



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO ELÉCTRICO

**TEMA:
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO PARA PROTECCIÓN
DIFERENCIAL DE TRANSFORMADORES”**

**AUTORES:
NARANJO YÉPEZ AURELIO ANDRÉS
FERAUD LÓPEZ MIGUEL ALFONSO
VILLACRÉS SALAZAR RAÚL JAVIER**

**DIRECTOR DE TESIS:
ING. ROY SANTANA**

MARZO 2015

GUAYAQUIL – ECUADOR

CERTIFICACIÓN

Yo Ing. ROY SANTANA, declaro que el presente proyecto de tesis, previo a la obtención del título de ingeniero eléctrico, fue elaborado por los señores: Naranjo Yépez Aurelio Andrés, Feraud López Miguel Alfonso, Villacrés Salazar Raúl Javier; bajo mi dirección y supervisión.

Ing. Roy Santana.

Director de Tesis: Ing. Eléctrica

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

RESPONSABILIDAD DE LOS HECHOS

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

NARANJO YÉPEZ AURELIO ANDRÉS

C.I. 0927355990

FERAUD LÓPEZ MIGUEL ALFONSO

C.I. 0924854953

VILLACRÉS SALAZAR RAÚL JAVIER

C.I. 0925702425

AGRADECIMIENTOS

Al terminar la presente tesis deseamos dejar expresado en estas letras nuestros profundos agradecimientos a:

- A DIOS en primer lugar, por transmitirnos la sabiduría y el entendimiento para realizar este proyecto.
- A los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana de la sede Guayaquil por habernos transmitido sus conocimientos durante el tiempo que duro nuestra carrera.
- Al Ing. Roy Santana, tutor de nuestra tesis, y al Ing. Ervin Solano por habernos guiado con sus conocimiento durante el inicio y conclusión del presente proyecto.
- A todas las personas que de una u otra manera nos brindaron su ayuda y contribuyeron que este proceso de graduación se llevó con total éxito.

Naranjo Yépez Aurelio Andrés

Feraud López Miguel Alfonso

Villacrés Salazar Raúl Javier

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a mi madre Ángela Yépez que Dios la tenga en su gloria, a mis hermanos Angélica, Ana, Fernando, Francisco, a mi cuñado Marcos; sin ustedes no hubiese sido posible esto, gracias por creer en mi capacidad, gracias por estar allí cuando más lo he necesitado.

Naranjo Yépez Aurelio

Dedico este proyecto de tesis a DIOS por permitirme llegar hasta aquí con salud y dejarme culminar esta meta, a mí madre Sonnia López por haberme dado el apoyo necesario para estudiar la carrera de Ingeniería Eléctrica y creer en mí y a las demás personas que de una y otra manera me ayudaron a hacer realidad este sueño . Gracias

Feraud López Miguel

Dedico este proyecto de tesis a mi querida familia; a mi madre Mercy Salazar, a mi padre Raúl Villacrés, a mi hermano Omar Villacrés por haberme brindado su apoyo y confianza incondicionales desde principio al fin de mis estudios hasta llegar a mi primer objetivo y logro profesional, gracias por creer en mí y estar a mi lado en toda las etapas de mi vida, hasta esta meta alcanzada.

Villacrés Salazar Raúl Javier

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	ii
RESPONSABILIDAD DE LOS HECHOS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIAS	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
INDICE DE ECUACIONES	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. MÉTODO EXPERIMENTAL DE INVESTIGACIÓN	4
1.4.1. GRUPO EXPERIMENTAL Y DE CONTROL	4
CAPITULO II	
FUNDAMENTOS TEORICOS	5
2.1. ANTECEDENTES	5
2.2. ANORMALIDADES	5

2.3	CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	5
2.4	TRANSFORMADOR DE PODER	6
2.4.1	TIPOS DE FALLA EN TRANSFORMADORES	6
2.4.1.1	FALLAS INTERNAS	7
2.4.1.2	FALLAS EXTERNAS	8
2.4.2	CONEXIONES DEL TRANSFORMADOR	9
2.4.2.1	CONEXIÓN ESTRELLA-ESTRELLA	10
2.4.2.2	CONEXIÓN DELTA-DELTA.....	11
2.4.2.3	CONEXIÓN ESTRELLA-DELTA.....	12
2.4.2.4	CONEXIÓN DELTA-ESTRELLA.....	13
2.5	SISTEMAS DE PROTECCIÓN	14
2.5.1	PROTECCION PRIMARIA.	15
2.5.2	PROTECCIÓN DE RESPALDO.	15
2.5.3	PROTECCIÓN UNITARIA.....	15
2.6	COMPONENTES DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN.....	16
2.6.1	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.....	16
2.6.2	RELÉ DE PROTECCIÓN.....	17
2.6.2.1	RELÉ DIFERENCIAL SEL-587	18
2.6.3	CIRCUITOS DE CONTROL.....	18
2.6.4	INTERRUPTOR DE POTENCIA.....	18
2.7	PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE CORRIENTE.....	19
2.7.1	PENDIENTE DE OPERACIÓN DIFERENCIAL.....	21
2.7.2	PROTECCION DE TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS	22
2.8	COMPENSACIÓN DE DESFASE	25
CAPÍTULO III		
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....		
		28
3.1	DISEÑO.....	28
3.1.1	ESTRUCTURA DE SOPORTE.....	28
3.1.2	ELABORACIÓN DE LÁMINA DE CONEXIONES.....	31
3.1.3	INSTALACIÓN DE ELEMENTOS	32
3.2	DISEÑO ELÉCTRICO.....	35
3.2.1	CONEXIÓN INTERNA DE DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS.....	35
3.3	DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS TECNICAS DE EQUIPOS.....	37
3.3.1	RELÉ DIFERENCIAL DE CORRIENTE SEL 587	40
3.3.1.1	CARACTERISTICAS TECNICAS	40
3.3.2	ANALIZADOR DE ENERGÍA	42
3.3.2.1	CARACTERISTICAS TECNICAS	43
3.3.3	TRANSFORMADOR DE POTENCIA	43
3.3.3.1	CARACTERISTICAS TECNICAS	44
3.3.4	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.....	44
3.3.4.1	CARACTERISTICAS TECNICAS	45
3.3.5	LUZ PILOTO.....	45
3.3.5.1	CARACTERISTICAS TECNICAS	46

3.3.6	PULSADORES	46
3.3.6.1	CARACTERISTICAS TECNICAS	47
3.3.7	VARIAC.....	47
3.3.7.1	CARACTERISTICAS TECNICAS	48
3.4	PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODULO.....	49

CAPÍTULO IV

MANUAL DE PRÁCTICAS..... 51

4.1	GUIA DE PRACTICAS PARA PRUEBAS EN EL TABLERO.	51
4.2	PRÁCTICA NO. 1: Mantenimiento y seguridades del módulo.....	53
4.2.1	DATOS INFORMATIVOS.....	53
4.2.2	DATOS DE LA PRÁCTICA	53
4.2.3	NORMAS DE SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS	54
4.2.3.1	ALIMENTACIÓN TRIFASICA.....	55
4.2.3.2	MEDIDOR DE ENERGIA.....	56
4.2.3.3	CENTRO DE ALIMENTACIÓN TRIFASICA.....	57
4.2.3.4	PUENTE RECTIFICADOR.....	58
4.2.3.5	PULSADORES	59
4.2.3.6	SELECTOR LOCAL-REMOTO	60
4.2.3.7	CONEXIONES A TIERRA	61
4.2.3.8	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	61
4.2.3.9	VARIAC TRIFASICO	62
4.2.4	NORMAS DE SEGURIDAD AL REALIZAR PRÁCTICAS DE LABORATORIO ...	62
4.2.5	NORMAS DE SEGURIDAD DENTRO DEL LABORATORIO	63
4.3	Práctica No. 2: Comprobación de funcionamiento de elementos.	65
4.3.1	DATOS INFORMATIVOS.....	65
4.3.2	DATOS DE LA PRÁCTICA	65
4.4	Práctica No. 3: Parametrización Relé Diferencial SEL 587	87
4.4.1	DATOS INFORMATIVOS.....	87
4.4.2	DATOS DE LA PRÁCTICA	87
4.5	Práctica No. 4 Polaridad en transformadores de medición	97
4.5.1	DATOS INFORMATIVOS.....	97
4.5.2	DATOS DE LA PRÁCTICA	97
4.6	Práctica No. 5 Protección diferencial del transformador en condiciones normales de operación con conexión estrella-estrella.	103
4.6.1	DATOS INFORMATIVOS.....	103
4.6.2	DATOS DE LA PRÁCTICA	103
4.7	Práctica No. 6 Protección diferencial del transformador en condiciones normales de operación con conexión delta-delta.....	111
4.7.1	DATOS INFORMATIVOS.....	111
4.7.2	DATOS DE LA PRÁCTICA	111
4.8	Práctica No. 7 Protección diferencial del transformador en condiciones normales de operación con conexión estrella-delta.....	119

4.8.1	DATOS INFORMATIVOS.....	119
4.8.2	DATOS DE LA PRÁCTICA	119
4.9	Práctica No. 8 Protección diferencial del transformador en condiciones normales de operación con conexión delta-estrella.....	127
4.9.1	DATOS INFORMATIVOS.....	127
4.9.2	DATOS DE LA PRÁCTICA	127
4.10	Práctica No.9 Protección diferencial del transformador en condiciones de falla interna y externa con conexión estrella-estrella.....	135
4.10.1	DATOS INFORMATIVOS.....	135
4.10.2	DATOS DE LA PRÁCTICA	135
4.11	Práctica No.10 Protección diferencial del transformador en condiciones de falla interna y externa con conexión delta-delta.	146
4.11.1	DATOS INFORMATIVOS.....	146
4.11.2	DATOS DE LA PRÁCTICA	146
4.12	Práctica No.11 Protección diferencial del transformador en condiciones de falla interna y externa con conexión estrella-delta.....	157
4.12.1	DATOS INFORMATIVOS.....	157
4.12.2	DATOS DE LA PRÁCTICA	157
4.13	Práctica No.12 Protección diferencial del transformador en condiciones de falla interna y externa con conexión delta-estrella.....	168
4.13.1	DATOS INFORMATIVOS.....	168
4.13.2	DATOS DE LA PRÁCTICA	168
	CONCLUSIONES.....	179
	RECOMENDACIONES.....	180
	BIBLIOGRAFÍA.....	181

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1: Falla interna en un transformador.....	8
Figura 2: Falla externa en un transformador.....	9
Figura 3: Conexión estrella-estrella del transformador.....	11
Figura 4: Conexión delta-delta del transformador.....	12
Figura 5: Conexión estrella-delta del transformador.....	13
Figura 6: Conexión delta-estrella del transformador.....	14
Figura7: Funciones del Relé SEL 587.....	20
Figura8: Pendiente de Operación Diferencial.....	22
Figura9: Protección de transformadores de dos devanados.....	23
Figura10: Construcción de estructura metálica.....	29
Figura11: Calado del tablero.....	29
Figura12: Dimensión de la vista frontal y calado de la estructura del tablero.....	30
Figura13: Impresión de la lámina del tablero.....	31
Figura14: Colocación de vinil.....	32
Figura15: Anclaje de tablero en la mesa de trabajo.....	33
Figura16: Montaje de equipos en el tablero.....	33
Figura17: Vista de elementos montados.....	34
Figura18: Montaje de estructura de soporte de transformadores.....	34
Figura19 : Cableado de equipos eléctricos.....	36
Figura20: Cableado de equipos eléctricos.....	36
Figura21: Soldadura, marquillado y prueba de equipos.....	37
Figura22: Diseño de los componentes del módulo de protección.....	39
Figura23 : Relé Diferencial 587.....	40
Figura24: Analizador de Redes Pac 4200.....	42
Figura25: Transformador de Poder.....	44
Figura26: Transformador de Corriente.....	45
Figura27: Luces Piloto.....	46
Figura28: Pulsadores.....	47
Figura29: Variador de Voltaje.....	48
Figura30: Módulo para Protección de Transformadores.....	55
Figura31: Alimentación trifásica.....	55
Figura32: Alimentación trifásica del breaker.....	56
Figura33: Breaker fuente variable del banco.....	56
Figura34: Medidor de energía.....	57
Figura35: Parte posterior del medidor de energía.....	57
Figura36: Centro de alimentación trifásica.....	58
Figura37: Puente rectificador.....	59
Figura38: Pulsador normalmente abierto.....	59
Figura39: Pulsador normalmente cerrado.....	60
Figura40: Selector.....	60
Figura41: Conexión a tierra.....	61
Figura42: Transformador de corriente.....	61
Figura43: Parte posterior del Variac.....	62

Figura44: Vista frontal del Variac	62
Figura45: Configuración inicial tecla SET	89
Figura46: Configuración Relay.....	89
Figura47: Ingreso Contraseña	90
Figura48: Ingreso a configuración General Data	90
Figura49: Guardar cambios de ajustes	91
Figura50: Programa ACSElarator.....	91
Figura51: Selección del modelo de Relé.....	92
Figura52: Números de serie del Relé.....	92
Figura53: Ventana de datos generales.....	93
Figura54: Ventana de parámetros diferenciales.....	93
Figura55: Ventana de ajustes de puerto serial.....	94
Figura56: Conexión Estrella -Estrella.....	103
Figura57: Conexión Delta -Delta.....	111
Figura58: Conexión Estrella - Delta	119
Figura59: Conexión Delta-Estrella	127
Figura60: Conexión Estrella –Estrella (Falla interna y externa).....	135
Figura61: Conexión Delta-Delta (Falla interna y externa)	146
Figura62: Conexión Estrella-Delta (Falla interna y externa).....	157
Figura63: Conexión Delta-Estrella (Falla interna y externa).....	168

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Descripción de equipos.....	38
TABLA 2: Presupuesto.....	50
TABLA 3: Toma de Valores - Variac.....	68
TABLA 4: Toma de valores – Fuente Fija	69
TABLA 5: Toma de Valores – Analizador de Red.....	71
TABLA 6: Toma de Valores - Borneras y Conectores	72
TABLA 7: Toma de Valores –Cables de Prueba.....	73
TABLA 8: Toma de Valores –Contactor k1	74
TABLA 9: Toma de Valores – Contactor K2	75
TABLA 10: Toma de Valores – Estructura Mecánica.....	76
TABLA 11: Toma de Valores – Fusibles 6amp.....	77
TABLA 12: Toma de Valores – Fusible 4amp	78
TABLA 13: Toma de Valores – Clavija	79
TABLA 14: Toma de Valores – Luz Piloto H1	80
TABLA 15: Toma de Valores – Transformador de Corriente	81
TABLA 16: Toma de Valores – Pulsador P1	82
TABLA 17: Toma de Valores – Pulsador P2	83
TABLA 18: Toma de Valores – Breaker 32A	84
TABLA 19: Toma de Valores – Puente Rectificador	85
TABLA 20: Toma de Valores – Selector.....	86

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Voltaje de línea Y-Y	10
Ecuación 2: Relación de transformación Y-Y	10
Ecuación 3: Corriente de línea D-D.....	11
Ecuación 4: Relación de transformación D-D	12
Ecuación 5: Relación de transformación Y-D	12
Ecuación 6: Relación de transformación D-Y	13
Ecuación 7: Corriente Diferencial.....	23
Ecuación 8: Equipo sin falla	23
Ecuación 9: Equipo con falla	23
Ecuación 10: Corriente de Operación	24
Ecuación 11: Corriente de Restricción.....	24
Ecuación 12: Matriz compensación de corriente	26
Ecuación 13 Matrices de compensación para diferentes configuraciones.	27

RESUMEN

Tema: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN MODULO PARA PROTECCION
DIFERENCIAL DE TRANSFORMADORES

Autores: Naranjo Yépez Aurelio A., Feraud López Miguel A, Villacres Raúl

Director de Tesis: Ing. Roy Santana.

Palabras Claves: Banco, Transformadores, Sistemas de Potencia, Relé Diferencial
587, Protecciones, Generadores.

El presente proyecto trata sobre la realización del Diseño y Construcción de un Módulo de Protección Diferencial de Transformadores, el mismo que formará parte de la implementación del Laboratorio de Protecciones Eléctricas de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil; y tendrá como objetivo la elaboración de 12 prácticas, que simularán las condiciones de operación de los equipos y las protecciones encontradas en una Subestación; al analizar teórica y prácticamente el comportamiento y actuación de los mismos, tanto en condiciones normales del sistema eléctrico como para los diversos eventos de falla a presentarse: fallas externas, internas (en lado primario y/o secundario del transformador) y fallas combinadas; facilitando a los alumnos que cursan los últimos ciclos de la carrera de Ing. Eléctrica, el aprendizaje de conceptos y principios de funcionamiento de protecciones de Sistemas de Eléctricos de Potencia, en este caso de transformadores a través de un Relé de Protección Diferencial Sel587.

ABSTRACT

Theme: DESIGN AND CONSTRUCCION OF A MODULE FOR
TRANSFORMER DIFFERENTIAL PROTECTION

Authors: Naranjo Yépez Aurelio A., Feraud López Miguel A, Villacres Raúl

Thesis Director: Ing. Roy Santana.

Keywords: Bank, Engines, Electrical Devices, Electrical Diagrams, Starts,
Networking, Electrical Circuits.

This project is the realization of the Design and Construction of a module Transformer Differential Protection, it will form part of the implementation of the Laboratory of Electrical Protection of the Salesiana Polytechnic University, based Guayaquil; and will target 12 developing practices that will simulate the operating conditions of the equipment and the protections found in a substation; to analyze theoretically and practically the behavior and performance of the same, both in normal electrical system to the various fault events occur: external, internal failures (in primary side and / or secondary of the transformer) and combined faults; easier for students taking the last cycle race Electrical Eng., learning concepts and principles of operation of protections Power Electrical Systems, in this case transformer through a SEL 587Differential Protection Relay.

INTRODUCCIÓN

Dentro del presente documento se encontrara todo lo que respecta al desarrollo del Módulo para protección diferencial de transformadores, desde el inicio del diseño, y la construcción física.

Para la comprensión de conceptos y fundamentos se revisaron textos guías para reforzar conocimientos en definiciones eléctricas, como principios de funcionamientos y protección de transformadores.

Durante el desarrollo del diseño se realizaron los planos respectivos del módulo, los diagramas de conexiones que facilitaron el montaje de los equipos.

Después de la elaboración del módulo, se dio paso a realizar las pruebas que serán parte de las prácticas. Y dejar junto con el banco el Manual de Prácticas que es dirigido para los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, dentro del laboratorio de Protecciones.

Las Prácticas fueron estipuladas en conjunto con el tutor guía y con distintos docentes que permitieron llegar a dejar un producto final acorde con el pensum académico requerido.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PROBLEMA

La necesidad de complementar los conocimientos teóricos impartidos en las aulas de clase obliga a recurrir a medios pedagógicos prácticos en las carreras técnicas.

De allí parte la necesidad de contar con estos medios prácticos en la facultad de Ingeniería Eléctrica de nuestra sede; específicamente en la materia de protecciones eléctricas, en la cual el pensum académico posee gran contenido teórico que debería ser debidamente reforzado con mecanismos prácticos. Al ser detectado este problema se propone implementar un módulo de prueba que sea de referencia para poder ampliar los módulos didácticos del laboratorio de transformadores y principalmente reforzar los conocimientos en la materia de Protecciones Eléctricas.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Con la elaboración de este proyecto se pondrá en práctica los conocimientos adquiridos en la materia de Protecciones, además se pondrá atención en el desarrollo de normas de seguridad en equipos eléctricos y reforzar conceptos de funcionamiento y operación de Protecciones Eléctricas de los mismos equipos. Con esto se realza la importancia de ampliación de módulos didácticos en los laboratorios, en este caso el proyecto se enfocará en el laboratorio de protecciones para la elaboración de trabajos experimentales.

Se utiliza un relé multifunción con protecciones de sobrecorriente diferencial de corriente, para proteger un grupo de transformadores de potencia de 1,5 KVA.

Este equipo es el elemento inteligente del sistema y deja abierto la posibilidad de muchas aplicaciones didácticas. El uso de este tipo de protección es vital en los sistemas de potencia por la importancia del uso de los transformadores de poder debido a las propiedades que conlleva: selectividad, sensibilidad, confiabilidad, y seguridad de operación.

Es indispensable recordar los principios de funcionamiento y de operación de los sistemas de potencia, así como describir y comparar los principales dispositivos que intervienen en los sistemas de potencia.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Diseñar y construir un módulo para protección de transformadores destinado al laboratorio de protecciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, que incluya partes, elementos, accesorios, transformadores y relé para pruebas.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diseñar y construir un módulo de protección de transformadores que sirva como guía en la materia de protecciones.
- Establecer un manejo y comprensión de la protección diferencial aplicada a los sistemas de potencia.
- Simular fallas reales que ocurren en los sistemas eléctricos de potencia.
- Preparar un manual de 12 prácticas demostrativas para aplicar en el módulo de protecciones.

1.4. MÉTODO EXPERIMENTAL DE INVESTIGACIÓN

(Gutierrez, 1992, pág. 122) Explica “La experimentación es el método del laboratorio científico, donde los elementos manipulados y los efectos observados pueden controlarse.” Con esto podemos explicar que el proceso de experimentación es el que provoca los fenómenos o también se puede decir que modifica los hechos para estudiarlos en situaciones que no se presentan en parámetros normales.

En el desarrollo de tesis se analizó las partes más importantes de experimentación en el funcionamiento de equipos en base de la modalidad de grupo experimental y de control.

1.4.1. GRUPO EXPERIMENTAL Y DE CONTROL

(Gutierrez, 1992, pág. 122) Enuncia “EL grupo experimental es aquel que está expuesto a la influencia del factor experimental. El grupo de control es aquel que no está sometido al tratamiento experimental.” En el banco de prueba se identificó los dos grupos, y se realizaron las observaciones para determinar cambios ocurridos. El grupo experimental donde pertenecen los equipos eléctricos como el relé, medidores de parámetros se experimentaron cambios al variar niveles de energías y conexiones, todo se visualiza en las prácticas generadas y donde se evidencias estos cambios.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEORICOS

2.1. ANTECEDENTES.

(Israel, 2012, pág. 8) El principal objetivo de toda red de suministro de energía es proveer energía en condiciones óptimas de continuidad, seguridad, calidad y economía. Con ello se ha obligado a tener infraestructura que permita suministrar de forma segura y eficiente la energía eléctrica, pero el desarrollo es cada vez mayor y la necesidad de introducir equipos nuevos supone nuevos retos de operación.

Al momento del diseño y construcción de sistemas de potencia es importante tener en cuenta estos factores, por razones técnico-económicas suelen presentarse límites en las seguridades que se les den a estos sistemas debido a esto podrían presentarse condiciones anormales de funcionamiento.

A continuación detallaremos equipos, condiciones y sistemas de protección de transformadores de potencia.

2.2. ANORMALIDADES.

(Gilberto Enriquez, 2006, pág. 219) Cada elemento componente de un sistema eléctrico de potencia, puede estar sujeto a una falla o cortocircuito.

Se llama anomalías al conjunto de condiciones que se presentan fuera de los parámetros normales de operación.

2.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Los sistemas de potencia están diseñados para operar en condiciones que garanticen la continuidad del servicio, bajo condiciones normales los sistemas trabajan a valores

nominales de tensión y corriente, sin embargo un disturbio en el sistema provocara condiciones de falla las cuales deben ser despejadas por los sistemas de protección.

(Sangra, 1999, pág. 2) Se le llama condiciones normales de operación a los sistemas eléctricos que operan por un tiempo finito o infinito bajo valores nominales, tiempos de funcionamiento y obsolescencia determinado por fabricantes.

Se denomina condiciones de falla a la ruptura de una condición normal de operación.

(Mujal Rosas, 2014, pág. 17) Un cortocircuito es el fallo en un aparato o línea eléctrica en donde la corriente pasa directamente del conductor activo hacia otra fase, neutro o tierra del sistema ya sea monofásico o trifásico.

2.4 TRANSFORMADOR DE PODER

(Chapman, 2000, pág. 55) Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia.

La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores.

2.4.1 TIPOS DE FALLA EN TRANSFORMADORES

Los bobinados y nucleos magnéticos en un transformador son sometidos a diferentes fuerzas de durante operación por ejemplo:

- Expansión y contracción debido a los ciclos térmicos
- Vibración
- Calentamiento debido al flujo magnético

- Fuerzas debido al flujo de corrientes de falla
- Excesivo calor debido a sobrecargas o inadecuado enfriamiento.

Estas fuerzas causan deterioro y fallas en el aislamiento eléctrico de las bobinas del transformador.

Para nuestro estudio recrearemos de manera experimental estas fallas en un grupo monofásico de transformadores que formaran un transformador trifásico con diferentes designación de conexiones en sus devanados primarios y secundarios; a estas fallas hemos dividido en dos grupos: fallas internas y fallas externas.

2.4.1.1 FALLAS INTERNAS

Las posibilidades de fallas que se producen en los transformadores son menos comunes en comparación con las fallas que se presentan en los generadores, a pesar de que la posibilidad de falla es baja estas ocurren.

Por lo tanto se debe proporcionar al transformador de protección contra posibles fallas; las fallas internas son las fallas que se producen en la zona de protección del transformador, tanto al interior del tanque como en sus transformadores de corriente.

Las fallas internas se dividen en dos clasificaciones: fallas incipientes las cuales se desarrollan lentamente, pero que pueden convertirse en grandes fallas y fallas activas que son causadas por la avería en el aislamiento u otros componentes que crean una situación de estrés repentino que requiere una acción inmediata para limitar el daño.

La corriente de inrush del transformador puede ser detectada por el relé como una falla interna. (Ramírez, 2003, pág. 247) Enuncia que este fenómeno ocurre cuando el transformador es energizado, o cuando el voltaje primario retorna a su valor normal después de despejar una falla externa.

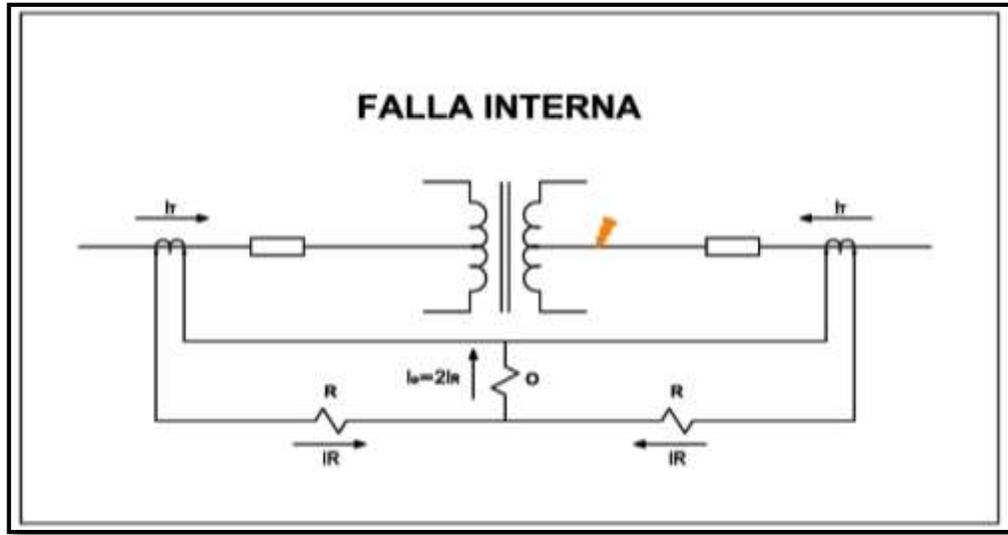


Figura1: Falla interna en un transformador

Fuente: Los Autores

2.4.1.2 FALLAS EXTERNAS

La protección de respaldo se basa en relés de sobrecorriente, los cuales conviene energizarlos de transformadores de corriente diferentes de los utilizados para la protección diferencial o para otro tipo de protección contra fallas internas. Generalmente, se emplean relés separados para fallas a tierra. Además, es recomendable ubicarlos en el lado de baja tensión en el caso que la fuente de alimentación a la falla esté del lado de alta tensión, de esta manera no estarán afectados a las corrientes de energización en vacío y, por lo tanto, estas corrientes no influirán en la elección de los ajustes de la corriente mínima de operación ni en los tiempos de operación.

En caso de que el transformador se encuentre conectado a más de una fuente de alimentación a fallas, es preciso instalar una protección de respaldo en cada uno de sus interruptores, y en la mayoría de los casos, para lograr una protección selectiva es necesario que algunos de los relés sean de sobrecorriente direccional.

Si el transformador está provisto de protección de sobrecorriente en lugar de diferencial, la misma protección de sobrecorriente puede utilizarse de respaldo.

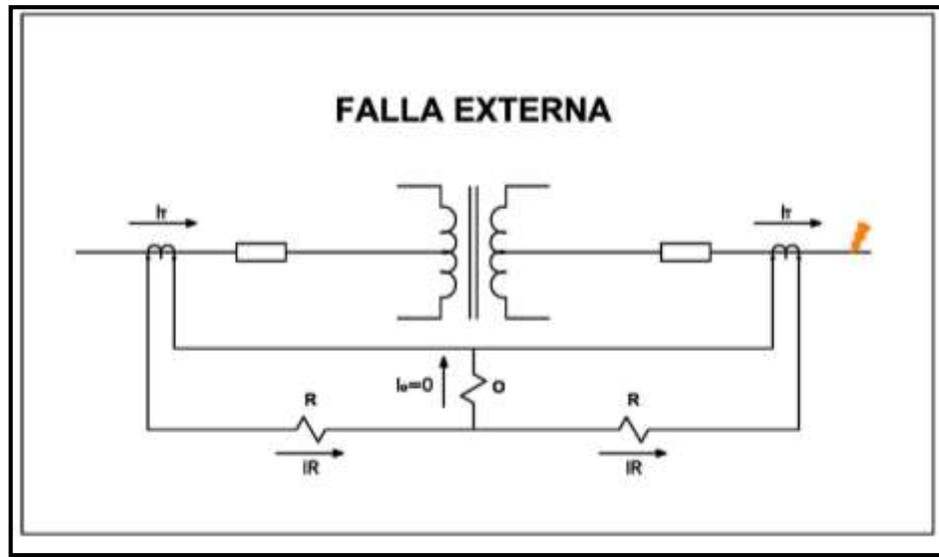


Figura 2: Falla externa en un transformador

Fuente: Los Autores

2.4.2 CONEXIONES DEL TRANSFORMADOR

Dependiendo del tipo de conexión en los devanados de nuestros transformadores pueden aparecer unas diferencias de fase entre las tensiones compuestas de primario y secundario.

Para fines experimentales se recrearan cuatro tipos de conexiones en el módulo de pruebas:

- Conexión Estrella-Estrella.
- Conexión Delta- Delta.
- Conexión Estrella- Delta.
- Conexión Delta-Estrella.

2.4.2.1 CONEXIÓN ESTRELLA-ESTRELLA

Para las conexiones estrella-estrella, la corriente de línea es la misma que la que circula por cada devanado del transformador, en cambio la tensión en bornes de una bobina del devanado es un 58% menor que de la tensión compuesta:

$$Vl = \sqrt{3} * Vdevanado = 1,73 * Vdevanado$$

Ecuación 1: Voltaje de línea Y-Y

Como primario y secundario están en estrella, la relación de transformación (Rt) será directamente la relación entre el número de espiras:

$$Rt = \frac{V1}{V2} = \frac{\sqrt{3} * Vs1}{\sqrt{3} * Vs2} = \frac{N1}{N2}$$

Ecuación 2: Relación de transformación Y-Y

La conexión Y-Y permite disponer del neutro tanto en el devanado de alta tensión como en el de baja tensión, y permite conectar el neutro del primario del transformador con el neutro de nuestra fuente que en este caso es el Variac trifásico.

Entre los inconvenientes de la conexión Y-Y es la necesidad de una conexión al neutro de baja impedancia, de no ser así los voltajes de fase tienden a desequilibrarse severamente cuando la carga es desequilibrada. También surgen problemas con la tercera armónica la cual podremos observar en los analizadores de red de entrada o de carga del módulo.

El transformador con configuración Y-Y es principalmente aplicado a sistemas de distribución.

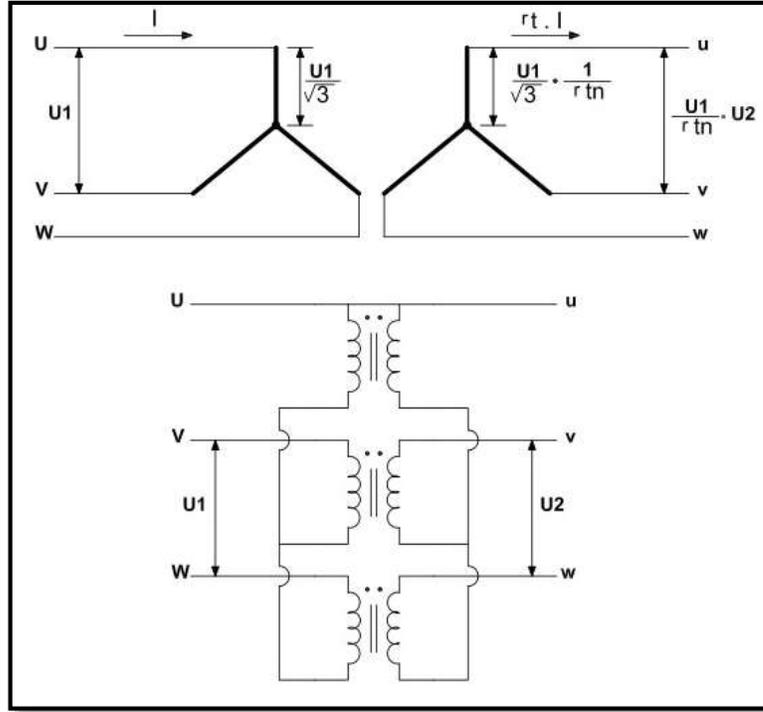


Figura 3: Conexión estrella-estrella del transformador

Fuente: Los Autores

2.4.2.2 CONEXIÓN DELTA-DELTA

Se utiliza mucho en transformadores de baja tensión; ya que se necesitan menos espiras de menor sección. Esto es así porque la corriente por los devanados es un 58% menor que la de línea.

$$I_l = \sqrt{3} * I_{devanado} = 1,73 * I_{devanado}$$

Ecuación 3: Corriente de línea D-D

Como primario y secundario están en triángulo la relación de transformación será directamente la relación entre el número de espiras.

$$Rt = \frac{V1}{V2} = \frac{Vs1}{Vs2} = \frac{N1}{N2}$$

Ecuación 4: Relación de transformación D-D

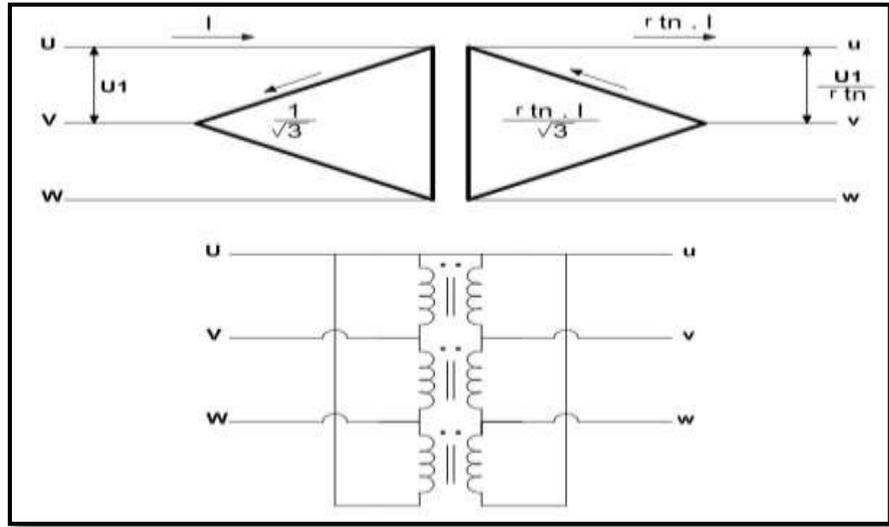


Figura 4: Conexión delta-delta del transformador

Fuente: Los Autores

2.4.2.3 CONEXIÓN ESTRELLA-DELTA

La conexión estrella-delta se utiliza para reducir la tensión, ya que además de la propia relación de transformación debida a las espiras, interviene el valor 3 para reducir la tensión del secundario.

$$Rt = \frac{V1}{V2} = \frac{Vs1}{\sqrt{3} Vs2} = \frac{N1}{\sqrt{3} * N2}$$

Ecuación 5: Relación de transformación Y-D

Debido a este factor reductor añadido, esta conexión se usa en subestaciones de alta tensión reductoras, subestaciones de reparto y de distribución, esta configuración da como resultado un desplazamiento de 30° entre los voltajes primarios y secundarios; estos fenómenos se podrán visualizar al experimentar con esta conexión en el módulo de pruebas.

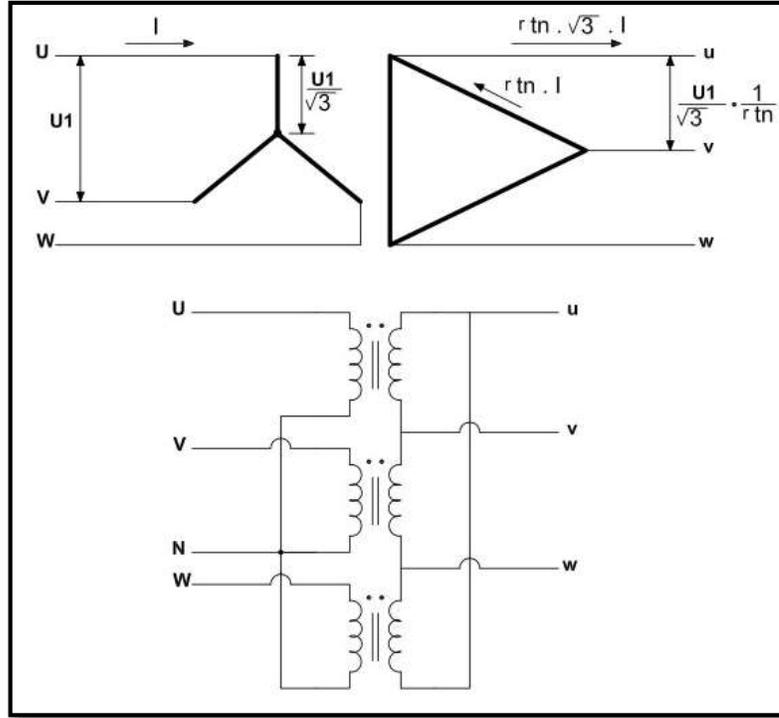


Figura 5: Conexión estrella-delta del transformador

Fuente: Los Autores

2.4.2.4 CONEXIÓN DELTA-ESTRELLA

La conexión delta-estrella se utiliza para elevar la tensión, ya que además de la propia relación de transformación debida a las espiras, interviene el valor 3 que multiplica la tensión del secundario.

$$Rt = \frac{V1}{V2} = \frac{Vs1}{\frac{Vs2}{\sqrt{3}}} = \frac{\sqrt{3}Vs1}{Vs2} = \frac{\sqrt{3}N1}{N2}$$

Ecuación 6: Relación de transformación D-Y

Esta conexión se utiliza usualmente como transformadores elevadores en las redes de alta tensión, al quedar la alta tensión en el lado estrella permitirá poner a tierra el punto neutro con lo cual queda limitado del potencial sobre cualquiera de las fases de tensión simple del sistema.

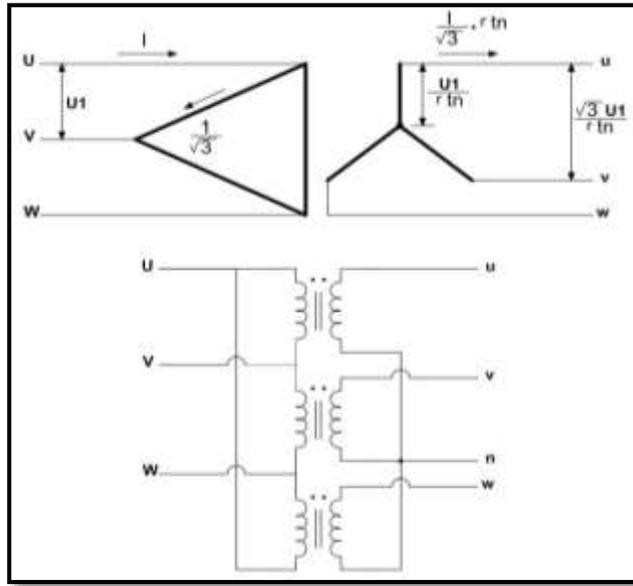


Figura 6: Conexión delta-estrella del transformador

Fuente: Los Autores

2.5 SISTEMAS DE PROTECCIÓN

Cuando una falla ocurre, los equipos fallados deben salir del sistema de forma automática, para ello una serie de equipos y circuitos debe funcionar de manera adecuada, a estos se los denomina sistemas de protección.

Los sistemas de protección se utilizan en los sistemas de potencia con el fin de evitar daños en los equipos producto de fallas que podrían extenderse a lo largo del sistema, los sistemas de protección tienen como finalidad aislar el equipo o sistema fallado para

así evitar perturbar el resto del sistema, minimizar el daño al equipo fallado, reducir la posibilidad de un incendio, proteger al operador del sistema y resguardar la integridad de los equipos en red. El sistemas de protección aplicado a este estudio se pueden clasificar en tres tipos los primarios, los de respaldo y de protección unitaria.

2.5.1 PROTECCION PRIMARIA.

Para nuestro estudio la protección principal corresponde al relé de protección cuya principal función es proteger los elementos del sistema de potencia desconectando el o los equipos en falla con finalidad de aislar el disturbio con el mínimo impacto en la continuidad del servicio a los usuarios de la red.

2.5.2 PROTECCIÓN DE RESPALDO.

En el caso que la protección principal del sistema de potencia no cumpla con su labor de aislar la falla los sistemas de respaldo entran en operación, Esta protección se emplea contra cortocircuitos debido a ser esta la falla predominante en los sistemas de potencia.

2.5.3 PROTECCIÓN UNITARIA.

La protección unitaria normalmente se emplea a la hora de proteger un equipo tal como una línea, unas barras o en nuestro caso un transformador es la protección diferencial, dicha protección incluye, generalmente, una característica de frenado porcentual cuyos ajustes (sensibilidad, pendiente de operación, etc.) se describen en este capítulo, estos valores no siempre son fáciles de calcular ya que dependen de muchos factores tales como los errores de medida en los transformadores de corriente.

2.6 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN

Nuestro sistema de protección diferencial de transformadores recreado en un módulo de pruebas resume como elementos principales los siguientes:

- Transformadores de Medida
- Relé de Protección
- Circuitos de Control
- Interruptor de Potencia

Estos equipos en conjunto integrarán un sistema que protegerá un grupo de transformadores de dos devanados dispuestos en el módulo y con las distintas configuraciones de conexión de sus bobinados primarios y secundarios descritas en este capítulo.

2.6.1 TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.

(Enrique Ras, 1994, pág. 176) Los transformadores de corriente son componentes integrales en los sistemas de protecciones, este aparato es un elemento fundamental para la operación relé-interruptor de potencia ya que realizan la función de supervisión, medición y control de circuito al transmitir una corriente reducida a los equipos.

(Ramirez, 2003, pág. 123) Los Tc's de medida son diferentes a los Tc's de protección tanto en su clase de precisión como en su carga del secundario, los Tc's de protección deben operar en amplios márgenes de carga, desde corrientes mínimas hasta valores mayores a la corriente nominal; mientras los Tc's de medida son usualmente utilizados para la facturación de energía en donde la precisión debe ser alta.

2.6.2 RELÉ DE PROTECCIÓN.

Los relés constituyen el elemento inteligente dentro de todo el sistema de protecciones. Ellos reciben la información de las condiciones de funcionamiento del sistema a través de los transformadores de medida, comparan estos valores y deciden su operación. Esta se concreta en un contacto insertado en un circuito de control de interruptores el cual se cierra para producir la apertura de ellos.

En el módulo de protecciones se utiliza un relé de corriente diferencial, el cual que provee protección de corriente diferencial mas dos grupos completos de elementos de sobrecorriente, este equipo mide las corrientes del lado de alta y del lado de baja de los transformadores, las cantidades de operación y retención diferencial así como la segunda y quinta armónica de las corrientes aplicadas.

Los ajustes del relé permiten usar los tc's de corriente del lado de alta o baja conectados en estrella o delta, el relé compensa las conexiones de los tcs, para derivar las cantidades de operación apropiadas.

Dependiendo de la variable que controlan surgen distintos tipos de relés:

- Por sobrecargas
- Por cortocircuitos
- Por sobretensiones
- Por falla de aislación
- Por temperatura
- Por falta o exceso de tensión
- Por exceso o defecto de frecuencia
- Por sentido inverso de circulación de corriente o potencia
- Por corriente de desequilibrio o pérdida (diferencia) de corriente
- Imagen térmica

2.6.2.1 RELÉ DIFERENCIAL SEL-587

El equipo Sel 587 es un relé de sobrecorriente y de corriente diferencial, que provee protección de corriente diferencial y de sobrecorriente en un paquete compacto, la unidad provee dos entradas optoaisladas, cuatro contactos de salida programada y un contacto de salida de alarma.

(Laboratories, 2004, págs. 1-2) El relé SEL 587 incluye elementos diferenciales de corriente independientes, con retención y sin retención de porcentaje.

2.6.3 CIRCUITOS DE CONTROL.

La operación de un relé de protección se basa en la ejecución automática de apertura y cierre de interruptores, señalizaciones y alarmas etc.

Los circuitos de control en las instalaciones se alimenta normalmente con corriente continua proveniente de baterías de 48 voltios, 125 voltios y llegando hasta los 240 voltios dependiendo del consumo, es importante contar con una fuente interrumpida de corriente continua al circuito de control; una falla en la alimentación dejaría expuesto al sistema de potencia sin su sistema de control.

En instalaciones pequeñas es común la alimentación del sistema de control con corriente alterna, el consumo de los circuitos de control en sistemas alternos es con transformadores de potencial monofásicos.

2.6.4 INTERRUPTOR DE POTENCIA.

(Valderrama, 2000, pág. 34) Un interruptor de potencia identificado con el número 52 es un dispositivo mecánico capaz de establecer, transportar e interrumpir corrientes bajos

condiciones normales del circuito, también establecer, transportar por un tiempo específico e interrumpir corriente bajo condiciones anormales específicas tales como aquellas de cortocircuito.

Un interruptor de poder al estar cerrado debe ser un conductor ideal además de ser capaz de interrumpir la corriente a la que fue diseñado, rápidamente, en cualquier instante y sin producir sobrevoltajes.

Al estar abierto debe cumplir la propiedad de un aislador ideal, además de ser capaz de cerrar en cualquier instante, bajo corrientes de falla, sin fundirse los contactos por altas temperaturas.

Se los puede clasificar según: su medio de extinción, el tipo de mecanismo y por ubicación de las cámaras.

2.7 PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE CORRIENTE

(Ramirez, 2003, pág. 272) Un sistema diferencial puede proteger efectivamente un transformador debido a la confiabilidad inherente de los relevadores, los cuales son altamente eficientes en la operación y al hecho que los amperios-vuelta equivalentes son desarrollados en los devanados primarios y secundarios del transformador. Los Tc's son conectados de tal forma que ellos forman un sistema de corriente circulante.

La protección diferencial es una protección estrictamente selectiva de un elemento y se realiza comparando las intensidades de corriente a la entrada del primario y a la salida del secundario se puede asumir que se basa en la Ley de Kirchhoff que afirma: "La suma de las corrientes que llegan a un nodo es igual a la suma de corrientes que salen del mismo".

En condición normal de operación siempre habra igualdad de magnitudes de corriente en donde las corrientes que llegan al ajuste del 87 se anulan dando cero corriente en su

bobina de operación, es decir no habra diferencia de corriente que hagan operar la proteccion diferencial.

Sucede el mismo caso cuando existen fallas externas al transformador pero cualquier falla que ocurra dentro de la zona de protección provocará una diferencia de corriente a lo que llamamos corriente diferencial y hara operar el 87T

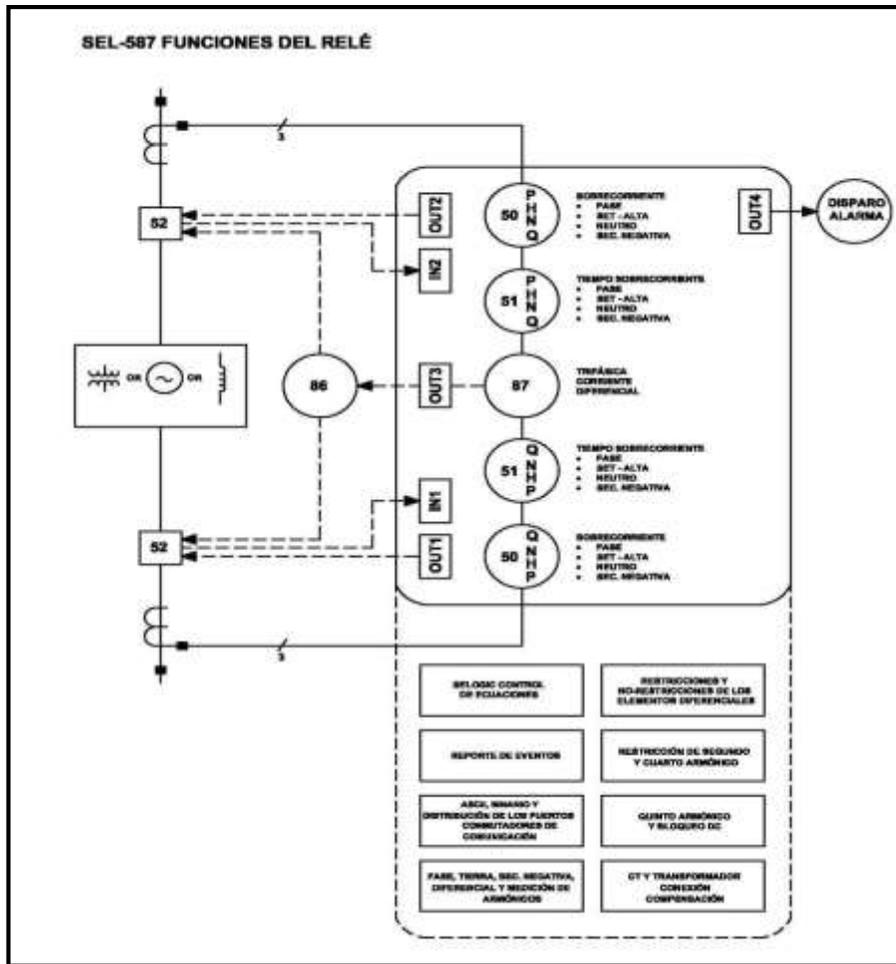


Figura7: Funciones del Relé SEL 587

Fuente: Los Autores

2.7.1 PENDIENTE DE OPERACIÓN DIFERENCIAL

(Laboratories, 2004, págs. 3-2) La característica de la protección diferencial puede ser ajustada ya sea como una característica diferencial de porcentaje como una pendiente o como una característica diferencial de porcentaje variable con doble pendiente, (ver Figura 8); la operación del elemento es determinado por las cantidades de operación (IOP) y de retención (IRT), calculada de las corrientes de entrada de los enrollados.

La figura muestra la corriente de operación IOP y una corriente de restricción IRT y un ajuste 087P o un nivel mínimo requerido para la operación IOP y dos pendientes de operación llamadas SLP1 con su límite de operación IRS1 que es una curva inicial empezando en el origen y con su intersección 087P y una segunda curva SLP2 que si se llegara a utilizar esta debe ser más grande o igual que SPL1 y toda su área superior es una región de operación del relevador y el área interna de la figura muestra una región del relevador donde este no opera.

El disparo ocurre si la cantidad de operación es mayor que el nivel mínimo de pickup y es mayor que el valor de la curva, para una cantidad de retención particular. Cuatro ajustes definen la característica.

Con una cuidadosa selección de estos ajustes, el usuario puede emular cercanamente las características de los relés diferenciales de corriente existentes.

(Ramirez, 2003, pág. 76) La protección diferencial responde a criterios de diseño en base a confiabilidad, velocidad, selectividad, seguridad, sensibilidad, economía y simplicidad.

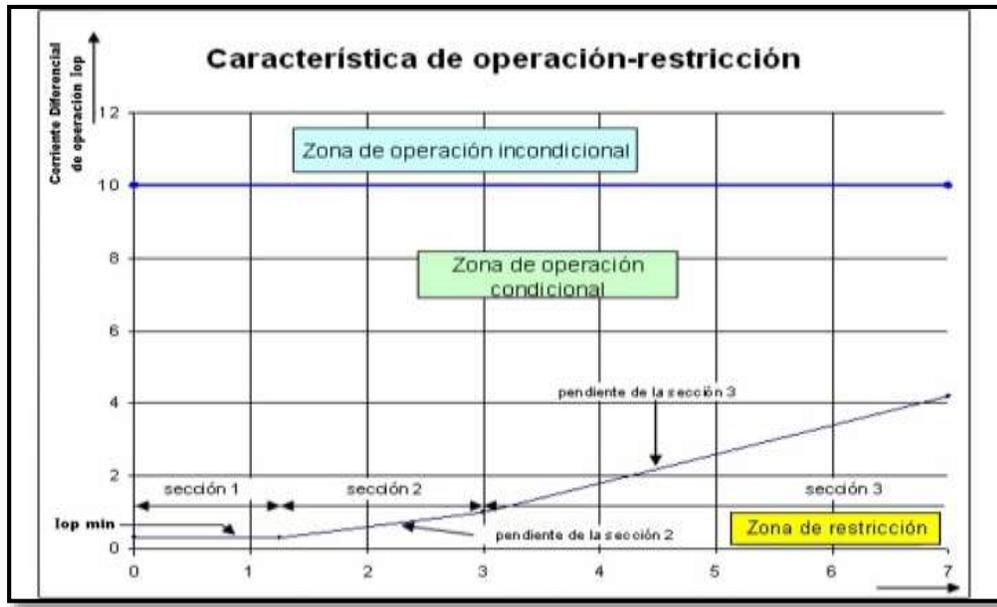


Figura8: Pendiente de Operación Diferencial

Fuente: Los Autores

2.7.2 PROTECCION DE TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS

Para un transformador de dos devanados el relé diferencial detectara las fallas que se producen tanto en el interior de la zona protegida como en sus conexiones externas hasta los transformadores de corriente asociados con esta protección, esta actuará como una protección con selectividad absoluta; se compararán los valores instantáneos de la corriente, sus modulos y fases.

En la ilustracion 9 se observa los flujos de corriente que circulan por los Tc's los cuales envian información al relé diferencial, siendo estas gobernadas por las siguientes ecuaciones para condiciones sin falla y con falla:

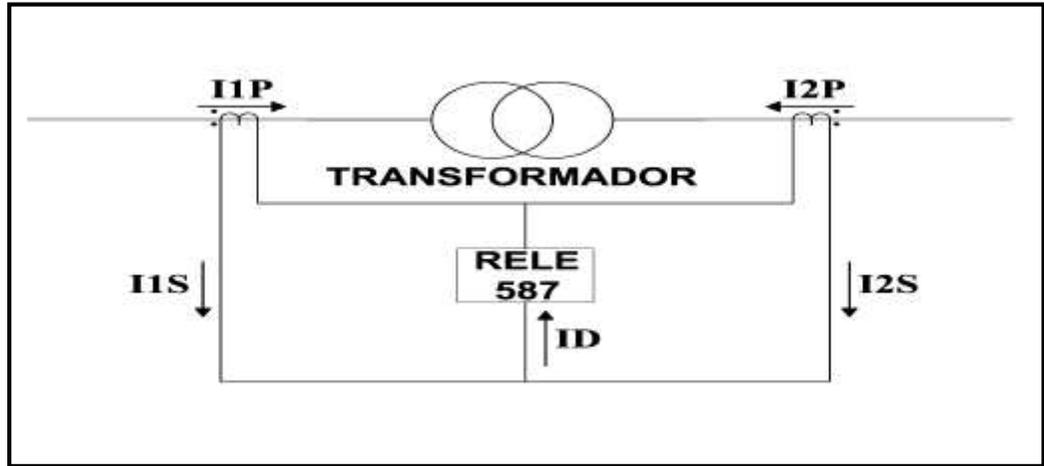


Figura9: Protección de transformadores de dos devanados

Fuente: Los Autores

$$\vec{I} Dif = \vec{I}1s + \vec{I}2s$$

Ecuación 7: Corriente Diferencial

$$\vec{I}1s \cong -\vec{I}2s \Rightarrow \vec{I}Dif \approx 0$$

Ecuación 8: Equipo sin falla

$$\vec{I}1s \neq -\vec{I}2s \Rightarrow \vec{I}Dif \neq 0$$

Ecuación 9: Equipo con falla

En el relé de porcentaje diferencial la corriente de arranque crece automáticamente con el crecimiento de la corriente que circula a través del transformador. De esta forma es posible garantizar que no opere incorrectamente para grandes corrientes fluyendo al exterior, sin perder la sensibilidad de operar para fallas internas.

La cantidad de restricción es establecida como un porcentaje entre la corriente de operación (I_{op}) y la corriente de restricción (I_{ret}).

$$\vec{I}_{op} = \vec{I}_{1s} + \vec{I}_{2s}$$

Ecuación 10: Corriente de Operación

$$\vec{I}_{rest} = \frac{|\vec{I}_{1s}| + |\vec{I}_{2s}|}{2}$$

Ecuación 11: Corriente de Restricción

(Mujal Rosas, 2014, pág. 52) La función diferencial con una zona de operación y restricción se diseño para hacer la operación de el relé diferencial lo mas estable y sensible posible. Esta configuración establece una máxima sensibilidad en condiciones normales de operación, y disminuye su sensibilidad a medida que aumenta la corriente que pasa a través del transformador. Esta curva ajustable determina el límite de las zonas de protección y restricción, sobre este grafico se ubica un punto que determina el estado del sistema, el cual depende de la corriente que atraviesa al transformador y de la corriente diferencial de frecuencia fundamental calculada por el relé.

La corriente de restricción o tambien llamada “Ibias” es un indicativo de la corriente que fluye por el transformador, es decir es un indicativo de que tan fuertes son las corrientes bajo las cuales estan operando los Tc’s se puede definir esta condición a través de la ecuación 11; donde I1s es la corriente del devanado primario e I2s la corriente del devanado secundario estas llevads auna misma base; sin embargo tomando la mayor de las corrientes como corriente de restricción se mantiene mayor seguridad y estabilidad en la protección del transformador. Esto debido a que a mayor corriente de restricción mayor corriente diferencial se necesita para poder enviar la señal de disparo, con lo que se logra que el relé diferencial a altas corrientes la corriente difencial sea alta y discrimine falsas corrientes diferenciales como puede ser saturación y diferentes curvas de comportamiento de los transformadores de corriente

La figura 8 también nos muestra los distintos ajustes posibles a la grafica de operación y la forma caracteristica de esta curva límite para transformadores de dos y tres devanados y autotransformadores; en la primera parte de la curva vemos que se necesita la misma

magnitud de corriente diferencial para que el relé entre en zona de operación. Debido a que en esta etapa la corriente de restricción es baja se requiere de alta precisión de los transformadores de corriente y una baja corriente diferencial ya que el sistema se encuentra bajo condiciones de carga normales.

Luego en la pendiente dos se contraresta los efectos de alta corriente del sistema sobre los transformadores de corriente y la tercera pendiente aumenta para asegurar estabilidad durante fuertes fallas externas, la cual suele suceder debido a la saturación de los Tc's.

La función de protección diferencial para transformadores del relé calcula continuamente la corriente diferencial junto a la corriente de restricción y las ubica con el plano de la grafica con zona de operación y restricción con el fin de descubrir en que parte de la grafica esta operando.

Para realizar el calculo de las corrientes diferenciales, el relé primero lleva todas las corrientes de los Tc's a un abase común de la siguiente forma:

- Refiere todas las magnitudes de la corriente de cada devanado al primario, es decir toma este devanado como referencia en amperios
- Toma como referencia el primer devanado conectado en estrella.

2.8 COMPENSACIÓN DE DESFASE

Estos ajustes definen el factor de compensación que el relé aplicará a cada juego de corrientes de devanado, para tomar en cuenta en forma apropiada los desplazamientos angulares provocados por la conexión del transformador y de los TC'S. Por ejemplo, esta corrección es necesaria en el caso de transformadores de conexión delta/estrella, pero con todos los TC'S conectados en estrella. El efecto de la compensación es crear desplazamiento de fases y eliminar los componentes de secuencia cero, todos estos

cálculos se hacen de manera inmediata a través de las matrices que se detallaran y estas a su vez forman parte del algoritmo interno del relé.

Una vez que la relación de transformación, el grupo vectorial, las corrientes y los voltajes nominales del transformador de potencia hayan sido introducidos por el estudiante, la relé diferencial es capaz de calcular los coeficientes de las matrices que compensan los desfases, para que luego automáticamente comparara las corrientes de entrada y salida, la expresión general para la compensación de corrientes es la siguiente:

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = [\text{CTC} (m)] \times \begin{bmatrix} \text{IAWn} \\ \text{IBWn} \\ \text{ICWn} \end{bmatrix}$$

Ecuación 12: Matriz compensación de corriente

Donde IAWn, etc., son las corrientes trifásicas que entran al terminal “n” del relé; IAWnC, etc., son las correspondientes corrientes de fase después de la compensación y [CTC (m)] es la matriz de compensación de tres por tres.

El ajuste $W_n \text{CTC} = m$ especifica cual matriz [CTC (m)] debe ser usada. Los valores de ajuste son 0, 1, 2, ..., 11, 12. Estos son los valores discretos que puede asumir “m” en [CTC (m)]; los valores representan físicamente el número “m” de incrementos de 30 grados en que un juego de corrientes balanceadas con rotación de fases ABC será rotado en dirección contraria a los punteros del reloj, cuando sea multiplicado por CTC (m)]. Si un juego dado de tales corrientes es multiplicado por las 12 matrices CTC, el resultado compensado se vería como un movimiento completo alrededor de un círculo, en dirección contraria a los punteros del reloj, que retorna a la posición de partida original. Esto es lo mismo que multiplicar sucesivamente [CTC (1)] veces las corrientes originales, y luego compensar el resultado, un total de 12 veces.

Si un juego de corrientes balanceadas con rotación de fases ACB soporta el mismo ejercicio, las rotaciones producidas por las matrices [CTC (m)] tienen la dirección de los punteros del reloj.

Esto se debe a que las matrices de compensación, cuando desarrollan la suma o resta fasoriales que incluye a las fases B o C, producirán un desplazamiento en “espejo” respecto de la fase A, cuando se usa rotación ACB en lugar de ABC. En rotación de fases ACB, las tres fases rotan en dirección contraria a los punteros del reloj, pero la fase C tiene 120-grados de atraso y la fase B tiene 120 grados de adelanto, respecto a la fase A. La ecuación 13 define las matrices para diferentes grados de desfase usados en el módulo.

$[CTC(1)] = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ <p>Matriz para devanado 30° en retraso</p>	$[CTC(2)] = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \\ -2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ <p>Matriz para devanado 60° en retraso</p>
$[CTC(3)] = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$ <p>Matriz para devanado 90° en retraso</p>	$[CTC(4)] = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} -1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix}$ <p>Matriz para devanado 120° en retraso</p>
$[CTC(5)] = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$ <p>Matriz para devanado 150° en retraso</p>	$[CTC(6)] = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} -2 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \end{bmatrix}$ <p>Matriz para devanado opuesto a la fase 180°</p>
$[CTC(7)] = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$ <p>Matriz para devanado 150° en adelanto</p>	$[CTC(8)] = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & -1 \end{bmatrix}$ <p>Matriz para devanado 120° en adelanto</p>
$[CTC(9)] = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$ <p>Matriz para devanado 90° en adelanto</p>	$[CTC(10)] = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & -2 \\ -2 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$ <p>Matriz para devanado 60° en adelanto</p>
$[CTC(11)] = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$ <p>Matriz para devanado 30° en adelanto</p>	$[CTC(12)] = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix}$ <p>Matriz para devanado de referencia 0°</p>

Ecuación 13 Matrices de compensación para diferentes configuraciones.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

3.1 DISEÑO.

En este capítulo se detallan todos los componentes que son utilizados para poner en práctica el funcionamiento correcto del relé de protección diferencial SEL-587, detallando cada elemento del módulo de protecciones; así como el diseño utilizando el programa AutoCAD, y construcción del mismo en coordinación con el profesor de la materia.

3.1.1 ESTRUCTURA DE SOPORTE.

Una vez aprobados los planos del tablero se dio paso a la compra de los materiales para la elaboración del mismo y la construcción de la estructura metálica. En la presente se adjunta el plano aprobado la cual se detalla las dimensiones de cada parte del tablero considerar que las medidas están dadas en centímetros

En las figuras 10 , 11 y 12 se pueden ver las dimensiones, calado y la estructura del tablero está hecha con perfiles de acero negro la cual soportará una lámina 2mm de espesor en la misma que irán montados todos los equipos eléctricos, electrónicos y demás elementos que conforman el tablero.



Figura10: Construcción de estructura metálica

Fuente: Los Autores



Figura11: Calado del tablero

Fuente: Los Autores

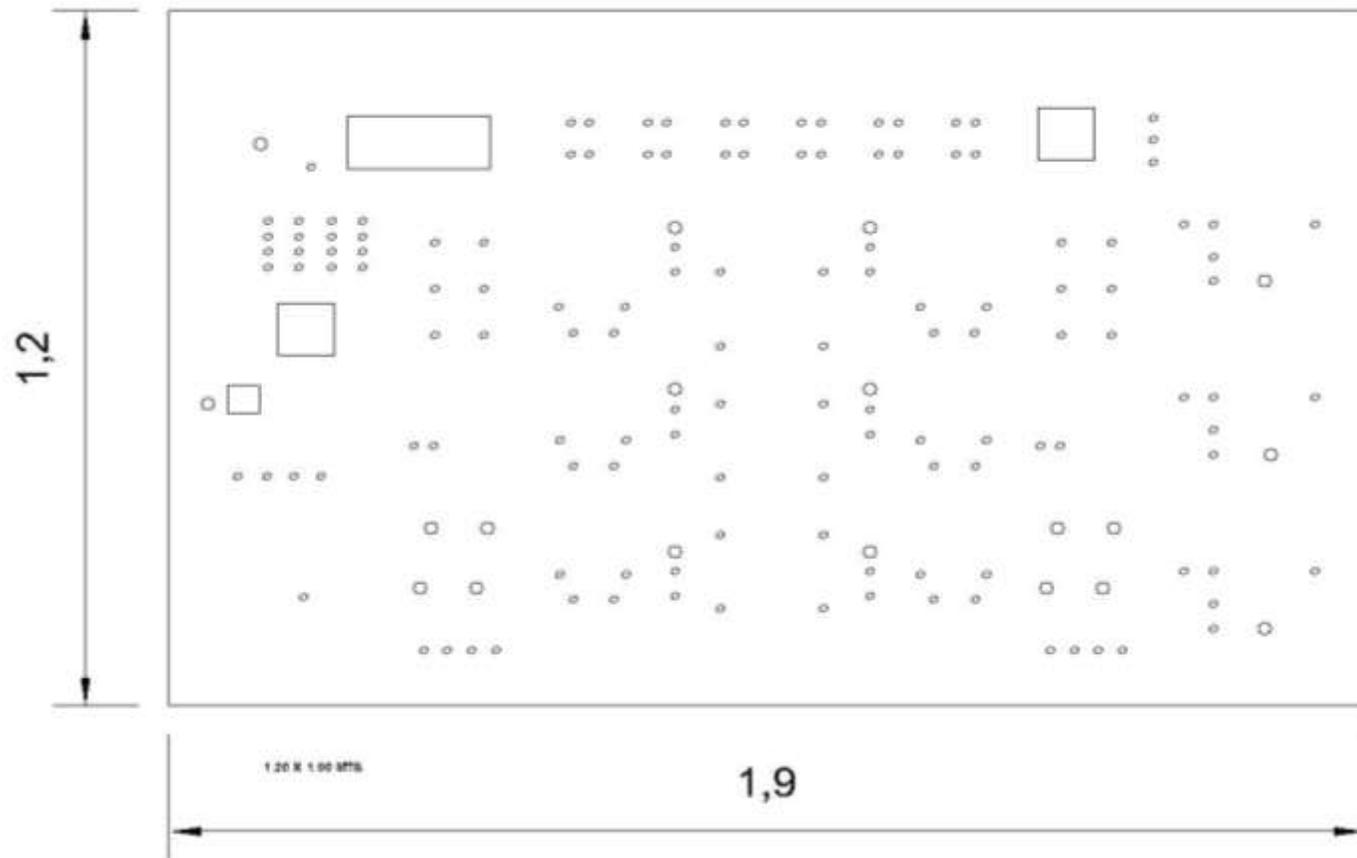


Figura12: Dimensión de la vista frontal y calado de la estructura del tablero

Fuente: Los Autores.

3.1.2 ELABORACIÓN DE LÁMINA DE CONEXIONES.

Posterior a la aprobación de la estructura se procedió a la impresión de la lámina en un pliego de vinil autoadhesivo, en la figura 13 podemos revisar el trabajo terminado de impresión en la lámina la cual será adherida al tablero y con un estilete se cortará los huecos donde van montados los elementos.

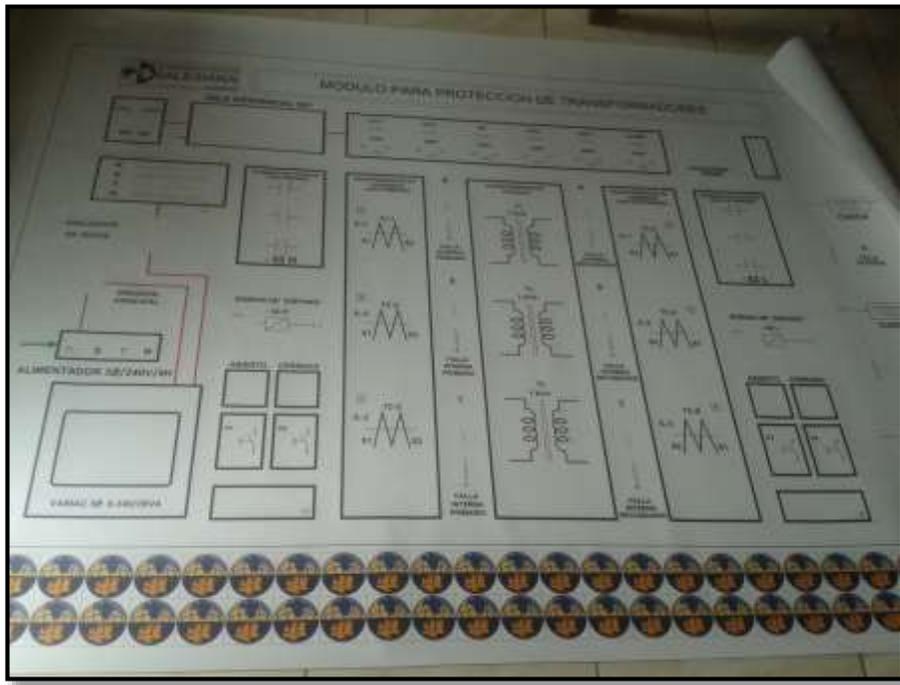


Figura13: Impresión de la lámina del tablero

Fuente: Los Autores.

Ya con la lámina impresa se procede a ser ubicada en el tablero, se cortan márgenes y con cuidado se deja montado en el tablero para continuar con el anclaje del tablero. (Ver figura 14).

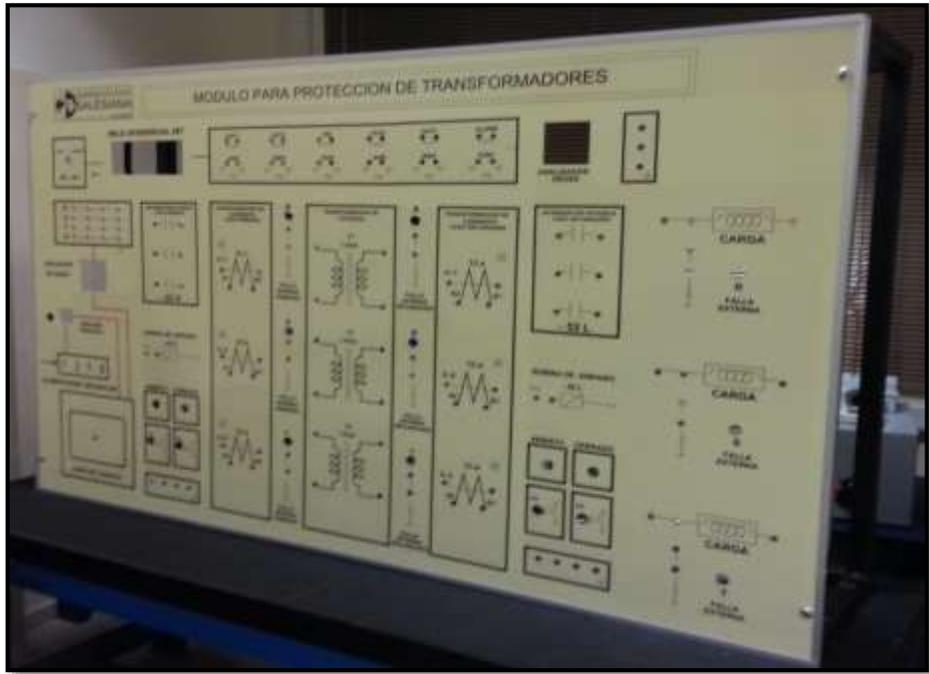


Figura14: Colocación de vinil

Fuente: Los Autores.

3.1.3 INSTALACIÓN DE ELEMENTOS

Se procede a montar todos los equipos eléctricos y electrónicos como se muestra en las figuras 15, 16, 17 y 18 teniendo cuidado con los mismos al momento de ser ubicados y revisando los manuales (equipos principales) donde indica la manera correcta de manipular cada uno de ellos.

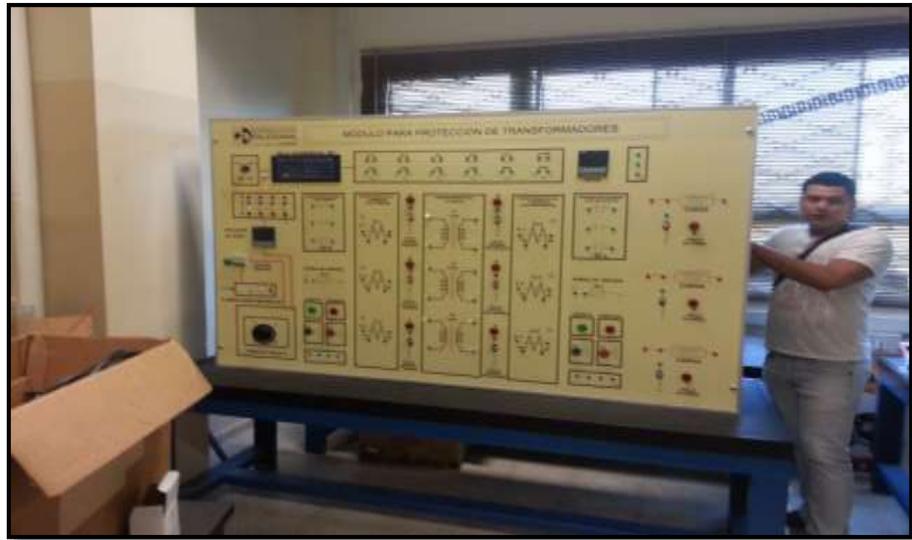


Figura15: Anclaje de tablero en la mesa de trabajo

Fuente: Los Autores.



Figura16: Montaje de equipos en el tablero

Fuente: Los Autores

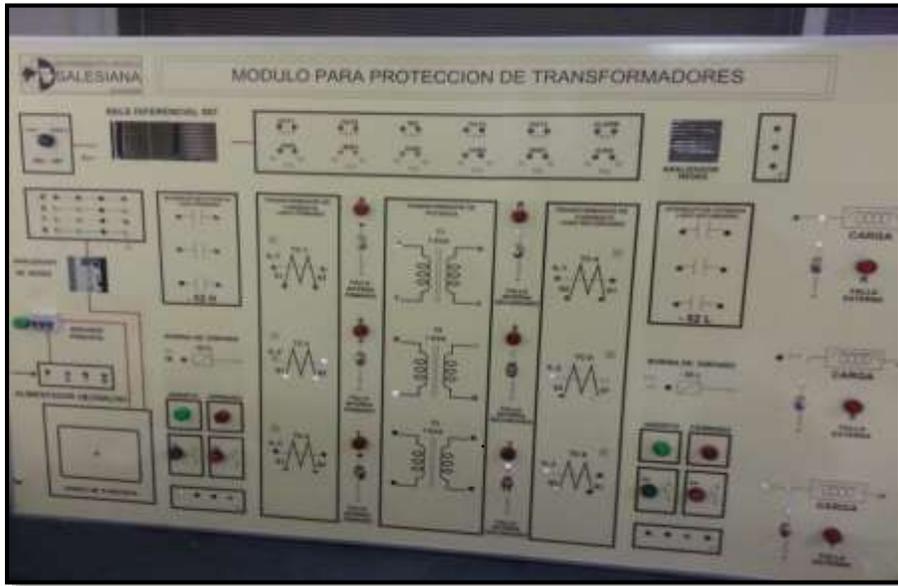


Figura17: Vista de elementos montados

Fuente: Los Autores.



Figura18: Montaje de estructura de soporte de transformadores

Fuente: Los Autores

3.2 DISEÑO ELÉCTRICO.

Para el diseño eléctrico del tablero se debe tener en consideración la ubicación de cada elemento, con esta información se tomó las medidas pertinentes para un adecuado cableado eléctrico.

Con la ayuda del tutor de tesis se hizo las correcciones en el diagrama eléctrico y con el programa ELCAD ELECTRIC, se hizo las simulación para percatar ninguna mala conexión o falla que al momento de cablear no hubiese ningún inconveniente. El diagrama eléctrico del presente proyecto se encuentra adjunto en el ANEXO A.

El tablero dispone como principal elemento un relé diferencial de la marca SEL, en el cual se basan todas las prácticas, así como dos medidores de energía del cual se podrán tomar las lecturas de voltaje, corriente, diagramas fasoriales y demás valores que sean necesarios para que el estudiante pueda realizar las practicas las cuales están instalados uno en el lado primario de los transformadores y el otro en el lado secundario de los transformadores, el tablero consta con una alimentación principal trifásica provista por un Variac de 0 ~ 220 Vac.

En la parte frontal se ha puesto conectores hembra tipo banana para que el estudiante realice conexión de equipos al momento de la realización de las prácticas, además se cuenta con interruptores tipo ojo de cangrejo la cual al momento de encender cada uno de los interruptores el mismo activará una luz piloto y una resistencia que simula una falla en el sistema.

3.2.1 CONEXIÓN INTERNA DE DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS.

Con el diagrama se empieza a cablear todos los elementos (Figura 17 y 18) y con el uso de espirales y amarras plásticas procedemos a utilizarlos para dejar un buen acabado al mismo así como el uso de una marquilladora dejamos con código para el momento de

mantenimiento sea más fácil al estudiante reconocer que punto va conectado (ver figuras 19, 20,21).



Figura19 : Cableado de equipos eléctricos

Fuente: Los Autores.

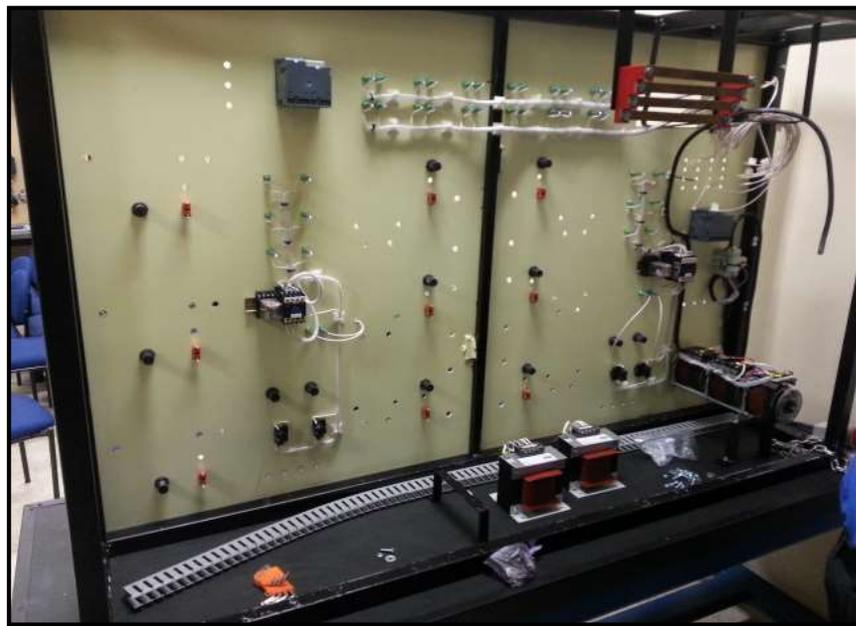


Figura20: Cableado de equipos eléctricos

Fuente: Los Autores.



Figura21: Soldadura, marquillado y prueba de equipos.

Fuente: Los Autores

3.3 DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS TECNICAS DE EQUIPOS.

En la tabla 1 se detalla la cantidad de elementos que comprenden el módulo de protecciones en la figura 22 se puede observar donde están ubicados cada uno de los elementos que comprenden el módulo de protección.

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Selectores	1
2	Relé Diferencial Sel 587	1
3	Analizador de red	2
4	Breaker trifásico	1
5	Contactador trifásico	2
6	Pulsadores normalmente abiertos	2
7	Pulsadores normalmente cerrados	2
8	Transformadores de corriente.	9
9	Bases de fusibles monofásicas	25
10	Variac	1
11	Luces pilotos	14
12	Interruptor tipo ojo de cangrejo	13

TABLA 1: Descripción de equipos

Fuente: Los autores

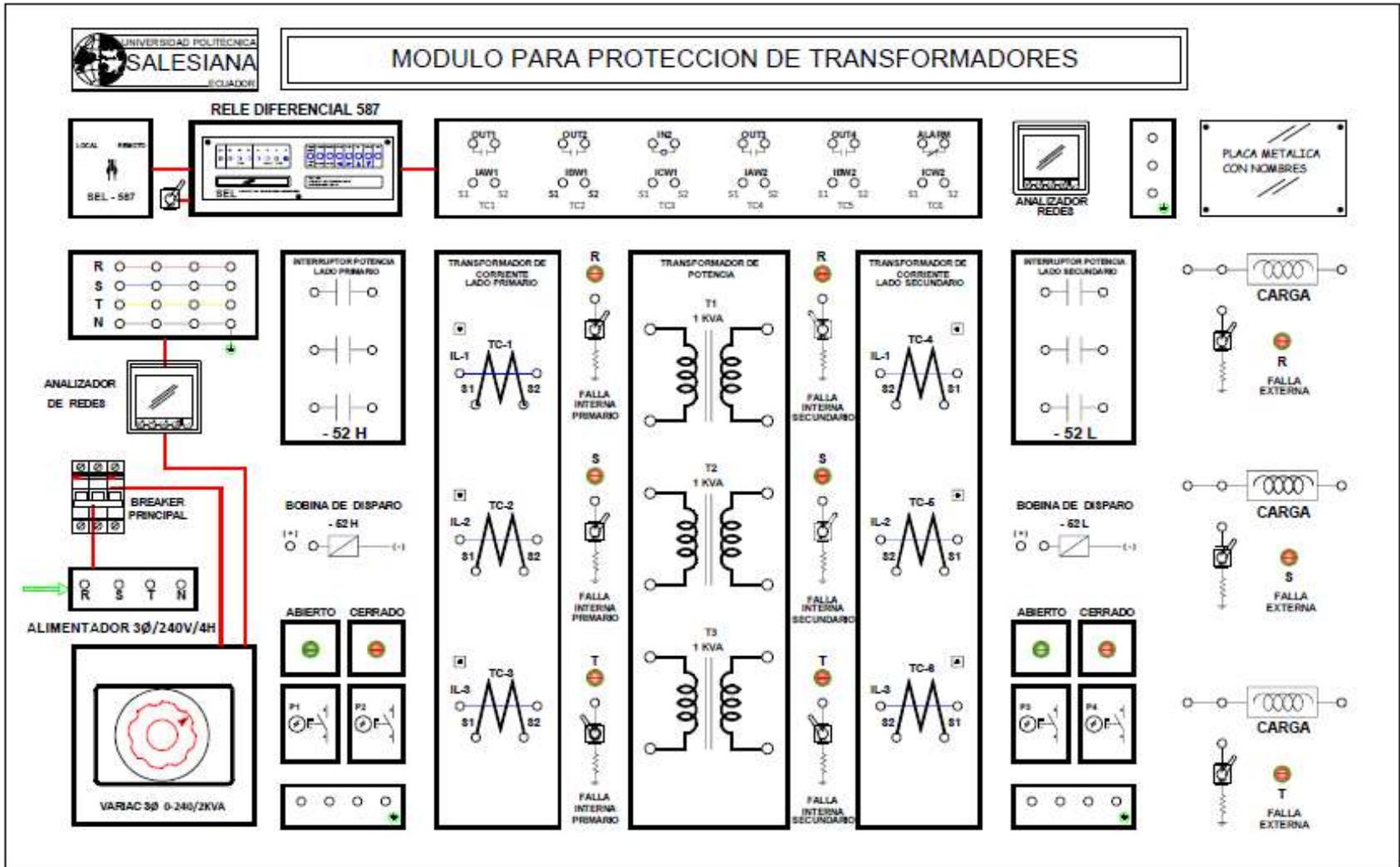


Figura22: Diseño y ubicación de los componentes del módulo de protección

Fuente: Los autores

3.3.1 RELÉ DIFERENCIAL DE CORRIENTE SEL 587

El relé de diferencial de corriente y sobrecorriente SEL-587 (ver figura 23) proporciona protección a cualquier aparato de dos entradas, como transformadores, motores, generadores y reactores. Se lo aplica para protección de diferencial y sobrecorriente y use los reportes de eventos para un rápido análisis post-evento.



Figura23 : Relé Diferencial 587

Fuente: Los Autores

3.3.1.1 CARACTERISTICAS TECNICAS

- Corrientes de entrada AC: 5 A Nominal: 15 A permanente, 250 A por 1 segundo, lineal hasta 100 A simétricos, 625 A por 1 ciclo (onda sinusoidal).
- Fuente de alimentación: Nominal: 125/250 Vdc o Vac; Interrupción: 100 ms @ 250 Vdc.
- Opción con conectores enchufables (salidas con alta corriente de interrupción)
- Cierre: 30 A, Tiempo de pickup: <5 ms; Tiempo de Dropout: <8 ms, típico
- Capacidad de apertura (10,000 operaciones): 125 V 10 A L/R = 40 ms
- Capacidad cíclica (4 ciclos en 1 segundo, seguido por 2 minutos de inactividad para disipación térmica): 125 V 10 A L/R = 40 ms

- Umbral de sensibilidad: 125 Vdc; Pickup 105–150 Vdc; Dropout 75 Vdc
- Frecuencia: 60 ó 50 Hz
- Rotación de fases: ABC o ACB
- Opciones de puerto EIA-485
- De comunicaciones: Tasa de baudios: 300–38400 baudios
- Temperatura de operación: -40° a $+85^{\circ}\text{C}$ (-40° a $+185^{\circ}\text{F}$).
- Corriente instantánea: Modelo 5 A: $\pm 2\%$ ± 0.10 A

Elemento diferencial

- Rango del pickup sin retención 1–16 en por unidad del TAP
- Rango del pickup con retención 0.1–1.0 en por unidad del TAP
- Precisión del pickup (A secundarios)
- Modelo 5 A: $\pm 5\%$ ± 0.10 A
- Tiempo de pickup del elemento sin retención (Min/Tip/Max): 0.8/1.1/2.0 ciclos
- Tiempo de pickup (con bloqueo por armónicas) del elemento con retención (Min/Tip/Max): 1.6/1.7/2.3 ciclos
- Elemento de bloqueo con armónicas
- Rango del pickup (% de la fundamental) 5–100%
- Precisión del pickup (A secundarios)
- Modelo 5 A: $\pm 5\%$ ± 0.10 A
- Precisión del retardo de tiempo: $\pm 0.1\%$ ± 0.25 ciclo
- Tiempo del pickup
- (Tip/Max): 0.75/1.20 ciclos
- Rango del retardo de tiempo: 0–16,000 ciclos
- Precisión del retardo de tiempo: $\pm 0.1\%$ ± 0.25 ciclos
- Sobrealcance transitorio $<5\%$ del pickup
- Elementos de sobrecorriente de tiempo (corriente de enrollado y combinada)
- Rango del pickup (A secundarios)
- Modelo 5 A: 0.50–16.00 A
- Tiempo del pickup (Tip/Max): 0.75/1.20 ciclos

Curvas

U1 = U.S. Moderadamente inversa, U2 = U.S. Inversa.

U3 = U.S. Muy Inversa, U4 = U.S. Extremadamente inversa.

C1 = IEC Clase A (estándar inversa), C2 = IEC Clase B (muy Inversa).

C3 = IEC Clase C (extremadamente inversa), C4 = IEC Inversa de tiempo largo.

Rango del dial de tiempo

Curvas US: 0.50–15.00, paso de .01

Curvas IEC: 0.05–1.00, paso de .01

3.3.2 ANALIZADOR DE ENERGÍA

El analizador sirve para la visualización, el almacenamiento y el monitoreo de todos los parámetros de red relevantes en la distribución de energía eléctrica en baja tensión. Puede realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas. En este caso utilizaremos el modelo PAC 4200 (ver figura 24) la cual cumple con los requerimientos en nuestro tablero (Medición, Promedios de todas las fases, Contadores, Funciones de monitoreo y Visualización).



Figura24: Analizador de Redes Pac 4200

Fuente: Los Autores

3.3.2.1 CARACTERISTICAS TECNICAS

- Marca del equipo: Siemens
- Modelo: PAC 4200
- Tipo de alimentación: 95- 240 V AC (50 / 60 Hz) o 110 -340 V DC
- Tensión nominal (alimentación)
- Tensión L-N: AC 3~ 400 V (+ 20 %)
- Tensión L-L: AC 3~ 690 V (+ 20 %)
- Máx. Intensidad permanente admisible: 10 A
- Frecuencia nominal: 60 Hz
- Potencia máxima absorbida: DC 5 W / AC 10 VA
- Límites de funcionamiento: ± 10 % del rango nominal AC/DC
- Precisión de medida: Valor eficaz de las tensiones (L-L, L-N): 0.2
- Pila de tensión nominal: 3 V
- Número de entrada Digitales: 2
- Número de salidas digitales: 2

3.3.3 TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, para nuestro modulo utilizamos tres transformadores didácticos de 1,5 KVA de potencia (Ver figura 25).



Figura25: Transformador de Poder

Fuente: Los Autores

3.3.3.1 CARACTERISTICAS TECNICAS

- Marca del equipo: S/M
- Voltaje de Entrada: 240 Vac 50-60Hz
- Voltaje de Salida: 120Vac 50-60 Hz
- Potencia: 1.5 Kva
- Peso: 1 Kg; alambre de cobre eléctrico esmaltado, estructura de hierro.
- Temperatura de Trabajo: 0° C ~ 40° C
- Dimensiones: 17*12*18 cm

3.3.4 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Equipo que se utiliza para la medición de corriente alterna y reducir las corrientes del sistema primario a niveles que los circuitos de medición y protección puedan manejar, tales como amperímetros analógicos o digitales, en tableros y /o en otros equipos de control en este caso nos servirá para las mediciones de corrientes al relé de protección.

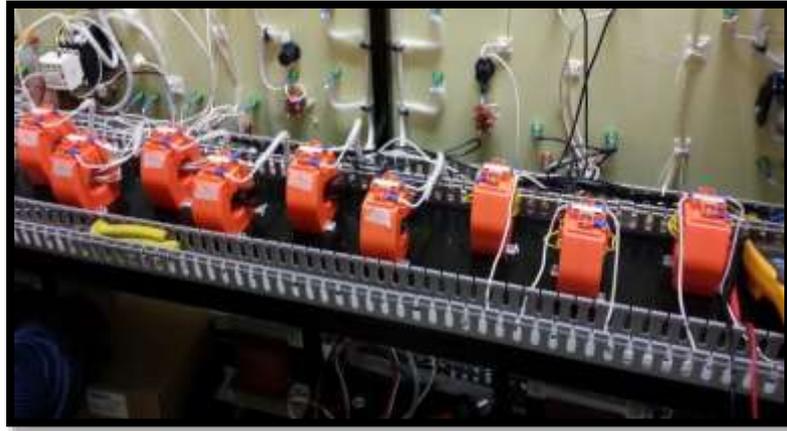


Figura26: Transformador de Corriente

Fuente: Los Autores

3.3.4.1 CARACTERISTICAS TECNICAS

- Marca: CAMSCO
- Modelo: CFS-33 30/5
- Precisión: Clase 1
- Corriente nominal primaria: 30 A. Corriente nominal secundaria: 5^a
- Burden: 2.5 VA
- Rango de Voltaje Máximo: 600 V

3.3.5 LUZ PILOTO

Una luz que indica la existencia de una condición normal de un sistema o dispositivo, el color “rojo” significa circuito cerrado para sistemas de potencia y el “verde” indica circuito abierto, otros ejemplos de aplicación detención o apagado o en situación de emergencia. El color verde significa seguridad de maniobra en caso de estados seguros o para preparar los estados normales ejemplos de aplicación conexiones; para nuestro sistema este servirá para indicar estado abierto.



Figura27: Luces Piloto

Fuente: Los Autores

3.3.5.1 CARACTERISTICAS TECNICAS

- Marca del equipo: Camsco Modelo: AB1622D
- Voltaje de Entrada: 240 Vac 50-60Hz
- Estructura: Plástica modular
- Peso: 0.1 Kg; Diodo: led.

3.3.6 PULSADORES

Los pulsadores o interruptores son componentes para la introducción de datos que se han instalado según su principio de construcción como un mono-elemento. Las cámaras de contacto y conmutación se han integrado directamente en el aparato de mando formando un componente completo. La tarea consiste en registrar su comando rápidamente y sin complicaciones y en integrarla en el circuito eléctrico, en nuestro caso los P1 y P3 son para abrir el 52 respectivo; mientras el P2 y P4 cerraran su 52 respectivo.

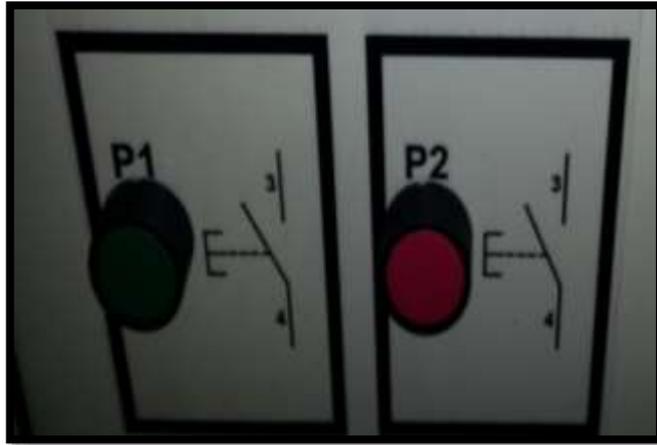


Figura28: Pulsadores

Fuente: Los Autores

3.3.6.1 CARACTERISTICAS TECNICAS

- Marca del equipo: Camsco Modelo: FPB-EA2
- Voltaje de Entrada: 120 Vac 50-60Hz
- Estructura: Plástica modular
- Peso: 0.1 Kg;

3.3.7 VARIAC

El Variac es un transformador con varios devanados reductores conectados a un conmutador rotativo, con el fin de reducir el voltaje AC desde el devanado primario, esa cualidad lo convierte en una fuente variable que va desde los 0 hasta 240 Vac.

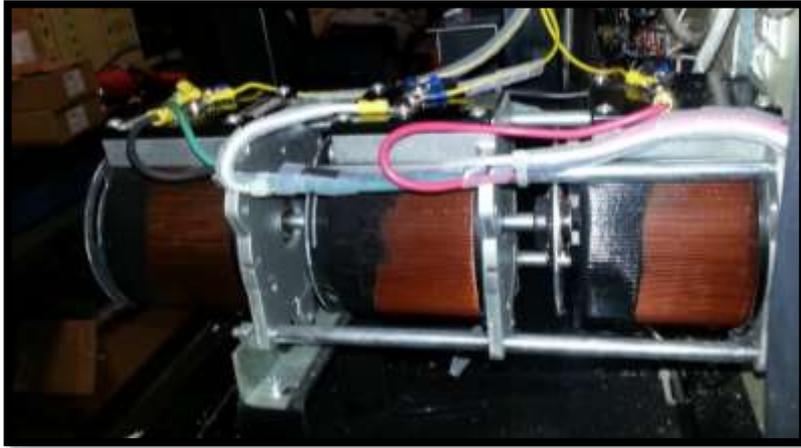


Figura29: Variador de Voltaje

Fuente: Los Autores

3.3.7.1 CARACTERISTICAS TECNICAS

- Marca del equipo: Su Modelo: 117CU-3 Serie: 117 CU-3
- Voltaje de Entrada: 240 Vac 50-60Hz
- Voltaje de Salida: 0-240 Vac
- Corriente: 12 amp
- Potencia: 8 KVA
- Estructura: Metálica
- Peso: 3 Kg;

3.4 PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODULO.

MATERIALES	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Relé Diferencial SEL 587	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Contactador Camsco	2	\$ 20.00	\$ 40.00
Contacto auxiliar 1NC	2	\$ 2.00	\$ 4.00
Breaker Siemens 32 amp	1	\$ 25.00	\$ 25.00
Base para Relay	2	\$ 1.50	\$ 3.00
Luz piloto rojo	11	\$ 2.50	\$ 27.50
Luz piloto verde	3	\$ 2.50	\$ 7.50
Pulsador rojo	2	\$ 8.00	\$ 16.00
Pulsador verde	2	\$ 8.00	\$ 16.00
Riel din	2	\$ 5.00	\$ 10.00
tablero, estructura, mesa	1	\$ 550.00	\$ 550.00
Selector	1	\$ 4.00	\$ 4.00
Base fusilera	24	\$ 2.00	\$ 48.00
Impresiones blanco y negro	1	\$ 25.00	\$ 25.00
Impresión Vinil	1	\$ 45.00	\$ 45.00
Pernos	30	\$ 1.00	\$ 30.00
Parada Emergencia	1	\$ 8.00	\$ 8.00
Topes Finales	40	\$ 1.00	\$ 40.00
Breaker Riel 3p-32A	1	\$ 26.50	\$ 26.50
Transformador de Corriente 30/5A	9	\$ 14.00	\$ 126.00
Toma Sobrepuesta 32A	2	\$ 16.00	\$ 32.00
Terminal ojo azul	1	\$ 5.50	\$ 5.50
Terminal hembra rojo	1	\$ 6.50	\$ 6.50
Terminal puntero azul	1	\$ 2.00	\$ 2.00
Base adhesiva	2	\$ 7.00	\$ 14.00
Amarra negra 10cm	2	\$ 1.00	\$ 2.00
Amarra negra 15cm	2	\$ 2.00	\$ 4.00
Terminal puntero roja	1	\$ 2.00	\$ 2.00
Terminal puntero gris	1	\$ 4.00	\$ 4.00
Cable flexible 14 color blanco	200	\$ 0.50	\$ 100.00
Cable flexible 14 color negro	40	\$ 0.45	\$ 18.00
Cable flexible 14 color amarillo	40	\$ 0.45	\$ 18.00

Analizador de Red Pac 4200	2	\$ 1,300.00	\$ 2,600.00
Estructura transformadores	1	\$ 85.00	\$ 85.00
Canaleta 45x45	2	\$ 7.00	\$ 14.00
Switchs ojo cangrejo	14	\$ 2.50	\$ 35.00
Placa de identificación	1	\$ 50.00	\$ 50.00
Relé DC	2	\$ 12.00	\$ 24.00
Estructura cargas	1	\$ 70.00	\$ 70.00
Cinta marquillado	2	\$ 35.00	\$ 70.00
Espirales y spaguettis	4	\$ 5.00	\$ 20.00
Materiales varios	1	\$ 50.00	\$ 50.00
Herramientas varias	1	\$ 40.00	\$ 40.00
Fusibles 4-6 amp	30	\$ 1.00	\$ 30.00
Fusibles de 12 amp	12	\$ 3.00	\$ 36.00
		TOTAL	\$ 7,383.50

TABLA 2: Presupuesto

Fuente: Los Autores

CAPÍTULO IV

MANUAL DE PRÁCTICAS

4.1 GUIA DE PRACTICAS PARA PRUEBAS EN EL TABLERO.

PRÁCTICA 1: Mantenimiento y seguridad del tablero.

PRÁCTICA 2: Comprobación de funcionamiento de elementos.

PRÁCTICA 3: Parametrización Relé Diferencial SEL 587.

PRÁCTICA 4: Cambio de polaridad en transformadores de corriente

PRÁCTICA 5: Protección diferencial del transformador en condiciones normales de operación con conexión estrella-estrella.

PRÁCTICA 6: Protección diferencial del transformador en condiciones normales de operación con conexión delta-delta.

PRÁCTICA 7: Protección diferencial del transformador en condiciones normales de operación con conexión estrella-delta.

PRÁCTICA 8: Protección diferencial del transformador en condiciones normales de operación con conexión delta-estrella.

PRÁCTICA 9: Protección diferencial del transformador en condiciones de falla interna y externa con conexión estrella-estrella.

PRÁCTICA 10: Protección diferencial del transformador en condiciones de falla interna y externa con conexión delta-delta.

PRÁCTICA 11: Protección diferencial del transformador en condiciones de falla interna y externa con conexión estrella-delta.

PRÁCTICA 12: Protección diferencial del transformador en condiciones de falla interna y externa con conexión delta-estrella.

4.2 PRÁCTICA NO. 1: Mantenimiento y seguridades del módulo.

4.2.1 DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Protecciones
- **PRÁCTICA N° 1**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:** Ing. Roy santana
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.2.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Normas de seguridad del Módulo para Protección Diferencial de Transformadores.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Conocer las normas de seguridad que se deben tomar en cuenta para la manipulación de cada uno de los elementos que se encuentran instalados en el Módulo de Protección de Diferencial de Transformadores.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Implementar normas de seguridad para cada uno de los elementos que se encuentran instalados en el módulo.

Comprobar el buen funcionamiento de los elementos instalados en el Módulo de Protecciones, por medio del manual de seguridad.

MARCO TEÓRICO

Principio de funcionamiento de los elementos que se encuentran en el Módulo de Protección de Transformadores, por medio del manual de seguridad.

- **MARCO PROCEDIMENTAL**

- Revisar que todos los elementos se encuentren instalados correctamente.
- Verificar el funcionamiento de los elementos del Módulo de Protecciones por medio de los parámetros y normas de seguridad descritas en este capítulo.
- Tomar las medidas de seguridad en caso que falle algún dispositivo.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

- Introducción al funcionamiento del Módulo.
- Conocer todas las aplicaciones posibles para el módulo de protecciones.
- Conocer las normas de seguridad para este tablero.
- Identificar los dispositivos a utilizar.
- Reconocer los símbolos eléctricos y aplicar los conocimientos adquiridos en la materia.

- **RECURSOS UTILIZADOS**

- Módulo para protección de transformadores.
- Instrumentación para: Tensión, Corriente.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Banco de Resistencias.
- Cables de laboratorio.

4.2.3 NORMAS DE SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS

A continuación se detallaran las normas de seguridad a seguir al momento de la puesta en servicio del módulo (figura 30), el correcto manejo de los elementos que lo constituyen y su correcta operación.



Figura30: Modulo para Protección de Transformadores

Fuente: Los Autores.

4.2.3.1 ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA

Este es uno de los principales componentes del módulo, ya que suministrara la energía para el accionamiento de los diversos dispositivos que se encuentran en el módulo, consiste en una clavija trifásica (figura 31) que se conecta a la fuente proporcionada por el laboratorio.



Figura31: Alimentación trifásica

Fuente: Los Autores.

Las normas de seguridad que debemos tener en cuenta son:

- a) Si el breaker del módulo presenta anomalías bajar inmediatamente el breaker principal y revisar falla, en la figura 32 se puede visualizar las conexiones e entrada y salida del breaker para inspección o ajuste en cada una de ellas de ser necesario.

- b) Para manipular la entrada trifásica del módulo de pruebas esta debe estar desenergizada, verificando que el breaker principal del panel de distribución este en posición off. (ver figura 33)
- c) No operar los interruptores con las manos mojadas ya que podría haber una descarga eléctrica

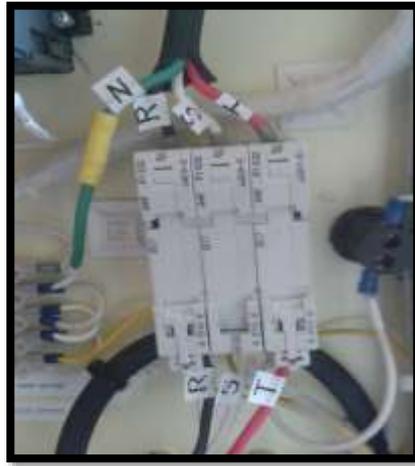


Figura32: Alimentación trifásica del breaker

Fuente: Los Autores.



Figura33: Breaker fuente variable del banco

Fuente: Los Autores.

4.2.3.2 MEDIDOR DE ENERGIA

El medidor de energía o analizador de red es un dispositivo que sirve para verificar las distintas variables eléctricas de voltaje y corriente tal como se aprecia en la figura 32.

Este dispositivo lleva conectado 3 transformadores de corriente de 30A/5A en conexión estrella a las borneras del analizador (ver figuras 34,35). El Tc se utiliza para reducir la corriente leída en el analizador por ser un elemento electrónico diseñado para corrientes secundarias.



Figura34: Medidor de energía

Fuente: Los Autores.



Figura35: Parte posterior del medidor de energía

Fuente: Los Autores.

El analizador de red de entrada (Pac 1) comienza a medir a partir de los 30 Vac esto se debe por características del dispositivo. Antes de la práctica verificar que los fusibles estén operativos.

4.2.3.3 CENTRO DE ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA

El centro de alimentación trifásica sirve para alimentar todos los dispositivos del módulo de pruebas. Por motivo de seguridad se recomienda únicamente realizar las

conexiones con los cables de conexión estandarizados por la universidad, de no ser así se podría ocasionar accidentes, no se realizara puentes de conexión entre las líneas R-S-T ya que esto ocasionaría daños a la red trifásica. Todas las borneras tienen continuidad y están listas para ser utilizadas (ver figura 36).

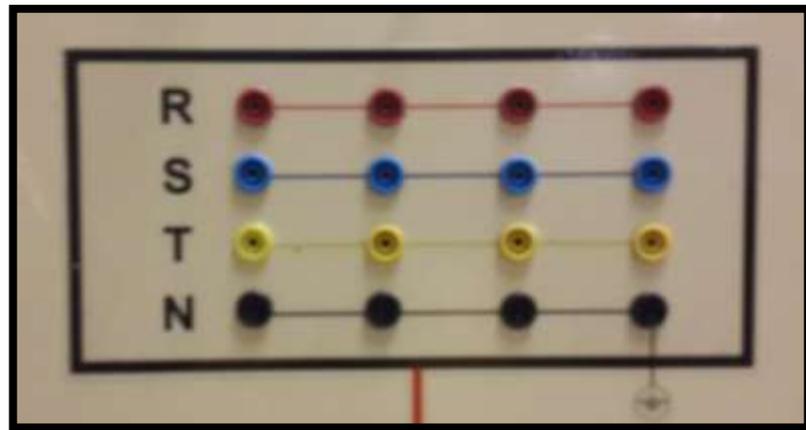


Figura36: Centro de alimentación trifásica

Fuente: Los Autores.

4.2.3.4 PUENTE RECTIFICADOR

El puente rectificador es un elemento eléctrico cuya entrada de corriente alterna es dada por la red trifásica, en la salida se obtiene voltaje 120 VdC. El puente rectificador está protegido por un breaker que permite su activación y encapsulado en un disipador de calor tal como se aprecia en la figura 37.

Por seguridad no se debe tocar el puente rectificador cuando esté funcionando, esto podría ocasionar alteración a la acción de disparo de protecciones en el momento de la ejecución de las prácticas de laboratorio, todo esto debe ser supervisado por el docente.



Figura37: Puente rectificador

Fuente: Los Autores.

4.2.3.5 PULSADORES

Todos los pulsadores son de marca CAMSCO. Cada pulsador consta de su bloque de contactos. Por seguridad no manipular la conexión eléctrica de este dispositivo, el modulo consta de dos pulsadores normalmente abiertos (ver figura 38) y dos pulsadores normalmente cerrados (ver figura 39), los cuales permiten la apertura y cierre de los interruptores de potencia del lado de alta tensión y baja tensión según sea el caso.

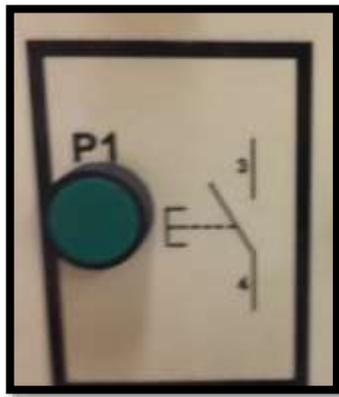


Figura38: Pulsador normalmente abierto

Fuente: Los Autores.

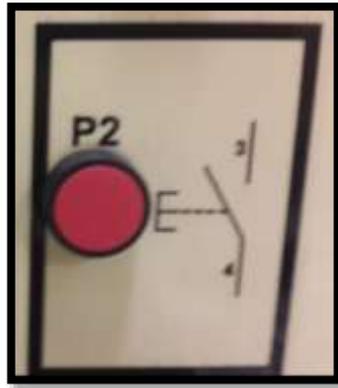


Figura39: Pulsador normalmente cerrado

Fuente: Los Autores.

4.2.3.6 SELECTOR LOCAL-REMOTO

Para la operación del módulo, el selector deberá estar en la posición “local”, la posición remota se encuentra deshabilitada y esta permitirá a futuro ampliar el modulo hacia un sistema remoto (ver figura 40)

Por seguridad no tocar la parte posterior del selector ya que pueden generar accidentes eléctricos como una descarga eléctrica en el cuerpo humano.



Figura40: Selector

Fuente: Los Autores.

4.2.3.7 CONEXIONES A TIERRA

Esta barra de tierra está conectada con la entrada de puesta a tierra del laboratorio para su utilización. Por seguridad no tocar los puentes de conexión de la parte posterior, en la figura 41 se aprecian las borneras de tierra.



Figura41: Conexión a tierra

Fuente: Los Autores.

4.2.3.8 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

El tablero posee un total de 9 transformadores del flujo de corriente, de los cuales 6 están conectados para medición en los transformadores de poder, su relación es de 30/5 Amps, y los tres restantes están conectados en estrella al analizador de red de entrada (Pac1), en la figura 42 se observa los Tc's conectados al lado de baja del transformador de poder.



Figura42: Transformador de corriente

Fuente: Los Autores.

4.2.3.9 VARIAC TRIFÁSICO

El Variac sirve para operar a distintos niveles de voltaje. Por seguridad no tocar la parte posterior del Variac ya que podría ocasionar accidentes eléctricos, se puede revisar el Variac sin tensión y con la respectiva autorización del docente, en las figuras 43 y 44 se puede apreciar las vistas posteriores y frontales respectivamente.

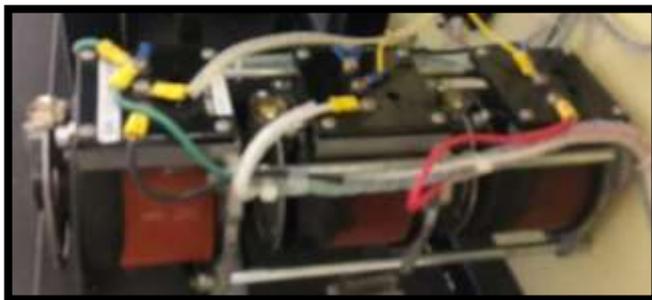


Figura43: Parte posterior del Variac

Fuente: Los Autores



Figura44: Vista frontal del Variac

Fuente: Los Autores

4.2.4 NORMAS DE SEGURIDAD AL REALIZAR PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Para realizar las prácticas de laboratorio en el Módulo para Protección Diferencial de Transformadores es obligatorio cumplir las siguientes normas:

- Antes de manipular los elementos eléctricos tome todas las medidas de precaución que el docente el indique.
- No utilice cables de conexión en mal estado, parchada o rota.
- No manipule los equipos sin autorización del docente.
- Si algún cable de los dispositivos esta suelto indique al docente.
- Antes de energizar el módulo de protecciones asegúrese que todo este correctamente conectado.
- Nunca manipule los elementos del módulo para protección de transformadores con las manos mojadas o húmedas.
- Verifique que las borneras del módulo de protecciones no estén golpeadas ni rotas.
- No tocar la parte posterior del Variac si esta energizado ya que podría sufrir una descarga.
- Antes de comenzar a realizar prácticas en el tablero primero revisar circuitos de control y conexión de transformadores.
- Si va a realizar cambios a un circuito con el centro de carga sin tensión.
- Si observa que de algún elemento comienza a salir humo baje el breaker inmediatamente e informar al docente.
- En caso de falla, accionar el breaker principal del módulo.
- Si no entiende la conexión de algún elemento pedir ayuda al docente.
- Al realizar las conexiones y ajustes del relé verifique que estas correspondan a la práctica correspondiente.

4.2.5 NORMAS DE SEGURIDAD DENTRO DEL LABORATORIO

- No ingresar alimentos al laboratorio.
- No ingresar personas que no sean de la materia de Protecciones.
- No manipular equipos dentro del laboratorio si el docente no le autoriza.
- No desconectar cables del módulo, durante la práctica.

- **ANEXOS**

Diagrama del Módulo para protección de transformadores.

Catálogos del fabricante de los equipos en este tablero de pruebas.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Chapman, S. J. (2000). Maquinas Eléctricas. Santa Fe: MC GRAW HILL.

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

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Indique que seguridad debe tener con los elementos eléctricos?

¿Qué elementos eléctricos son más utilizados a nivel industrial y explique su funcionamiento?

¿Indique que se debe hacer si sale humo de uno de los elementos electromecánicos?

¿Por qué no se debe usar cables rotos?

¿Cuáles son las normas básicas de seguridad industrial?

¿Qué es una descarga eléctrica y explique si esto se puede dar en el laboratorio?

4.3 Práctica No. 2: Comprobación de funcionamiento de elementos.

4.3.1 DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Protecciones
- **PRÁCTICA N° 2**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:** Ing. Roy Santana
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.3.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Comprobación de funcionamiento de elementos.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Conocer el funcionamiento del banco de pruebas utilizado para realizar las correspondientes prácticas de protección de transformadores.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Identificar los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

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

- **MARCO TEÓRICO**
 - Funcionamiento de cada dispositivo.
 - Normas de seguridad de un laboratorio.
 - Normas de procedimientos para un laboratorio.
 - Formatos para registro de valores experimentales.
 - Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

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

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Verificar la operatividad de todos los dispositivos del módulo para protección de transformadores, verificar continuidad en todas las borneras, verificar que no existan cables dañados y dispositivos en mal estado.

- **RECURSOS**

- Módulo para protección de transformadores.
- Instrumentación para: Tensión, Corriente.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Motor trifásico.
- Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

- Protocolo de operatividad de Variac trifásico, Tabla #3.
- Protocolo de operatividad de Fuente Fija, Tabla #4.
- Protocolo de operatividad de Analizador de Red, Tabla #5.
- Protocolo de operatividad de Borneras y Conectores, Tabla #6.
- Protocolo de operatividad de Cables de Prueba, Tabla #7.
- Protocolo de operatividad de Contactador 52L, Tabla #8.
- Protocolo de operatividad de Contactador 52H, Tabla #9.

- Protocolo de operatividad de Estructura Mecánica, Tabla #10.
- Protocolo de operatividad de Fusibles 6 Amp, Tabla #11.
- Protocolo de operatividad de Fusibles 12 Amp, Tabla #12.
- Protocolo de operatividad de Clavija, Tabla #13.
- Protocolo de operatividad del Luz Piloto, Tabla #14.
- Protocolo de operatividad del Transformador de Corriente, Tabla #15.
- Protocolo de operatividad del Pulsador Verde, Tabla #16.
- Protocolo de operatividad del Pulsador Rojo, Tabla #17.
- Protocolo de operatividad del Breaker 32 Amp, Tabla #18.
- Protocolo de operatividad del Puente Rectificador, Tabla #19.
- Protocolo de operatividad del Selector, Tabla #20.

- **ANEXOS**

Guía de prácticas.

Prácticas para el banco.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Chapman, S. J. (2000). Maquinas Eléctricas. Santa Fe: MC GRAW HILL.

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

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / VARIAC / SERIE : 117 CU-3

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTIMETRO FLUKE 374

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	V R-S (V) IN	214,1	8%		
2	V S-T (V) IN	214,4	8%		
3	V T-R (V) IN	215,1	8%		
4	V R-S (V) OUT 100%	214	8%		
5	V S-T (V) OUT 100%	215	8%		
6	V T-R (V) OUT 100%	216	8%		
7	V R-S (V) OUT 50%	113	8%		
8	V S-T (V) OUT 50%	114	8%		
9	V T-R (V) OUT 50%	116	8%		
10	V R-S (V) OUT 0%	0	8%		
11	V S-T (V) OUT 0%	0	8%		
12	V T-R (V) OUT 0%	0	8%		
13	ESTRUCTURA METALICA	ACEPTABLE	4%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :

TABLA 3: Toma de Valores - Variac

Fuente: Los Autores

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / FUENTE FIJA / SERIE : 555-77

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTIMETRO FLUKE 374

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	V R-S (V) IN	216	8%		
2	V S-T (V) IN	216	8%		
3	V T-R (V) IN	215	8%		
4	V R-S (V) OUT 100%	215,6	8%		
5	V S-T (V) OUT 100%	218,2	8%		
6	V T-R (V) OUT 100%	215,7	8%		
10	V R-S (V) OUT 0%	0	8%		
11	V S-T (V) OUT 0%	0	8%		
12	V T-R (V) OUT 0%	0	8%		
13	ESTRUCTURA METALICA	ACEPTABLE	4%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :

TABLA 4: Toma de valores – Fuente Fija

Fuente: Los Autores

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

INSTRUMENTACIÓN / ANALIZADOR DE RED / SIEMENS / SENTRON PAC 4200

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL ANALIZADOR FLUKE 435 Y UN MOTRO TRIFASICO 1LA7073-4YA60

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (V)	216	7%			
2	V S-T (V)	216	7%			
3	V T-R (V)	216	7%			
4	V R-N (V)	124	7%			
5	V S-N (V)	127	7%			
6	V T-N (V)	124	7%			
7	IR (A)	0.2	7%			
8	IS (A)	0.2	7%			
9	IT (A)	0.2	7%			
10	P 3Φ (W)	40	7%			
11	Q3Φ (VAR)	50	7%			
12	S3Φ (VA)	60	7%			
13	fp3Φ	0.62	7%			
14	TC-30/5 ^a	ACEPTABLE		8%		

15	OTROS	ACEPTABLE	8%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

TABLA 5: Toma de Valores – Analizador de Red

Fuente: Los Autores

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ELEMENTOS / BORNERAS Y CONECTORES / SERIE : CHINA

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y ESFUERZO MECANICO

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
				O		
1	SOPORTE	ARANDELA	20%			
2	AISLADOR EXTERNO DE BORNERA	FIJO	20%			
3	AISLADOR DE TERMINAL	FIJO	20%			
4	MACHINADO DE TERMINAL	ACEPTABLE	20%			
5	OTROS	ACEPTABLE	20%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

TABLA 6: Toma de Valores - Borneras y Conectores

Fuente: Los Autores

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ELEMENTOS / CABLES DE PRUEBA / SERIE : SC1

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y CONDICION EXTERNA

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	CONDUCTIVIDAD (OHMS)	0	25%		
2	AISLAMIENTO DE PLUG	ACEPTABLE	25%		
3	AGARRE DEL CABLE	ACEPTABLE	25%		
4	OTROS	ACEPTABLE	25%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :

TABLA 7: Toma de Valores –Cables de Prueba

Fuente: Los Autores

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / CONTACTOR 52L / CAMSCO / SERIE : C1D2510

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : PRUBA DE BOBINAS Y CONTACTOS (CONTINUIDAD)

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374	DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	BOBINAS DEL CONTACTOR	120-240V	20%	CORRIENTE A VACIO 0 AMP
2	CONTACTOS DE FUERZA	ACEPTABLE	20%	
3	CONTACTOS AUX NC	ACEPTABLE	20%	
4	CONTACTOS AUX NO	ACEPTABLE	20%	
5	OTROS	ACEPTABLE	20%	
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:		REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :		APROBADO POR :

TABLA 8: Toma de Valores –Contactor k1

Fuente: Los Autores

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / CONTACTOR 52 H / SIEMENS / SERIE : 3RT10231A

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : PRUBA DE BOBINAS Y CONTACTOS (CONTINUIDAD)

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374	DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	BOBINAS DEL CONTACTOR	120-240V	20%	CORRIENTE A VACIO 0 AMP
2	CONTACTOS DE FUERZA	ACEPTABLE	20%	
3	CONTACTOS AUX NC	ACEPTABLE	20%	
4	CONTACTOS AUX NO	ACEPTABLE	20%	
5	OTROS	ACEPTABLE	20%	
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:		REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :		APROBADO POR :

TABLA 9: Toma de Valores – Contactor K2

Fuente: Los Autores

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / ESTRUCTURA MECÁNICA

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : NIVELACIÓN CON NIVEL DE BURBUJA Y ACABADO ESTETICO

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	NIVEL HORIZONTAL	ACEPTABLE	14%		
2	NIVEL VERTICAL	ACEPTABLE	14%		
3	PERFIL DE PROTECCIÓN	ACEPTABLE	14%		
4	COBERTURA DE AMORTIGUACIÓN	ACEPTABLE	14%		
5	SOLDADURA	ACEPTABLE	14%		
6	PINTURA	ACEPTABLE	14%		
7	OTROS	ACEPTABLE	16%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA ESTRUCTURA:			REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :

TABLA 10: Toma de Valores – Estructura Mecánica
Fuente: Los Autores

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ELEMENTOS / PROTECCIONES / : FUSIBLES 6 AMP / SERIE: CAMSCO RT14-20

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	L+ ANALIZADOR 1	ACEPTABLE	33%			
2	L+ ANALIZADOR 2	ACEPTABLE	33%			
3	OTROS	ACEPTABLE	34%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

TABLA 11: Toma de Valores – Fusibles 6amp

Fuente: Los Autores

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ELEMENTOS / PROTECCIONES / : FUSIBLES 12 AMP / SERIE: CAMSCO RT14-20

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	ANALIZADOR 1	ACEPTABLE	33%			
2	ANALIZADOR 2	ACEPTABLE	33%			
3	OTROS	ACEPTABLE	34%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

TABLA 12: Toma de Valores – Fusible 4amp

Fuente: Los Autores

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPOS / CLAVIJA / LEGRAND / SERIE : 555-77

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : VERIFICACION DE LINEAS DE VOLTAJE

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	TOMA FUENTE FIJA	ACEPTABLE	70%		
2	OTROS	ACEPTABLE	30%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :

TABLA 13: Toma de Valores – Clavija

Fuente: Los Autores

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPOS / LUZ PILOTO H1 / CAMSCO / SERIE : AD16-22B/S

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : ENCENDIDO Y APAGADO

ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE 374		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	CONTACTO X1	ACEPTABLE	34%		
2	CONTACTO X2	ACEPTABLE	33%		
3	OTROS	220~240	33%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :

TABLA 14: Toma de Valores – Luz Piloto H1

Fuente: Los Autores



INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / PROTECCIONES / : TRANSFORMADOR DE CORRIENTE / CAMSCO /CFS

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : TRANSFORMACION DE CORRIENTE

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	LINEA	ACEPTABLE	25%			
2	S1-K	ACEPTABLE	25%			
3	S2-I	ACEPTABLE	25%			
4	OTROS	ACEPTABLE	25%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

TABLA 15: Toma de Valores – Transformador de Corriente

Fuente: Los Autores

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPOS / PULSADOR VERDE / CAMSCO/ SERIE: FPB-EA1

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD

ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO 3	ACEPTABLE	25%			
2	CONTACTO 4	ACEPTABLE	25%			
3	BOTON VERDE	ACEPTABLE	25%			
4	OTROS	ACEPTABLE	25%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

TABLA 16: Toma de Valores – Pulsador P1

Fuente: Los Autores



INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPOS / PULSADOR ROJO / CAMSCO / SERIE: FPB-EA2

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD

ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO 3	ACEPTABLE	25%			
2	CONTACTO 4	ACEPTABLE	25%			
3	BOTON ROJO	ACEPTABLE	25%			
4	OTROS	ACEPTABLE	25%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

TABLA 17: Toma de Valores – Pulsador P2
Fuente: Los Autores

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / PROTECCIONES / : BREAKER 3Ø - 32AMP / SERIE:SCHENEIDER C60N

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTOS 1,3,5	ACEPTABLE	35%			
2	CONTACTOS 2,4,6	ACEPTABLE	35%			
3	OTROS	ACEPTABLE	30%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

TABLA 18: Toma de Valores – Breaker 32A

Fuente: Los Autores

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / PUENTE RECTIFICADOR / SERIE : KBPC5010W

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : VERIFICACION DE VOLTAJE

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	ENTRADA AC	ACEPTABLE	25%			
2	SALIDA DC	ACEPTABLE	25%			
3	DISIPADOR	ACEPTABLE	25%			
4	OTROS	ACEPTABLE	25%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

TABLA 19: Toma de Valores – Puente Rectificador
Fuente: Los Autores



INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE PROTECCIONES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO /PROTECCIONES/ SELECTOR POSICION DE RELÉ DIFERENCIAL / CAMSCO/SKOS-ED21

FECHA :

PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	ENTRADA 1,3 - 5,7	ACEPTABLE	25%			63 AMP
2	SALIDA 4,2 - 8,6	ACEPTABLE	25%			63 AMP
3	INTERRUPTOR	ACEPTABLE	25%			
4	OTROS	ACEPTABLE	25%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

TABLA 20: Toma de Valores – Selector

Fuente: Los Autores

4.4 Práctica No. 3: Parametrización Relé Diferencial SEL 587

4.4.1 DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Protecciones
- **PRÁCTICA N° 3**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:** Ing. Roy Santana
- **TIEMPO ESTIMADO:** 1 Horas

4.4.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Parametrización Relé Diferencial SEL 587
- **OBJETIVO GENERAL:**

Lograr que el estudiante se familiarice con la parametrización del Relé SEL 587, la cual puede ser manual o vía pc por medio del programa QUICKSET ACSelerator.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comprender el funcionamiento y parametrización del relé Sel 587 de manera local y remota (PC).
- Realizar ajustes, descargar eventos, analizar reportes desde el PC.

- **MARCO TEÓRICO**

- Funcionamiento del Software QUICKSET ACSelerator.
- Normas de procedimientos para un laboratorio.
- Ajuste y parametrización de equipos.
- Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

- Revisar y analizar tabla de ajustes del Relé Sel 587, Tabla de Reporte #1
- Identificar cada uno de los elementos que forman el tablero de protecciones.
- Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos, utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

- La práctica de ajustes describe las diferentes parametrizaciones que se pueden utilizar al hacer la puesta en servicio del Relé 587. Estas pueden ser de manera local o vía remota (Pc)
- Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 Vac al tablero.
- Encender el Relé.
- Conocer y calcular los valores nominales del equipo a proteger.
- Parametrización del relé acorde a la Tabla de Reporte #1 (Tabla de ajustes Relé Sel 587) vía local o remota
- Descargar archivos al relé mediante el cable de comunicación.
- Visualizar eventos, formas de onda, realizar reportes.

PARAMETRIZACION LOCAL

Acorde a la información de la Tabla de Reporte #1 se inicia los ajustes del relé, esta tabla responde a condiciones de operación de los transformadores montados en el tablero los cuales para fines didácticos serán escalados al momento de ajuste del Relé SEL 587 y que serán detallados en cada práctica.

Se inicia la configuración presionando la tecla SET (ver figura 45).



Figura45: Configuración inicial tecla SET

Fuente: Los Autores

El relé responde a teclas direccionales (arriba, abajo, izquierda, derecha). Se visualiza en la pantalla las opciones Relay (configuración del relé), Port (puerto de comunicación), Pass (cambio clave).

Mover las teclas direccionales (izquierda y derecha) hasta “Relay” y dar clic en el botón SELET (ver figura 46).



Figura46: Configuración Relay

Fuente: Los Autores

Al seleccionar Relay y seleccionar ajustes (SET) le solicitará una contraseña (PASSCODE)) la cual es 000 (ver figura 47).



Figura47: Ingreso Contraseña

Fuente: Los Autores

Al ingresar la clave correctamente, se podrá cambiar los ajustes de configuración General Data, tal como se aprecia en la figura 48



Figura48: Ingreso a configuración General Data

Fuente: Los Autores

Al ingresar todos los parámetros de ajustes dependiendo a la practicar a realizar, se deberá guardar los ajustes dando clic en guardar configuración la cual visualiza con la palabra “Yes” (ver figura 49).



Figura49: Guardar cambios de ajustes

Fuente: Los Autores

PARAMETRIZACION REMOTA (vía PC)

Este ajuste se lo realiza vía Pc la cual tenga debe tener instalado el programa ACSElarator Se ingresa al programa y de da clic en el icono “nuevo” (ver figura 50).



Figura50: Programa ACSElarator

Fuente: Los Autores

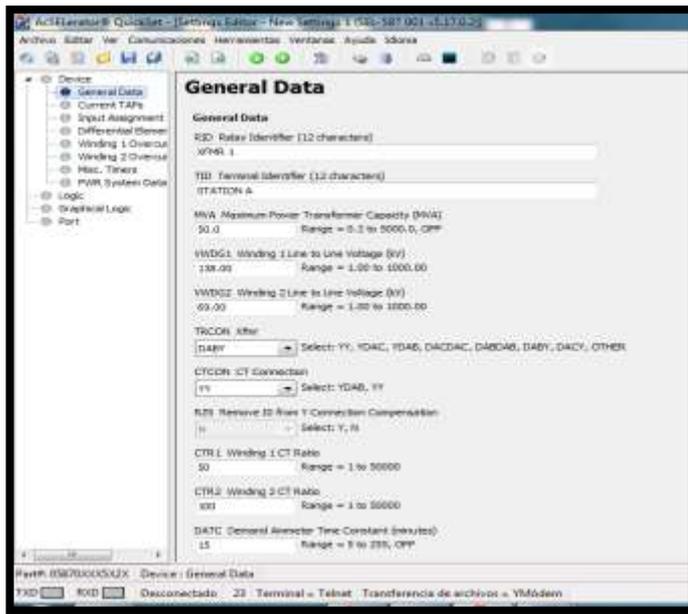


Figura53: Ventana de datos generales.

Fuente: Los Autores

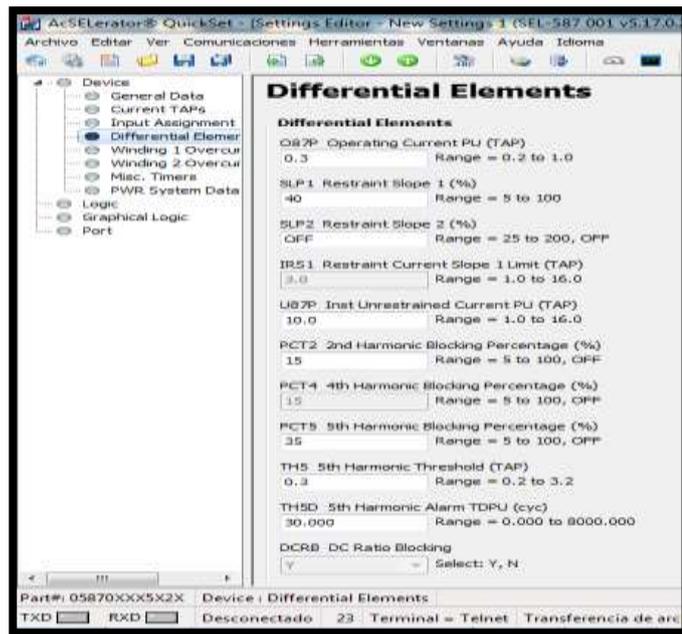


Figura54: Ventana de parámetros diferenciales

Fuente: Los Autores

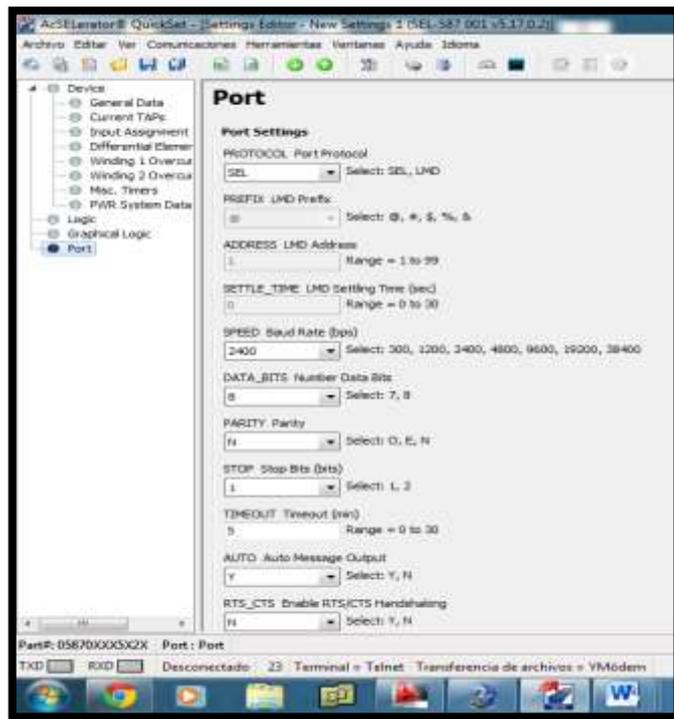


Figura55: Ventana de ajustes de puerto serial.

Fuente: Los Autores

- **RECURSOS**

- Módulo para protección de transformadores.
- Laptop
- Cable de comunicación
- Software ACSElarator

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

Protocolo de operatividad de protecciones.

- **ANEXOS**

- Tabla de Reporte #1. Ajustes Relé Sel 587

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Ramirez, S. (2003). *Proteccion de sistemas electricos*. Manizales: Universidad Manizales.

Laboratories, S. E. (2004). *Manual de Instruccion Sel 587-0, -1*. USA: Hopkins Court.

Gilberto Enriquez, H. (2006). *Elementos de diseño de subestaciones electricas*. Mexico: Limusa.

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

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué protocolos de comunicación utilizan los sistemas de potencia?

¿Qué se entiende por configuración local o remota?

¿Qué problemas puede provocar el mal ajuste de un relé de protección?

AJUSTES No. 1: CONDICIONES GENERALES.

COMANDO SET

DESCRIPCION	RANGO	VALOR
Identificador del relé	12 Caracteres	
Identificador del terminal	12 Caracteres	
Capacidad máxima del transformador	OFF, 0.2–5000 MVA en pasos de .1	
Voltaje entre fases del enrollado 1 Voltaje entre fases del enrollado 2	1–1000 kV 1–1000 kV	
Conexión del transformador	YY, YDAC, YDAB, DACDAC, DABDAB, DABY, DACY, OTHER	
Conexión de los TC	DACDAC, DABDAB, DACY, DABY, YY, YDAB, YDAC	
Razón del TC del enrollado 1 Razón del TC del enrollado 2	1–50000 1–50000	
Constante de tiempo del amperímetro de demanda	off 5-255 min	
Umbral de fase del amperímetro de demanda	0.5 – 16 A 5A 0.1 – 3.2 A 1A	
Umbral de secuencia negativa del amperímetro de demanda	0.5 – 16 A 5A 0.1 – 3.2 A 1A	
Umbral residual del amperímetro de demanda	0.5 – 16 A 5A 0.1 – 3.2 A 1A	
Taps de corriente		
TAP de corriente del enrollado 1	TAPI =	
TAP de corriente del enrollado 2	TAP2 =	
Asignación de las entradas		
Entrada 1	NA,52A1,!52A1,TCEN,TCBL	
Entrada 2	NA,52A2,!52A2,TCEN,TCBL	

TABLA DE REPORTE 1: Ajustes de relé

Fuente: Los Autores

4.5 Práctica No. 4 Polaridad en transformadores de medición

4.5.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: PROTECCIONES

PRÁCTICA: No. 4

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Roy Santana

TIEMPO ESTIMADO: 1:00 Hora

4.5.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Polaridad en transformadores de medición

OBJETIVO GENERAL:

Identificar la polaridad de los transformadores de corriente “La marca de polaridad”
Se debe tener presente la corriente saliendo por la marca de polaridad en el secundario se encuentra en fase con la corriente entrando por polaridad en el primario.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Efectuar la conexión de los Tc's conexionando por punto y no punto.
- Revisar y analizar el comportamiento de la protección diferencial del transformador

- **MARCO TEÓRICO**

Las marcas de polaridad designan la dirección relativa instantánea de corriente en el mismo instante de tiempo que la corriente entra a la terminal del primario con la marca, mientras que la corriente secundaria correspondiente está saliendo por la terminal marcada.

- **PROCEDIMIENTO**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del módulo de protección del transformador.
- Identificar cada uno de los elementos que forman el módulo.
- Conectar los elementos para la elaboración de la práctica.
- Tomar las medidas (voltaje y corriente) y comparar con las respectiva Tabla de Reporte 1.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.
- Medir y registrar los valores de voltaje, corriente en el lado primario y secundario. En caso de presentarse algún disparo por protección registrar los eventos del relé verificar anomalías en el cableado o en los ajustes del relé.
- Identificar los fenómenos eléctricos, relacionar los conceptos con los valores medidos.
- El alumno elaborará, a partir del ejercicio práctico, un reporte que incluya, el cálculo de cada parámetro (corriente, voltaje, y los valores de ajuste de protección) y la comparación del resultado del cálculo contra las mediciones realizadas.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

- Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 Vac al tablero.
- Realizar el cableado de los transformadores, Tc's y demás elementos de acuerdo a la lámina #1 de esquema de conexiones estrella-estrella.
- Parametrizar el relé acorde a la Tabla de Reporte 1.
- Energizar el circuito colocando el breaker principal en posición ON.
- Ajustar el voltaje de entrada acorde a la Tabla de Datos de Práctica 4 (este voltaje se lo puede visualizar en el analizador de redes del lado primario)
- Ajustar el porcentaje de carga resistiva al 50% y al 100% y a criterios del docente.
- Cerrar el interruptor del lado primario (P2).
- Cerrar del interruptor del lado secundario (P4).

- **RECURSOS**

- Módulo para protección de transformadores.
- Instrumentación para: Tensión, Corriente.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Conductores de conexión.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Ramirez, S. (2003). *Proteccion de sistemas electricos*. Manizales: Universidad Manizales.

Laboratories, S. E. (2004). *Manual de Instruccion Sel 587-0, -1*. USA: Hopkins Court.

Gilberto Enriquez, H. (2006). *Elementos de diseño de subestaciones electricas*. Mexico: Limusa.

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

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué protocolos de comunicación utilizan los sistemas de potencia?

¿Qué se entiende por configuración local o remota?

¿Qué problemas puede provocar el mal ajuste de un relé de protección?

¿Al conectar los Tc's y realizar los cambios de polaridad que diferencia se obtuvo con la I de operación referente a la conexión normal?

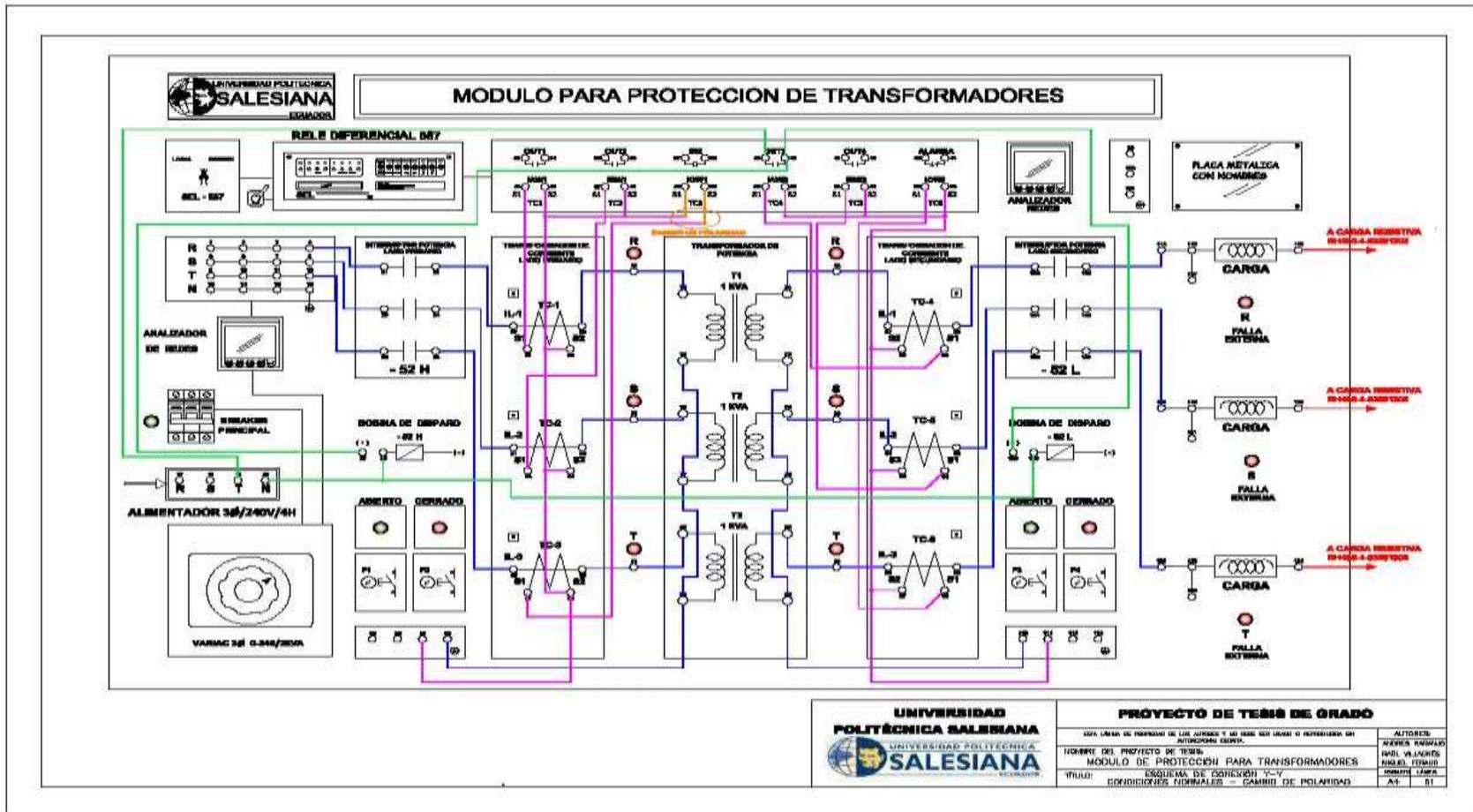
Tabla de Datos de Práctica 4. Informe de cambio de polaridad en la conexión de los transformadores de corriente.

Practica #		Tipo de conexión	
Grupo #	Integrantes :		
<u>Datos de práctica</u>			
Potencia:	4.5 KVA	N° de fases:	3φ
Voltaje Alta Tensión. (V):		Voltaje Baja Tensión. (V):	
Corriente Alta Tensión (A):		Corriente Baja Tensión (A):	
Frecuencia:	60Hz		
FÓRMULA APLICADA			
$S = \sqrt{3} \times V \times I$ $I_{falla} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$			
Con la fórmula aplicada y con la información del tipo de conexión de los Tc's y de Transformadores de potencia, obtenemos los datos de ajuste del relé diferencial 587.			
Calculo para los ajustes de relación de los Tc's en el lado de alta y baja tensión.			
I teórica Primario	$I_{primario}$ experimental	Relación de Tc's lado primario	
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{primario}} =$			
I teórica Secundario	$I_{secundario}$ experimental	Relación de Tc's lado secundario	
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{secundario}} =$			
PRUEBA			
V LL Primario	V LL Secundario		Corriente medida lado primario
			Corriente medida lado secundario
50 Vac	Vac		Amp
60 Vac	Vac		Amp
70 Vac	Vac		Amp
80 Vac	Vac		Amp
90 Vac	Vac		Amp
100 Vac	Vac		Amp
120 Vac	Vac		Amp
140 Vac	Vac		Amp
160 Vac	Vac		Amp
180 Vac	Vac		Amp
190 Vac	Vac		Amp

200 Vac	Vac		Amp	Amp
210 Vac	Vac		Amp	Amp
220 Vac	Vac		Amp	Amp
230 Vac	Vac		Amp	Amp
240 Vac	Vac		Amp	Amp
Los valores de carga se pueden variar ya que el banco de resistencia permite desde un 25 % al 100 % de carga. De la misma manera el porcentaje de carga de falla (banco de falla resistivo) permite variar la resistencia desde 5 Ω hasta 100 Ω				
REGISTRO DE EVENTOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 587				
Corriente de Operación (IOP)	Desfase Primario		Desfase Secundario	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	
Protección Diferencial 87	Protección de sobrecorriente instantánea 50		Protección de sobrecorriente temporizada 51	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	

Lámina 1: Practica 4

Fuente: Los Autores



4.6 Práctica No. 5 Protección diferencial del transformador en condiciones normales de operación con conexión estrella-estrella.

4.6.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: No. 5

PRÁCTICA: Protección diferencial del transformador en condiciones normales de operación con conexión estrella-estrella

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Roy Santana

TIEMPO ESTIMADO: 1:00 Hora

4.6.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Protección diferencial del transformador en condiciones normales

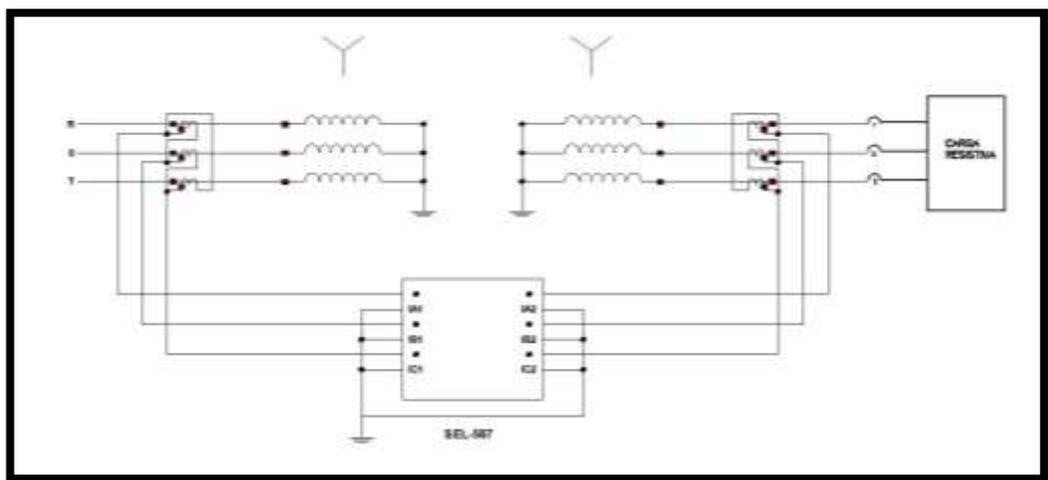


Figura56: Conexión Estrella -Estrella

Fuente: Los Autores

- **OBJETIVO GENERAL:**

Comprobar la confiabilidad, sensibilidad y selectividad de la protección diferencial del relé SEL 587 para un transformador de poder con conexión tipo estrella-estrella.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Efectuar la conexión de los Tc's para obtener el funcionamiento correcto de la protección diferencial del transformador, en función de la conexión del transformador tipo estrella –estrella.
- Parametrización del relé.
- Medir, registrar, analizar y comparar con los valores teóricos prácticos del funcionamiento en condiciones normales.
- Identificar los principios de funcionamiento de la protección diferencial para su aplicación en los transformadores de poder en condiciones normales de operación.

- **MARCO TEÓRICO**

- Funcionamiento de cada dispositivo.
- Esquema de conexión de los transformadores de poder.
- Esquema de conexión de los transformadores de corriente en primario y secundario.
- Normas de seguridad de un laboratorio.
- Normas de procedimientos para un laboratorio.
- Formatos para registro de valores experimentales.

- **PROCEDIMIENTO**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del módulo de protección del transformador para la conexión estrella-estrella.

- Identificar cada uno de los elementos que forman el módulo.
- Conectar los elementos para la elaboración de la práctica de acuerdo a los diagramas de conexión.
- Tomar las medidas (voltaje y corriente) y comparar con las respectivas Tabla de Datos de Práctica 5
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

- Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 Vac al tablero.
- Realizar el cableado de los transformadores, Tc's y demás elementos de acuerdo a la lámina #2 de esquema de conexiones estrella-estrella.
- Parametrizar el relé acorde a la Tabla de Reporte 1.
- Energizar el circuito colocando el breaker principal en posición ON
- Ajustar el voltaje de entrada acorde a la Tabla de Datos de Práctica 5 (este voltaje se lo puede visualizar en el analizador de redes del lado primario)
- Ajustar el porcentaje de carga resistiva al 50% y al 100% y a criterios del docente.
- Cerrar el interruptor del lado primario (P2)
- Cerrar el interruptor del lado secundario (P4)
- Medir y registrar los valores de voltaje, corriente en el lado primario y secundario, de presentarse algún disparo por protección registrar los eventos del relé verificar anomalías en el cableado o en los ajustes del relé.
- Identificar los fenómenos eléctricos, relacionar los conceptos con los valores medidos.
- Elaborar un reporte que incluya, el cálculo de cada parámetro (corriente, voltaje, y los valores de ajuste de protección) y la comparación del resultado del cálculo contra las mediciones realizadas.

- **RECURSOS**

- Módulo para protección de transformadores.
- Instrumentación para: Tensión, Corriente.

- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

- Tabla de Reporte 1. Ajustes del relé.
- Tabla de Datos de Práctica 5. Informe de pruebas condiciones normales de operación conexión estrella –estrella
- Cuestionario de preguntas.

- **ANEXOS**

- Esquemas de Conexiones.
- Compensación de desfase.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Ramirez, S. (2003). *Proteccion de sistemas electricos*. Manizales: Universidad Manizales.

Laboratories, S. E. (2004). *Manual de Instruccion Sel 587-0, -1*. USA: Hopkins Court.

Gilberto Enriquez, H. (2006). *Elementos de diseño de subestaciones electricas*. Mexico: Limusa.

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

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Cuál es el ángulo de desfase en la conexión estrella- estrella?

¿Qué criterios de operación utiliza el relé diferencial en condiciones normales de operación estrella-estrella?

¿Qué problemas puede provocar el mal ajuste de un relé de protección en esta configuración?

Tabla de Datos de Práctica 5. Informe de pruebas condiciones normales de operación conexión estrella –estrella

Practica #		Tipo de conexión		
Grupo #	Integrantes :			
<u>Datos de práctica</u>				
Potencia:	4.5 KVA	N° de fases:	3φ	
Voltaje Alta Tensión. (V):		Voltaje Baja Tensión. (V):		
Corriente Alta Tensión (A):		Corriente Baja Tensión (A):		
Frecuencia:	60Hz			
FÓRMULA APLICADA				
$S = \sqrt{3} \times V \times I$ $I_{falla} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$				
Con la fórmula aplicada y con la información del tipo de conexión de los Tc's y de Transformadores de potencia, obtenemos los datos de ajuste del relé diferencial 587.				
Calculo para los ajustes de relación de los Tc's en el lado de alta y baja tensión.				
I teórica Primario	$I_{primario}$ experimental	Relación de Tc's lado primario		
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{primario}} =$				
I teórica Secundario	$I_{secundario}$ experimental	Relación de Tc's lado secundario		
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{secundario}} =$				
PRUEBA				
V LL Primario	V LL Secundario	% de Carga Resistiva	Corriente medida lado primario	Corriente medida lado secundario
50 Vac	Vac		Amp	Amp
60 Vac	Vac		Amp	Amp
70 Vac	Vac		Amp	Amp
80 Vac	Vac		Amp	Amp
90 Vac	Vac		Amp	Amp
100 Vac	Vac		Amp	Amp
120 Vac	Vac		Amp	Amp
140 Vac	Vac		Amp	Amp
160 Vac	Vac		Amp	Amp
180 Vac	Vac		Amp	Amp
190 Vac	Vac		Amp	Amp

200 Vac	Vac		Amp	Amp
210 Vac	Vac		Amp	Amp
220 Vac	Vac		Amp	Amp
230 Vac	Vac		Amp	Amp
240 Vac	Vac		Amp	Amp
Los valores de carga se pueden variar ya que el banco de resistencia permite desde un 25 % al 100 % de carga. De la misma manera el porcentaje de carga de falla (banco de falla resistivo) permite variar la resistencia desde 5 Ω hasta 100 Ω				
REGISTRO DE EVENTOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 587				
Corriente de Operación (IOP)	Desfase Primario		Desfase Secundario	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	
Protección Diferencial 87	Protección de sobrecorriente instantánea 50		Protección de sobrecorriente temporizada 51	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	

4.7 Práctica No. 6 Protección diferencial del transformador en condiciones normales de operación con conexión delta-delta.

4.7.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Protecciones

PRÁCTICA: No.7

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Roy Santana

TIEMPO ESTIMADO: 1:00 Hora

4.7.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Protección diferencial del transformador en condiciones normales

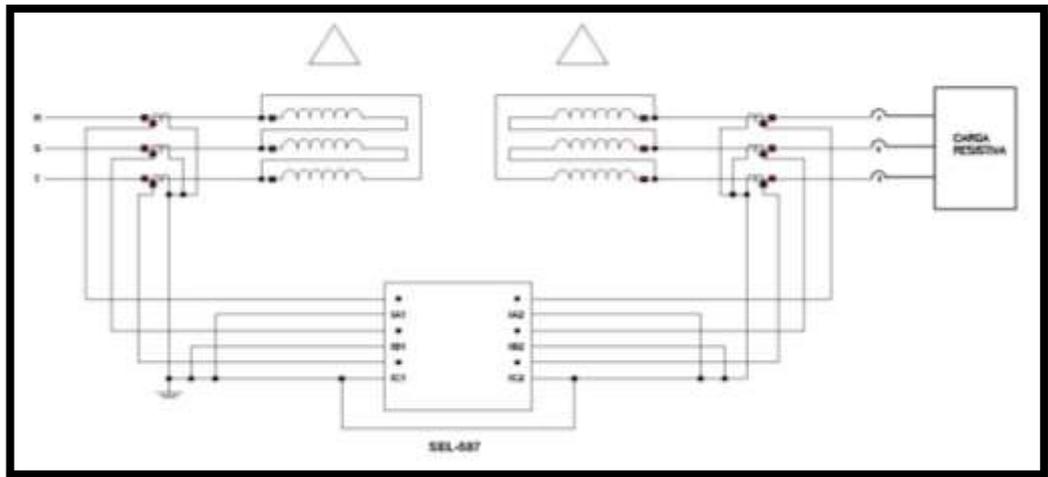


Figura57: Conexión Delta -Delta

Fuente: Los Autores

- **OBJETIVO GENERAL:**

Comprobar confiabilidad, sensibilidad y selectividad de la protección diferencial del relé SEL 587 para un transformador de poder con sus diferentes conexiones.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Efectuar la conexión de los Tc's para obtener el funcionamiento correcto de la protección diferencial del transformador en función de la conexión delta-delta.
- Parametrizar el relé.
- Medir, registrar, analizar y comparar con los valores teóricos prácticos del funcionamiento en condiciones normales.
- Identificar los principios de funcionamiento de la protección diferencial para su aplicación en los transformadores de poder en condiciones normales de operación.

- **MARCO TEÓRICO**

- Funcionamiento de cada dispositivo.
- Esquema de conexión de los transformadores de poder.
- Esquema de conexión de los transformadores de corriente en primario y secundario.
- Normas de seguridad de un laboratorio.
- Normas de procedimientos para un laboratorio.
- Formatos para registro de valores experimentales.

- **PROCEDIMIENTO**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del módulo de protección del transformador para la conexión delta-delta.

- Identificar cada uno de los elementos que forman el módulo.
- Conectar los elementos para la elaboración de la práctica.
- Toma de medidas (voltaje y corriente) y comparar con las respectivas tablas.
- Elaborar un reporte que incluya, el cálculo de cada parámetro (corriente, voltaje, y los valores de ajuste de protección) y la comparación del resultado del cálculo contra las mediciones realizadas.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

- Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 Vac al tablero.
- Realizar el cableado de los transformadores, Tc's y demás elementos de acuerdo a la lámina #3 de esquema de conexiones delta-delta.
- Parametrizar el relé acorde a la Tabla de Reporte 1.
- Energizar el circuito colocando el breaker principal en posición ON
- Ajustar el voltaje de entrada acorde a la Tabla de Datos de Práctica 6 (este voltaje se lo puede visualizar en el analizador de redes del lado primario)
- Ajustar el porcentaje de carga resistiva al 50% y al 100% y a criterios del docente.
- Cerrar el interruptor del lado primario (P2)
- Cerrar el interruptor del lado secundario (P4)
- Medir y registrar los valores de voltaje, corriente en el lado primario y secundario, de presentarse algún disparo por protección registrar los eventos del relé verificar anomalías en el cableado o en los ajustes del relé.
- Identificar los fenómenos eléctricos, relacionar los conceptos con los valores medidos,

- **RECURSOS**

- Módulo para protección de transformadores.
- Instrumentación para: Tensión, Corriente.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

- Tabla de Reporte 1, Ajuste del relé.
- Tabla de Datos de Práctica 6. Informe de pruebas condiciones normales de operación conexión delta-delta.
- Cuestionario de preguntas.

- **ANEXOS**

- Esquemas de Conexiones.
- Compensación de Desfase.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Ramirez, S. (2003). *Proteccion de sistemas electricos*. Manizales: Universidad Manizales.

Laboratories, S. E. (2004). *Manual de Instruccion Sel 587-0, -1*. USA: Hopkins Court.

Gilberto Enriquez, H. (2006). *Elementos de diseño de subestaciones electricas*. Mexico: Limusa.

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

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Cuál es el ángulo de desfase en la conexión delta-delta?

¿Qué criterios de operación utiliza el relé diferencial en condiciones normales de operación delta-delta?

¿Qué problemas puede provocar el mal ajuste de un relé de protección en esta configuración?

Tabla de Datos de Práctica 6. Informe de pruebas condiciones normales de operación conexión delta-delta

Practica #		Tipo de conexión		
Grupo #	Integrantes :			
<i>Datos de práctica</i>				
Potencia:	4.5 KVA	N° de fases:	3φ	
Voltaje Alta Tensión. (V):		Voltaje Baja Tensión. (V):		
Corriente Alta Tensión (A):		Corriente Baja Tensión (A):		
Frecuencia:	60Hz			
FÓRMULA APLICADA				
$S = \sqrt{3} \times V \times I$ $I_{falla} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$				
Con la fórmula aplicada y con la información del tipo de conexión de los Tc's y de Transformadores de potencia, obtenemos los datos de ajuste del relé diferencial 587.				
Calculo para los ajustes de relación de los Tc's en el lado de alta y baja tensión.				
I teórica Primario	$I_{primario}$ experimental	Relación de Tc's lado primario		
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{primario}} =$				
I teórica Secundario	$I_{secundario}$ experimental	Relación de Tc's lado secundario		
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{secundario}} =$				
PRUEBA				
V LL Primario	V LL Secundario	% de Carga Resistiva	Corriente medida lado primario	Corriente medida lado secundario
50 Vac	Vac		Amp	Amp
60 Vac	Vac		Amp	Amp
70 Vac	Vac		Amp	Amp
80 Vac	Vac		Amp	Amp
90 Vac	Vac		Amp	Amp
100 Vac	Vac		Amp	Amp
120 Vac	Vac		Amp	Amp
140 Vac	Vac		Amp	Amp
160 Vac	Vac		Amp	Amp
180 Vac	Vac		Amp	Amp

190 Vac	Vac		Amp	Amp
200 Vac	Vac		Amp	Amp
210 Vac	Vac		Amp	Amp
220 Vac	Vac		Amp	Amp
230 Vac	Vac		Amp	Amp
240 Vac	Vac		Amp	Amp

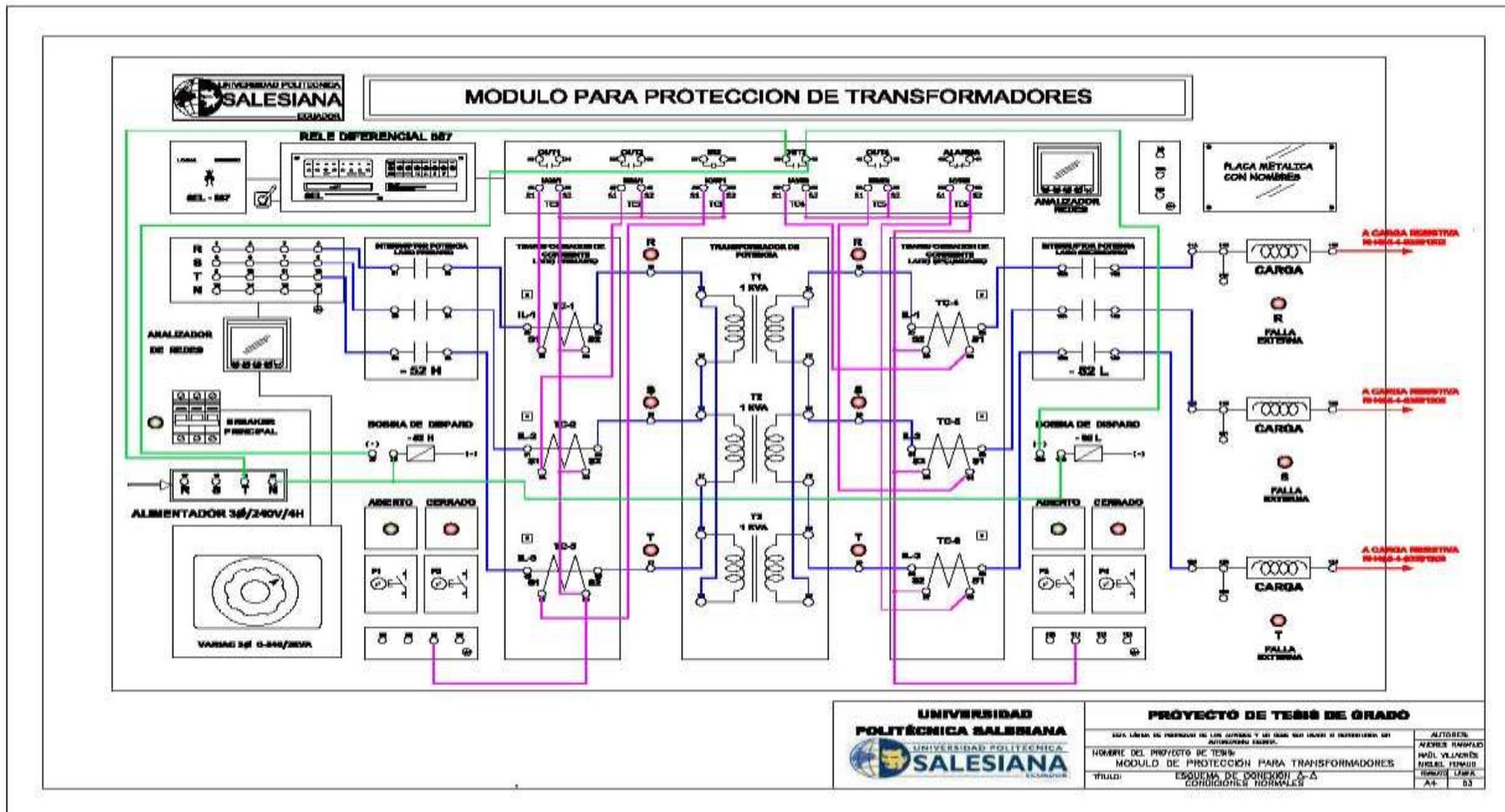
Los valores de carga se pueden variar ya que el banco de resistencia permite desde un 25 % al 100 % de carga. De la misma manera el porcentaje de carga de falla (banco de falla resistivo) permite variar la resistencia desde 5 Ω hasta 100 Ω

REGISTRO DE EVENTOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 587

Corriente de Operación (IOP)	Desfase Primario	Desfase Secundario
FASE A:	FASE A:	FASE A:
FASE B:	FASE B:	FASE B:
FASE C:	FASE C:	FASE C:
Protección Diferencial 87	Protección de sobrecorriente instantánea 50	Protección de sobrecorriente temporizada 51
FASE A:	FASE A:	FASE A:
FASE B:	FASE B:	FASE B:
FASE C:	FASE C:	FASE C:

Lámina 3: Practica 6

Fuente: Los Autores.



4.8 Práctica No. 7 Protección diferencial del transformador en condiciones normales de operación con conexión estrella-delta.

4.8.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Protecciones

PRÁCTICA: No. 7

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Roy Santana

TIEMPO ESTIMADO: 1:00 Hora

4.8.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Protección diferencial del transformador en condiciones normales

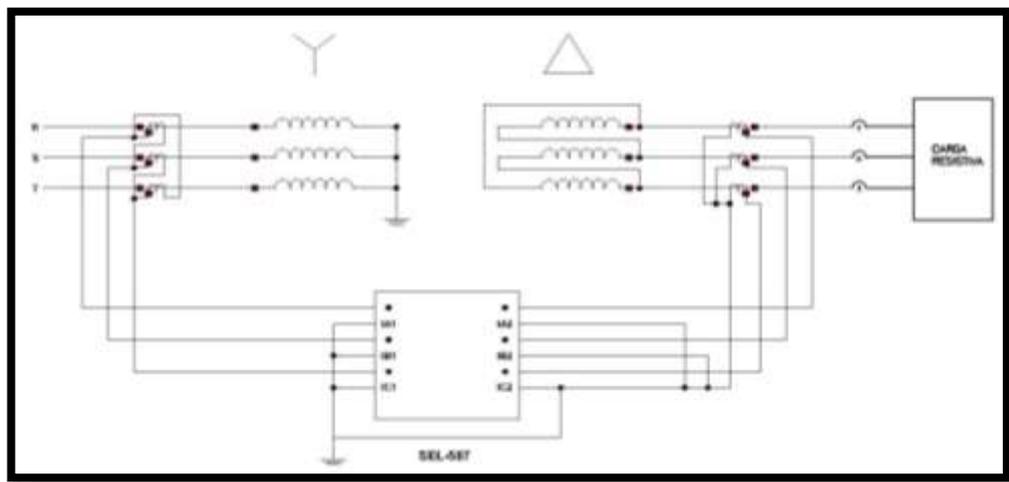


Figura58: Conexión Estrella - Delta

Fuente: Los Autores

- **OBJETIVO GENERAL:**

Comprobar confiabilidad, sensibilidad y selectividad de la protección diferencial del relé SEL 587 para un transformador de poder con conexión estrella-delta.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Efectuar la conexión de los Tc's para obtener el funcionamiento correcto de la protección diferencial del transformador, en función de la conexión del transformador tipo estrella-delta.
- Parametrización del relé
- Medir, registrar, analizar y comparar con los valores teóricos prácticos del funcionamiento en condiciones normales.
- Identificar los principios de funcionamiento de la protección diferencial para su aplicación en los transformadores de poder en condiciones normales de operación.

- **MARCO TEÓRICO**

- Funcionamiento de cada dispositivo.
- Esquema de conexión de los transformadores de poder.
- Esquema de conexión de los transformadores de corriente en primario y secundario.
- Normas de seguridad de un laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del módulo de protección del transformador para la conexión tipo estrella-delta.
- Identificar cada uno de los elementos que forman el módulo.

- Conectar los elementos para la elaboración de la práctica de acuerdo a los diagramas de conexión.
- Tomar medidas (voltaje y corriente) y comparar con las respectivas tablas.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.
- Elaborar, un reporte que incluya, el cálculo de cada parámetro (corriente, voltaje, y los valores de ajuste de protección) y la comparación del resultado del cálculo contra las mediciones realizadas.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

- Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 Vac al tablero.
- Realizar el cableado de los transformadores, Tc's y demás elementos de acuerdo a la lámina #4 de esquema de conexiones delta-delta.
- Parametrizar el relé acorde a la Tabla de Reporte 1.
- Energizar el circuito colocando el breaker principal en posición ON
- Ajustar el voltaje de entrada acorde a la Tabla de Datos de Práctica 7 (este voltaje se lo puede visualizar en el analizador de redes del lado primario)
- Ajustar el porcentaje de carga resistiva al 50% y al 100% y a criterios del docente.
- Cerrar el interruptor del lado primario (P2).
- Cerrar el interruptor del lado secundario (P4).
- Medir y registrar los valores de voltaje, corriente en el lado primario y secundario, de presentarse algún disparo por protección registrar los eventos del relé verificar anomalías en el cableado o en los ajustes del relé.
- Identificar los fenómenos eléctricos, relacionar los conceptos con los valores medidos.

- **RECURSOS**

- Módulo para protección de transformadores.
- Instrumentación para: Tensión, Corriente.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

- Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

- Tabla de Reporte 1. Ajustes del Relé.
- Tabla de Datos de Práctica 7. Informe de pruebas condiciones normales de operación conexión estrella-delta
- Cuestionario de preguntas.

- **ANEXOS**

- Esquemas de Conexiones.
- Compensación de Desfase.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Ramirez, S. (2003). *Proteccion de sistemas electricos*. Manizales: Universidad Manizales.

Laboratories, S. E. (2004). *Manual de Instruccion Sel 587-0, -1*. USA: Hopkins Court.

Gilberto Enriquez, H. (2006). *Elementos de diseño de subestaciones electricas*. Mexico: Limusa.

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

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Cuál es el ángulo de desfase en la conexión estrella-delta?

¿Qué criterios de operación utiliza el relé diferencial en condiciones normales de operación estrella-delta?

¿Qué problemas puede provocar el mal ajuste de un relé de protección en esta configuración?

Tabla de Datos de Práctica 7. Informe de pruebas condiciones normales de operación conexión estrella-delta

Practica #		Tipo de conexión		
Grupo #	Integrantes :			
<u>Datos de práctica</u>				
Potencia:	4.5 KVA	N° de fases:	3φ	
Voltaje Alta Tensión. (V):		Voltaje Baja Tensión. (V):		
Corriente Alta Tensión (A):		Corriente Baja Tensión (A):		
Frecuencia:	60Hz			
FÓRMULA APLICADA				
$S = \sqrt{3} \times V \times I$ $I_{falla} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$				
Con la fórmula aplicada y con la información del tipo de conexión de los Tc's y de Transformadores de potencia, obtenemos los datos de ajuste del relé diferencial 587.				
Calculo para los ajustes de relación de los Tc's en el lado de alta y baja tensión.				
I teórica Primario	$I_{primario}$ experimental	Relación de Tc's lado primario		
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{primario}} =$				
I teórica Secundario	$I_{secundario}$ experimental	Relación de Tc's lado secundario		
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{secundario}} =$				
PRUEBA				
V LL Primario	V LL Secundario	% de Carga Resistiva	Corriente medida lado primario	Corriente medida lado secundario
50 Vac	Vac		Amp	Amp
60 Vac	Vac		Amp	Amp
70 Vac	Vac		Amp	Amp
80 Vac	Vac		Amp	Amp
90 Vac	Vac		Amp	Amp
100 Vac	Vac		Amp	Amp
120 Vac	Vac		Amp	Amp
140 Vac	Vac		Amp	Amp
160 Vac	Vac		Amp	Amp
180 Vac	Vac		Amp	Amp

190 Vac	Vac			
200 Vac	Vac			
210 Vac	Vac			
220 Vac	Vac			
230 Vac	Vac			
240 Vac	Vac			
Los valores de carga se pueden variar ya que el banco de resistencia permite desde un 25 % al 100 % de carga. De la misma manera el porcentaje de carga de falla (banco de falla resistivo) permite variar la resistencia desde 5 Ω hasta 100 Ω				
REGISTRO DE EVENTOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 587				
Corriente de Operación (IOP)	Desfase Primario		Desfase Secundario	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	
Protección Diferencial 87	Protección de sobrecorriente instantánea 50		Protección de sobrecorriente temporizada 51	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	

4.9 Práctica No. 8 Protección diferencial del transformador en condiciones normales de operación con conexión delta-estrella.

4.9.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Protecciones

PRÁCTICA: No. 8

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Roy Santana

TIEMPO ESTIMADO: 1:00 Hora

4.9.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Protección diferencial del transformador en condiciones normales

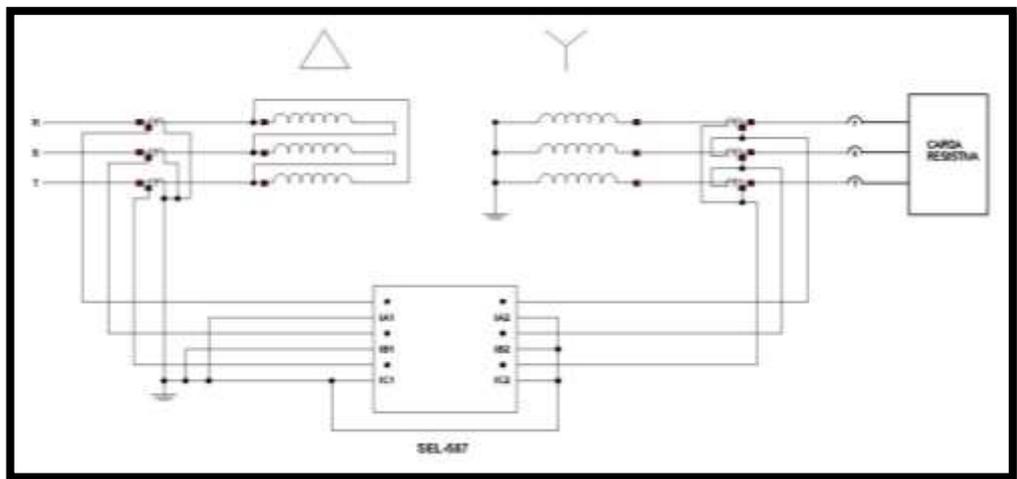


Figura59: Conexión Delta-Estrella

Fuente: Los Autores

- **OBJETIVO GENERAL:**

Comprobar confiabilidad, sensibilidad y selectividad de la protección diferencial del relé SEL 587 para un transformador de poder con conexión tipo delta-estrella.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Efectuar la conexión de los Tc's para obtener el funcionamiento correcto de la protección diferencial del transformador En función de la conexión del transformador tipo delta-estrella.
- Parametrización del relé
- Medir, registrar, analizar y comparar con los valores teóricos prácticos del funcionamiento en condiciones normales.
- Identificar los principios de funcionamiento de la protección diferencial para su aplicación en los transformadores de poder en condiciones normales de operación.

- **MARCO TEÓRICO**

- Funcionamiento de cada dispositivo.
- Esquema de conexión de los transformadores de poder.
- Esquema de conexión de los transformadores de corriente en primario y secundario.
- Normas de seguridad de un laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del módulo de protección del transformador para la conexión delta-estrella
- Identificar cada uno de los elementos que forman el módulo.
- Conectar de elementos para la elaboración de la práctica
- Toma de medidas (voltaje y corriente) y comparar con las respectivas tablas.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- Elaborar un reporte que incluya, el cálculo de cada parámetro (corriente, voltaje, y los valores de ajuste de protección) y la comparación del resultado del cálculo contra las mediciones realizadas.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

- Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 Vac al tablero.
- Realizar el cableado de los transformadores, Tc's y demás elementos de acuerdo a la lámina #5 de esquema de conexiones delta-estrella.
- Parametrizar el relé acorde a la Tabla de Reporte 1.
- Energizar el circuito colocando el breaker principal en posición ON
- Ajustar el voltaje de entrada acorde a la Tabla de Datos de Práctica 8. (este voltaje se lo puede visualizar en el analizador de redes del lado primario)
- Ajustar el porcentaje de carga resistiva al 50% y al 100% y a criterios del docente.
- Cerrar del interruptor del lado primario (P2).
- Cerrar del interruptor del lado secundario (P4).
- Medir y registrar los valores de voltaje, corriente en el lado primario y secundario, de presentarse algún disparo por protección registrar los eventos del relé verificar anomalías en el cableado o en los ajustes del relé.
- Identificar los fenómenos eléctricos, relacionar los conceptos con los valores medidos,

- **RECURSOS**

- Módulo para protección de transformadores.
- Instrumentación para: Tensión, Corriente.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

- Tabla de Reporte 1. Ajustes del relé.
- Tabla de Datos de Práctica 8. Informe de pruebas condiciones normales de operación conexión delta – estrella.
- Cuestionario de preguntas.

- **ANEXOS**

- Esquemas de Conexiones.
- Compensación de Desfase.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Ramirez, S. (2003). *Proteccion de sistemas electricos*. Manizales: Universidad Manizales.

Laboratories, S. E. (2004). *Manual de Instruccion Sel 587-0, -1*. USA: Hopkins Court.

Gilberto Enriquez, H. (2006). *Elementos de diseño de subestaciones electricas*. Mexico: Limusa.

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

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Cuál es el ángulo de desfase en la conexión delta-estrella?

¿Qué criterios de operación utiliza el relé diferencial en condiciones normales de operación delta-estrella?

¿Qué problemas puede provocar el mal ajuste de un relé de protección en esta configuración?

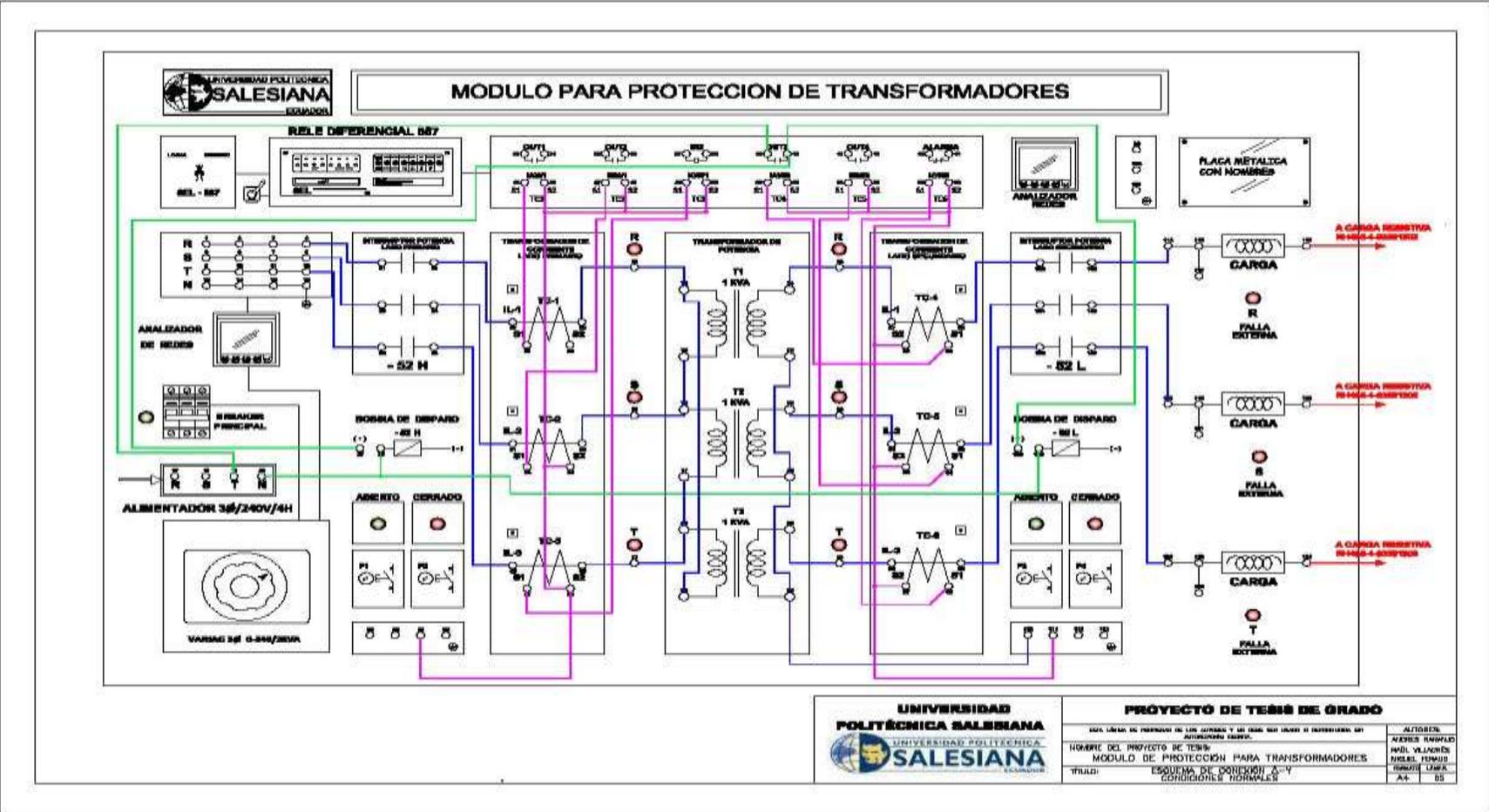
Tabla de Datos de Práctica 8. Informe de pruebas condiciones normales de operación conexión delta – estrella.

Practica #		Tipo de conexión		
Grupo #	Integrantes :			
<i>Datos de práctica</i>				
Potencia:	4.5 KVA	N° de fases:	3φ	
Voltaje Alta Tensión. (V):		Voltaje Baja Tensión. (V):		
Corriente Alta Tensión (A):		Corriente Baja Tensión (A):		
Frecuencia:	60Hz			
FÓRMULA APLICADA				
$S = \sqrt{3} \times V \times I$ $I_{falla} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$				
Con la fórmula aplicada y con la información del tipo de conexión de los Tc's y de Transformadores de potencia, obtenemos los datos de ajuste del relé diferencial 587.				
Calculo para los ajustes de relación de los Tc's en el lado de alta y baja tensión.				
I teórica Primario	$I_{primario}$ experimental	Relación de Tc's lado primario		
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{primario}} =$				
I teórica Secundario	$I_{secundario}$ experimental	Relación de Tc's lado secundario		
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{secundario}} =$				
PRUEBA				
V LL Primario	V LL Secundario	% de Carga Resistiva	Corriente medida lado primario	Corriente medida lado secundario
50 Vac	Vac		Amp	Amp
60 Vac	Vac		Amp	Amp
70 Vac	Vac		Amp	Amp
80 Vac	Vac		Amp	Amp
90 Vac	Vac		Amp	Amp
100 Vac	Vac		Amp	Amp
120 Vac	Vac		Amp	Amp
140 Vac	Vac		Amp	Amp
160 Vac	Vac		Amp	Amp
180 Vac	Vac		Amp	Amp
190 Vac	Vac			
200 Vac	Vac			

210 Vac	Vac			
220 Vac	Vac			
230 Vac	Vac			
240 Vac	Vac			
Los valores de carga se pueden variar ya que el banco de resistencia permite desde un 25 % al 100 % de carga. De la misma manera el porcentaje de carga de falla (banco de falla resistivo) permite variar la resistencia desde 5 Ω hasta 100 Ω				
REGISTRO DE EVENTOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 587				
Corriente de Operación (IOP)	Desfase Primario	Desfase Secundario		
FASE A:	FASE A:	FASE A:		
FASE B:	FASE B:	FASE B:		
FASE C:	FASE C:	FASE C:		
Protección Diferencial 87	Protección de sobrecorriente instantánea 50	Protección de sobrecorriente temporizada 51		
FASE A:	FASE A:	FASE A:		
FASE B:	FASE B:	FASE B:		
FASE C:	FASE C:	FASE C:		

Lámina 5: Practica 8

Fuente: Los Autores.



4.10 Práctica No.9 Protección diferencial del transformador en condiciones de falla interna y externa con conexión estrella-estrella.

4.10.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Protecciones

PRÁCTICA: No.9

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Roy Santana

TIEMPO ESTIMADO: 1:00 Hora

4.10.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Protección diferencial del transformador en condiciones de falla.

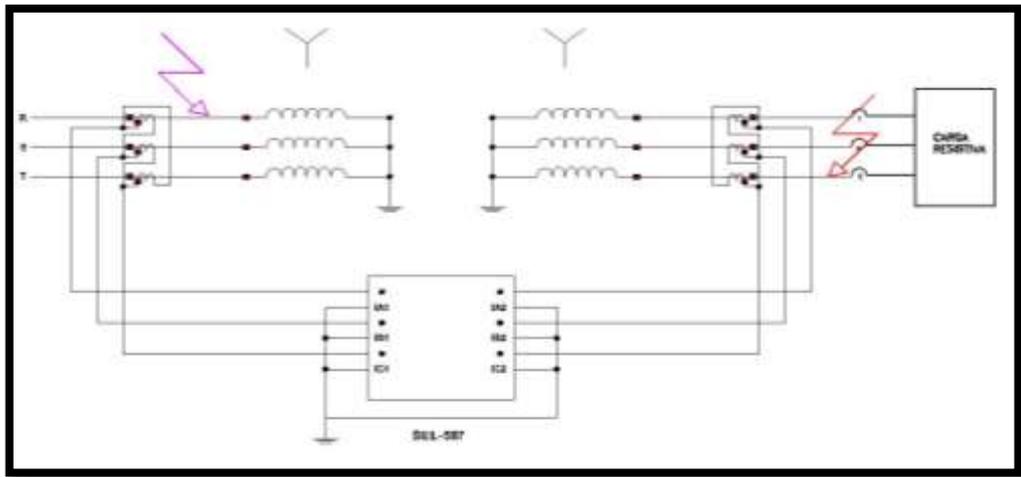


Figura60: Conexión ESTRELLA –ESTRELLA (Falla interna y externa)

Fuente: Los Autores

- **OBJETIVO GENERAL:**

Comprobar la confiabilidad, sensibilidad y selectividad de la protección diferencial del relé SEL 587 para un transformador de poder de tipo de conexión estrella-estrella en condiciones de falla interna y externa.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Efectuar la conexión de los Tc's para obtener el funcionamiento correcto de la protección diferencial del transformador en función de la conexión del transformador tipo estrella-estrella.
- Parametrizar del relé
- Medir, registrar, analizar y comparar con los valores teóricos prácticos del funcionamiento en condiciones de falla
- Identificar los principios de funcionamiento de la protección diferencial para su aplicación en los transformadores de poder en condiciones normales de operación.

- **MARCO TEÓRICO**

- Funcionamiento de cada dispositivo.
- Esquema de conexión de los transformadores de poder.
- Esquema de conexión de los transformadores de corriente en primario y secundario.
- Normas de seguridad de un laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del módulo de protección del transformador para la conexión estrella-estrella.
- Identificar cada uno de los elementos que forman el módulo.

- Conectar los elementos para la elaboración de la práctica
- Toma de medidas (voltaje y corriente) y comparar con las respectivas tablas.
- Elaborar un reporte que incluya, el cálculo de cada parámetro (corriente, voltaje, y los valores de ajuste de protección) y la comparación del resultado del cálculo contra las mediciones realizadas.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

- Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 Vac al tablero.
- Realizar el cableado de los transformadores, Tc's y demás elementos de acuerdo a las láminas 6A y 6B de conexiones de falla interna-externa con conexiones estrella-estrella.
- Parametrización del relé acorde a la Tabla de reporte 1.
- Energizar el circuito colocando el breaker principal en posición ON
- Ajustar el voltaje de entrada acorde a la Tabla de Datos de Práctica 9.1 y 9.2 (este voltaje se lo puede visualizar en el analizador de redes del lado primario)
- Ajustar el porcentaje de carga resistiva al 50% y al 100% y a criterios del docente.
- Cierre del interruptor del lado primario (P2)
- Cierre del interruptor del lado secundario (P4)
- Medir y registrar los valores de voltaje, corriente en el lado primario y secundario (previo a la simulación de fallas), de presentarse algún disparo por protección registrar los eventos del relé verificar anomalías en el cableado o en los ajustes del relé.
- Activar los switchs correspondientes a los simuladores de fallas internas que la cual activan las resistencias (ECOTRI 100-032001307)
- Verificar la diferencia de corrientes y si hay eso indica la presencia de una falla interna.(debe activarse la protección diferencial).
- Verificar la diferencia de corrientes y si hay eso indica la presencia de una falla externa.(no debe activarse la protección diferencial).

- Identificar los fenómenos eléctricos, relacionar los conceptos con los valores medidos.

- **RECURSOS**

- Módulo para protección de transformadores.
- Instrumentación para: Tensión, Corriente.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

- Tabla de reporte 1. Ajustes del relé
- Tabla de Datos de Práctica 91; 9.2. Informe de pruebas conexión estrella – estrella simulación de falla externa.
- Tabla de Reporte 7. Informe de pruebas conexión estrella – estrella simulación de falla interna.
- Cuestionario de preguntas.

- **ANEXOS**

- Esquemas de Conexiones.
- Compensación de Desfase.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Ramirez, S. (2003). *Proteccion de sistemas electricos*. Manizales: Universidad Manizales.

Laboratories, S. E. (2004). *Manual de Instruccion Sel 587-0, -1*. USA: Hopkins Court.

Gilberto Enriquez, H. (2006). *Elementos de diseño de subestaciones electricas*. Mexico: Limusa.

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

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Cuáles son las fallas internas más comunes en los transformadores de poder?

¿Qué criterios de operación utiliza el relé diferencial para definir que el sistema se encuentra en falla?

¿Qué problemas puede provocar una mala coordinación de protecciones en esta configuración?

Tabla de Datos de Práctica 9.1. Informe de pruebas conexión estrella – estrella simulación de falla externa.

Código:		Tipo de conexión	
N° serie:			
Potencia:	1.5 VA	N° de fases:	1φ
Voltaje A.T. (V):		Voltaje B.T. (V):	
Corriente A.T. (A):		Corriente B.T. (A):	
Frecuencia:	60Hz		
Datos de practica			
Voltaje Primario:		Potencia total:	
Voltaje Secundario:		Tipo de conexión de los transformadores:	
FÓRMULA APLICADA			
$S = \sqrt{3} \times V \times I$ $I_{falla} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$			
<p>Con la fórmula aplicada y el con la información del tipo de conexionado de los Tc's y de los Transformadores de potencia, los resultados obtenidos servirán para los ajustes del relé.</p>			
Calculo para los ajustes de relación de los Tc's en el lado de alta y baja tensión.			
I teórica Primario		$I_{primario}$ experimental	Relación de Tc's lado primario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{primario}} =$			
I teórica Secundario		$I_{secundario}$ experimental	Relación de Tc's lado secundario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{secundario}} =$			
PRUEBA			
V LL Primario	V LL Secundario	% de Carga	Corriente medida con falla externa lado de primario
			Valor medido con falla externa Lado secundario
50 Vac	Vac		Amp
60 Vac	Vac		Amp
70 Vac	Vac		Amp
80 Vac	Vac		Amp
90 Vac	Vac		Amp
100 Vac	Vac		Amp
120 Vac	Vac		Amp
140 Vac	Vac		Amp

160 Vac	Vac		Amp	Amp
180 Vac	Vac		Amp	Amp
190 Vac	Vac		Amp	Amp
200 Vac	Vac		Amp	Amp
210 Vac	Vac		Amp	Amp
220 Vac	Vac		Amp	Amp
230 Vac	Vac		Amp	Amp
240 Vac	Vac		Amp	Amp

Los valores de % de carga se pueden variar ya que el banco de Resistencia lo permite desde un 2.5 % al 100 % de carga. De la misma manera el porcentaje de carga de falla (Banco de falla resistivo) permite variar la resistencia desde 5 Ω hasta 100 Ω . La lectura de los valores medidos tales como voltaje, corriente, potencias y valores fasoriales, pueden ser obtenidos desde los medidores PAC 1, PAC 2 y desde el Relé SEL-587.

REGISTRO DE EVENTOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 587

Corriente de Operación (IOP)	Desfase Primario	Desfase Secundario
FASE A:	FASE A:	FASE A:
FASE B:	FASE B:	FASE B:
FASE C:	FASE C:	FASE C:
Protección Diferencial 87	Protección de sobrecorriente instantánea 50	Protección de sobrecorriente temporizada 51
FASE A:	FASE A:	FASE A:
FASE B:	FASE B:	FASE B:
FASE C:	FASE C:	FASE C:

Tabla de Datos de Práctica 9.2. Informe de pruebas conexión estrella – estrella simulación de falla interna.

Código:		Tipo de conexión	
N° serie:			
Potencia:	1.5 VA	N° de fases:	1φ
Voltaje A.T. (V):		Voltaje B.T. (V):	
Corriente A.T. (A):		Corriente B.T. (A):	
Frecuencia:	60Hz		
Datos de practica			
Voltaje Primario:		Potencia total:	
Voltaje Secundario:		Tipo de conexión de los transformadores:	
FÓRMULA APLICADA			
$S = \sqrt{3} \times V \times I$ $I_{falla} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$			
<p>Con la fórmula aplicada y el con la información del tipo de conexionado de los Tc's y de los Transformadores de potencia, los resultados obtenidos servirán para los ajustes del relé.</p>			
Calculo para los ajustes de relación de los Tc's en el lado de alta y baja tensión.			
I teórica Primario		$I_{primario}$ experimental	Relación de Tc's lado primario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{primario}} =$			
I teórica Secundario		$I_{secundario}$ experimental	Relación de Tc's lado secundario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{secundario}} =$			
PRUEBA			
V LL Primario	V LL Secundario	% de Carga	Corriente medida con falla interna lado de primario
			Valor medido con falla interna Lado secundario
50 Vac	Vac		Amp
60 Vac	Vac		Amp
70 Vac	Vac		Amp
80 Vac	Vac		Amp
90 Vac	Vac		Amp
100 Vac	Vac		Amp
120 Vac	Vac		Amp
140 Vac	Vac		Amp

160 Vac	Vac		Amp	Amp
180 Vac	Vac		Amp	Amp
190 Vac	Vac		Amp	Amp
200 Vac	Vac		Amp	Amp
210 Vac	Vac		Amp	Amp
220 Vac	Vac		Amp	Amp
230 Vac	Vac		Amp	Amp
240 Vac	Vac		Amp	Amp

Los valores de % de carga se pueden variar ya que el banco de Resistencia lo permite desde un 2.5 % al 100 % de carga. De la misma manera el porcentaje de carga de falla (Banco de falla resistivo) permite variar la resistencia desde 5 Ω hasta 100 Ω . La lectura de los valores medidos tales como voltaje, corriente, potencias y valores fasoriales, pueden ser obtenidos desde los medidores PAC 1, PAC 2 y desde el Relé SEL-587.

REGISTRO DE EVENTOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 587

Corriente de Operación (IOP)	Desfase Primario	Desfase Secundario
FASE A:	FASE A:	FASE A:
FASE B:	FASE B:	FASE B:
FASE C:	FASE C:	FASE C:
Protección Diferencial 87	Protección de sobrecorriente instantánea 50	Protección de sobrecorriente temporizada 51
FASE A:	FASE A:	FASE A:
FASE B:	FASE B:	FASE B:
FASE C:	FASE C:	FASE C:

Lámina 6A: Practica 9
Fuente: Los Autores.

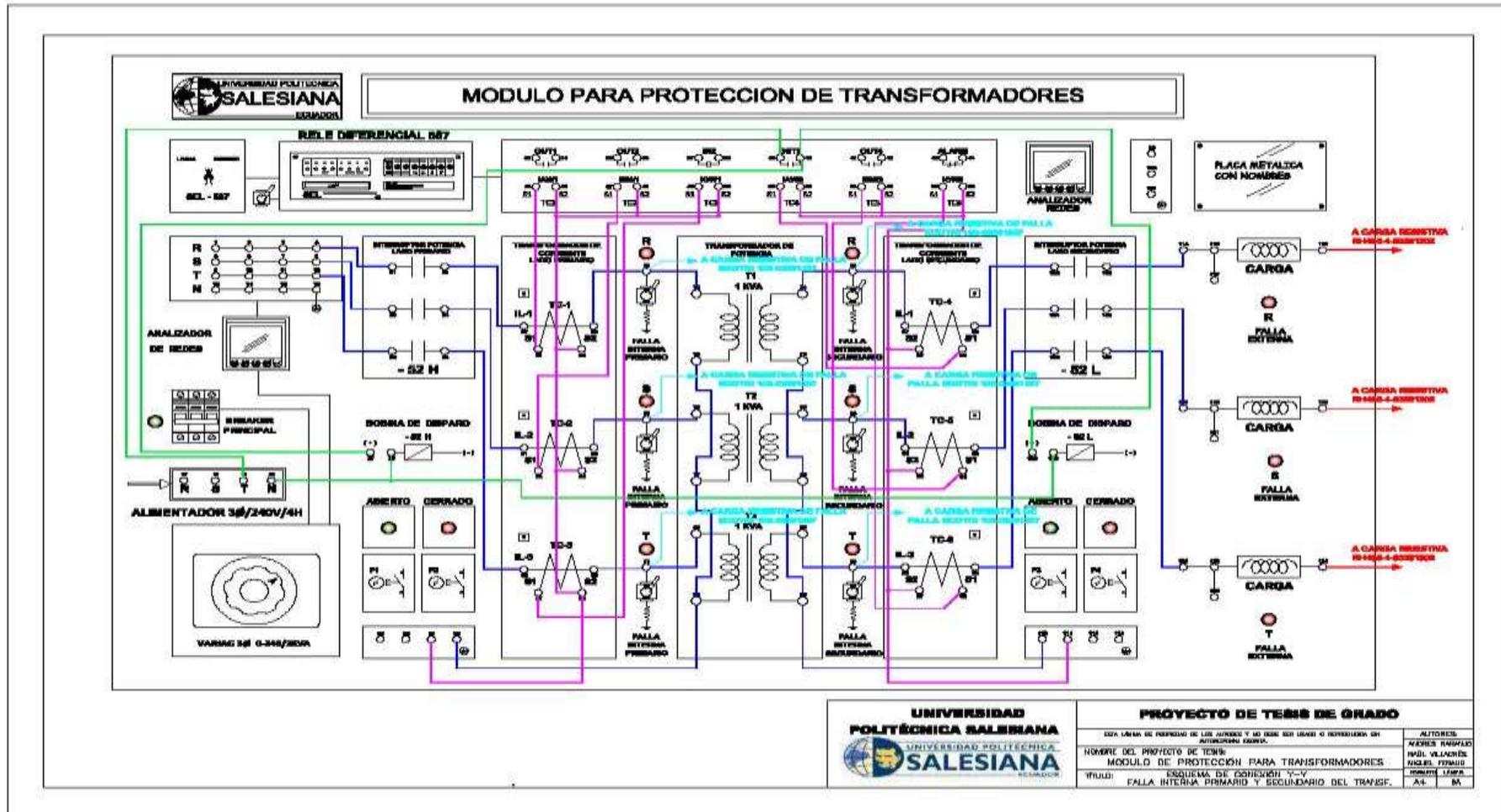
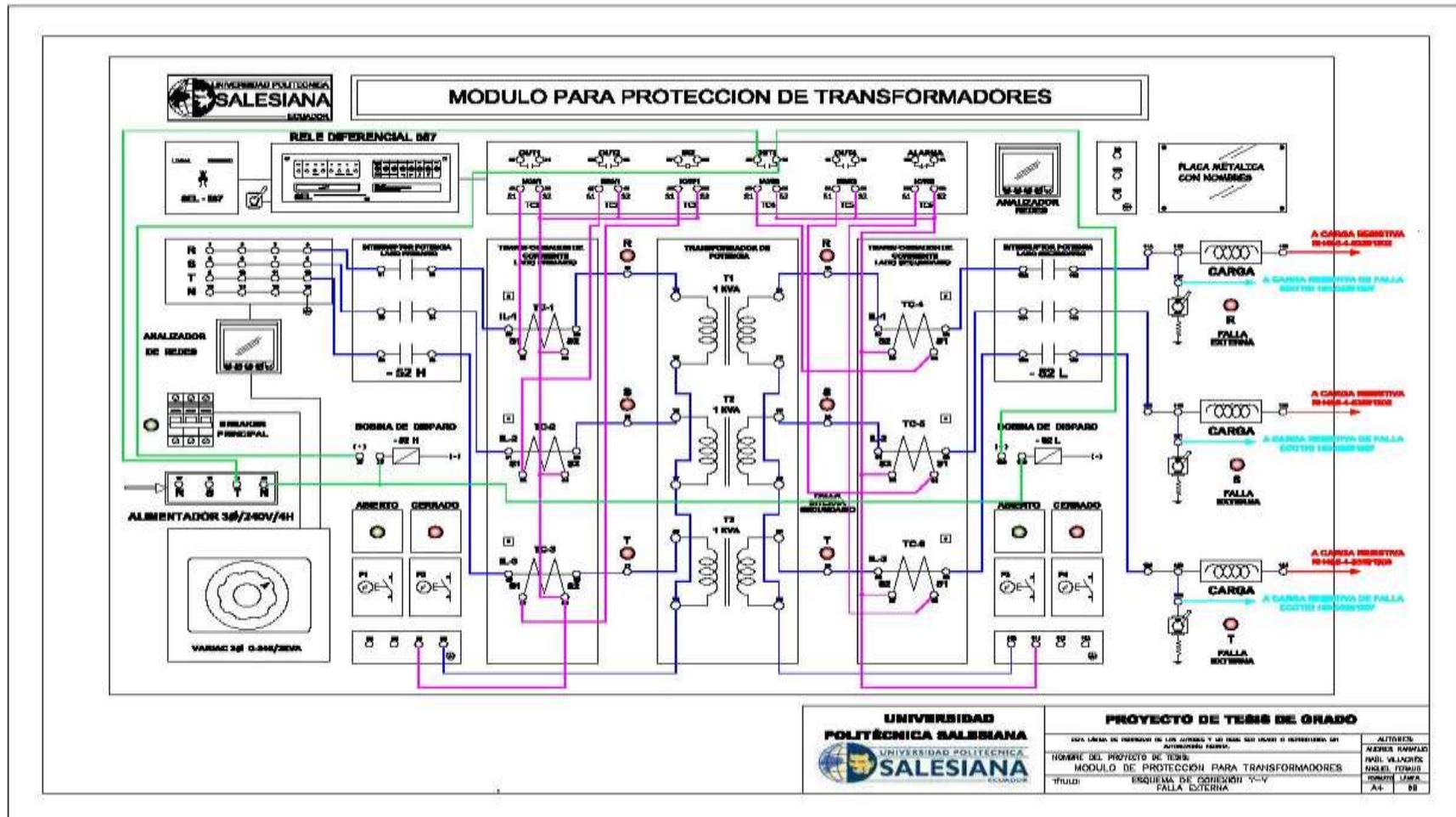


Lámina 7B: Practica 9
Fuente: Los Autores.



4.11 Práctica No.10 Protección diferencial del transformador en condiciones de falla interna y externa con conexión delta-delta.

4.11.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Protecciones

PRÁCTICA: No. 10

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Roy Santana

TIEMPO ESTIMADO: 1:00 Hora

4.11.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Protección diferencial del transformador en condiciones de falla.

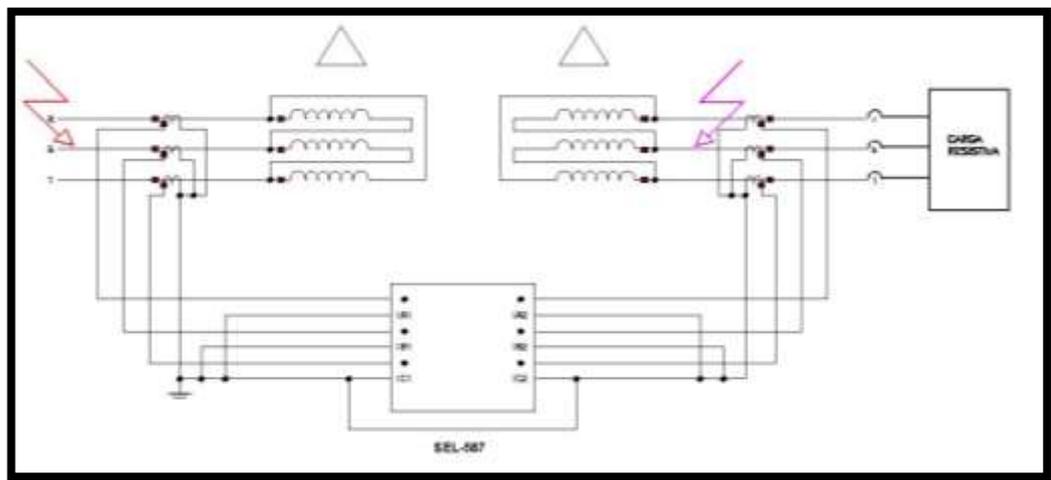


Figura61: Conexión DELTA-DELTA (Falla interna y externa)

Fuente: Los Autores

- **OBJETIVO GENERAL:**

Comprobar confiabilidad, sensibilidad y selectividad de la protección diferencial del relé SEL 587 para un transformador de poder con conexión delta-delta

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Efectuar la conexión de los Tc's para obtener el funcionamiento correcto de la protección diferencial del transformador en función de la conexión del transformador tipo delta-delta.
- Parametrización del relé
- Medir, registrar, analizar y comparar con los valores teóricos prácticos del funcionamiento en condiciones de falla.
- Identificar los principios de funcionamiento de la protección diferencial para su aplicación en los transformadores de poder en condiciones normales de operación.

- **MARCO TEÓRICO**

- Funcionamiento de cada dispositivo.
- Esquema de conexión de los transformadores de poder.
- Esquema de conexión de los transformadores de corriente en primario y secundario.
- Normas de seguridad de un laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del módulo de protección del transformador para la conexión delta-delta.

- Identificar cada uno de los elementos que forman el módulo.
- Conexión de elementos para la elaboración de la práctica
- Toma de medidas (voltaje y corriente) y comparar con las respectivas tablas.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.
- Elaborar un reporte que incluya, el cálculo de cada parámetro (corriente, voltaje, y los valores de ajuste de protección) y la comparación del resultado del cálculo contra las mediciones realizadas.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

- Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 Vac al tablero.
- Realizar el cableado de los transformadores, Tc's y demás elementos de acuerdo a las láminas 7A y 7B de conexiones de falla interna-externa con conexiones estrella-estrella.
- Parametrización del relé acorde a la Tabla de Reporte 1
- Energizar el circuito colocando el breaker principal en posición ON
- Ajustar el voltaje de entrada acorde a la Tabla de Datos de Practica 10.1 y 10.2. (este voltaje se lo puede visualizar en el analizador de redes del lado primario)
- Ajustar el porcentaje de carga resistiva al 50% y al 100% y a criterios del docente.
- Cerrar el interruptor del lado primario (P2)
- Cerrar el interruptor del lado secundario (P4)
- Medir y registrar los valores de voltaje, corriente en el lado primario y secundario (previo a la simulación de fallas), de presentarse algún disparo por protección registrar los eventos del relé verificar anomalías en el cableado o en los ajustes del relé.
- Activar los switches correspondientes a los simuladores de fallas internas que la cual activan las resistencias (ECOTRI 100-032001307)
- Verificar la diferencia de corrientes y si hay eso indica la presencia de una falla interna. (debe activarse la protección diferencial).
- Verificar la diferencia de corrientes y si hay eso indica la presencia de una falla externa.(no debe activarse la protección diferencial)

- Identificar los fenómenos eléctricos, relacionar los conceptos con los valores medidos.

- **RECURSOS**

- Módulo para protección de transformadores.
- Instrumentación para: Tensión, Corriente.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

- Tabla de Reporte 1. Ajustes del relé.
- Tabla de Datos de Practica 10.1 y 10.2. Informe de pruebas conexión delta-delta simulación de falla externa.
- Tabla de Reporte 9. Informe de pruebas conexión delta-delta simulación de falla interna.
- Cuestionario de preguntas.

- **ANEXOS**

- Esquemas de Conexiones.
- Compensación de Desfase.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Ramirez, S. (2003). *Proteccion de sistemas electricos*. Manizales: Universidad Manizales.

Laboratories, S. E. (2004). *Manual de Instruccion Sel 587-0, -1*. USA: Hopkins Court.

Gilberto Enriquez, H. (2006). *Elementos de diseño de subestaciones electricas*. Mexico: Limusa.

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

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Cuáles son las fallas externas más comunes en los transformadores de poder?

¿Qué criterios de operación utiliza el relé diferencial para definir que el sistema se encuentra en falla?

¿Qué problemas puede provocar una mala coordinación de protecciones en esta configuración?

Tabla de Datos de Practica 10.1. Informe de pruebas conexión delta-delta simulación de falla externa.

Código:		Tipo de conexión	
N° serie:			
Potencia:	1.5 VA	N° de fases:	1φ
Voltaje A.T. (V):		Voltaje B.T. (V):	
Corriente A.T. (A):		Corriente B.T. (A):	
Frecuencia:	60Hz		
Datos de practica			
Voltaje Primario:		Potencia total:	
Voltaje Secundario:		Tipo de conexión de los transformadores:	
FÓRMULA APLICADA			
$S = \sqrt{3} \times V \times I$ $I_{falla} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$			
<p>Con la fórmula aplicada y el con la información del tipo de conexionado de los Tc's y de los Transformadores de potencia, los resultados obtenidos servirán para los ajustes del relé.</p>			
Calculo para los ajustes de relación de los Tc's en el lado de alta y baja tensión.			
I teórica Primario		$I_{primario}$ experimental	Relación de Tc's lado primario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{primario}} =$			
I teórica Secundario		$I_{secundario}$ experimental	Relación de Tc's lado secundario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{secundario}} =$			
PRUEBA			
V LL Primario	V LL Secundario	% de Carga	Corriente medida con falla externa lado de primario
			Valor medido con falla externa Lado secundario
50 Vac	Vac		Amp
60 Vac	Vac		Amp
70 Vac	Vac		Amp
80 Vac	Vac		Amp
90 Vac	Vac		Amp
100 Vac	Vac		Amp
120 Vac	Vac		Amp
140 Vac	Vac		Amp

160 Vac	Vac		Amp	Amp
180 Vac	Vac		Amp	Amp
190 Vac	Vac		Amp	Amp
200 Vac	Vac		Amp	Amp
210 Vac	Vac		Amp	Amp
220 Vac	Vac		Amp	Amp
230 Vac	Vac		Amp	Amp
240 Vac	Vac		Amp	Amp
<p>Los valores de % de carga se pueden variar ya que el Banco de Resistencia lo permite desde un 2.5 % al 100 % de carga. De la misma manera el porcentaje de carga de falla (Banco de falla resistivo) permite variar la resistencia desde 5 Ω hasta 100 Ω. La lectura de los valores medidos tales como voltaje, corriente, potencias y valores fasoriales, pueden ser obtenidos desde los medidores PAC 1, PAC 2 y desde el Relé SEL-587.</p>				
REGISTRO DE EVENTOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 587				
Corriente de Operación (IOP)	Desfase Primario		Desfase Secundario	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	
Protección Diferencial 87	Protección de sobrecorriente instantánea 50		Protección de sobrecorriente temporizada 51	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	

Tabla de Datos de Practica 10.2. Informe de pruebas conexión delta-delta, simulación de falla interna.

Código:		Tipo de conexión	
N° serie:			
Potencia:	1.5 VA	N° de fases:	1φ
Voltaje A.T. (V):		Voltaje B.T. (V):	
Corriente A.T. (A):		Corriente B.T. (A):	
Frecuencia:	60Hz		
Datos de practica			
Voltaje Primario:		Potencia total:	
Voltaje Secundario:		Tipo de conexión de los transformadores:	
FÓRMULA APLICADA			
$S = \sqrt{3} \times V \times I$ $I_{falla} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$			
<p>Con la fórmula aplicada y el con la información del tipo de conexionado de los Tc's y de los Transformadores de potencia, los resultados obtenidos servirán para los ajustes del relé.</p>			
Calculo para los ajustes de relación de los Tc's en el lado de alta y baja tensión.			
I teórica Primario	$I_{primario}$	experimental	Relación de Tc's lado primario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{primario}} =$			
I teórica Secundario	$I_{secundario}$	experimental	Relación de Tc's lado secundario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{secundario}} =$			
PRUEBA			
V LL Primario	V LL Secundario	% de Carga	Corriente medida con falla interna lado de primario
			Valor medido con falla interna Lado secundario
50 Vac	Vac		Amp
60 Vac	Vac		Amp
70 Vac	Vac		Amp
80 Vac	Vac		Amp
90 Vac	Vac		Amp
100 Vac	Vac		Amp
120 Vac	Vac		Amp
140 Vac	Vac		Amp

160 Vac	Vac		Amp	Amp
180 Vac	Vac		Amp	Amp
190 Vac	Vac		Amp	Amp
200 Vac	Vac		Amp	Amp
210 Vac	Vac		Amp	Amp
220 Vac	Vac		Amp	Amp
230 Vac	Vac		Amp	Amp
240 Vac	Vac		Amp	Amp
<p>Los valores de % de carga se pueden variar ya que el Banco de Resistencia lo permite desde un 2.5 % al 100 % de carga. De la misma manera el porcentaje de carga de falla (Banco de falla resistivo) permite variar la resistencia desde 5 Ω hasta 100 Ω. La lectura de los valores medidos tales como voltaje, corriente, potencias y valores fasoriales, pueden ser obtenidos desde los medidores PAC 1, PAC 2 y desde el Relé SEL-587.</p>				
REGISTRO DE EVENTOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 587				
Corriente de Operación (IOP)	Desfase Primario		Desfase Secundario	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	
Protección Diferencial 87	Protección de sobrecorriente instantánea 50		Protección de sobrecorriente temporizada 51	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	

Lámina 7A: Practica 10
Fuente: Los Autores.

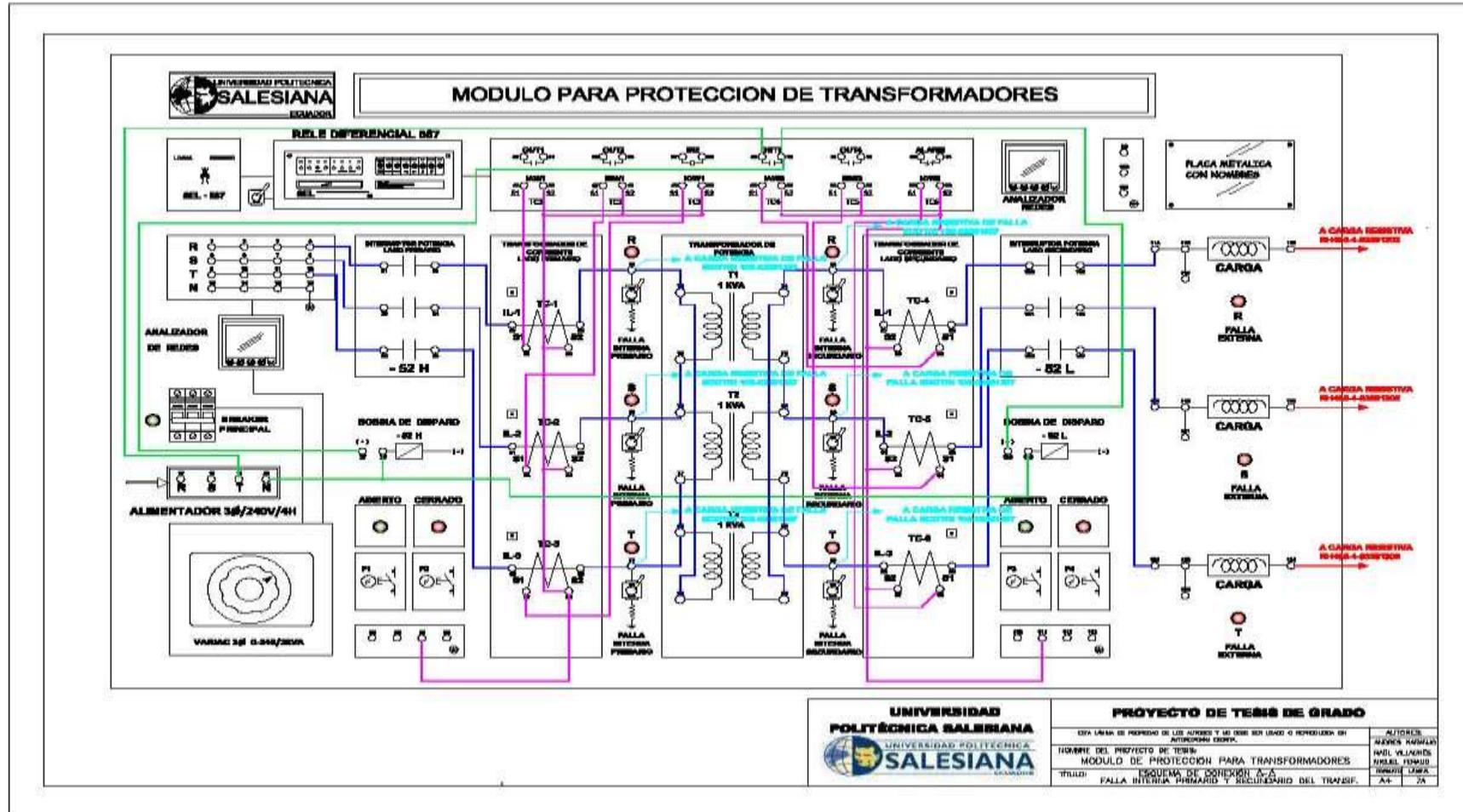
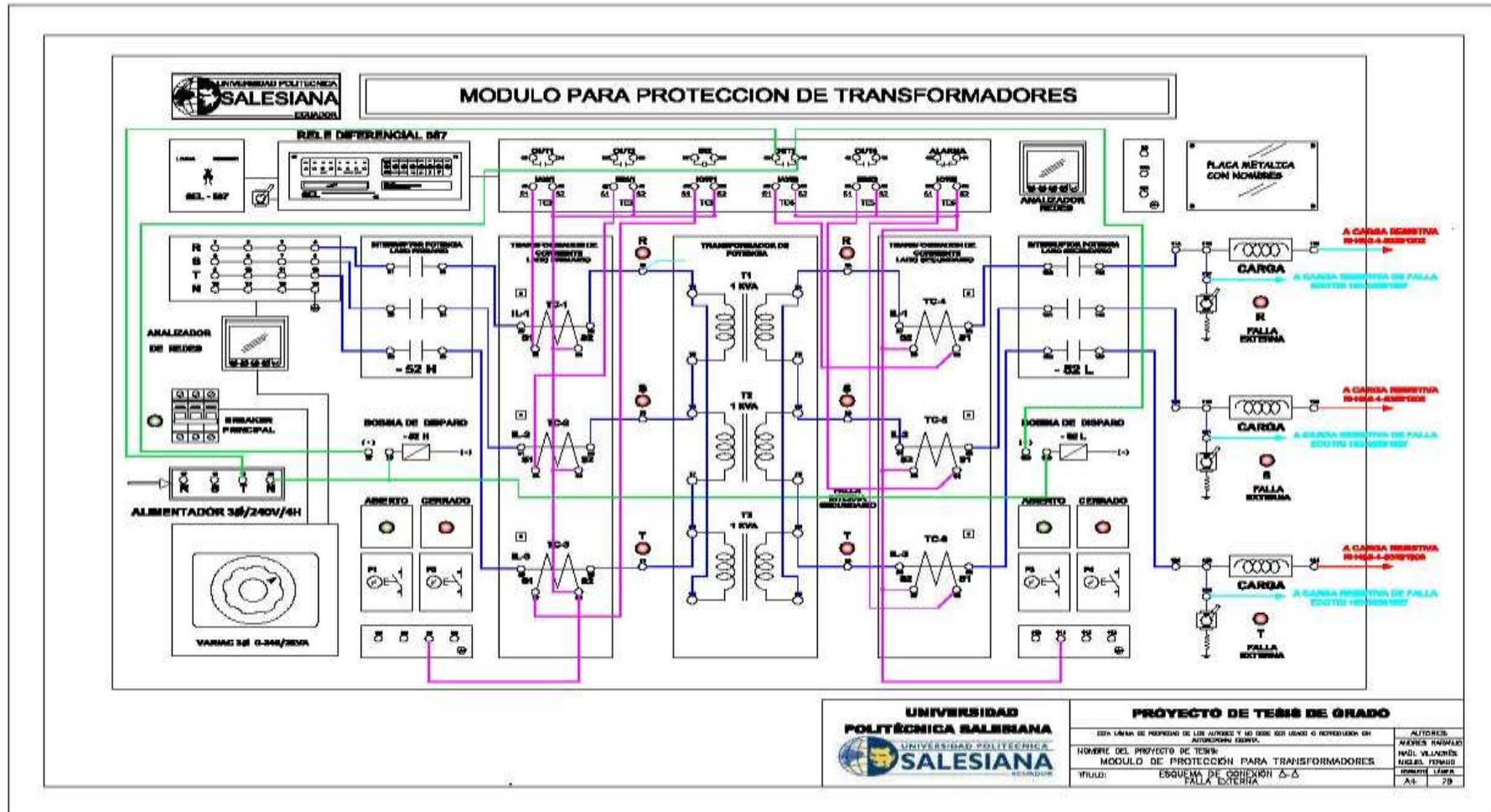


Lámina 7B: Practica 10
Fuente: Los Autores.



4.12 Práctica No.11 Protección diferencial del transformador en condiciones de falla interna y externa con conexión estrella-delta.

4.12.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Protecciones

PRÁCTICA: No. 11

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Roy Santana

TIEMPO ESTIMADO: 1:00 Hora

4.12.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Protección diferencial del transformador en condiciones de falla.

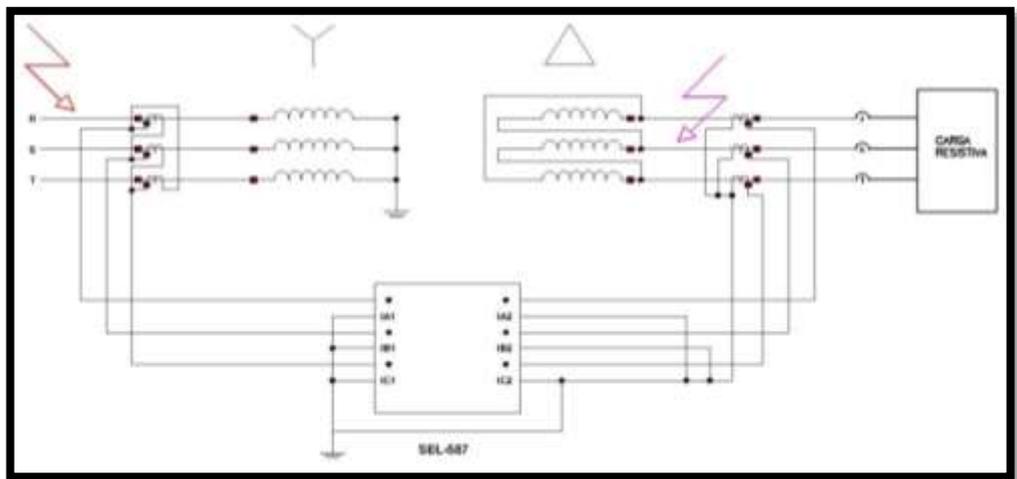


Figura62: Conexión ESTRELLA-DELTA (Falla interna y externa)

Fuente: Los Autores

- **OBJETIVO GENERAL:**

- Comprobar la confiabilidad, sensibilidad y selectividad de la protección diferencial del relé SEL 587 para un transformador de poder de tipo de conexión estrella-delta en condiciones de falla interna y externa.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Efectuar la conexión de los Tc's para obtener el funcionamiento correcto de la protección diferencial del transformador en función de la conexión del transformador tipo estrella-delta.
- Parametrización del relé
- Medir, registrar, analizar y comparar con los valores teóricos prácticos del funcionamiento en condiciones de falla.
- Identificar los principios de funcionamiento de la protección diferencial para su aplicación en los transformadores de poder en condiciones normales de operación.

- **MARCO TEÓRICO**

- Funcionamiento de cada dispositivo.
- Esquema de conexión de los transformadores de poder.
- Esquema de conexión de los transformadores de corriente en primario y secundario.
- Normas de seguridad de un laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del módulo de protección del transformador para la conexión estrella-delta.
- Identificar cada uno de los elementos que forman el módulo.
- Conectar los elementos para la elaboración de la práctica

- Toma de medidas (voltaje y corriente) y comparar con las respectivas Tablas.
- Elaborar un reporte que incluya, el cálculo de cada parámetro (corriente, voltaje, y los valores de ajuste de protección) y la comparación del resultado del cálculo contra las mediciones realizadas.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

- Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 Vac al tablero.
- Realizar el cableado de los transformadores, Tc's y demás elementos de acuerdo a las láminas 8A y 8B de conexiones de falla interna-externa con conexiones estrella-delta.
- Parametrización del relé acorde a la Tabla de Reporte 1
- Energizar el circuito colocando el breaker principal en posición ON
- Ajustar el voltaje de entrada acorde a la Tabla de Datos de Practica 11.1 y 11.2 (este voltaje se lo puede visualizar en el analizador de redes del lado primario)
- Ajustar el porcentaje de carga resistiva al 50% y al 100% y a criterios del docente.
- Cerrar el interruptor del lado primario (P2)
- Cerrar el interruptor del lado secundario (P4)
- Medir y registrar los valores de voltaje, corriente en el lado primario y secundario (previo a la simulación de fallas), de presentarse algún disparo por protección registrar los eventos del relé verificar anomalías en el cableado o en los ajustes del relé.
- Activar los switchs correspondientes a los simuladores de fallas internas que la cual activan las resistencias (ECOTRI 100-032001307)
- Verificar la diferencia de corrientes y si hay eso indica la presencia de una falla interna. (debe activarse la protección diferencial).
- Verificar la diferencia de corrientes y si hay eso indica la presencia de una falla externa.(no debe activarse la protección diferencial)
- Identificar los fenómenos eléctricos, relacionar los conceptos con los valores medidos.

- **RECURSOS**

- Módulo para protección de transformadores.
- Instrumentación para: Tensión, Corriente.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

- Tabla de Reporte 1. Ajustes de relé.
- Tabla de Datos de Practica 11.1 y 11.2. Informe de pruebas conexión estrella-delta simulación de falla externa.
- Tabla de Reporte 11. Informe de pruebas conexión estrella-delta simulación de falla interna.
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

- Esquemas de Conexiones.
- Compensación de Desfase.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Ramirez, S. (2003). *Proteccion de sistemas electricos*. Manizales: Universidad Manizales.

Laboratories, S. E. (2004). *Manual de Instruccion Sel 587-0, -1*. USA: Hopkins Court.

Gilberto Enriquez, H. (2006). *Elementos de diseño de subestaciones electricas*. Mexico: Limusa.

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

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Un sistema de potencia se puede afectar por una falla externa? Explique

¿Qué criterios de operación utiliza el relé diferencial para definir que el sistema se encuentra en falla?

¿Qué problemas puede provocar una mala coordinación de protecciones en esta configuración?

Tabla de Datos de Practica 11.1. Informe de pruebas conexión estrella-delta simulación de falla externa.

Código:		Tipo de conexión	
N° serie:			
Potencia:	1.5 VA	N° de fases:	1φ
Voltaje A.T. (V):		Voltaje B.T. (V):	
Corriente A.T. (A):		Corriente B.T. (A):	
Frecuencia:	60Hz		
Datos de practica			
Voltaje Primario:		Potencia total:	
Voltaje Secundario:		Tipo de conexión de los transformadores:	
FÓRMULA APLICADA			
$S = \sqrt{3} \times V \times I$ $I_{falla} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$			
<p>Con la fórmula aplicada y el con la información del tipo de conexionado de los Tc's y de los Transformadores de potencia, los resultados obtenidos servirán para los ajustes del relé.</p>			
Calculo para los ajustes de relación de los Tc's en el lado de alta y baja tensión.			
I teórica Primario		$I_{primario}$ experimental	Relación de Tc's lado primario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{primario}} =$			
I teórica Secundario		$I_{secundario}$ experimental	Relación de Tc's lado secundario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{secundario}} =$			
PRUEBA			
V LL Primario	V LL Secundario	% de Carga	Corriente medida con falla externa lado de primario
			Valor medido con falla externa Lado secundario
50 Vac	Vac		Amp
60 Vac	Vac		Amp
70 Vac	Vac		Amp
80 Vac	Vac		Amp
90 Vac	Vac		Amp
100 Vac	Vac		Amp
120 Vac	Vac		Amp
140 Vac	Vac		Amp

160 Vac	Vac		Amp	Amp
180 Vac	Vac		Amp	Amp
190 Vac	Vac		Amp	Amp
200 Vac	Vac		Amp	Amp
210 Vac	Vac		Amp	Amp
220 Vac	Vac		Amp	Amp
230 Vac	Vac		Amp	Amp
240 Vac	Vac		Amp	Amp
<p>Los valores de % de carga se pueden variar ya que el Banco de Resistencia lo permite desde un 2.5 % al 100 % de carga. De la misma manera el porcentaje de carga de falla (Banco de falla resistivo) permite variar la resistencia desde 5 Ω hasta 100 Ω. La lectura de los valores medidos tales como voltaje, corriente, potencias y valores fasoriales, pueden ser obtenidos desde los medidores PAC 1, PAC 2 y desde el Relé SEL-587.</p>				
REGISTRO DE EVENTOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 587				
Corriente de Operación (IOP)	Desfase Primario		Desfase Secundario	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	
Protección Diferencial 87	Protección de sobrecorriente instantánea 50		Protección de sobrecorriente temporizada 51	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	

Tabla de Datos de Practica 11.2 Informe de pruebas conexión estrella-delta simulación de falla interna.

Código:		Tipo de conexión	
N° serie:			
Potencia:	1.5 VA	N° de fases:	1φ
Voltaje A.T. (V):		Voltaje B.T. (V):	
Corriente A.T. (A):		Corriente B.T. (A):	
Frecuencia:	60Hz		
Datos de practica			
Voltaje Primario:		Potencia total:	
Voltaje Secundario:		Tipo de conexión de los transformadores:	
FÓRMULA APLICADA			
$S = \sqrt{3} \times V \times I$ $I_{falla} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$			
<p>Con la fórmula aplicada y el con la información del tipo de conexionado de los Tc's y de los Transformadores de potencia, los resultados obtenidos servirán para los ajustes del relé.</p>			
Calculo para los ajustes de relación de los Tc's en el lado de alta y baja tensión.			
I teórica Primario		$I_{primario}$ experimental	Relación de Tc's lado primario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{primario}} =$			
I teórica Secundario		$I_{secundario}$ experimental	Relación de Tc's lado secundario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{secundario}} =$			
PRUEBA			
V LL Primario	V LL Secundario	% de Carga	Corriente medida con falla interna lado de primario
			Valor medido con falla interna Lado secundario
50 Vac	Vac		Amp
60 Vac	Vac		Amp
70 Vac	Vac		Amp
80 Vac	Vac		Amp
90 Vac	Vac		Amp
100 Vac	Vac		Amp
120 Vac	Vac		Amp
140 Vac	Vac		Amp

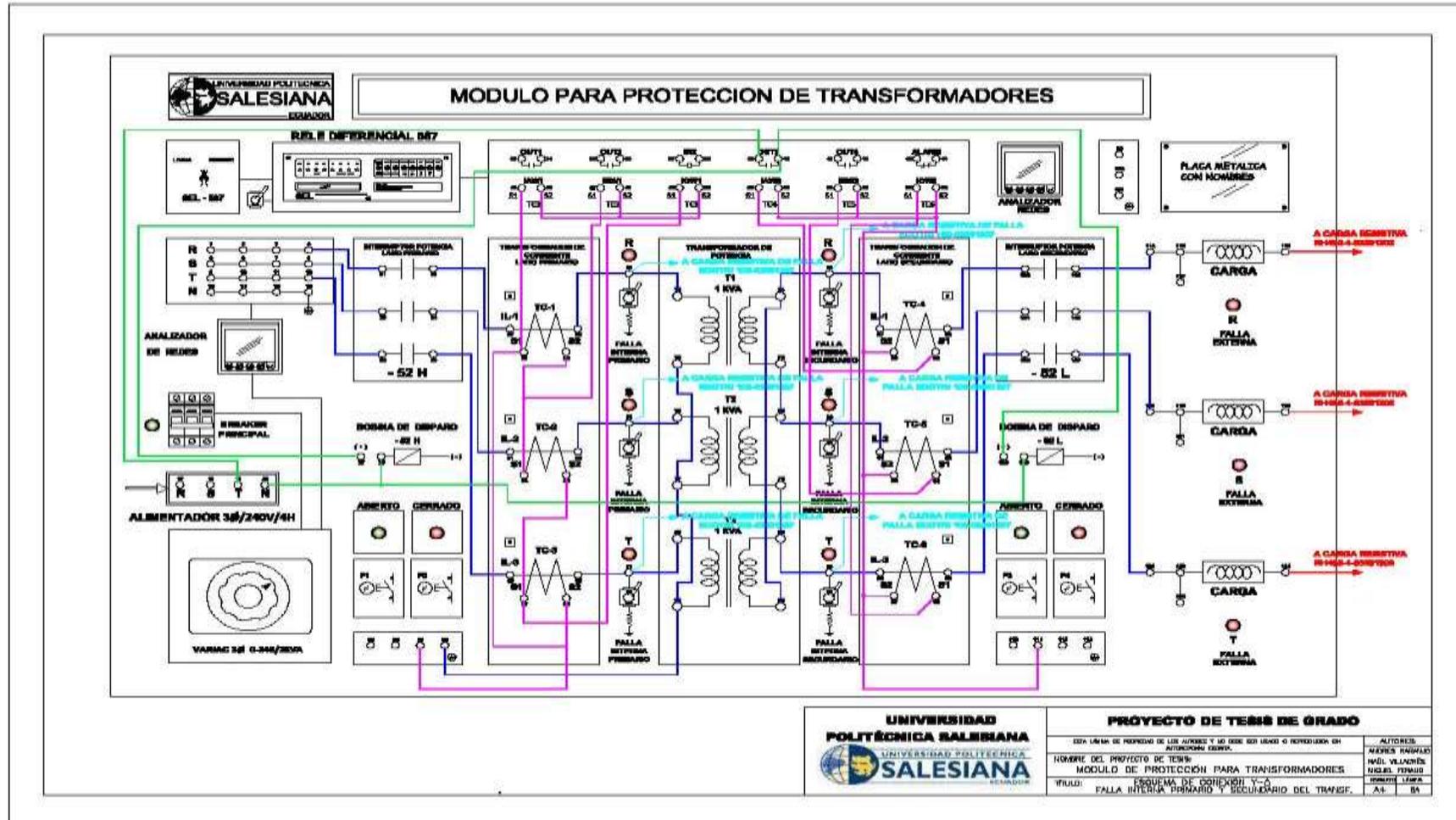
160 Vac	Vac		Amp	Amp
180 Vac	Vac		Amp	Amp
190 Vac	Vac		Amp	Amp
200 Vac	Vac		Amp	Amp
210 Vac	Vac		Amp	Amp
220 Vac	Vac		Amp	Amp
230 Vac	Vac		Amp	Amp
240 Vac	Vac		Amp	Amp

Los valores de % de carga se pueden variar ya que el Banco de Resistencia lo permite desde un 2.5 % al 100 % de carga. De la misma manera el porcentaje de carga de falla (Banco de falla resistivo) permite variar la resistencia desde 5 Ω hasta 100 Ω . La lectura de los valores medidos tales como voltaje, corriente, potencias y valores fasoriales, pueden ser obtenidos desde los medidores PAC 1, PAC 2 y desde el Relé SEL-587.

REGISTRO DE EVENTOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 587

Corriente de Operación (IOP)	Desfase Primario	Desfase Secundario
FASE A:	FASE A:	FASE A:
FASE B:	FASE B:	FASE B:
FASE C:	FASE C:	FASE C:
Protección Diferencial 87	Protección de sobrecorriente instantánea 50	Protección de sobrecorriente temporizada 51
FASE A:	FASE A:	FASE A:
FASE B:	FASE B:	FASE B:
FASE C:	FASE C:	FASE C:

Lámina 8A: Practica 11
Fuente: Los Autores.



4.13 Práctica No.12 Protección diferencial del transformador en condiciones de falla interna y externa con conexión delta-estrella.

4.13.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Protecciones

PRÁCTICA: No. 12

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Roy Santana

TIEMPO ESTIMADO: 1:00 Hora

4.13.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Protección diferencial del transformador en condiciones de falla.

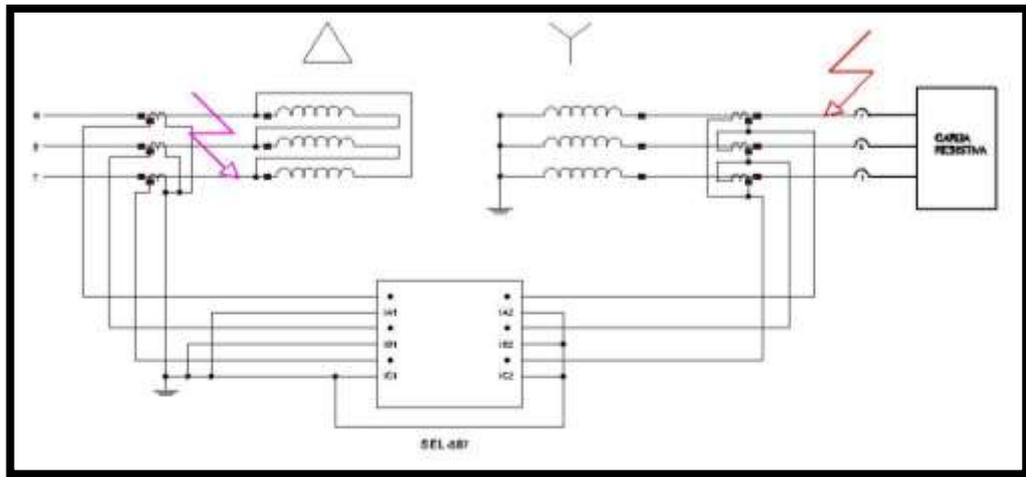


Figura63: Conexión DELTA-ESTRELLA (Falla interna y externa)

Fuente: Los Autores

- **OBJETIVO GENERAL:**

Comprobar la confiabilidad, sensibilidad y selectividad de la protección diferencial del relé SEL 587 para un transformador de poder de tipo de conexión delta-estrella en condiciones de falla interna y externa

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Efectuar la conexión de los Tc's para obtener el funcionamiento correcto de la protección diferencial del transformador en función de la conexión del transformador tipo delta-estrella
- Parametrización del relé
- Medir, registrar, analizar y comparar con los valores teóricos prácticos del funcionamiento en condiciones normales.
- Identificar los principios de funcionamiento de la protección diferencial para su aplicación en los transformadores de poder en condiciones normales de operación.

- **MARCO TEÓRICO**

- Funcionamiento de cada dispositivo.
- Esquema de conexión de los transformadores de poder.
- Esquema de conexión de los transformadores de corriente en primario y secundario.
- Normas de seguridad de un laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del módulo de protección del transformador para la conexión delta-estrella.
- Identificar cada uno de los elementos que forman el módulo.
- Conexión de elementos para la elaboración de la práctica

- Toma de medidas (voltaje y corriente) y comparar con las respectivas tablas.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

- Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 Vac al tablero.
- Realizar el cableado de los transformadores, Tc's y demás elementos de acuerdo a las láminas 9A y 9B de conexiones de falla interna-externa con conexiones estrella-estrella.
- Parametrización del relé acorde a la Tabla de Reporte 1
- Energizar el circuito colocando el breaker principal en posición ON
- Ajustar el voltaje de entrada acorde a la Tabla de Datos de Practica 12.1 y 12.2 (este voltaje se lo puede visualizar en el analizador de redes del lado primario)
- Ajustar el porcentaje de carga resistiva al 50% y al 100% y a criterios del docente.
- Cerrar el interruptor del lado primario (P2)
- Cerrar el interruptor del lado secundario (P4)
- Medir y registrar los valores de voltaje, corriente en el lado primario y secundario (previo a la simulación de fallas), de presentarse algún disparo por protección registrar los eventos del relé verificar anomalías en el cableado o en los ajustes del relé.
- Activar los switchs correspondientes a los simuladores de fallas internas que la cual activan las resistencias (ECOTRI 100-032001307)
- Verificar la diferencia de corrientes y si hay eso indica la presencia de una falla interna. (debe activarse la protección diferencial).
- Verificar la diferencia de corrientes y si hay eso indica la presencia de una falla externa.(no debe activarse la protección diferencial)
- Identificar los fenómenos eléctricos, relacionar los conceptos con los valores medidos.

- **RECURSOS**

- Módulo para protección de transformadores.
- Instrumentación para: Tensión, Corriente.
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

- Tabla de Reporte 1. Ajustes de relé
- Tabla de Datos de Practica 12.1 y 12.2. Informe de pruebas conexión delta-estrella simulación de falla externa.
- Tabla de Reporte 13. Informe de pruebas conexión delta-estrella simulación de falla interna.
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

- Esquemas de Conexiones.
- Compensación de Desfase.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Ramirez, S. (2003). *Proteccion de sistemas electricos*. Manizales: Universidad Manizales.

Laboratories, S. E. (2004). *Manual de Instruccion Sel 587-0, -1*. USA: Hopkins Court.

Gilberto Enriquez, H. (2006). *Elementos de diseño de subestaciones electricas*. Mexico: Limusa.

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

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Un sistema de potencia se puede afectar por una falla interna? Explique

¿Qué criterios de operación utiliza el relé diferencial para definir que el sistema se encuentra en falla?

¿Qué problemas puede provocar una mala coordinación de protecciones en esta configuración?

Tabla de Datos de Practica 12.1. Informe de pruebas conexión delta-estrella simulación de falla externa.

Código:		Tipo de conexión	
N° serie:			
Potencia:	1.5 VA	N° de fases:	1φ
Voltaje A.T. (V):		Voltaje B.T. (V):	
Corriente A.T. (A):		Corriente B.T. (A):	
Frecuencia:	60Hz		
Datos de practica			
Voltaje Primario:		Potencia total:	
Voltaje Secundario:		Tipo de conexión de los transformadores:	
FÓRMULA APLICADA			
$S = \sqrt{3} \times V \times I$ $I_{falla} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$			
<p>Con la fórmula aplicada y el con la información del tipo de conexionado de los Tc's y de los Transformadores de potencia, los resultados obtenidos servirán para los ajustes del relé.</p>			
Calculo para los ajustes de relación de los Tc's en el lado de alta y baja tensión.			
I teórica Primario		$I_{primario}$ experimental	Relación de Tc's lado primario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{primario}} =$			
I teórica Secundario		$I_{secundario}$ experimental	Relación de Tc's lado secundario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{secundario}} =$			
PRUEBA			
V LL Primario	V LL Secundario	% de Carga	Corriente medida con falla externa lado de primario
			Valor medido con falla externa Lado secundario
50 Vac	Vac		Amp
60 Vac	Vac		Amp
70 Vac	Vac		Amp
80 Vac	Vac		Amp
90 Vac	Vac		Amp
100 Vac	Vac		Amp
120 Vac	Vac		Amp
140 Vac	Vac		Amp

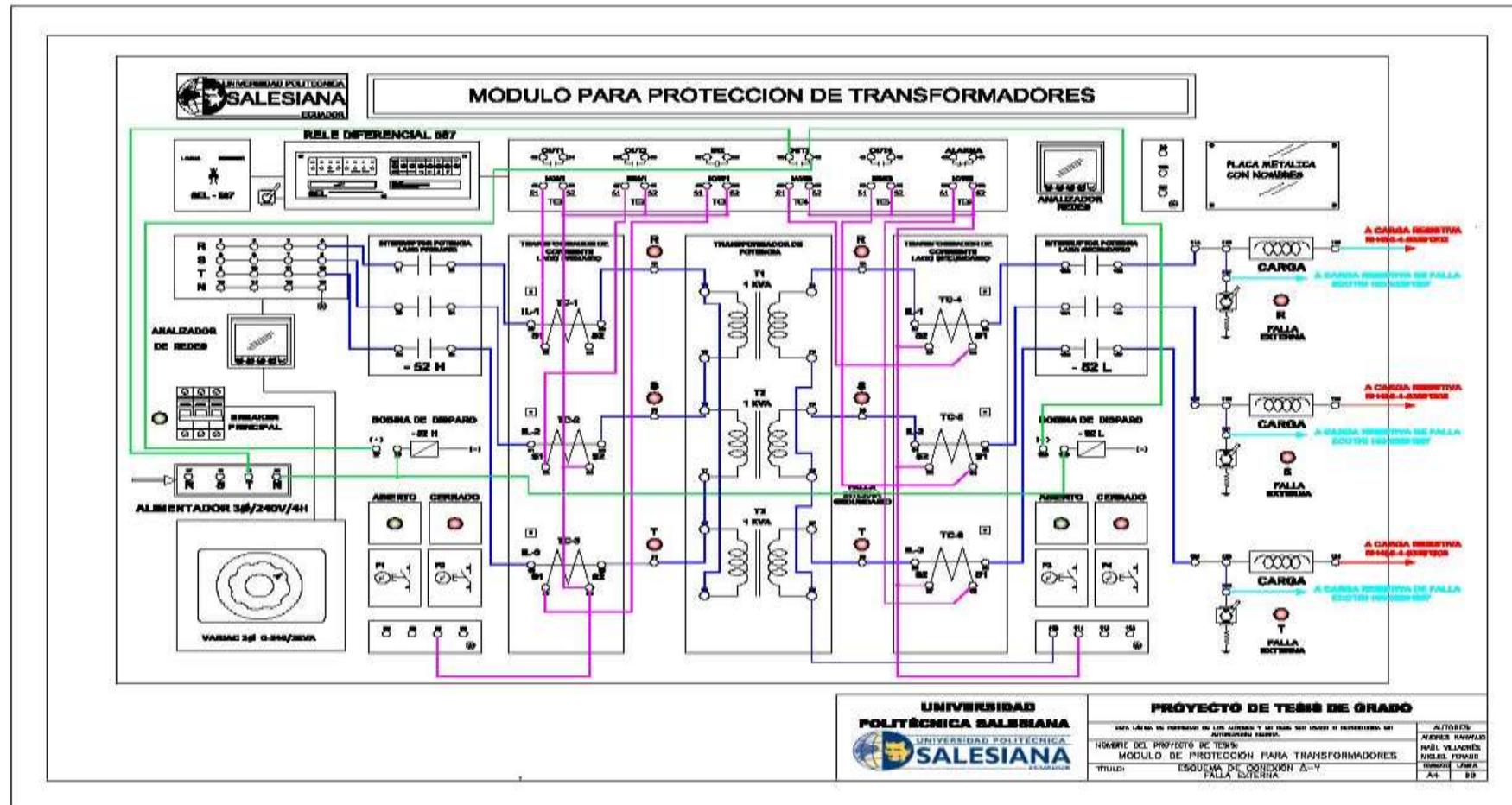
160 Vac	Vac		Amp	Amp
180 Vac	Vac		Amp	Amp
190 Vac	Vac		Amp	Amp
200 Vac	Vac		Amp	Amp
210 Vac	Vac		Amp	Amp
220 Vac	Vac		Amp	Amp
230 Vac	Vac		Amp	Amp
240 Vac	Vac		Amp	Amp
<p>Los valores de % de carga se pueden variar ya que el Banco de Resistencia lo permite desde un 2.5 % al 100 % de carga. De la misma manera el porcentaje de carga de falla (Banco de falla resistivo) permite variar la resistencia desde 5 Ω hasta 100 Ω. La lectura de los valores medidos tales como voltaje, corriente, potencias y valores fasoriales, pueden ser obtenidos desde los medidores PAC 1, PAC 2 y desde el Relé SEL-587.</p>				
REGISTRO DE EVENTOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 587				
Corriente de Operación (IOP)	Desfase Primario		Desfase Secundario	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	
Protección Diferencial 87	Protección de sobrecorriente instantánea 50		Protección de sobrecorriente temporizada 51	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	

Tabla de Datos de Practica 12.2 Informe de pruebas conexión delta-estrella, simulación de falla interna.

Código:		Tipo de conexión	
N° serie:			
Potencia:	1.5 VA	N° de fases:	1φ
Voltaje A.T. (V):		Voltaje B.T. (V):	
Corriente A.T. (A):		Corriente B.T. (A):	
Frecuencia:	60Hz		
Datos de practica			
Voltaje Primario:		Potencia total:	
Voltaje Secundario:		Tipo de conexión de los transformadores:	
FÓRMULA APLICADA			
$S = \sqrt{3} \times V \times I$ $I_{falla} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$			
<p>Con la fórmula aplicada y el con la información del tipo de conexionado de los Tc's y de los Transformadores de potencia, los resultados obtenidos servirán para los ajustes del relé.</p>			
Calculo para los ajustes de relación de los Tc's en el lado de alta y baja tensión.			
I teórica Primario		$I_{primario}$ experimental	Relación de Tc's lado primario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{primario}} =$			
I teórica Secundario		$I_{secundario}$ experimental	Relación de Tc's lado secundario
$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{secundario}} =$			
PRUEBA			
V LL Primario	V LL Secundario	% de Carga	Corriente medida con falla interna lado de primario
			Valor medido con falla interna Lado secundario
50 Vac	Vac		Amp
60 Vac	Vac		Amp
70 Vac	Vac		Amp
80 Vac	Vac		Amp
90 Vac	Vac		Amp
100 Vac	Vac		Amp
120 Vac	Vac		Amp
140 Vac	Vac		Amp

160 Vac	Vac		Amp	Amp
180 Vac	Vac		Amp	Amp
190 Vac	Vac		Amp	Amp
200 Vac	Vac		Amp	Amp
210 Vac	Vac		Amp	Amp
220 Vac	Vac		Amp	Amp
230 Vac	Vac		Amp	Amp
240 Vac	Vac		Amp	Amp
Los valores de % de carga se pueden variar ya que el Banco de Resistencia lo permite desde un 2.5 % al 100 % de carga. De la misma manera el porcentaje de carga de falla (Banco de falla resistivo) permite variar la resistencia desde 5 Ω hasta 100 Ω . La lectura de los valores medidos tales como voltaje, corriente, potencias y valores fasoriales, pueden ser obtenidos desde los medidores PAC 1, PAC 2 y desde el Relé SEL-587.				
REGISTRO DE EVENTOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 587				
Corriente de Operación (IOP)	Desfase Primario		Desfase Secundario	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	
Protección Diferencial 87	Protección de sobrecorriente instantánea 50		Protección de sobrecorriente temporizada 51	
FASE A:	FASE A:		FASE A:	
FASE B:	FASE B:		FASE B:	
FASE C:	FASE C:		FASE C:	

Lámina 9B: Practica 12
Fuente: Los Autores.



CONCLUSIONES.

Las conclusiones obtenidas en esta tesis, y considerando los objetivos planteados, son las siguientes:

- Se realizó el diseño de ingeniería, la fabricación y puesta en servicio de un módulo para protección de transformadores asignado al laboratorio de protecciones de la carrera de Ingeniería Eléctrica, teniendo como elemento principal un relé SEL 587.
- Todas las pruebas realizadas permitieron establecer un manejo y comprensión de la protección diferencial aplicada a sistemas de potencia, logrando de esta forma ingresar los ajustes desde el panel frontal y vía software. Aunque no se probaron y habilitaron todas las funciones que posee el Relé SEL 587, queda abierta la posibilidad de implementar un sistema de comunicación entre más relés multifunción e integrarse a un sistema SCADA.
- Se desarrollaron prácticas en las cuales se pueda simular fallas reales que ocurren en los sistemas eléctricos de potencia, comprobando el correcto comportamiento del relé y del módulo en general para realizar prácticas de selectividad, rapidez y confiabilidad en las protecciones de sobrecorriente y diferencial dispuestas en el módulo de protecciones.
- Se realizó un manual de 12 prácticas enfocadas a la parametrización del relé, el vínculo de operación entre el relé y los transformadores de corriente, el comportamiento del relé en condiciones normales, el comportamiento del relé en condiciones de falla interna y externa. en el cual el estudiante pueda poner en prácticas los conocimientos teóricos adquiridos en la materia.

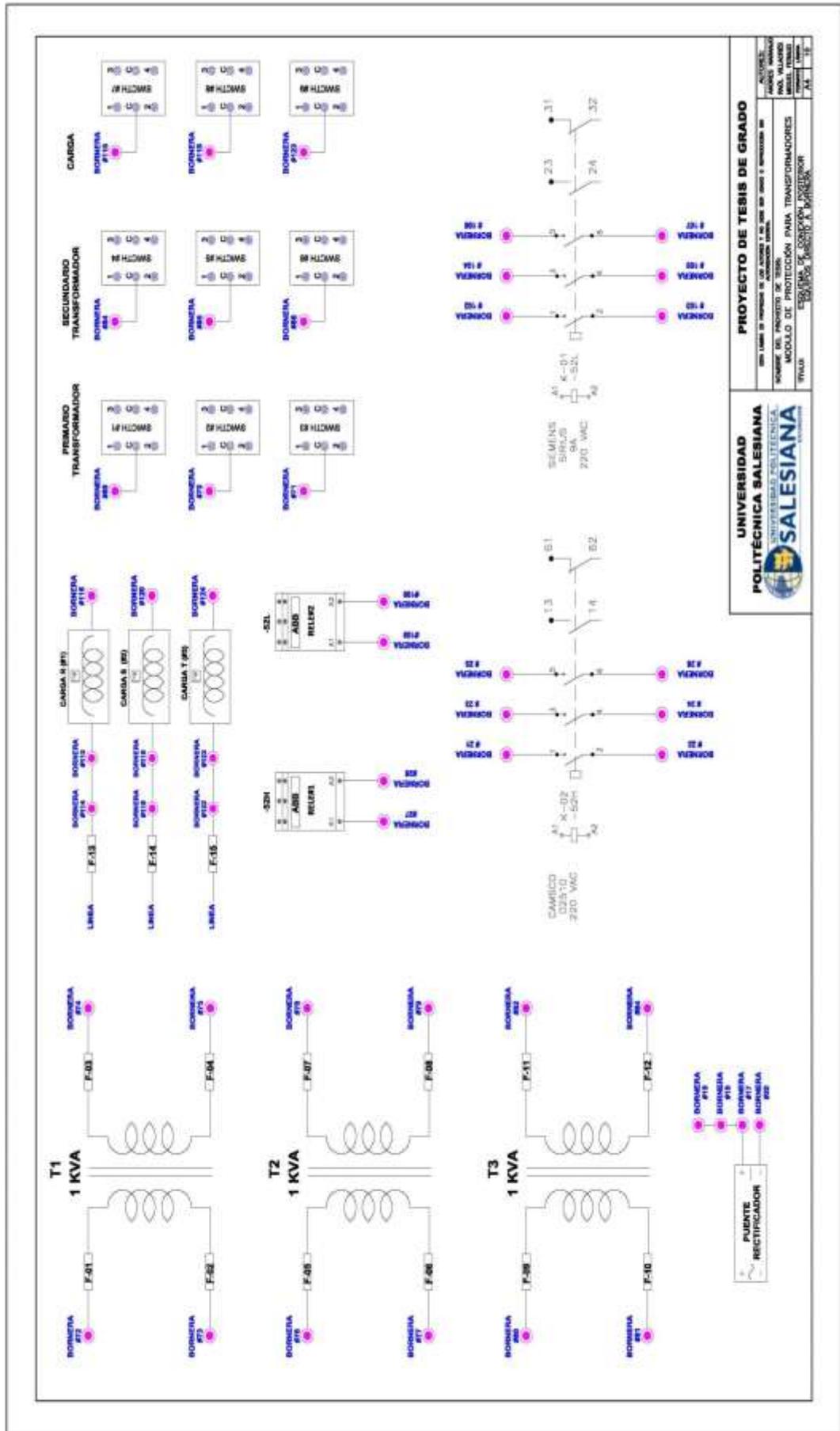
RECOMENDACIONES.

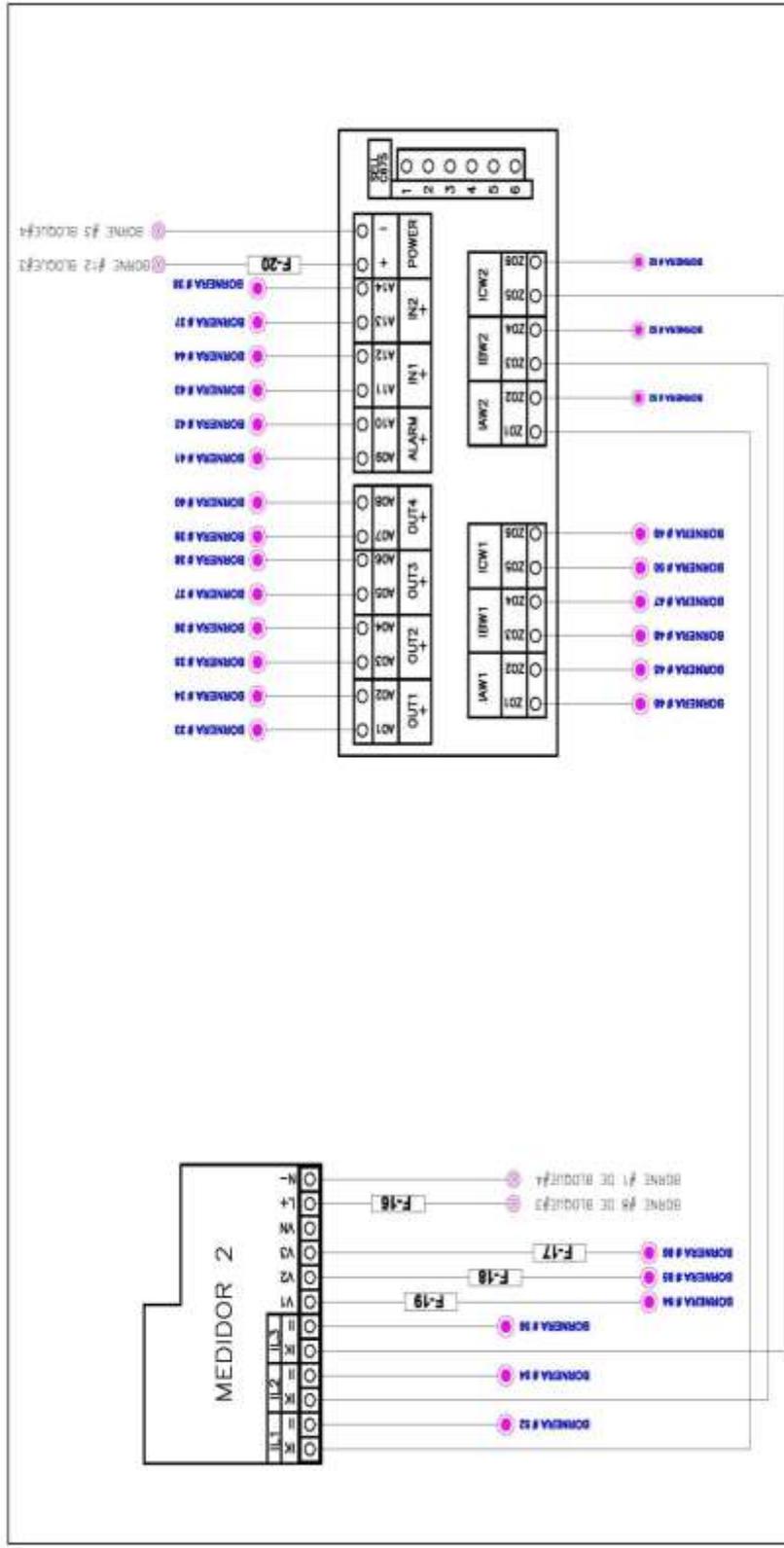
- Seguir las normas de seguridad dispuestas en el capítulo de prácticas y las directrices dadas por el docente de la materia de Protecciones.
- Previo a la realización de las prácticas el estudiante debe haber adquirido y comprendido los conocimientos teóricos que involucran en el funcionamiento de las protecciones en un sistema de potencia.
- Tener el stock necesario de cables de conexión y en buenas condiciones previo a la ejecución de las prácticas de laboratorio.
- Al utilizar los módulos que simulan las cargas y las fallas, se debe tener en cuenta la correcta conexión de los mismos al módulo de protecciones con el fin de evitar errores de la ejecución de las prácticas.
- Que los grupos de estudiantes tengan en consideración un stock de fusibles, con la finalidad de garantizar la disponibilidad de los elementos del tablero.
- Previa a la realización de prácticas en el módulo, es recomendable iniciarlas según el procedimiento y condiciones de funcionamiento; es decir con el módulo desenergizado y sin ningún cable conectado al módulo.
- Es obligatorio poner en servicios las salidas de disparo de protección, ya que en el caso de haber una mala conexión o cortocircuito realizado durante la práctica, estas activen las bobinas de disparo permitiendo disipar la falla y manteniendo la integridad del estudiante y de los equipos en todo momento.
- Es necesario que el docente de la materia valide las conexiones realizadas por los estudiantes, antes de poner en servicio el tablero.

BIBLIOGRAFÍA

- Chapman, S. J. (2000). *Maquinas Eléctricas*. Santa Fe: MC GRAW HILL.
- Enrique Ras, O. (1994). *Transformadores de potencia de medida y deproteccion*.
Barcelona: Marcombo Boixareo Editores.
- Enriquez, H. (2002). *Fundamentos de Sistemas Electricos por Relevadores*. Mexico:
Limusa.
- Gilberto Enriquez, H. (2006). *Elementos de diseño de subestaciones electricas*.
Mexico: Limusa.
- Gutierrez, A. (1992). *Curso de Metodos de Investigación y elaboración de la
Monografia*. Quito: Serie Didactica AG.
- HARPER, G. E. (1989). *El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales*. Mexico
D.F.: Limusa S.A.
- Israel, P. (2012). *Interruptores de potencia y extincion del arco electrico*. veracruz:
Universidad de veracruz.
- Laboratories, S. E. (2004). *Manual de Instruccion Sel 587-0, -1*. USA: Hopkins
Court.
- Mujal Rosas, R. M. (2014). *Proteccion de Sistemas Electricos de Potencia*.
Barcelona: Oficina de Publicaciones Academicas Digitales de UPC.
- Ramirez, S. (2003). *Proteccion de sistemas electricos*. Manizales: Universidad
Manizales.
- Sangra, M. P. (1999). *Protecciones en las instalaciones electricas: evolucion y
perspectivas*. Barcelona: Marcombo.
- Valderrama, G. (2000). *Proteccion y coordinacion de sistemas de distribucion*.
Sevilla: Publicaciones Litosa.
- Viloria, J. R. (2009). *Automatismo Industriales*. Madrid: Paraninfo.

ANEXO A
PLANOS ELÉCTRICOS







UNIVERSIDAD SALESIANA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

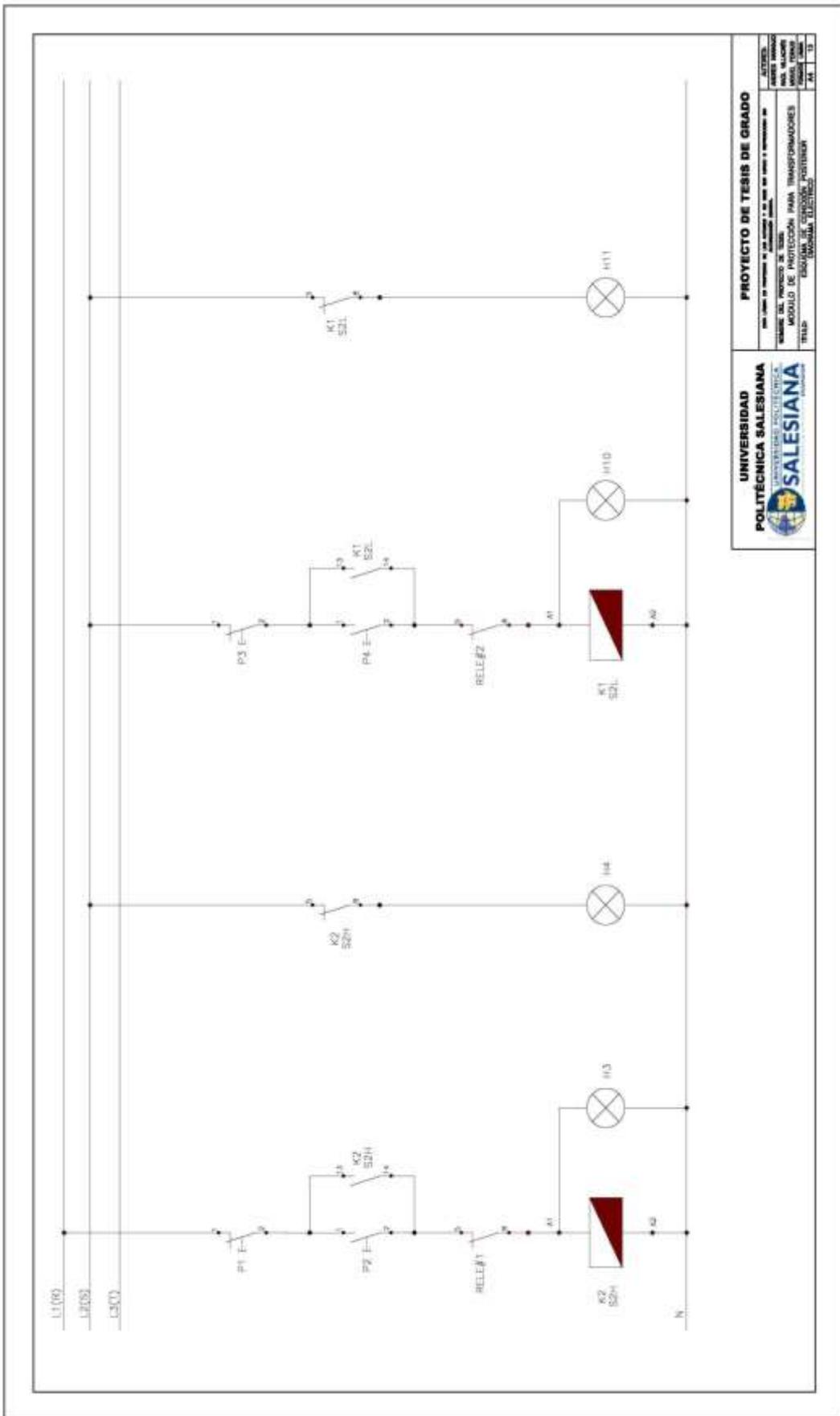
PROYECTO DE TESIS DE GRADO

ESTA LÁMINA ES PROPIEDAD DE LOS AUTORES Y NO DEBE SER USADA O REPRODUCCION SIN AUTORIZACION EXPRESA.

NOMBRE DEL PROYECTO DE TESIS:
MÓDULO DE PROTECCIÓN PARA TRANSFORMADORES

TÍTULO:
ESQUEMA DE CONEXIÓN Y-Y
CONDICIONES NORMALES

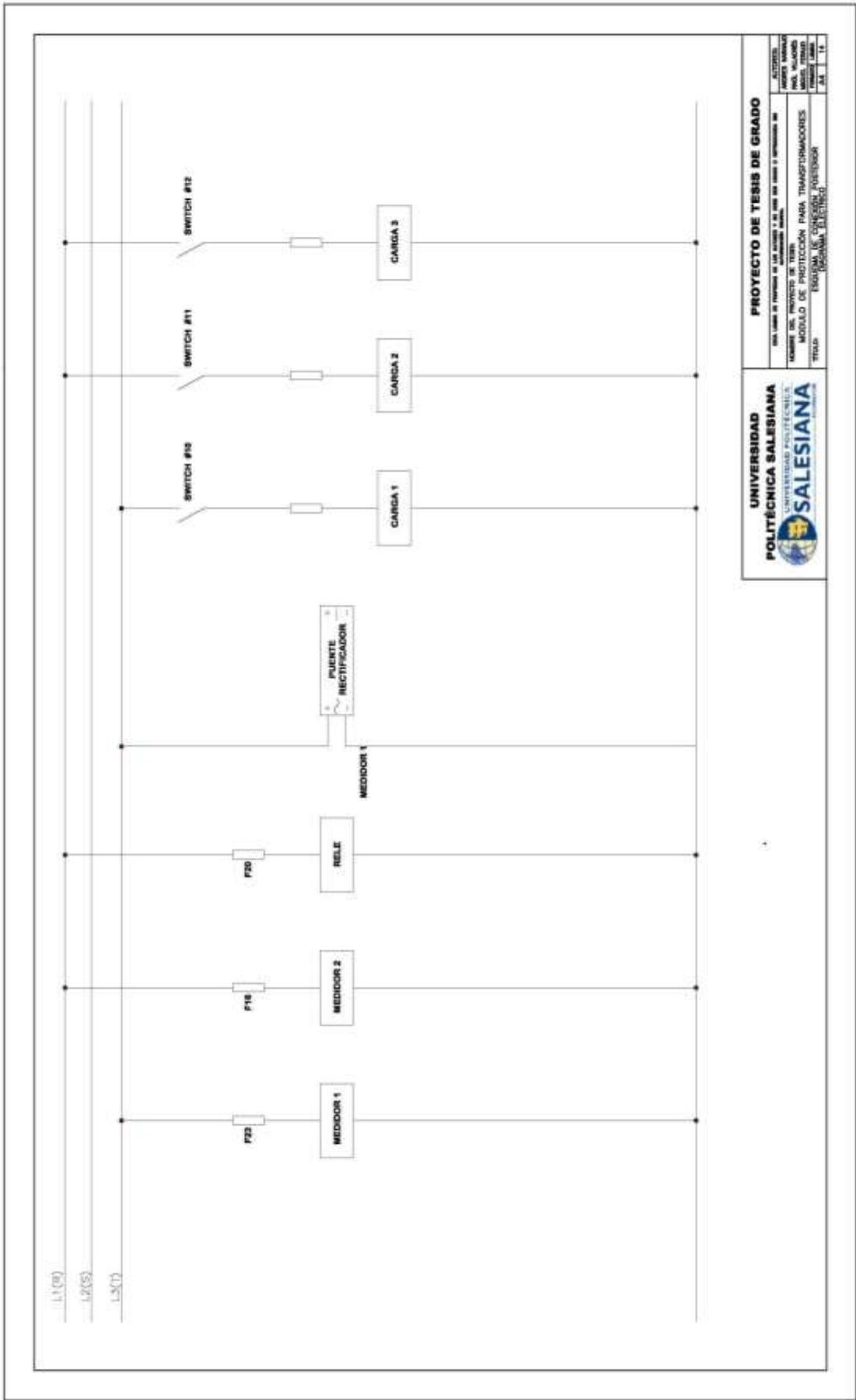
AUTORES:
ANDRÉS MARRAÑO
RAÚL VALACRES
MIGUEL FERRAID
FORMADO LÁMINA:
A-4 11



UNIVERSIDAD SALESIANA
POLITÉCNICA SALESIANA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
SALESIANA
 ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE TESIS DE GRADO

TÍTULO: MÓDULO DE PROTECCIÓN PARA TRANSFORMADORES EN UN SISTEMA DE POTENCIA	AUTOR: DAVID
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD SALESIANA	FECHA: 2018
ESCUELA: INGENIERÍA ELÉCTRICA	PÁGINA: 13



UNIVERSIDAD SALESIANA
POLITÉCNICA SALESIANA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SALESIANA

PROYECTO DE TESIS DE GRADO

EN EL CARRER DE INGENIERIA DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

INTEGRANTES:

NOMBRE DEL PROYECTO DE TESIS: MODULO DE PROTECCION PARA TRANSFORMADORES

TITULO: ESTUDIO DE PROTECCION DE TRANSFORMADORES

FECHA: 11/05/2017

ANEXO B
TABLAS DE AJUSTE DEL RELE 587

**HOJAS DE AJUSTES
PARA EL RELÉ SEL-587-0**

SET

Datos generales			
Descripción	Rango		
Identificador del relé	12 Caracteres	RID	=
Identificador del terminal	12 Caracteres	TID	=
Descripción	Rango		
Capacidad máxima del transformador	OFF, 0.2-5000 MVA en pasos de .1	MVA	=
Voltaje entre fases del enrollado 1	1-1000 kV	VWDG1	=
Voltaje entre fases del enrollado 2	1-1000 kV	VWDG2	=
Conexión del transformador	YY, YDAC, YDAB, DACDAC, DABDAB, DABY, DACY, OTHER	TRCON	=
Conexión de los TTCC	DACDAC, DABDAB, DACY, DABY, YY, YDAB, YDAC	CTCON	=
Razón del TC del enrollado 1	1-50000	CTR1	=
Razón del TC del enrollado 2	1-50000	CTR2	=
Constante de tiempo del amperímetro de demanda	OFF, 5-255 min	DATC	=
Umbral de fase del amperímetro de demanda	0.5-16 A 5 Amp 0.1-3.2 A 1 Amp	PDEM	=
Umbral de secuencia negativa del amperímetro de demanda	0.5-16 A 5 Amp 0.1-3.2 A 1 Amp	QDEM	=
Umbral residual del amperímetro de demanda	0.5-16 A 5 Amp 0.1-3.2 A 1 Amp	NDEM	=

Taps de corriente			
Descripción			
TAP de corriente del enrollado 1		TAP1	=
TAP de corriente del enrollado 2		TAP2	=

Asignación de las entradas			
Descripción	Rango		
Entrada 1	NA,52A1,152A1,TCEN,TCBL	IN1	=
Entrada 2	NA,52A2,152A2,TCEN,TCBL	IN2	=

IN1 ó IN2 ajustados a TCEN ó TCBL habilitan ajustes de control de torque.

**HOJAS DE AJUSTES
PARA EL RELÉ SEL-587-0**

Elementos diferenciales		
Descripción	Rango	
Pickup de la corriente de operación del elemento con retención	0.1-1.0 en por unidad del tap	087P =
Porcentaje de la pendiente 1 de retención	5-100%	SLP1 =
Porcentaje de la pendiente 2 de retención	OFF, 25-200%	SLP2 =
Límite de la corriente de retención de la pendiente 1	1-16 en por unidad del tap	IRS1 =
Pickup de la corriente de operación sin retención	1-16 en por unidad del tap	U87P =
Porcentaje de bloqueo por segunda armónica	OFF, 5-100%	PCT2 =
Porcentaje de bloqueo por cuarta armónica (sólo el relé SEL-587-1)	OFF, 5-100%	PCT4 =
Porcentaje de bloqueo por quinta armónica	OFF, 5-100%	PCT5 =
Umbral de alarma por quinta armónica	0.1-3.2 en por unidad del tap	TH5 =
Pickup del tiempo de retardo de alarma por quinta armónica	0.00-8000.00 ciclos	THSD =
Razón de bloqueo DC (sólo el relé SEL-587-1)	Y, N	DCRB =
Retención con armónicas (sólo el relé SEL-587-1)	Y, N	HRSTR =
Bloqueo independiente por armónicas	Y, N	IHBL =

Elementos de sobrecorriente de fase del enrollado 1		
Descripción	Rango	
Pickup sobrecorriente de fase de tiempo definido	OFF, 0.5-80 A 5 Amp OFF, 0.1-16 A 1 Amp	50P1P =
Retardo sobrecorriente de fase de tiempo definido	0-16000.00 ciclos	50P1D =
Control externo de torque sobrecorriente de fase de tiempo definido	Y, N	50P1TC =
Pickup sobrecorriente de fase instantáneo	OFF, 0.5-80 A 5 Amp OFF, 0.1-16 A 1 Amp	50P1IH =
Control externo de torque sobrecorriente de fase instantánea	Y, N	50P1HC =
Pickup sobrecorriente de fase de tiempo inverso	OFF, 0.5-16 A 5 Amp OFF, 0.1-3.2 A 1 Amp	51P1P =
Curva sobrecorriente de fase de tiempo inverso	U1-U4, C1-C4	51P1C =
Dial de tiempo sobrecorriente de fase de tiempo inverso	US 0.5-15 en incrementos de .01 IEC 0.05-1 en incrementos de .01	51P1TD =
Reposición electromecánica sobrecorriente de fase de tiempo inverso	Y, N	51P1RS =
Control externo de torque sobrecorriente de fase de tiempo inverso	Y, N	51P1TC =

Los ajustes de control de torque habilitados se muestran sólo si IN1 ó IN2 están ajustados a TCEN o TCBL.

**HOJAS DE AJUSTES
PARA EL RELÉ SEL-587-0**

Elementos de sobrecorriente de secuencia negativa del enrollado 1		
Descripción	Rango	
Pickup sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo definido	OFF, 0.5–80 A 5 Amp OFF, 0.1–16 A 1 Amp	50Q1P =
Retardo sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo definido	0.5–16000.00 ciclos	50Q1D =
Control externo de torque sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo definido	Y, N	50Q1TC =
Pickup sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	OFF, 0.5–16 A 5 Amp OFF, 0.1–3.2 A 1 Amp	51Q1P =
Curva sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	U1–U4, C1–C4	51Q1C =
Dial de tiempo sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	IEC 0.05–1 en incrementos de .01	51Q1TD =
Reposición electromecánica sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	Y, N	51Q1RS =
Control externo de torque sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	Y, N	51Q1TC =

Elementos de sobrecorriente residual del enrollado 1		
Descripción	Rango	
Pickup sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo definido	OFF, 0.5–80 A 5 Amp OFF, 0.1–16 A 1 Amp	50N1P =
Retardo sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo definido	0.5–16000.00 ciclos	50N1D =
Control externo de torque sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo definido2	Y, N	50N1TC =
Pickup sobrecorriente de residual instantáneo	OFF, 0.5–80 A 5 Amp OFF, 0.1–16 A 1 Amp	51N1H =
Control externo de torque sobrecorriente de residual instantáneo	Y, N	50N1HC =
Pickup sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	OFF, 0.5–16 A 5 Amp OFF, 0.1–3.2 A 1 Amp	51N1P =
Curva sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	U1–U4, C1–C4	51N1C =
Dial de tiempo sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	IEC 0.05–1 en incrementos de .01	51N1TD =
Reposición electromecánica sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	Y, N	51N1RS =
Control externo de torque sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	Y, N	51N1TC =

Los ajustes de control de torque habilitados se muestran sólo si IN1 ó IN2 están ajustados a TCEN o TCBL.

**HOJAS DE AJUSTES
PARA EL RELÉ SEL-587-0**

Elementos de sobrecorriente de fase del enrollado 2			
Descripción	Rango		
Pickup sobrecorriente de fase de tiempo definido	OFF, 0.5-80 A	5 Amp	50P2P =
	OFF, 0.1-16 A	1 Amp	
Retardo sobrecorriente de fase de tiempo definido	0-16000.00 ciclos		50P2D =
Control externo de torque sobrecorriente de fase de tiempo definido	Y, N		50P2TC =
Pickup sobrecorriente de fase instantáneo	OFF, 0.5-80 A	5 Amp	50P2H =
	OFF, 0.1-16 A	1 Amp	
Control externo de torque sobrecorriente de fase instantánea	Y, N		50P2HC =
Pickup sobrecorriente de fase de tiempo inverso	OFF, 0.5-16 A	5 Amp	51P2P =
	OFF, 0.1-3.2 A	1 Amp	
Curva sobrecorriente de fase de tiempo inverso	U1-U4, C1-C4		51P2C =
Dial de tiempo sobrecorriente de fase de tiempo inverso	US 0.5-15 en incrementos de .01 IEC 0.05-1 en incrementos de .01		51P2TD =
	Y, N		51P2RS =
Reposición electromecánica sobrecorriente de fase de tiempo inverso	Y, N		51P2TC =
Control externo de torque sobrecorriente de fase de tiempo inverso			

Elementos de sobrecorriente de secuencia negativa del enrollado 2			
Descripción	Rango		
Pickup sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo definido	OFF, 0.5-80 A	5 Amp	50Q2P =
	OFF, 0.1-16 A	1 Amp	
Retardo sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo definido	0.5-16000.00 ciclos		50Q2D =
Control externo de torque sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo definido	Y, N		50Q2TC =
Pickup sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	OFF, 0.5-16 A	5 Amp	51Q2P =
Curva sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	OFF, 0.1-3.2 A	1 Amp	
	U1-U4, C1-C4		51Q2C =
Dial de tiempo sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	IEC 0.05-1 en incrementos de .01		51Q2TD =
Reposición electromecánica sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	Y, N		51Q2RS =
Control externo de torque sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	Y, N		51Q2TC =

Los ajustes de control de torque habilitados se muestran sólo si IN1 ó IN2 están ajustados a TCEN o TCBL.

Hojas de ajustes
PARA EL RELÉ SEL-587-0

Elementos de sobrecorriente residual del enrollado 2		
Descripción	Rango	
Pickup sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo definido	OFF, 0.5-80 A 5 Amp	50N2P =
Retardo sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo definido	OFF, 0.1-16 A 1 Amp	50N2D =
Control externo de torque sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo definido2	0.5-16000.00 ciclos	50N2TC =
Pickup sobrecorriente de residual instantáneo	Y, N	50N2TC =
Control externo de torque sobrecorriente de residual instantáneo	OFF, 0.5-80 A 5 Amp	51N2H =
Pickup sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	OFF, 0.1-16 A 1 Amp	50N2HC =
Curva sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	Y, N	51N2P =
Dial de tiempo sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	OFF, 0.1-3.2 A 1 Amp	51N2C =
Reposición electromecánica sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	U1-U4, C1-C4	51N2TD =
Control externo de torque sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo inverso	IEC 0.05-1 en incrementos de .01	51N2RS =
	Y, N	51N2TC =

Temporizadores misceláneos		
Descripción	Rango	
Sello del disparo	Y, N, 1, 2, 3 (SEL-587-0)	LTRP =
Tiempo mínimo de duración del disparo	0-2000.00 ciclos	TDURD =
Retardo en el pickup del temporizador X	0-8000.00 ciclos	TXPU =
Retardo en el dropout del temporizador X	0-8000.00 ciclos	TXDO =
Retardo en el pickup del temporizador Y	0-8000.00 ciclos	TYPU =
Retardo en el dropout del temporizador Y	0-8000.00 ciclos	TYDO =

Datos del sistema de potencia		
Descripción	Rango	
Frecuencia nominal	50, 60 Hz	NFREQ =
Rotación de fase	ABC, ACB	PIROT =

Los ajustes de control de torque habilitados se muestran sólo si IN1 ó IN2 están ajustados a TCEN o TCBL.

HOJAS DE AJUSTES
PARA EL RELÉ SEL-587-0

Comando SET L (Lógica)

Variables lógicas
X = Y =

Lógica de disparo
MTU1 = MTU2 = MTU3 =

Lógica de la condición de generación de reportes de eventos
MER =

Lógica de contactos de salida
OUT1 = OUT2 = OUT3 = OUT4 =

**HOJAS DE AJUSTES
PARA EL RELÉ SEL-587-0**

Comando SET P (Ajustes de los puertos)

Ajustes de protocolos y comunicaciones			
Descripción	Rango		
Protocolo del puerto serial	SEL, LMD, MOD	PROTO	=
<i>Si PROTO = SEL</i>			
Tasa de baudios del puerto serial	300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400	SPEED	=
Bits de datos del puerto serial	7, 8	D_BITS	=
Paridad del puerto serial	N, E, O	PARITY	=
Bits de parada del puerto serial	1, 2	STOP	=
Tiempo de expiración del puerto serial	0-30 minutos	TEMEOUT	=
Envío de mensajes automáticos al puerto serial	Y, N	AUTO	=
Habilita RTS/CTS Handshaking	Y, N	RTS_CTS	=
Fast Operate Enable	Y, N	FAST_OP	=
<i>Si PROTO = LMD</i>			
LMD Prefix	#, \$, %, &, @	PREFIX	=
LMD Address	1-99	ADDRESS	=
LMD Settling Time	0-30 segundos	SETTLE_TIME	=
Tasa de baudios del puerto serial	300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400	SPEED	=
Bits de datos del puerto serial	7, 8	D_BITS=	
Paridad del puerto serial	N, E, O	PARITY	=
Bits de parada del puerto serial	1, 2	STOP	=
Tiempo de expiración del puerto serial	0-30 minutos	TIMEOUT	=
Envío de mensajes automáticos al puerto serial	Y, N	AUTO	=
Habilita Fast Operate	Y, N	FAST_OP	=

ANEXO C
MANUALES DE USUARIO DE EQUIPOS
PRINCIPALES



SEL-587 Current Differential Relay

Economical Differential Protection for Power Apparatus



Major Features and Benefits

The SEL-587 Current Differential Relay combines overcurrent and differential elements in an easy-to-apply power apparatus differential protection package. Relay security is achieved by an optimized set of user-selectable restraining and blocking elements. Dual-slope percentage, harmonic *restraint* and *blocking*, plus dc blocking are included. Zero-sequence currents are filtered out from the differential element for any combination of power and transformer CT connections. SEL_{OGIC}[®] control equations provide application flexibility when conditions warrant.

- ▶ **Protection.** Protect two-terminal transformers, generators, reactors, and other power apparatus using a combination of differential, instantaneous, definite-, and inverse-time overcurrent elements. Differential scheme security is achieved by the following:
 - > Dual-slope percentage restraint
 - > Second- and fourth-harmonic blocking or restraint plus dc blocking for magnetizing inrush
 - > Fifth-harmonic blocking for transformer overexcitation
 - > CT and transformer connection compensation
- ▶ **Monitoring.** Metering quantities are available for phase, ground, negative-sequence, differential, and harmonic currents. Post-fault analysis is simplified by information recorded in event reports having 15-cycle duration times. As many as 10 event reports are stored in nonvolatile memory. Self-test and alarm functions are standard.
- ▶ **Relay and Logic Settings Software.** ACCELERATOR QuickSet[®] SEL-5030 Software reduces engineering costs for relay settings and logic programming. The built-in Human Machine Interface (HMI) provides phasor diagrams that help support commissioning and troubleshooting.

Functional Overview

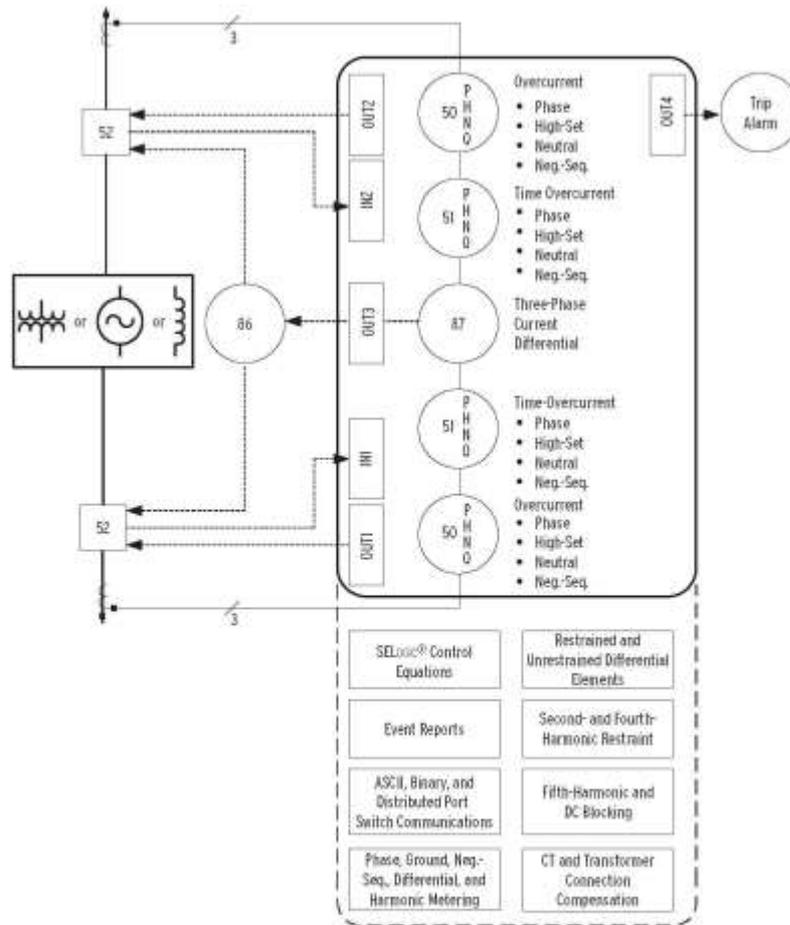


Figure 1 Functional Diagram

Model Variations

SEL-587-0 Relay

The SEL-587-0 has provided sophisticated and reliable service for many years. However, we recommend using the SEL-587-1 Relay for new designs because of the additional features it provides.

SEL-587-1 Relay

Differences between the SEL-587-0 and the SEL-587-1 are explained below.

- ▶ The SEL-587-0 trip logic can be set in one of two configurations, while the SEL-587-1 can be set in one of three configurations. The trip logic of each relay can be set to always latch the trip or to latch the trip if the current is above a certain threshold. The SEL-587-1 adds the ability to block trip latching.
- ▶ Each relay provides the ability to protect transformers with a variety of transformer and CT connections. Phase-angle shifts are compensated for and zero-sequence current is removed in most cases. The SEL-587-1 adds the ability to remove zero-sequence current in transformers with grounding banks within the differential zone or zigzag transformer applications.

- ▶ In addition to the harmonic blocking capabilities of the SEL-587-0, the SEL-587-1 provides second- and fourth-harmonic restraint and dc blocking capabilities.

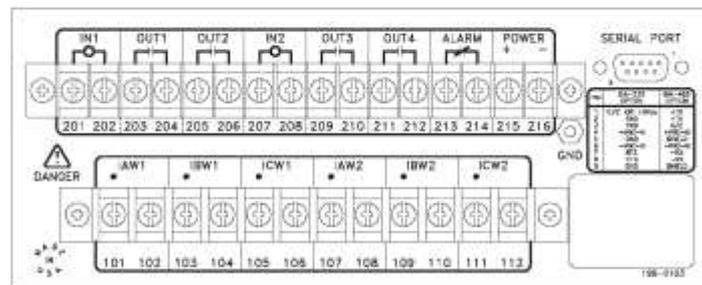
Two Rear-Panel Options

Conventional Terminal Blocks

This model includes hardware that supports six current inputs, two optoisolated inputs, four programmable output contacts, one alarm contact, one EIA-232 port, and IRIG-B time code. It uses terminal blocks that support #6 ring terminals. This robust package meets or exceeds numerous industry standard type tests.

Features of the conventional terminal block option are the following:

- ▶ Output contacts **OUT1-OUT4** and **ALARM** are not polarity-dependent.
- ▶ Optoisolator inputs **IN1** and **IN2** are not polarity-dependent.
- ▶ All screws are size #6-32.
- ▶ This relay is available in a 3.5" (2U) rack-mount package or a 4.9" panel-mount package.



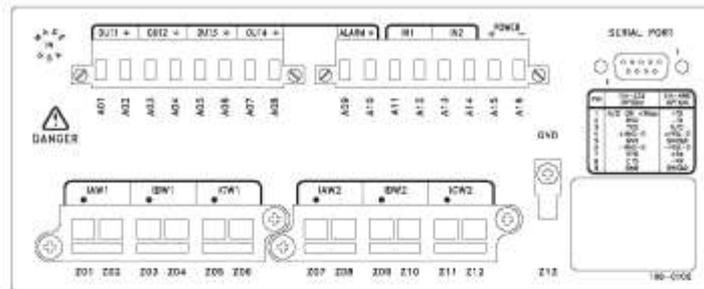
130436

Figure 2 Relay Rear Panel (Conventional Terminal Blocks Option)

Plug-in Connectors (Connectorized®)

This model includes hardware that supports all of the features of the conventional terminal block model. It differs in its use of plug-in connectors instead of terminal blocks. In addition, it provides:

- ▶ High-current interrupting output contacts.
- ▶ Quick connect/release hardware for rear-panel terminals.
- ▶ Level-sensitive optoisolated inputs.



13047e

Figure 3 Relay Rear Panel (Plug-In Connectors Option)

This robust package meets or exceeds numerous industry standard type tests. It is available in a 3.5" (2U) rack-mount package or a 4.9" panel-mount package.

IMPORTANT: Improvements in Connectorized SEL-587 relays (Plug-In Connectors) result in part number changes.

The current transformer shorting connectors for current channel inputs IAW1, IBW1, ICW1, and IAW2, IBW2, and ICW2 have been made more robust. Thus, new Connectorized SEL-587 relays with this improved connector have a new part number (partial part number shown below):

Old	New
0587xJ	0587xW

The respective wiring harness part numbers for these old and new Connectorized SEL-587 relays are (partial part numbers shown):

Old	New
WA0587xJ	WA0587xW

The other connectors on the SEL-587 rear panel (power input, output contacts, etc.) are the same for the old or new models. Only the current transformer shorting connectors have changed.

Figure 3 shows the rear panel for new model 0587xW. Because all terminal labeling/numbering remains the same between the new and old relays, these figures can also be used as a reference for old model 0587xJ. Only the connectors and part numbers have changed.

Connector terminals A01-A18 and ALARM are polarity-dependent.

Current input connector (terminals Z01-Z12):

- ▶ Contains current transformer shorting mechanisms
- ▶ Accepts wire size AWG 16 to 10 (special tool required to attach wire to connector)
- ▶ Can be ordered prewired

Ground connection (terminal Z13): tab size 0.250" x 0.032", screw size #6-32.

Relay Elements

Table 1 Relay Elements

Restrained and Unrestrained Differential Element Settings	Setting	Setting Range
Operating-Current Pickup	O87P	(0.1-1.0), TAP
Restraint Slope 1 Percentage	SLP1	5-100%
Restraint Slope 2 Percentage	SLP2	OFF, 50-200%
Restraint-Current Slope 1 Limit	IRS1	(1-16), TAP
Instantaneous-Unrestrained-Current Pickup	U87P	(1-16), TAP
Second-Harmonic Blocking Percentage	PCT2	OFF, 5-100%
Fourth-Harmonic Blocking Percentage	PCT4	OFF, 5-100%
Fifth-Harmonic Blocking Percentage	PCT5	OFF, 5-100%

The relay automatically calculates TAP values from transformer ratings, CT ratios, and connections.

Table 2 Overcurrent Elements

Eight Overcurrent Elements for Winding 1	Instantaneous	Definite Time	Inverse Time
Phase	50P1H	50P1	51P1
Negative Sequence		50Q1	51Q1
Residual	50N1H	50N1	51N1
Eight Overcurrent Elements for Winding 2	Instantaneous	Definite Time	Inverse Time
Phase	50P2H	50P2	51P2
Negative Sequence		50Q2	51Q2
Residual	50N2H	50N2	51N2
Setting Ranges, 5 A Model, (A secondary)	OFF, (0.5-80)	OFF, (0.5-80)	OFF, (0.5-16)
Setting Ranges, 1 A Model, (A secondary)	OFF, (0.1-16) OFF Disables Element	OFF, (0.1-16)	OFF, (0.1-3.2) ANSI and IEC curves

Percentage Differential Element

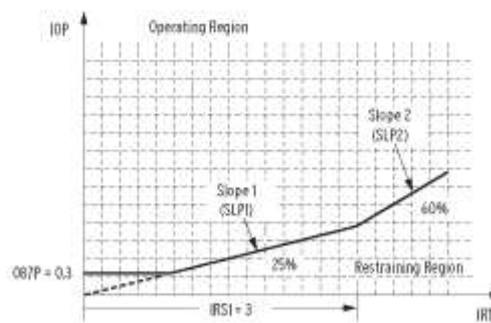


Figure 4 Percentage Differential Element

Operation, Metering, Control, and Reporting

Apply This Relay to Protect

- ▶ Any two-winding power transformer
- ▶ Three-winding power transformers where the tertiary winding is not connected
- ▶ Reactors, generators, large motors, and other two-terminal power apparatus

Smart Relay Settings Simplify Current Connections

- ▶ Relay accepts delta- or wye-connected CT secondary circuits
- ▶ Enter transformer ratings and connections, CT ratios and connections
- ▶ Relay calculates TAP values, corrects CT ratios and transformer ratios
- ▶ CT secondary circuits are isolated, allowing them to be connected to other protection

High-Side and Low-Side Overcurrent Elements Provide Additional Protection

- ▶ Use high-side overcurrent elements for built-in transformer backup protection
- ▶ Negative-sequence overcurrent elements detect ground faults through delta-wye transformer banks
- ▶ Use low-side overcurrent elements for backup distribution bus or feeder protection
- ▶ Negative-sequence overcurrent elements provide sensitive phase-phase protection independent of load current

Externally Torque-Controlled Overcurrent Elements

- ▶ Optionally, select relay control inputs to supervise overcurrent elements
- ▶ Select torque-controlled overcurrent elements individually
- ▶ Implement a reverse interlocking scheme for fast-bus tripping on radial systems
- ▶ Provide external directional supervision

Operator Controls and Serial Communications

- ▶ Front-panel pushbuttons and display
- ▶ Complete operation from rear-panel HLA-232 serial communications port

- ▶ Full access to event history, relay status, and meter information
- ▶ Passcode-protected settings and controls

Current Meter Functions

- ▶ Provides instantaneous, demand, and peak demand current magnitudes for both windings
- ▶ Calculates operate, restraint, second-, and fifth-harmonic current magnitudes
- ▶ Records peak demand and peak harmonic current magnitudes

Breaker Monitor and Control

- ▶ Saves trip counters and accumulated, interrupt current in nonvolatile memory
- ▶ Controls each breaker with separate OPEN and CLOSE commands

SELOGIC Control Equations

- ▶ Assign input functions
- ▶ Create application-specific output functions
- ▶ Design unique trip and control schemes
- ▶ Minimize external timers, auxiliary relays, wiring, and panel space
- ▶ Obtain event reporting for all relay elements, inputs, and outputs

Event Reporting

- ▶ Relay stores 10 reports in nonvolatile memory
- ▶ Reports have 15-cycle duration
- ▶ Each event report has two parts:
 - Part 1 shows input currents, overcurrent elements, general differential elements, inputs, and outputs.
 - Part 2 shows operating restraint currents, maximum second- and fifth-harmonic currents, more detailed information of the differential elements, and the remaining elements.

Relay and Logic Setting Software

The ACSELERATOR QuickSet software uses the Microsoft® Windows® operating system to simplify settings and provide analysis support for the SEL-587.

One can, for instance, open an ACSELERATOR QuickSet HMI screen and obtain phasor information similar to that shown in Figure 5.

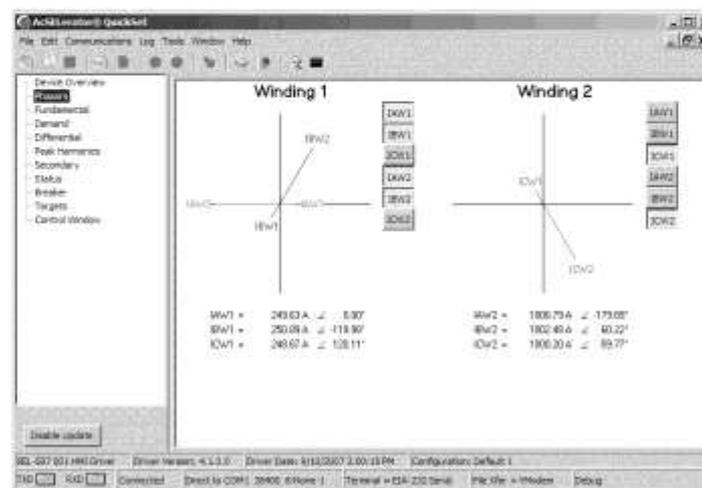


Figure 5 ACSELERATOR QuickSet HMI Screen Showing SEL-587 Phasor Information

Use the ACSELERATOR QuickSet software to create and manage relay settings:

- ▶ Develop settings off-line with an intelligent settings editor that only allows valid settings.
- ▶ Use on-line help to assist with configuration of proper settings.
- ▶ Organize settings with the relay database manager.
- ▶ Load and retrieve settings through use of a simple PC communications link.

Use the ACSELERATOR QuickSet software to verify settings and analyze events:

- ▶ Analyze power system events with integrated waveform and harmonic analysis tools.

Use the ACSELERATOR QuickSet software to aid with monitoring, commissioning, and testing the SEL-587:

- ▶ Use the HMI to monitor current phasor information during testing.
- ▶ Use the PC interface to remotely obtain power system data.

Note: To use ACSELERATOR QuickSet software in the SEL-587 Relay, the relay must have firmware version R702 or later.

Guideform Specification

The microprocessor-based relay shall provide a combination of functions including protection, monitoring, control, automation, and relay self-checking. Specific requirements are listed below:

- ▶ **Percentage Differential Protection.** The relay shall incorporate restrained differential protection for two windings with fixed or variable percentage characteristic, using one or two settable slopes with adjustable intersection point and minimum pickup values.
- ▶ **Harmonic Blocking.** The relay shall provide the option of either second- and fifth-harmonic blocking or second- and fourth-harmonic restraint and dc blocking. This feature prevents restrained differential element operation during inrush or overexcitation conditions; independent fifth-harmonic alarm element shall be included to warn user of overexcitation condition.
- ▶ **Unrestrained Differential Protection.** The relay shall include unrestrained differential protection to produce rapid tripping for severe internal faults.
- ▶ **Zero-Sequence Removal.** The relay shall provide zero-sequence removal for all grounded-wye windings, including grounding banks on delta-connected windings.
- ▶ **Tap Quantities.** The relay shall provide automatic calculation of HV and LV tap quantities.
- ▶ **Overcurrent Fault Protection.** The relay shall incorporate two groups of three-phase current inputs for overcurrent protection. Eight overcurrent elements per group shall be included to provide phase, negative-sequence, and residual protection.
- ▶ **Adaptive Phase Overcurrent Elements.** The relay shall incorporate adaptive phase overcurrent elements that perform reliably in the presence of current transformer saturation, dc offset, and off-frequency harmonics.
- ▶ **CT Phase Angle Compensation.** The relay shall incorporate current compensation to accommodate most popular transformer and CT connections such as wye-wye, YDAB, YDAC, etc.
- ▶ **Status and Trip Target LEDs.** The relay shall include eight status and trip target LEDs.
- ▶ **Communication.** The relay shall include one EIA-232 or one EIA-485 serial port to provide flexible communication to external computers and control systems. The relay shall operate at a speed of 300–38400 baud. Three-level password protection shall be included to provide remote security communications. Modbus[®], ASCII, and binary protocols shall be available for communication with SCADA, local HMI, or modems.
- ▶ **Relay Logic.** The relay shall include programmable logic functions for user-configurable protection, monitoring, and control schemes.
- ▶ **Auxiliary Inputs/Outputs.** The relay shall include fully programmable optoisolated inputs and output contacts.
- ▶ **Trip and Close Variables.** The relay shall include three trip variables and two close functions to permit separate control of up to two breakers and a separate lockout device.
- ▶ **Metering.** The relay shall include metering capabilities for real-time current and differential quantities, as well as phase demand and peak demand current values. Second- and fifth-harmonic currents shall also be included.
- ▶ **Event Reporting.** The relay shall be capable of automatically recording disturbance events of 15 cycles with user-defined triggering. Events shall be stored in nonvolatile memory.
- ▶ **Internal Real-Time Clock.** The relay shall include a real-time clock, with battery backup, synchronizable to demodulated IRIG-B input, to provide accurate time stamps for event records.
- ▶ **Low-Level Testing.** The relay shall include a low-level test interface to permit relay testing with low-energy test equipment.

Wiring Diagrams

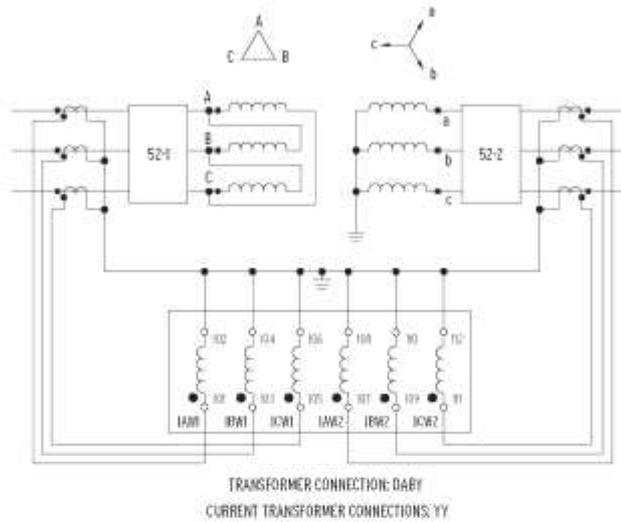


Figure 6 Typical AC Connection Diagram, Three-Winding Autotransformer Application

- ▶ Relay automatically compensates for power transformer phase shift and ratio scaling.
- ▶ Protects delta-wye, wye-delta, delta-delta, and wye-wye transformers.
- ▶ Accepts delta- or wye-connected CTs on either side of the transformer.

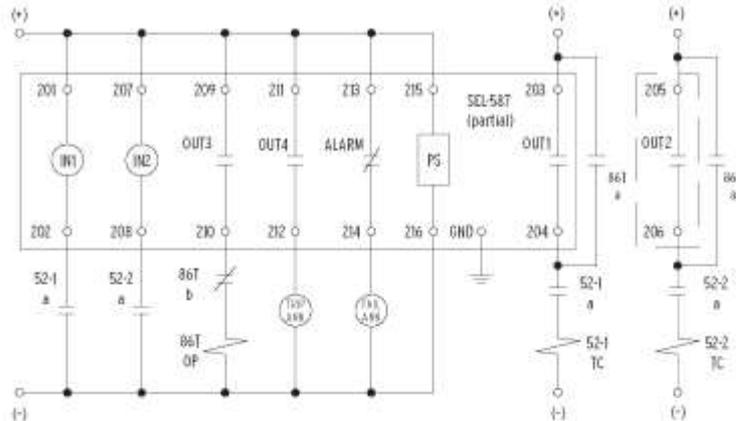
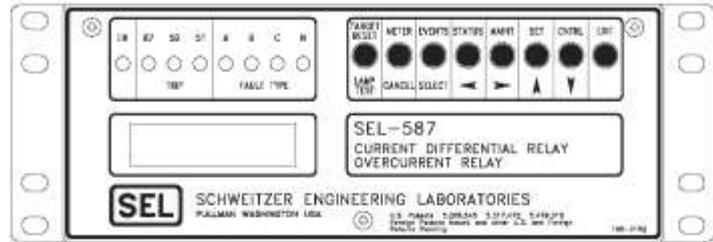


Figure 7 Typical DC Connection Diagram, Three-Winding Transformer Application

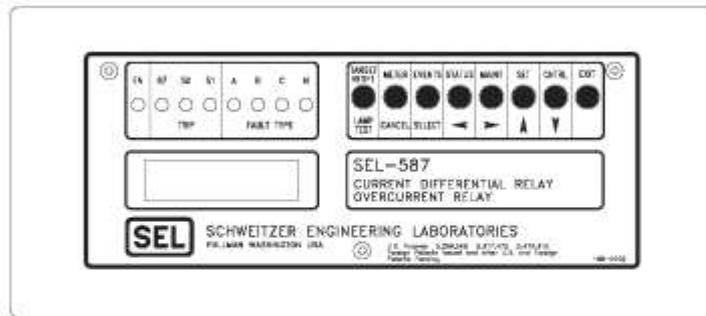
- ▶ Relay outputs are programmable to support a variety of applications.
- ▶ In this example, **OUT1** and **OUT2** provide high-side and low-side overcurrent tripping. **OUT3** operates the transformer lockout auxiliary for differential element operations.

Front- and Rear-Panel Diagrams



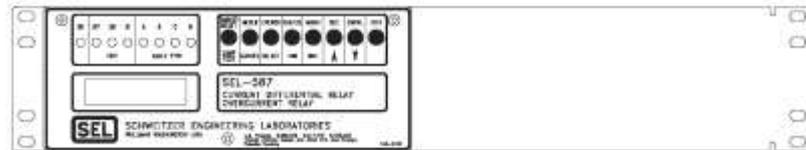
Relay Front Panel, Rack-Mount Version (Half Rack Width)

13044a



Relay Front Panel, Panel-Mount Version

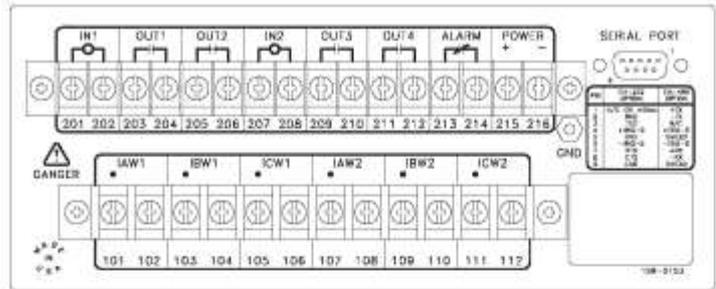
13046a



Relay Fitted With Mounting Bracket (SEL P/N 9100) for Mounting in 19-inch Rack

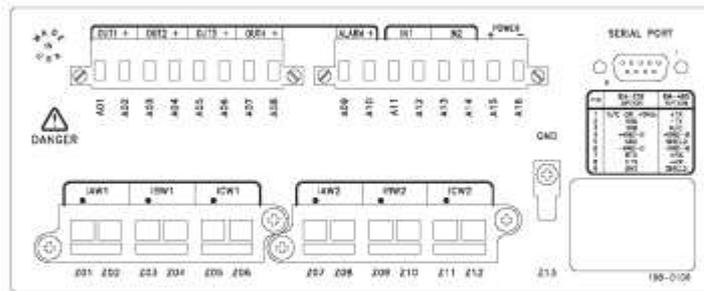
13045a

Figure 8 SEL-587 Front Panels



Relay Rear Panel, Conventional Terminal Blocks Version

13043a



Relay Rear Panel, Plug-In Connectors Version

13047a

Figure 9 SEL-587 Rear Panel Diagrams

Specifications

General

Tightening Torque

Terminal Block:	
Minimum:	8 in-lb (0.9 Nm)
Maximum:	12 in-lb (1.4 Nm)
Connector Body:	
Minimum:	4.4 in-lb (0.5 Nm)
Maximum:	8.8 in-lb (1.0 Nm)

Terminal Connections

Terminals or stranded copper wire. Ring terminals are recommended. Minimum temperature rating of 105°C.

AC Current Inputs

5 A nominal:	15 A continuous, 500 A for 1 s, linear to 100 A symmetrical, 625 A for 1 cycle (sinusoidal waveform)
Burden:	0.16 VA at 5 A 1.15 VA at 15 A
1 A nominal:	3 A continuous, 100 A for 1 s, linear to 20 A symmetrical, 250 A for 1 cycle (sinusoidal waveform)
Burden:	0.06 VA at 1 A 0.18 VA at 3 A

Power Supply

Rated:	125/250 Vdc or Vac
Range:	85–350 Vdc or 85–264 Vac
Interruption:	100 ms @ 250 Vdc
Ripple:	5%
Burden:	<5.5 W
Rated:	48/125 Vdc or 125 Vac
Range:	36–200 Vdc or 85–140 Vac
Interruption:	100 ms @ 125 Vdc
Ripple:	5%
Burden:	<5.5 W
Rated:	24 Vdc
Range:	16–36 Vdc polarity dependent
Interruption:	25 ms @ 36 Vdc
Ripple:	5%
Burden:	<5.5 W

Note: Interruption and Ripple per IEC 255-11:1976.

Output Contacts

Conventional Terminal Blocks Option (Standard Outputs)

Make:	30 A	
Carry:	6 A	
1 s Rating:	100 A	
MOV Protection:	270 Vac, 360 Vdc, 40 J	
Pickup/Dropout Time:	<5 ms	
Breaking Capacity (10000 operations):		
24 V	0.75 A	L/R = 40 ms
48 V	0.50 A	L/R = 40 ms
125 V	0.30 A	L/R = 40 ms
250 V	0.20 A	L/R = 40 ms

Cyclic Capacity (2.5 cycles/second):

24 V	0.75 A	L/R = 40 ms
48 V	0.50 A	L/R = 40 ms
125 V	0.30 A	L/R = 40 ms
250 V	0.20 A	L/R = 40 ms

Plug-In Connectors Option (High Current Interrupting Outputs)

Make:	30 A
Carry:	6 A
MOV Protection:	330 Vdc, 40 J
Pickup Time:	<5 ms
Dropout Time:	<8 ms, typical

Breaking Capacity (10000 operations):

24 V	10 A	L/R = 40 ms
48 V	10 A	L/R = 40 ms
125 V	10 A	L/R = 40 ms
250 V	10 A	L/R = 20 ms

Cyclic Capacity (4 cycles in 1 second followed by 2 minutes idle for thermal dissipation):

24 V	10.0 A	L/R = 40 ms
48 V	10.0 A	L/R = 40 ms
125 V	10.0 A	L/R = 40 ms
250 V	10.0 A	L/R = 20 ms

Note: Do not use high current interrupting output contacts to switch ac control signals. These outputs are polarity dependent.

Note: Make per IEEE C37.50-1989; Breaking and Cyclic Capacity per IEC 255-6-20:1974.

Optoisolated Inputs

Conventional Terminal Blocks Option:

Jumper Selectable:

24 Vdc:	15–30 Vdc
48 Vdc:	30–60 Vdc
125 Vdc:	80–150 Vdc
250 Vdc:	150–300 Vdc

Level Sensitive:

48 Vdc:	Pickup 38.4–60 Vdc; Dropout 28.8 Vdc
110 Vdc:	Pickup 88–132 Vdc; Dropout 66 Vdc
125 Vdc:	Pickup 105–150 Vdc; Dropout 75 Vdc
220 Vdc:	Pickup 176–264 Vdc; Dropout 132 Vdc
250 Vdc:	Pickup 200–300 Vdc; Dropout 150 Vdc

Plug-In Connectors Option:

Standard (Non-Level Sensitive):

24 Vdc: Pickup 15–30 Vdc

Level Sensitive:

48 Vdc:	Pickup 38.4–60 Vdc; Dropout 28.8 Vdc
110 Vdc:	Pickup 88–132 Vdc; Dropout 66 Vdc
125 Vdc:	Pickup 105–150 Vdc; Dropout 75 Vdc
250 Vdc:	Pickup 200–300 Vdc; Dropout 150 Vdc

Note: Optoisolated inputs draw approx. 4 mA of current. All current ratings are at nominal input voltages.

Routine Dielectric Strength

AC Current Inputs:	2500 Vac for 10 s
Power Supply,	
Optoisolated Inputs,	
and Output Contacts:	3100 Vac for 10 s

Frequency and Rotation

System Frequency:	60 or 50 Hz
Phase Rotation:	ABC or ACB

Communications Port Options

EIA-232 or EIA-485	
Band:	300-38400

Time-Code Input

Relay accepts demodulated IRIG-B time-code input at Port 1.

Dimensions

See Figure 10.

Operating Temperature

-40° to +85°C (-40° to +185°F)

Weight

2.6 kg (5 lb, 12 oz)

Relay Shipping Weight

4 kg (9 lb)

Type Tests**Emissions**

Electromagnetic Emissions for Relays:	IEC 60255-25:2000 [BS EN 60255-25:2000]
*Generic Emissions, Heavy Industrial:	EN 50081-2:1993, Class A
*Generic Immunity, Heavy Industrial:	EN 50082-2:1995, Class A
*Radiated and Conducted Emissions:	EN 55011:1998, +A1:1999 +A2:2002

Environmental Tests

Cold:	IEC 60068-2-1:1990 +A1:1993 +A2:1994 [BS EN 60068-2-1:1993 +REAF:2005] Test Ad, 16 hr at -40°C
Dry Heat:	IEC 60068-2-2:1974 +A1:1993 +A2:1994 [BS EN 60068-2-2:1993 +REAF:2005] Test Bd, 16 hr at +85°C
Damp Heat, Cyclic:	IEC 60068-2-30:1980 Test Db, 55°C, 6 cycles, 95% humidity

Dielectric Strength and Impulse Tests

Dielectric:	IEC 60255-5:1977 2500 Vac on analog, contact inputs, and contact outputs; 3100 Vac on power supply
Impulse:	IEC 60255-5:1977 0.5 J, 5000 V

Electromagnetic Compatibility Immunity

Magnetic Field:	IEC 61000-4-8:1993 [BS EN 61000-4-8:1994] 1000 A/m for 3 seconds, 100 A/m for 1 minute
Radiated Radio Frequency:	EN 50140:1993 10 V/m
ESD:	IEC 60255-22-2:1996 [BS EN 60255-22- 2-1997], Level 2, 4, 6, 8 kV
1 MHz Burst Disturbance:	IEC 60255-22-1:1988 Class 3 (2500 V common and differential mode)
Fast Transient Disturbance:	IEEE C37.90.2-1987 10 V/m IEC 60255-22-4:1992, Level 4 (4 kr @ 2.5 kHz on power supply; 2 kV @ 5 MHz on input/output, signal, data, and control lines)

*Conducted Radio Frequency:	IEC 61000-4-6:1996, ENV 50141:1993, 10 V/m
Radiated Radio Frequency (100 MHz with modulation):	ENV 50204:1995 10 V/m
Radiated Radio Frequency:	IEC 60255-22-3:1989 10 V/m
Surge Withstand:	IEEE C37.90.1-1989 3.0 kV oscillatory, 5.0 kV transient

Vibration and Shock Tests

Vibration:	IEC 60255-21-1:1988 [BS EN 60255-21-1:1996 +A1:1996], Class 1 Endurance, Class 2 Response
Shock and Bump:	IEC 60255-21-2:1988 [BS EN 60255-21-2:1996 +A1:1996], Class 1 Shock Withstand, Bump; Class 2 Shock Response
Seismic:	IEC 60255-21-3:1993 [BS EN 60255-21-3:1995 +A1:1995], Class 2 (Conventional Terminal Block only)

Object Penetration

Object Penetration:	IEC 60528:1989 IP30
---------------------	------------------------

Note: * - terminal block version only.

Certifications

ISO: Relay designed and manufactured using ISO 9001 certified quality program.
UL 508: Industrial Control Equipment Standard for Safety (Conventional Terminal Block only).
CAN/CSA C22.2 No. 14-95: Canadian Standards Association, Industrial control equipment, industrial products.

Sampling

16 samples per power system cycle

Processing

Differential elements, optoisolated inputs and contact outputs are processed at 1/8 cycle. Overcurrent elements are processed at 1/4 cycle.

Metering Accuracy

Instantaneous Currents:	
5 A Model:	±2% ±0.10 A
1 A Model:	±2% ±0.02 A
Demand Currents:	
5 A Model:	±2% ±0.10 A
1 A Model:	±2% ±0.02 A

Differential Element

Unrestrained Pickup Range:	1-16 in per unit of TAP
Restrained Pickup Range:	0.1-1.0 in per unit of TAP
Pickup Accuracy (A secondary)	
5 A Model:	±5% ±0.10 A
1 A Model:	±5% ±0.02 A
Unrestrained Element Pickup Time (Min/Typ/Max):	0.8/1.1/2.0 cycles
Restrained Element (with harmonic blocking) Pickup Time (Min/Typ/Max):	1.6/1.7/2.3 cycles
Restrained Element (with harmonic restraint) Pickup Time (SEL-587-1) (Min/Typ/Max):	2.2/2.6/2.8 cycles

Harmonic Blocking Element

Pickup Range (% of fundamental):	5-100%
Pickup Accuracy (A secondary)	
5 A Model:	$\pm 5\% \pm 0.10$ A
1 A Model:	$\pm 5\% \pm 0.02$ A
Time Delay Accuracy:	$\pm 0.1\% \pm 0.25$ cycle

Instantaneous/Definite-Time Overcurrent Elements (Winding)

Pickup Range (A secondary)	
5 A Model:	0.5-30.0 A
1 A Model:	0.1-3.0 A
Pickup Accuracy (A secondary)	
5 A Model:	$\pm 5\% \pm 0.10$ A
1 A Model:	$\pm 5\% \pm 0.02$ A
Pickup Time	
(Typ/Max):	0.75/1.20 cycles
Time Delay Range:	0-10,000 cycles
Time Delay Accuracy:	$\pm 0.1\% \pm 0.25$ cycle
Transient Overreach:	<5% of pickup

Time Overcurrent Elements (Winding and Combined Current)

Pickup Range (A secondary)	
5 A Model:	0.50-10.00 A
1 A Model:	0.10-3.20 A
Pickup Accuracy (A secondary)	
5 A Model:	$\pm 5\% \pm 0.10$ A
1 A Model:	$\pm 5\% \pm 0.02$ A
Pickup Time	
(Typ/Max):	0.75/1.20 cycles
Curve	
U1 =	U.S. Moderately Inverse
U2 =	U.S. Inverse
U3 =	U.S. Very Inverse
U4 =	U.S. Extremely Inverse
C1 =	IEC Class A (Standard Inverse)
C2 =	IEC Class B (Very Inverse)
C3 =	IEC Class C (Extremely Inverse)
C4 =	IEC Long-Time Inverse

Time Dial Range

US Curves:	0.50-15.00, .01 step
IEC Curves:	0.05-1.00, .01 step
Timing Accuracy:	$\pm 4\% \pm 2\% (I_{pickup}/I_{set}) \pm 1.5$ cycles for current between 2 and 30 multiples of pickup. Curves operate on definite-time for current greater than 30 multiples of pickup or 16 times nominal.
Reset Characteristic:	Induction disk reset emulation or 1-cycle linear reset.

© 2010 by Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. All rights reserved.

All brand or product names appearing in this document are the trademark or registered trademark of their respective holders. No SEL trademarks may be used without written permission. SEL products appearing in this document may be covered by US and foreign patents.

Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. reserves all rights and benefits afforded under federal and international copyright and patent laws in its products, including without limitation software, firmware, and documentation.

The information in this document is provided for informational use only and is subject to change without notice. Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. has approved only the English language document.

This product is covered by the standard SEL 10-year warranty. For warranty details, visit www.selinc.com or contact your customer service representative.

SEL-587 Data Sheet

SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES

230 Rt. Hopkins Court • Pullman, WA 99163-5602 USA
Phone: +1509.332.8900 • Fax: +1509.332.7990
Internet: www.selinc.com • Email: info@selinc.com



Date Code 20100813

SIEMENS

SENTRON

Multímetro SENTRON PAC4200

Manual de sistema

<u>Introducción</u>	1
<u>Consignas de seguridad</u>	2
<u>Descripción</u>	3
<u>Uso práctico</u>	4
<u>Montaje</u>	5
<u>Conexión</u>	6
<u>Puesta en servicio</u>	7
<u>Manejo</u>	8
<u>Parametrizar</u>	9
<u>Reparaciones y mantenimiento</u>	10
<u>Datos técnicos</u>	11
<u>Dibujos dimensionales</u>	12
<u>Apéndice</u>	A
<u>Directivas ESD</u>	B
<u>Lista de abreviaturas</u>	C

09/2010
A5E02316180D-03

Descripción

3

3.1 Características

SETRON PAC4200 es un multímetro tipo central de medida para la visualización, el almacenamiento y el monitoreo de todos los parámetros de red relevantes en la distribución de energía eléctrica en baja tensión. Puede realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas, y puede utilizarse en redes (sistemas) en esquema TN, TT e IT de dos, tres o cuatro conductores.

Gracias a su diseño compacto en formato 96 x 96 mm, se adapta a cualquier recorte normalizado. SETRON PAC4200 mide cerca de 200 magnitudes eléctricas con valores mínimos, valores máximos y medias.

Gracias a su amplio rango de tensión de medición, SETRON PAC4200 con **fuentes de alimentación de amplio rango de entrada** puede conectarse a cualquier red de baja tensión con una tensión nominal de hasta 690 V (máx. 600 V para UL).

Para la variante con **fuentes de alimentación de muy baja tensión** está permitida la conexión directa a **redes de hasta 500 V**.

Pueden medirse tensiones superiores si se usan transformadores de tensión. Para la medición de corriente se pueden utilizar transformadores de corriente x/1 A o x/5 A.

La gran pantalla gráfica de cristal líquido permite la lectura incluso a grandes distancias. SETRON PAC4200 dispone de una retroiluminación ajustable para garantizar una lectura óptima incluso en condiciones lumínicas desfavorables.

Ofrece un manejo intuitivo para el usuario gracias a cuatro teclas de función, e información multilingüe en texto claro. Adicionalmente, el usuario experimentado dispone de una navegación directa que permite realizar una selección rápida del menú deseado.

SETRON PAC4200 ofrece una alta precisión de medida. Permite la captación y el almacenamiento de curvas de carga siguiendo diferentes métodos. Dispone de una serie de útiles funciones de monitoreo, diagnóstico y servicio técnico, un contador de tarifa doble de energía aparente, activa y reactiva, dos contadores universales y un contador de horas de funcionamiento para monitorizar los consumidores conectados.

SETRON PAC4200 guarda el consumo diario de energía aparente, activa y reactiva y la tarifa a lo largo de un año. Además, el multímetro posee un contador de energía aparente, activa y reactiva para medir el consumo de energía de un proceso de fabricación. Un contador propio de horas de funcionamiento determina la duración de este proceso. Para controlar los contadores de energía de proceso se utilizan las entradas digitales existentes.

Un completo sistema de avisos parametrizable permite el monitoreo específico del usuario de diversos eventos, por ejemplo, violaciones de límite o intervenciones de manejo.

La memoria de datos del dispositivo y el reloj interno están respaldados por pila.

Para la comunicación se puede utilizar la interfaz Ethernet 10/100 Mbits integrada o un módulo de ampliación opcional, por ej. el módulo SETRON PAC RS485 o el módulo SETRON PAC PROFIBUS DP.

SETRON PAC4200 dispone de dos entradas digitales multifuncionales y dos salidas digitales multifuncionales.

Con los módulos de ampliación opcionales SENTRON PAC 4DI/2DO es posible añadir a SENTRON PAC4200 hasta un máximo de 8 entradas digitales y 4 salidas digitales. Por lo tanto, se puede llegar a una configuración máxima de 10 entradas digitales y 6 salidas digitales. Las entradas y salidas digitales externas poseen las mismas funciones que las entradas y salidas digitales integradas. Gracias a la alimentación interna, las entradas y salidas digitales de los módulos de ampliación pueden utilizarse como interfaces S0 según IEC 62053-31. Esto permite, entre otras cosas, utilizar contactos simples aislados galvánicamente para conectar las entradas digitales.

La parametrización puede realizarse directamente en el dispositivo o con el software de configuración SENTRON powerconfig.

Para evitar accesos no autorizados se ha integrado un sistema de protección por clave.

Medición

- Derivación de más de 300 magnitudes medidas a partir de las magnitudes básicas con máximos y mínimos (función de aguja de arrastre).
- Con los bornes voltimétricos, el SENTRON PAC4200 con **fuentes de alimentación de amplio rango de entrada** puede conectarse directamente a redes industriales de 690 V (máx. 600 V para UL, categoría de medida III, grado de contaminación 2). Mayores tensiones si se usan transformadores de tensión.
- Con **fuentes de alimentación de muy baja tensión**, el SENTRON PAC4200 puede conectarse directamente a redes de hasta 500 V.
- Para transformadores de corriente x/1 A y x/5 A. Relación del transformador y sentido de corriente programables.
- Para redes de 2, 3 y 4 hilos. Apto para redes TN, TT e IT.
- Alta precisión de medida por ejemplo, clase de precisión 0,2 según IEC 61557-12 para la energía activa, lo que implica una precisión del 0,2% respecto a la medida en condiciones de referencia.
- Determinación del auténtico valor eficaz para tensión y corriente hasta el 63º armónico
- Medición en 4 cuadrantes (importación y exportación)
- Muestreo sin lagunas (en inglés: zero blind measurement)

Medias móviles

- Cálculo de las medias móviles para:
 - tensiones y corrientes;
 - factor de potencia por fase y total;
 - potencia aparente, activa y reactiva por fase y total.
- Máximo y mínimo de la media con la fecha y la hora en las que se han producido desde la puesta en servicio, el último reseteo o la última interrupción.
- Cálculo de la media (demanda) para la potencia reactiva Q_2 , la potencia reactiva Q_0 o la potencia reactiva total Q_{tot} , a discreción.
- Período de promediado configurable.

Promedios de todas las fases

- Cálculo de los promedios en todas las fases de la tensión y la corriente. El valor medio de un sistema de tres o cuatro conductores equivale a la media aritmética de los valores de cada una de las fases.
- Máximo y mínimo del valor medio con fecha y hora.

Contadores

- Un total de 10 contadores de energía totalizan la energía reactiva, aparente y activa, discriminando por tarifa baja y alta, importada y exportada.
 - Consumo diario de energía activa, reactiva y aparente y tarifa para 366 días.
 - 2 contadores universales configurables para el conteo de:
 - Violaciones de límite
 - Cambios de estado en la entrada digital
 - Cambios de estado en la salida digital
 - Impulsos de un generador de impulsos conectado, como por ejemplo de contadores de energía eléctrica, gas o agua. La forma del impulso y la respuesta en el tiempo deben corresponderse con la forma de señal según IEC 62053-31.
 - Contador de horas de funcionamiento para el monitoreo del tiempo de servicio de un consumidor conectado. Sólo cuenta para el recuento de energía por encima de un umbral ajustable.
 - Un contador de energía aparente, un contador de energía activa y un contador de energía reactiva que miden y muestran en pantalla la importación de energía total con independencia de la tarifa activa
 - Un contador de energía aparente, un contador de energía activa y un contador de energía reactiva que miden el consumo de energía de un proceso de fabricación. A través de una de las entradas digitales existentes es posible poner en marcha y parar los contadores de energía de proceso.
 - Contador de horas de funcionamiento para medir la duración de un proceso de fabricación. Este contador se pone en marcha y se para con las órdenes de arranque y parada de la entrada digital que controla el contador de energía de proceso.
 - Hasta 10 contadores si está equipado con módulos de ampliación SENTRON PAC 4DI/2DO para medir el consumo de cualquier fluido a través de entradas digitales. De este modo, a través de contadores simples con salida de impulsos es posible medir el consumo de gas, agua, aire comprimido, corriente, etc.
- Los textos visualizados se pueden parametrizar libremente a través del software de configuración *SETRON powerconfig*.

Visualización de contadores personalizable

- Hasta 5 pantallas de contadores rotulables individualmente

Interfaces

- Interfaz Ethernet integrada.
- Dos ranuras para el uso de módulos de ampliación opcionales.
SENTRON PAC4200 admite un módulo de comunicación como máximo, p. ej., SENTRON PAC PROFIBUS DP o SENTRON PAC RS485. La segunda ranura puede utilizarse para otros módulos de ampliación.

Gateway

Función gateway:
Permite el acceso a través de Ethernet a dispositivos que sólo admiten comunicación serie (RS 485).

- Modbus Gateway para integrar esclavos Modbus RTU en una red Ethernet (Ethernet Modbus TCP <=> RS 485 Modbus RTU)
- Gateway serie para conectar dispositivos RS 485 que admitan Modbus RTU y protocolos similares

Reloj interno del dispositivo

- Etiquetado de eventos con fecha/hora.
- Sincronización de la curva de carga como alternativa a la sincronización externa.
- Respaldo por pila.

Memoria persistente

- Memorización de curvas de carga.
- Memorización de eventos.
- Respaldo por pila.

Entradas y salidas

- Dos entradas digitales integradas multifuncionales para cambio de tarifa, sincronización horaria, sincronización del periodo de demanda, monitoreo de estado o totalización de impulsos de energía entregados por otros dispositivos.
- Dos salidas digitales integradas multifuncionales, programables a modo de salida de impulsos de energía activa o reactiva, para mostrar el sentido de rotación, el estado operativo del SENTRON PAC4200, la indicación de violaciones de límite o como salida lógica para telecontrol via PC.
- Hasta 2 módulos de ampliación conectables SENTRON PAC 4DI/2DO con las mismas funciones que las entradas y salidas digitales integradas
De ello resulta una configuración máxima de 10 entradas digitales y 6 salidas digitales.

Conexión

6

6.1 Consignas de seguridad

Consignas



⚠ PELIGRO
Tensiones peligrosas El no respeto de estas consignas tendrá como consecuencia la muerte, lesiones o daños materiales. Desconecte la alimentación eléctrica de la instalación y del dispositivo antes de comenzar a trabajar.

ATENCIÓN
Una tensión de red incorrecta puede destruir el dispositivo. Antes de conectar el dispositivo compruebe si la tensión de red coincide con la tensión indicada en la placa de características.

Nota

Personal calificado

En el sentido de los avisos y consignas de seguridad, se considera personal calificado a aquellas personas familiarizadas con los trabajos de montaje, instalación, puesta en servicio y operación del producto y que disponen de las calificaciones acordes a su actividad, p. ej.:

- capacitación o instrucción o permiso para operar y mantener aparatos/sistemas de acuerdo a los estándares de seguridad aplicables a circuitos eléctricos y aparatos.
- Capacitación o instrucción, de acuerdo a los estándares de seguridad, en la conservación y uso de los equipamientos de seguridad adecuados.
- Capacitación en primeros auxilios.

Ver también

Aplicar la tensión de medición (Página 111)

Aplicar de la corriente de medición (Página 112)

Aplicar la tensión de alimentación (Página 102)

Consignas de seguridad (Página 17)

Protección de la alimentación

 PRECAUCIÓN
<p>Si la alimentación no está protegida, pueden producirse daños en el multímetro o en la instalación.</p> <p>Proteja siempre la entrada del SETRON PAC4200 con fuente de alimentación de amplio rango de entrada:</p> <ul style="list-style-type: none">• Según IEC: con un magnetotérmico 0,5 A, curva C• Según IEC: con un fusible 0,6 A, CLASS CC conforme con UL. <p>Proteja siempre el SETRON PAC4200 con fuente de alimentación de muy baja tensión:</p> <ul style="list-style-type: none">• Según IEC: con un magnetotérmico 1,0 A, curva C• Según IEC: con un fusible 1,0 , CLASS CC conforme con UL.

Si se utiliza un fusible habrá que emplear el correspondiente portafusibles homologado por la IEC o autorizado por la UL.

Protección de las entradas amperimétricas



 PELIGRO
<p>Si los circuitos asociados al transformador de tensión están abiertos, se producirá choque eléctrico y descargas por arco eléctrico</p> <p>El no respeto de estas consignas tendrá como consecuencia la muerte, lesiones o daños materiales considerables.</p> <p>La corriente debe medirse únicamente con un transformador de corriente externo. NO proteja los circuitos con un fusible. No abra nunca bajo carga el circuito secundario del transformador de corriente. Antes de desmontar el aparato, cortocircuite los bornes secundarios del transformador de corriente. Observe las consignas de seguridad de los transformadores de corriente empleados.</p>

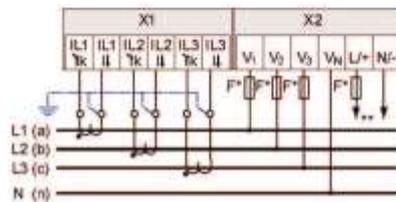
Protección de las entradas voltimétricas

PRECAUCIÓN
<p>Si las entradas de medición de tensión no están protegidas, pueden producirse daños en el multímetro y en la instalación.</p> <p>Proteja el dispositivo siempre con un fusible de 10 A homologado por la IEC o aprobado por la UL, un automático magnetotérmico de 10 A homologado por la IEC o aprobado por la UL o un dispositivo de protección adicional.</p> <p>No cortocircuite nunca las conexiones secundarias de los transformadores de tensión.</p>

Ejemplos de conexión

(1) medición trifásica, cuatro conductores, carga desbalanceada, sin transformador de tensión, con tres transformadores de corriente

Tipo de conexión 3P4W



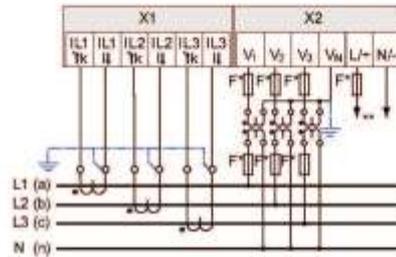
* Los fusibles deben preverse en la instalación.

** Conexión de la tensión de alimentación

Imagen 6-9 Tipo de conexión 3P4W, sin transformador de tensión, con tres transformadores de corriente

(2) medición trifásica, cuatro conductores, carga desbalanceada, con transformador de tensión, con tres transformadores de corriente

Tipo de conexión 3P4W



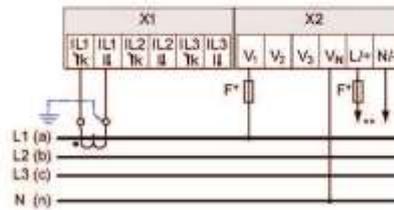
* Los fusibles deben preverse en la instalación.

** Conexión de la tensión de alimentación

Imagen 6-10 Tipo de conexión 3P4W, con transformador de tensión, con tres transformadores de corriente

(3) medición trifásica, cuatro conductores, carga balanceada, sin transformador de tensión, con un transformador de corriente

Tipo de conexión 3P4WB

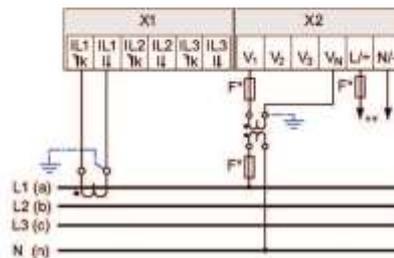


- * Los fusibles deben preverse en la instalación.
- ** Conexión de la tensión de alimentación

Imagen 6-11 Tipo de conexión 3P4WB, sin transformador de tensión, con un transformador de corriente

(4) medición trifásica, cuatro conductores, carga balanceada, con transformador de tensión, con un transformador de corriente

Tipo de conexión 3P4WB



- * Los fusibles deben preverse en la instalación.
- ** Conexión de la tensión de alimentación

Imagen 6-12 Tipo de conexión 3P4WB, con transformador de tensión, con un transformador de corriente

Puesta en servicio

7

7.1 Resumen

Requisitos

1. La pila se ha colocado en el compartimiento al efecto del dispositivo.
2. El dispositivo debe haberse montado.
3. El dispositivo se ha conectado conforme a los tipos de conexión posibles.
4. El cable Ethernet se ha conectado.
5. Se han montado los módulos de ampliación opcionales. Si SENTRON PAC4200 va a utilizarse con uno o dos módulos de ampliación, el montaje de los módulos debe realizarse antes de la puesta en servicio de SENTRON PAC4200.

Pasos para la puesta en servicio del dispositivo

1. Aplicar la tensión de alimentación
2. Parametrizar el dispositivo
3. Aplicar la tensión de medición
4. Aplicar de la corriente de medición
5. Comprobar los valores medidos mostrados
6. Compruebe la polaridad y la asignación de fases de los transformadores de medida.

ATENCIÓN

Comprobar las conexiones

Una conexión incorrecta puede ocasionar funcionamientos anómalos y la falla del dispositivo.

Antes de la puesta en servicio de SENTRON PAC4200, compruebe todas las conexiones para asegurarse de que se han llevado a cabo correctamente.

7.2 Aplicar la tensión de alimentación

El SENTRON PAC4200 está disponible con:

- Una fuente de alimentación de amplio rango de entrada AC/DC.
- Una fuente DC de muy baja tensión.

Para el servicio del dispositivo se precisa de una tensión de alimentación. Consulte el tipo y la magnitud de la alimentación posible en los datos técnicos o la placa de características.

PRECAUCIÓN

Una conexión de red incorrecta puede destruir el multímetro.

En caso de no observación pueden aparecer daños en el dispositivo y la instalación.

Los valores límite indicados en los datos técnicos y en la placa de características no se deben rebasar; tampoco durante la puesta en servicio y comprobación del dispositivo. Cuando conecte la tensión continua para alimentación, respete la polaridad correcta.

Protección de la alimentación

PRECAUCIÓN

Si la alimentación no está protegida, pueden producirse daños en el multímetro o en la instalación.

Proteja siempre la entrada del **SETRON PAC4200** con **fuente de alimentación de amplio rango de entrada**:

- Según IEC:
con un magnetotérmico 0,5 A, curva C.
- Según IEC:
con un fusible 0,6 A, CLASS CC conforme con UL.

Proteja siempre el **SETRON PAC4200** con **fuente de alimentación de muy baja tensión**:

- Según IEC:
con un magnetotérmico 1,0 A, curva C.
- Según IEC:
con un fusible 1,0 , CLASS CC conforme con UL.

Si se utiliza un fusible habrá que emplear el correspondiente portafusibles homologado por la IEC o autorizado por la UL. Adicionalmente se deberá conectar aguas arriba un aparato de seccionamiento adecuado para dejar el dispositivo sin corriente y sin tensión.

No utilice el transformador de tensión como fuente de alimentación.

Datos técnicos

11.1 Datos técnicos

Configuración del dispositivo

- 2 ranuras para un máximo de 2 módulos de ampliación opcionales
- 2 entradas digitales optoaisladas con un borne común
- 2 salidas digitales optoaisladas con un borne común
- 1 interfaz Ethernet, conector RJ45 para conexión a PC o red

Medición

Sólo para la conexión a sistemas de corriente alterna		
Método de medición		
	Para medición de tensión	Medición de auténtico valor eficaz (TRMS) hasta el 63º armónico
	Para medición de corriente	Medición de auténtico valor eficaz (TRMS) hasta el 63º armónico
Adquisición de valores medidos		
	Energía	Continua (Zero Blind Measuring)
	Corriente, tensión	Continua (Zero Blind Measuring) Posibilidad de ajuste de la actualización de los valores de la pantalla: 330 ... 3000 ms
	Forma de onda	Senoidal o distorsionada
	Frecuencia de la onda fundamental	50/60 Hz
	Modo de operación de la adquisición de valores medidos	Detección automática de frecuencia de red

Entradas de medida para tensión

Tabla 11-1 Dispositivo con fuente de alimentación de amplio rango de entrada

Tensión L-N	AC 3~400 V (+ 20 %), máx. 347 V para UL	Categoría de medida CAT III
Tensión L-L	AC 3~690 V (+ 20 %), máx. 600 V para UL	Categoría de medida CAT III

Tabla 11-2 Modelo con fuente de muy baja tensión

Tensión L-N	AC 3~289 V (+ 20 %)	Categoría de medida CAT III
Tensión L-L	AC 3~500 V (+ 20 %)	Categoría de medida CAT III

Datos técnicos

11.1 Datos técnicos

Tabla 11- 3 Valores para modelo con fuente de rango amplio y para modelo con fuentes de muy baja tensión

Tensión mín. que se puede medir	Tensión L-N	AC 3~ 57 V – 80%
	Tensión L-L	AC 3~ 100 V – 80%
Tensión soportada a la onda de choque		> 9,5 kV (1,2/50 µs)
Categoría de medida		según IEC / UL 61010 Parte 1
Resistencia de entrada (L-N)		1,05 MΩ
Consumo de potencia por fase		máx. 220 mW

Entradas de medida para corriente

Sólo para conexión a sistemas de corriente alterna mediante transformadores de corriente externos		
Corriente de entrada I _e		
	Intensidad asignada 1	AC 3~ x/1 A
	Intensidad asignada 2	AC 3~ x/5 A
Rango de medida ¹⁾ de la intensidad		10% ... 120% de la intensidad asignada
Rango de medida ¹⁾ de la medición de potencia		1% ... 120% de la intensidad asignada
Sobrecarga de choque soportable		100 A durante 1 s
Máx. intensidad permanente admisible		10 A
Consumo de potencia por fase		4 mVA a 1 A 115 mVA a 5 A
Supresión de cero		0 ... 10% de la intensidad asignada

1) El rango de medida es el margen de precisión que se aplica a los datos

Precisión de medida

Magnitud medida	Clase de precisión según IEC 61557-12
Valor eficaz de las tensiones (L-L, L-N)	0,2
Valor eficaz de las corrientes de fase y de la corriente por el neutro	0,2
Potencia aparente	0,5
Potencia activa	0,2
Potencia reactiva total (Q _{ix})	1,0
Potencia reactiva (Q _r)	1,0
Potencia reactiva (Q _i)	1,0
Cos φ	0,2 % ¹⁾
Factor de potencia	2,0
Ángulo de fase	±/-1° ¹⁾
Frecuencia	0,1
Energía aparente	0,5
Energía activa	0,2
Energía reactiva	2,0
THD en tensión respecto a la fundamental	2,0

THD en corriente respecto a la fundamental	2,0
Desbalance de tensión respecto a amplitud y fase	0,5
Desbalance de corriente respecto a amplitud y fase	0,5 ¹⁾
3er a 31º armónico de tensión impar respecto a la fundamental	2,0
3er a 31º armónico de corriente impar referido a la fundamental	2,0

¹⁾ La norma IEC 61557-12 no indica ninguna clase de precisión para estas magnitudes. Las indicaciones se refieren a la desviación máx. del valor real.

En caso de medición a través de transformadores de corriente o tensión externos, la calidad de dichos transformadores influye de forma determinante en la precisión de la medición.

Alimentación

Tipo de alimentación		Fuente de alimentación de amplio rango de entrada AC/DC
	Rango nominal	95 ... 240 V AC (50 / 60 Hz) o 110 ... 340 V DC
Tipo de alimentación		Fuente DC de muy baja tensión ¹⁾
	Rango nominal	24 V, 48 V y 60 V DC ó 22 ... 65 V DC
Área de trabajo		± 10 % del rango nominal
Consumo		
	Sin módulo de ampliación	Típico 11 VA AC, 5,5 W DC
	Con 2 módulos de ampliación	máx. 32 VA AC, máx. 11 W DC
Categoría de sobretensión		CAT III

¹⁾ El respeto de la resistencia a tensiones de choque (1 kV línea-línea y 2kV línea-tierra) según DIN EN 61000-4-5 deberá asegurarse mediante elementos de protección externos.

Pila

Tipos	BR2032 CR2032 (no recargable) Homologada conforme a UL1642
Tensión nominal	3 V
Intensidad de descarga nominal	0,2 mA
Corriente de retorno a la pila mínima permitida	5 mA
Temperatura ambiente	La pila debe estar diseñada para soportar al menos 70 °C.
Vida útil	5 años en las siguientes condiciones: 2 meses de respaldo al año a 23 °C, 10 meses de funcionamiento continuo al año a la temperatura ambiente máxima permitida