	1.00	1.00	0.99	0.99	
05/09/1	5 17:35:44	230V 60Hz	3.0 WYE	EN50160*	
DOMN	÷	TREND	EUENTS	HOLD	

Fuente: Los Autores

Tabla 29: Toma de datos de medición carga resistiva al 50 y 100%, máquina

Carga Resistiva					
Porcentajes de carga	50%	100%			
Vf	34	42			
If	1,5	1,8			
Volt. R-S	124,3	124			
Volt. S-T	123,7	127			
Volt. T-R	125,7	127,7			
Amperaje R.	3,1	6,1			
Amperaje S.	3,1	6			
Amperaje T.	3,1	6,2			
Volt. R-N	71,59	71,34			
Volt. S-N	71,23	74,04			
Volt. T-N	72,39	73,55			
VATIOS - R	220	430			
VATIOS - S	220	440			
VATIOS - T	220	450			
VATIOS TOTALES	660	1320			
VAR - R	20	10			
VAR - S	0	15			
VAR - T	0	5			
VAR TOTALES	20	30			
VA - R	220	430			
VA - S	220	440			
VA - T	220	450			
VA TOTALES	660	1320			
FACTOR DE POTENCIA	0,99	1			

Figura 143: Diagrama de modelado trifásico de máquina Hampden SM-300 en conexión delta con carga Inductiva.



Fuente: Los Autores





Fuente: Los Autores

Figura 145: Diagrama de modelado trifásico de máquina Hampden SM-300 en conexión delta con carga Capacitiva.



Fuente: Los Autores





Fuente: Los Autores

		10	22	150/	28	55.04	40	00.04
Porcentajes de	00/	10	23	45%	VUELT	55 %	VUELT	90 %
carga	0%	Vueltas	vueltas	CAP	AS	CAP	AS	CAP
Vf	37,4	41,19	51,87	5,39	12,65	4,06	40,76	10,29
lf	1,69	1,81	2,23	0,22	0,51	0,2	1,83	0,413
Volt. R-S	220	220	220	218	220	218	220	219
Volt. S-T	219	220	219	220	219	219	218	219
Volt. T-R	220	219	220	219	219	220	220	221
Amperaje R.	0	1,4	2,4	3,3	2,5	3,7	3,5	3,5
Amperaje S.	0	1,3	2,3	3,4	2,6	3,8	3,2	3,2
Amperaje T.	0	1,4	2,4	3,3	2,5	3,8	3,4	3,3
Volt. R-N	127	126	127	126	126,7	126,8	126,9	130
Volt. S-N	126	126	126,9	127	127,1	127,2	125,8	110
Volt. T-N	126	127	127	126	126,4	126,7	127	100
VATIOS - R	20	20	30	30	40	40	120	130
VATIOS - S	20	30	30	30	40	40	110	110
VATIOS - T	20	20	40	40	40	40	120	100
VATIOS								
TOTALES	60	70	100	100	120	120	350	340
VAR - R	110	170	310	410	320	470	130	410
VAR - S	110	160	290	420	310	480	150	390
VAR - T	110	170	310	410	320	470	140	420
VAR								
TOTALES	330	500	910	1240	950	1420	420	1220
VA - R	120	170	310	410	320	460	200	420
VA - S	110	150	290	420	320	470	200	410
VA - T	120	160	310	410	310	470	190	420
VA TOTALES	350	480	910	1240	950	1400	590	1250
FACTOR DE								
POTENCIA	0,16	0,14	0,11	0,08	0,13	0,09	0,56	0,27

Tabla 30: Datos de prueba capacitiva inductiva.

Fuente: Los Autores

Conclusiones:

Se realizó las pruebas del sistema de generación en distintos tipos de conexión con cargas resistivas, inductivas y capacitivas, de los datos tomados de las mismas se verifico los límites de operación de la máquina síncrona con los distintos tipos de carga suministrada.

Para el caso de la carga resistiva se apreció directamente que los vatios de la unidad y en la gráfica eran los consumidos, es decir al tener factor de potencia 1 nos encontramos en la horizontal del eje de las "x" llegando al límite de operación del motor primario consumiendo solamente potencia activa.

Para el caso expuesto de la conexión en etapas de los bancos inductivo y capacitivo se puede apreciar el efecto de cambio del factor de potencia en adelanto y en atraso, un factor de potencia que se considere adelantado quiere decir que la corriente se adelanta a la tensión, lo que quiere decir que tenemos carga capacitiva en el sistema y por ello Potencia Reactiva negativa, un factor de potencia atrasado quiere decir que la corriente se retrasa respecto a la tensión, por ello sabemos que tenemos en nuestro sistema carga inductiva y potencia reactiva positiva.

Con estos datos se verifico los límites de operación de la máquina en distintas condiciones de alimentación dependiendo de la carga conectada al generador.

En cuanto a la regulación de voltaje terminal se refiere vemos lo importante de la electrónica de potencia junto a la informática y programación de sistemas lo cual trabajando en conjunto llevan a cabo el control de la unidad de generación dentro de sus límites óptimos de operación consiguiendo con ello la eficiencia del sistema, adicionalmente se cuenta con las opciones de alarmas de protección y monitoreo del sistema de generación.

BIBLIOGRAFÍA

* Stephen J, C. "Máquinas Eléctricas", Cuarta Edición. McGraw-Hill. México 2005.

* John j. Grainger William D. Stevenson jr. "Análisis de sistemas de potencia" McGraw-Hill.

* IEEE 421.5. "IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies", IEEE Standards. USA. 1992.

* IEEE 421.5. "IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies", IEEE-SA Standards. USA. 2005.

* Kundur, P. "Power System Stability and Control", Cuarta *Edición*. McGraw-Hill. EUA.1994.

* Catálogos de DECS-100 de Basler descargados de www.basler.com, Publicación: 9287500991 Revisión: M 02/15.

*Apuntes de la materia de Máquinas Eléctricas II, Universidad `Politécnica Salesiana, Ing. Otto Astudillo.

- * Páginas de Internet.
- * http://www.hampden.com
- * http://serviciotecnico.
- * http://www.endesaeduca.com
- * http://jaibana.udea.edu

*<u>www.basler.com</u> Published for the Basler Electric Power Systems Group #RSC-ICRM • May, 2005.

Significado de Abreviaturas

"v" Es la velocidad de rotación de la espira.

"B" Es la densidad de flujo magnético.

- *"l"* Es la longitud a lo largo de la espira.
- "r" Radio de la espira.
- Eind: Tensión Inducida.
- "ω" Velocidad angular
- f = frecuencia eléctrica en Hz
- P = número de polos
- N = Velocidad del rotor en revoluciones por minuto (rpm).
- fm = N/60, frecuencia mecánica en revoluciones por segundo (rps).
- Vf = Voltaje de alimentación al devanado de campo (dc).
- If = Corriente al devanado de campo.
- Rf = Resistencia del devanado de campo.
- Lf = Inductancia del devanado de campo.
- Ea = Tensión de Armadura.
- Ra = Resistencia de armadura.
- Xs = Reactancia síncrona de la máquina.
- Ia = Corriente de Armadura.
- VØ = Voltaje de Fase.
- VC: Tensión Terminal.
- VR: Voltaje de referencia
- VS: Señal de voltaje de estabilización para producir un voltaje de error.
- VF: Resultado de la acción derivativa de lazo menor de realimentación.
- VR: Tensión de salida del regulador controla la tensión de campo de la excitatriz.

KA: Ganancia para amplificar el error de tensión.

TA: Constante de tiempo para la ganancia.

- TB: Constante de tiempo para ganancia.
- Vx: Salida del bloque de saturación de la excitatriz
- Efd: Tensión de Excitación.

KF: Ganancia de realimentación.

TF: Constante de tiempo de realimentación.

AVR: Regulador automático de voltaje

PF: Factor de Potencia

FCR: Regulación de corriente de Campo.

UEL: Limite de baja excitación.

OEL: Limite de sobre excitación.

DECS-100 Sistema de Control Digital de Excitación.

ADC: Control Analógico a Digital.

PMG: Generador de Magneto Permanente.