

**PRUEBAS DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LAS
FUNCIONES DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA EN RELÉS DE PROTECCIÓN
NUMÉRICOS**

DIEGO FERNANDO FREIRE CORAL



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
SANTIAGO DE CALI
2011**

**PRUEBAS DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LAS
FUNCIONES DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA EN RELÉS DE PROTECCIÓN
NUMÉRICOS**

DIEGO FERNANDO FREIRE CORAL

**Proyecto de grado presentado ante el programa de pregrado
en Ingeniería Eléctrica como requisito para optar
al título de Ingeniero Electricista**

Directores

**GLADYS CAICEDO DELGADO
Ingeniera Electricista Ph.D.**

**FRANCISCO JAVIER MURCIA
Ingeniero Electricista M.Sc.**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
SANTIAGO DE CALI
2011**

Nota de aceptación

Ing. Fabián Fernando Díaz Chindoy

Ing. Luis Alfredo Esteves Meneses

Santiago de Cali, Agosto de 2011.

DEDICATORIA

*Al tiempo el segundo peor enemigo del hombre; el
primero, es el mismo.*

Diego Freyre

*“El niño es realista; el muchacho, idealista;
el hombre, escéptico, y el viejo, místico”*

Johann Wolfgang Goethe

Creo que es preciso tener de todos un poco.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mi familia por el constante apoyo a lo largo de mi carrera y principalmente en la culminación de este proyecto.

Le agradezco a la Profesora Gladys Caicedo por darme la oportunidad de realizar este proyecto y por sus enseñanzas a nivel personal y académico a lo largo de este periodo de trabajo.

Les agradezco a todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica que en su momento me brindaron conocimientos que fueron de gran ayuda no solo en el desarrollo de este proyecto sino también en el transcurso de mi vida.

Le agradezco al Ingeniero Francisco Murcia por brindarme la oportunidad de realizar las pruebas de campo de este proyecto en el Laboratorio de Pruebas ubicado en las instalaciones de la Empresa de Energía del Pacífico EPSA E.S.P.

Un agradecimiento especial al Ingeniero Fabián Díaz por su colaboración y disposición en el transcurso del proyecto.

Le agradezco al Ingeniero Luis Esteves por su colaboración a lo largo del proyecto.

A los compañeros que compartieron tantos momentos en la academia y que hicieron más agradable el paso por la universidad, Gracias.

CONTENIDO

1 FUNCIONES DE PROTECCIÓN DE LOS RELÉS NUMÉRICOS [1]	3
1.1. PROTECCIÓN DIFERENCIAL (87G/87M/87T)	3
1.1.1. Principio Básico	3
1.1.2. Explicación de la lógica de disparo	6
1.1.3. Curva característica de disparo	7
1.1.4. Requisitos de los Transformadores de Medida de Corriente	9
1.2. SOBRE CORRIENTE DE TIEMPO DEFINIDO (con sello de tensión) (50/51)	9
1.2.1. Descripción del Funcionamiento	10
1.2.1.1. Escalón $I >$	10
1.2.1.2. Retención de Sub Tensión	10
1.2.1.3. Explicación de la lógica de disparo	12
1.3. PROTECCIÓN DE DISTANCIA (Impedancia) (21)	12
1.3.1. Descripción del funcionamiento	13
1.3.1.1. Arranque	13
1.3.1.2. Retención por Sub Tensión	13
1.3.1.3. Característica de disparo	15
1.3.1.4. Explicación de la lógica de disparo	16
1.4. PROTECCIÓN DE SOBRE EXCITACIÓN (24)	19
1.4.1. Descripción del Funcionamiento	19
1.4.2. Características	20
1.4.3. Explicación de la lógica de disparo	22
1.5. PROTECCIÓN DE POTENCIA INVERSA (32R)	23
1.5.1. Descripción de Funcionamiento	24
1.5.1.1. Detección de la potencia inversa	24
1.5.1.2. Tiempo de sostenimiento de arranque	24
1.5.1.3. Orden de disparo	25

1.5.1.4.	Explicación de la lógica de disparo	26
1.6.	PROTECCIÓN DE SUB TENSIÓN (27)	26
1.6.1.	Descripción del Funcionamiento.....	27
1.6.1.1.	Modo de Función.....	27
1.6.1.2.	Explicación de la lógica de disparo	28
1.7.	PROTECCIÓN DE SOBRE TENSIÓN (59).....	29
1.7.1.	Descripción del Funcionamiento.....	29
1.7.1.1.	Modo de Función.....	29
1.7.1.2.	Explicación de la lógica de disparo	30
1.8.	PROTECCIÓN CONTRA ENERGIZACIÓN ACCIDENTAL (50, 27)	31
1.8.1.	Descripción del Funcionamiento.....	31
1.8.1.1.	Criterios.....	31
1.8.1.2.	Explicación de la lógica de disparo	33
1.9.	PROTECCIÓN DE FRECUENCIA (81)	33
1.9.1.	Descripción del Funcionamiento.....	34
1.9.1.1.	Aumento/disminución de la frecuencia.....	34
1.9.1.2.	Rangos de trabajo.....	35
1.9.1.3.	Tiempos/lógica	35
1.9.1.4.	Explicación de la lógica de disparo	36
2	EQUIPO DE PRUEBA OMICRON CMC 356	38
2.1.	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO [2].....	38
2.2.	CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE [2].....	39
2.2.1.	Componentes del Sistema.....	39
2.2.2.	Utilización de los cables de conexión de manera segura	39
2.2.2.1.	Adaptador de cables de prueba para enchufes no seguros	39
2.2.3.	Cables de prueba normales para enchufes de seguridad	41
2.2.3.1.	Adaptadores de terminal.....	42
2.2.3.2.	Adaptadores para patilla de cable M4 (0.15 pulgadas).....	42
2.2.3.3.	Adaptadores para patilla de cable M5 (0.20 pulgadas).....	43

2.2.4. Inicio del Sistema de Prueba.....	44
2.2.5. Instalación y Función.....	46
2.2.5.1. Diagrama de bloques	46
2.2.5.2. Generación de Señales	52
2.2.6. Conexiones e Interfaces	53
2.2.6.1. Conexiones del panel frontal	53
2.2.6.2. Conexiones del panel posterior.....	54
2.3. CARACTERÍSTICAS DE SOFTWARE [3].....	56
2.3.1. Control Center (OCC).....	57
2.3.2. Módulos de ayuda de Control Center	58
2.3.3. Herramientas de prueba	58
2.3.4. Adicionales	59
2.4. MÓDULOS DE PRUEBA DE LA UNIDAD CMC 356 [3]	60
2.4.1. QuickCMC	60
2.4.2. Ramping	60
2.4.3. Pulse Ramping.....	61
2.4.4. State Sequencer	61
2.4.5. Overcurrent	62
2.4.6. Autoreclosure	62
2.4.7. Distance.....	62
2.4.8. Differential	63
2.4.9. CB Configuration	64
3 IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRUEBAS DE CAMPO	65
3.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS BORNES	65
3.2. FUNCIONES DE PROTECCIÓN	68
3.2.1. Información básica del dispositivo	68
3.2.2. Quick CMC.....	70
3.2.3. Protección Diferencial (87G/87M/87T).....	71
3.2.3.1. Configuración en el relé.....	72

3.2.3.2.	Característica de operación diferencial	78
3.2.3.3.	Configuración de la protección diferencial	80
3.2.3.4.	Restricción de armónicos	82
3.2.3.5.	Característica del tiempo de disparo	83
3.2.4.	Sobre corriente de tiempo definido (con sello de tensión) (50/51)	85
3.2.4.1.	Arranque por sobre corriente.....	86
3.2.4.2.	Disparo por sobre corriente.....	87
3.2.4.3.	Disparo por sobre corriente con el sello de sub tensión.....	89
3.2.5.	Protección de distancia (Impedancia) (21)	90
3.2.5.1.	Configuración en el relé	91
3.2.5.2.	Arranque por corriente.....	94
3.2.5.3.	Protección avanzada de distancia.....	94
3.2.6.	Protección de potencia inversa (32R)	99
3.2.6.1.	Arranque.....	99
3.2.6.2.	Disparo por potencia inversa $P_{inv} >$	102
3.2.7.	Protección de sub tensión (27)	103
3.2.7.1.	Arranque de los escalones $U <$ y $U <<$	103
3.2.7.2.	Disparo de los escalones $U <$ y $U <<$	103
3.2.8.	Protección de sobre tensión (59).....	104
3.2.8.1.	Arranque de los escalones $U >$ y $U >>$	104
3.2.8.2.	Disparo de los escalones $U >$ y $U >>$	105
3.2.9.	Protección contra energización inadvertida (50, 27).....	105
3.2.9.1.	Secuencia de operación de energización inadvertida.....	106
3.2.9.2.	Secuencia de operación de energización inadvertida sin disparo por tiempo	106
3.2.9.3.	Secuencia de operación de energización inadvertida sin disparo por corriente	107
3.2.9.4.	Secuencia de operación de energización inadvertida por tensión	108
3.2.10.	Protección de frecuencia (81)	108
3.2.10.1.	Arranque.....	109

3.2.10.2. Disparo.....	109
3.2.11. Protección de sobre excitación (24)	110
3.2.11.1. Arranque de los escalones $U/f>$ y $U/f>>$ por tensión.....	110
3.2.11.2. Secuencia de disparo $U/f>>$	112
3.2.11.3. Arranque de los escalones $U/f>$ y $U/f>>$ por frecuencia	112
BIBLIOGRAFÍA.....	114
CONCLUSIONES.....	115
ANEXO A.....	116
CONVENCIONES PARA DIAGRAMAS LÓGICOS (CAPÍTULO II) [1].....	116
ANEXO B.....	118
AJUSTES RELÉ SIEMENS 7UM622 – UNIDAD 2 – ALTO ANCHICAYÁ.....	118
ANEXO C.....	131
DIAGRAMAS DE CONEXIÓN PARA RELÉS	131

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1.1. Selección del bucle de medida.	14
Tabla 1.2. Reproducción de la falla y falla de medición en el lado del generador con fallas en la red.	14

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1. Principio básico de la protección diferencial (representación monofásica) (I_{px} = corriente primaria, I_x = corriente secundaria).	4
Figura 1.2. Diagrama lógico de la lógica de disparo de la protección diferencial.	5
Figura 1.3. Parámetro determinante para la forma de la curva característica de disparo.	7
Figura 1.4. Diagrama lógico del escalón de sobre corriente $I >$ arranque por sub tensión.	11
Figura 1.5. Característica de disparo de la protección de impedancia.	15
Figura 1.6. Diagrama lógico de la etapa de arranque de la protección de impedancia.	17
Figura 1.7. Diagrama lógico de la protección de impedancia.	18
Figura 1.8. Zona de disparo de la protección de sobre excitación.	21
Figura 1.9. Diagrama lógico de la protección de sobre excitación.	22
Figura 1.10. Diagrama lógico de la protección de potencia inversa.	25
Figura 1.11. Diagrama lógico de la protección de sub tensión.	28
Figura 1.12. Diagrama lógico de la protección de sobre tensión.	30
Figura 1.13. Diagrama lógico de la protección contra energización accidental (Dead Machine Protection).	32
Figura 1.14. Diagrama lógico de la protección de frecuencia.	36
Figura 2.1. Unidad CMC 356 OMICRON. (Panel frontal).	38
Figura 2.3. Mala utilización del cable en un enchufe de seguridad.	40
Figura 2.2. Adaptador de cables de prueba para enchufes no seguros.	40

Figura 2.4. Modo correcto de conexión.	41
Figura 2.5. Modo de conexión con cables de prueba normales.	41
Figura 2.6. Conexión con los adaptadores de terminal.	42
Figura 2.7. Conexión con adaptadores de patilla de cable M4.	43
Figura 2.8. Conexión con adaptadores para patilla de cable M5.	44
Figura 2.9. Conexión de la unidad CMC 356 al ordenador.	45
Figura 2.10. Diagrama de bloques principal de la unidad CMC 356.	47
Figura 2.11. Amplificador de tensión (salidas de tensión).	48
Figura 2.12. Grupos de salidas de corriente A y B del CMC 356.	49
Figura 2.13. Entradas binarias/analógicas 1-10.	50
Figura 2.14. Salidas binarias.	50
Figura 2.15. Potencia CC para equipos en prueba (AUX DC).	51
Figura 2.16. Vista frontal de la unidad CMC 356.	53
Figura 2.17. Vista posterior de la unidad CMC 356.	55
Figura 2.18. Ventana principal del software Protection Package.	57
Figura 3.1. Plano de conjunto 7UM622 (montaje empotrable en panel de control o armario).	66
Figura 3.2. Distribución de bornes de la unidad OMICRON CMC 356.	67
Figura 3.3. Propiedades de la plantilla del documento de prueba.	69
Figura 3.4. Módulo de prueba Quick CMC.	70
Figura 3.5. Configuración diferencial del objeto a proteger.	72
Figura 3.6. Configuración diferencial del TC.	73
Figura 3.7. Configuración diferencial del dispositivo de protección.	73

Figura 3.8. Configuración de la característica diferencial.	74
Figura 3.9. Configuración de restricción de armónicos.	74
Figura 3.10. Modo Search Test del módulo Diff Operating Test.	79
Figura 3.11. Configuración de la pestaña Test Data del módulo Diff Configuration.	81
Figura 3.12. Modo Search Test del módulo Diff Harmonic Restraint.	83
Figura 3.13. Módulo Diff Trip Time Characteristic, pestaña Test.	84
Figura 3.14. Modo Test View del módulo Ramping.	86
Figura 3.15. Modo Activate Measurement View del módulo Ramping.	87
Figura 3.16. Modo Activate table view del módulo State Sequencer.	88
Figura 3.17. Modo Activate Measurement View del módulo State Sequencer.	89
Figura 3.18. Pestaña System Settings de la configuración del relé.	91
Figura 3.19. Pestaña Zone Settings de la configuración del relé.	93
Figura 3.20. Modo Check Test del módulo Advanced Distance.	96
Figura 3.21. Modo Search Test del módulo Advanced Distance.	97
Figura 3.22. Modo Shot Test del módulo Advanced Distance.	98

RESUMEN

En este proyecto de grado se realiza la estructura de diferentes pruebas realizadas a diferentes funciones de protección a un relé numérico de protección eléctrica, planteando los principios teóricos de cada procedimiento. Cada prueba presenta los criterios de evaluación y ajuste, además de la plantilla del protocolo de prueba configurado en el software del equipo de prueba, la cual contiene los resultados obtenidos en las pruebas realizadas.

Este documento es básicamente el resultado de un manual de procedimientos en donde se instruye al lector de cómo configurar cada prueba del relé numérico. Anexo también a este documento se encuentra la plantilla del protocolo de prueba como también los grupos de ajustes para los datos del objeto a proteger y de las funciones de protección a probar.

Este instructivo se desarrolló empleando el equipo para pruebas de relés OMICRON CMC 356 el cual aplica para los relés numéricos ubicados en la Central Hidroeléctrica Alto Anchicayá. El relé numérico empleado en el desarrollo de este documento es el relé SIEMENS 7UM622.

Palabras clave: Relé de protección, Relé numérico, Protocolo de pruebas, Pruebas de campo, OMICRON CMC 356, SIEMENS 7UM622.

INTRODUCCIÓN

Los elementos de un sistema eléctrico de potencia siempre están expuestos a fallas ya sean internas o externas, es en esta situación en que los sistemas de protección eléctricos muestran su efectividad en el momento de proteger cada equipo del sistema realizando la respectiva desconexión del sistema en el menor tiempo posible. La protección se debe hacer de acuerdo a un atinado criterio de protección el cual debe tener un minucioso ajuste de las variables empleadas y de los equipos utilizados en el procedimiento de protección.

Para obtener un buen desempeño de los relés numéricos de protección se deben realizar una serie de pruebas a cada una de sus funciones las cuales están implementadas en condiciones normales como anormales del sistema.

A demás del procedimiento de configuración del protocolo de prueba, en este documento se presenta en el capítulo I la documentación teórica de las funciones de protección a probar, en el capítulo II la descripción del equipo de prueba y en el capítulo III la explicación e implementación de las pruebas de campo.

Por esto, se plantea un esquema para la gestión de los ensayos realizados a los equipos de protecciones eléctricas, presentando una herramienta que entrega información técnica, eficaz y oportuna a los requerimientos del personal encargado del mantenimiento e inspección de los relés numéricos de protección asociados a las centrales de generación.

La herramienta es un manual de procedimientos anexa en formato digital que facilita la introducción de información para nuevos ensayos, los cuales se pueden comparar con la información anterior, utilizando un sistema de información básico, de tal forma que permite evaluar la condición y comportamiento del equipo al cual se le realiza la medición. El personal técnico encargado del mantenimiento de los relés de protección dispone de este documento que describe los ensayos, sus objetivos y procedimientos. Con un sistema de información estructurado brindado por la herramienta y con la información técnica contenida en este documento; los análisis de los ensayos se harán de una manera más efectiva. También se adjunta en este documento en formato digital los datos técnicos del relé (Anexo D).

1 FUNCIONES DE PROTECCIÓN DE LOS RELÉS NUMÉRICOS [1]

En este capítulo se presentan las funciones de protección del relé SIEMENS SIPROTEC 7UM622 para protección de máquinas que se encuentran habilitadas en la Central Hidroeléctrica de Alto Anchicayá.

1.1. PROTECCIÓN DIFERENCIAL (87G/87M/87T)

La protección diferencial digital en el 7UM62 es una protección rápida y selectiva contra cortocircuito para generadores, motores y transformadores. El campo de aplicación respectivo se puede configurar de tal manera que se logre una adaptación óptima al objeto que se pretende proteger.

La zona protegida se limita selectivamente en sus extremos por medio de los transformadores de medida de corriente.

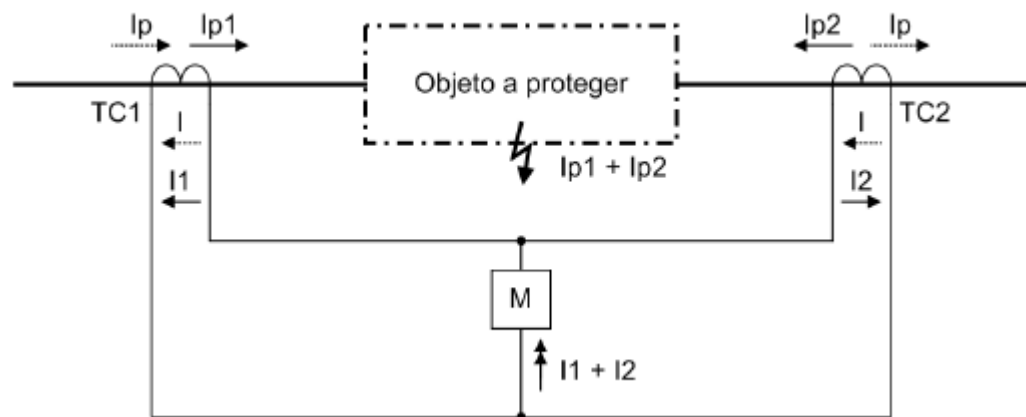
1.1.1. Principio Básico

La protección diferencial está basada en una comparación de corrientes. Durante el funcionamiento normal, la corriente que entra en el objeto a proteger es igual a la corriente que sale (corriente I_p , punteada en la figura 1.1).

Si los arrollamientos secundarios de los transformadores de medida de corriente TC1 y TC2 (suponiendo relaciones de transformación iguales), se unen formando un circuito cerrado, y en el enlace transversal se intercala un elemento de medida M, entonces se reproduce en éste la diferencia de corrientes. Durante el funcionamiento sin falla (por ejemplo en caso de carga), no fluye corriente a través del elemento de medida. En caso de producirse una falla en el objeto a proteger, fluye por el primario la suma de corrientes $I_{p1}+I_{p2}$. Las corrientes secundarias I_1 o I_2 fluyen como suma de corrientes I_1+I_2 a través del elemento de medida M. Por lo tanto, al producirse un cortocircuito dentro de la zona protegida, en el que fluya una corriente de falla suficiente para activar la respuesta del elemento de medida

M, según la figura 1.1, da lugar a que la protección pueda reaccionar con seguridad.

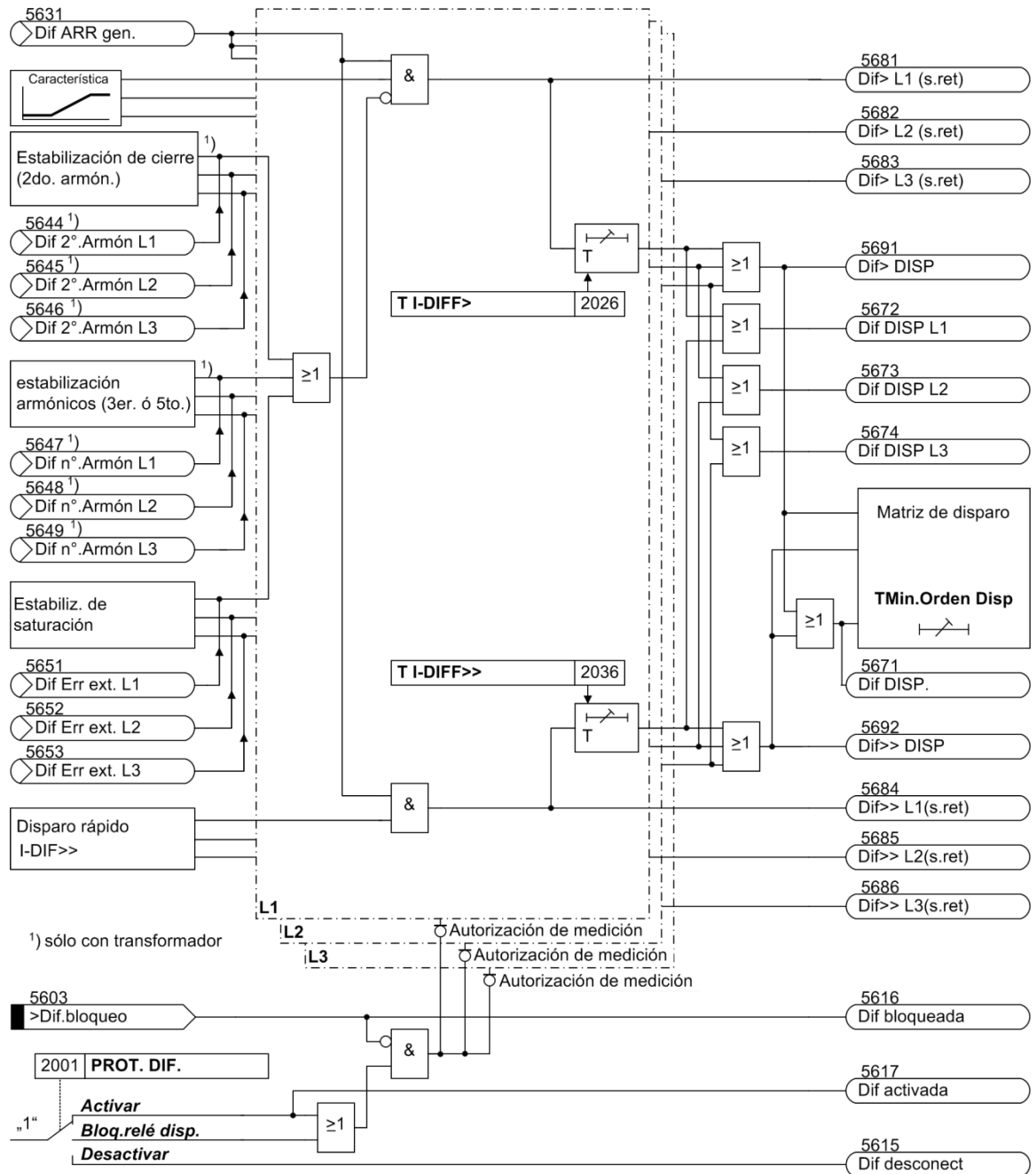
Figura 1.1. Principio básico de la protección diferencial (representación monofásica) (I_{px} = corriente primaria, I_x = corriente secundaria).



Tomado de [1].

A continuación se explica la lógica de disparo representada en la figura 1.2.

Figura 1.2. Diagrama lógico de la lógica de disparo de la protección diferencial.



Tomado de [1].

1.1.2. Explicación de la lógica de disparo

La figura 1.2 representa el diagrama lógico de la protección diferencial la cual se hace para cada una de las tres fases (L1, L2 y L3). Las señales de entrada por cada fase en esta función de protección son: La curva característica de disparo (ver figura 1.3), la estabilización de cierre por 2° armónico, la estabilización por saturación, la estabilización de armónicos (3° o 5° armónico)¹ y el escalón de disparo rápido I-DIFF>>. Para activar la salida correspondiente al arranque del escalón Dif> se requiere cualquiera de las entradas por estabilización de armónicos o la estabilización por saturación, pero estas deben ir negadas ya que no se desea que este evento ocurra para el funcionamiento de la protección, junto a estas entradas es imperativo tener activada la entrada de la característica diferencial. Una vez se haya dado el arranque del escalón Dif> se contabiliza un tiempo de retardo ajustable T I-DIFF> y al término de este el escalón Dif> efectúa el disparo como se puede ver en la salida Dif> DISP del diagrama lógico.

Para efectuar el disparo de la salida Diff>> se debe activar la entrada correspondiente al escalón de disparo rápido I-DIFF>>. Cuando ya se ha activado esta entrada se contabiliza un tiempo de retardo ajustable T I-DIFF>> y al término de este tiempo la salida Dif>> DISP efectúa el disparo de la protección.

De esta manera se tiene dos posibilidades de disparo de la protección diferencial, la una por el escalón Dif> que requiere de arranque y un tiempo de retardo y la otra posibilidad con disparo rápido Dif>> que sólo requiere de un tiempo de retardo. Estas dos posibilidades de disparo funcionan protección de respaldo entre sí en caso de fallar una de ellas.

La función se bloquea cuando la dirección 2001 escoge la opción Bloq.relé disp.

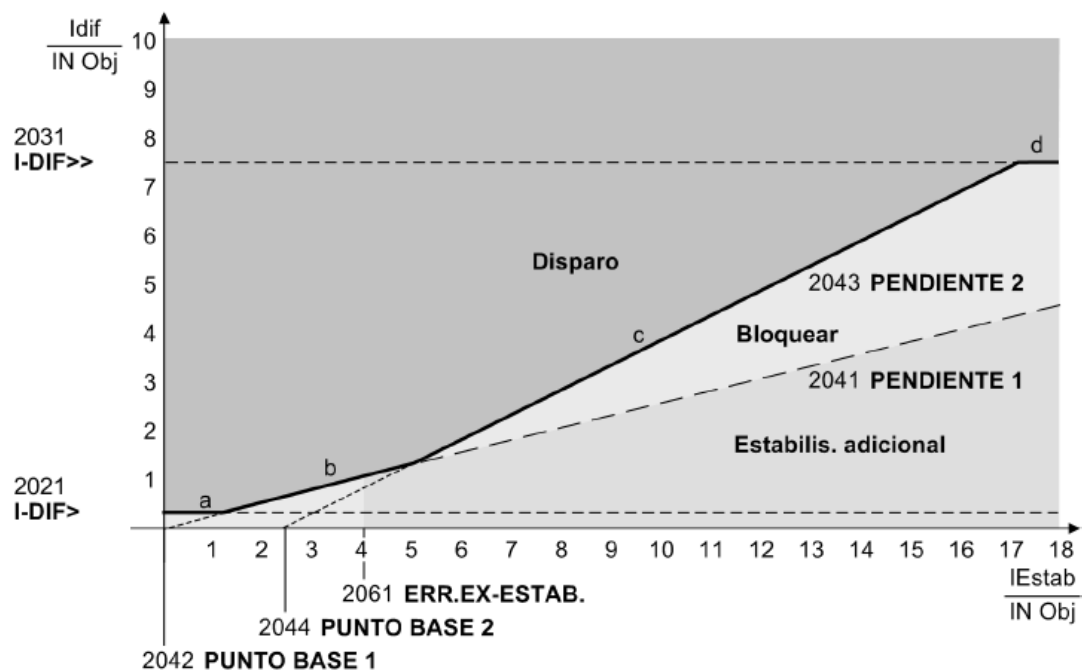
¹ Las estabilizaciones por armónicos solo se deben activar en el caso de protección a transformadores. Para los generadores se activa la entrada binaria correspondiente a la estabilización por saturación.

1.1.3. Curva característica de disparo

Los parámetros de la curva característica de disparo se ajustan en las direcciones 2021 a 2044². El significado de los parámetros se deduce de la figura 1.3. Los números que figuran en los ramales de las curvas características son las direcciones de los parámetros.

Dirección 2021 I-DIF> es el valor de respuesta para la corriente diferencial. El valor de respuesta está referido a la corriente nominal del generador o del motor. Para generadores y motores se recomienda un ajuste entre 0,1 y 0,2.

Figura 1.3. Parámetro determinante para la forma de la curva característica de disparo.



Tomado de [6].

² Nota: De aquí en adelante cuando se mencione el término direcciones (por ejemplo 2021, 2044), se refiere a indicaciones o entradas binarias que se introducen a través de software del relé y que aparecen en el Anexo D para cada instrucción de ajuste de las funciones de protección.

Además del umbral de respuesta I-DIF> se dispone de un segundo umbral de respuesta. Al superarse este umbral (2031 I-DIF>>) se reconoce el disparo con independencia de la magnitud de la corriente de estabilización (nivel de disparo rápido no estabilizado). Este nivel debe ajustarse superior a I-DIF>. Recomendación: Ajustar por encima del valor estacionario de la corriente de cortocircuito transitoria, es decir:

$$I - DIFF \gg > \frac{1}{X'_d} * I_N, \quad \text{Generador} \quad (\text{Ecuación 1.1})$$

Con valores para x'_d entre 0,15 y 0,35 se obtienen unos valores de ajuste para IDIF>> de aproximadamente (3 a 7) · I_N , del generador.

La curva característica de disparo se compone de otras dos ramas. La dirección 2041 **PENDIENTE 1** determina la pendiente de la primera rama, cuyo punto de inicio viene determinado por el parámetro 2042 **PUNTO BASE 1**. Esta rama tiene en cuenta las corrientes falsas proporcionales a la corriente. Se trata principalmente de los errores de conversión de los transformadores de corriente principales y de los transformadores de entrada. Con transformadores de medida de corriente idénticos, el valor de pre-ajuste se puede reducir de **0,25** a **0,15**.

La segunda rama da lugar a una estabilización mayor en la zona de las corrientes mayores, en las que se puede llegar a producir la saturación de los transformadores de corriente. Su punto base se ajusta en la dirección 2044 **PUNTO BASE 2**. La pendiente se ajusta en la dirección 2043 **PENDIENTE 2**. Mediante esta rama de la curva característica se puede influir en la estabilidad en caso de saturación de los transformadores de medida de corriente. Una pendiente mayor significa mayor estabilización. Se ha comprobado que resulta practicable el valor pre-ajustado de **0,5** períodos.

1.1.4. Requisitos de los Transformadores de Medida de Corriente

Los requisitos de los transformadores de medida de corriente vienen determinados por la función de protección diferencial. Para ello el nivel de disparo rápido (IDif>>) controla con seguridad a través del procedimiento de valor instantáneo los cortocircuitos internos de alta corriente. Para la determinación de la corriente nominal primaria del transformador de medida se aplicará la forma de proceder en la práctica. Se elegirá $\geq$ a la corriente de corriente nominal del objeto a proteger.

1.2. SOBRE CORRIENTE DE TIEMPO DEFINIDO (con sello de tensión) (50/51)

La protección de sobre corriente de tiempo definido sirve como protección de reserva para la protección contra cortocircuitos del objeto a proteger o como protección de reserva para partes de red conectadas a continuación, si allí no se desconectan a tiempo las fallas, de manera que pueda llegar a existir un riesgo para el objeto a proteger.

En los generadores, cuya tensión de excitación se toma de los bornes de la máquina, en caso de fallas próximas (también en la zona del generador y eventualmente del transformador), la corriente de cortocircuito se atenúa muy rápidamente debido a la ausencia de corriente de excitación, y en pocos segundos se sitúa por debajo del valor de respuesta de la protección temporizada de sobre corriente. Para evitar la reposición de la excitación, se controla adicionalmente en el escalón I> las componentes de secuencia positiva de las tensiones y se incorpora como otro criterio para la detección de cortocircuitos. La influencia en la sub tensión se puede desconectar y se puede desactivar mediante entrada binaria correspondiente.

1.2.1. Descripción del Funcionamiento

1.2.1.1. Escalón $I >$

Cada corriente de fase del lado 1 o del lado 2 (según la configuración) se compara individualmente con el valor de ajuste común $I >$ y si lo supera se comunica por separado. Transcurrido el correspondiente tiempo de retardo $T I >$ se envía a la matriz una señal de disparo.

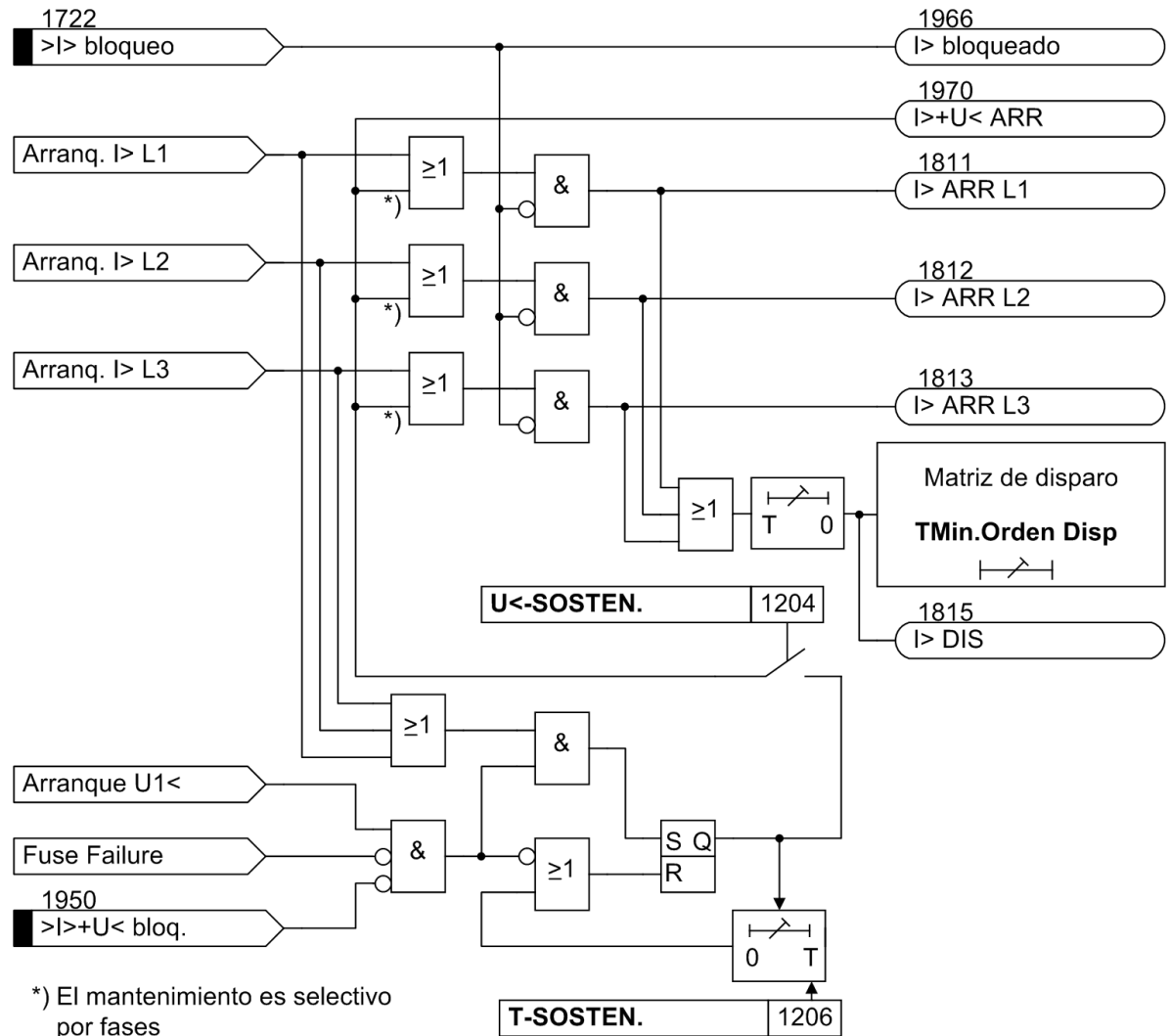
1.2.1.2. Retención de Sub Tensión

El escalón $I >$ cuenta con un escalón de sub tensión (desconectable), que de no alcanzarse el umbral ajustable de la componente de secuencia positiva de las tensiones, tras el arranque de sobre corriente, recibe perfectamente la señal de arranque para un tiempo de retención ajustable, incluso aunque se vuelva a quedar por debajo del valor de sobre corriente. De esta manera queda asegurado, también en tales casos, el transcurso del tiempo de retardo de disparo y el disparo de los interruptores correspondientes. Si vuelve la tensión antes de que transcurra el tiempo de retención o de quedar bloqueada la retención de sub tensión por una entrada binaria, por ejemplo, por el disparo del interruptor termomagnético de protección del transformador de tensión o al desconectar la máquina, la protección se restablece de inmediato.

La retención está realizada de forma selectiva por fase y en consecuencia, con el primer arranque se inicia la temporización **T-SOSTEN**.

La figura 1.4 indica, como ejemplo, el diagrama lógico para el escalón $I >$ de sobre corriente con sostenimiento por sub tensión.

Figura 1.4. Diagrama lógico del escalón de sobre corriente I> arranque por sub tensión.



Tomado de [1].

1.2.1.3. Explicación de la lógica de disparo

La figura 1.4 representa el diagrama lógico de la protección de sobre corriente de tiempo definido con sello de sub tensión. En esta función de protección las señales de entrada son: los ajustes de corriente $I>$ de las tres fases y un ajuste de sub tensión $U<$ de secuencia positiva. Las salidas son de arranque de la función: por sobre corriente $I>$ ARR y por sobre corriente más sub tensión $I>+U<$ ARR. Para activar solamente el arranque de sobre corriente simplemente requiere de la sobre corriente ajustada $I>$ y de un tiempo de retardo ajustable que al cumplirse activa la salida correspondiente a $I>$ DIS la cual efectuará el disparo de la protección.

Para activar el arranque de sobre corriente con sub tensión, primero se debe activar la entrada de sub tensión $U<-SOSTEN$, esta entrada envía una señal a un temporizador y a un flip-flop ($Q=Clock$). Cuando el tiempo ajustado en el temporizador $T-SOSTEN$ no se cumple envía al flip-flop la señal de Reset y no permitirá el arranque de sub tensión. Si el tiempo se cumple no se resetea y las señales de corriente de las tres funciones son enviadas al Set del flip-flop, entonces se produce el arranque $I>+U<$ ARR. Cuando ya se ha producido el arranque de sobre corriente más sub tensión el relé cuenta el mismo tiempo de retardo del arranque por sobre corriente $I>$ y cuando es superado activa la salida $I>$ DIS que corresponde al disparo de la protección.

1.3. PROTECCIÓN DE DISTANCIA (Impedancia) (21)

La protección de impedancia se utiliza como protección temporizada escalonada para lograr rápidos tiempos de desconexión, en caso de producirse cortocircuitos, ya sea en la máquina síncrona, en la zona de derivación o en el transformador de la máquina. Ésta asume además, funciones de protección de reserva para la protección principal de una central eléctrica o para los dispositivos de protección dispuestos delante, tales como la protección diferencial del generador, del transformador y la protección de la red.

La protección de impedancia en el 7UM62 funciona siempre con las corrientes del lado 2 ($I_{L1, 2, 3; S2}$).

1.3.1. Descripción del funcionamiento

1.3.1.1. Arranque

El arranque tiene como misión reconocer una situación de falla en la instalación y disponer todos los procesos necesarios para la aclaración selectiva de la falla. El arranque está definido como excitación por sobre corriente, opcionalmente con o sin auto retención de sub tensión. Tras el filtrado numérico se comprueba si las corrientes sobrepasan el valor ajustado. Se emite una señal de salida para cada fase, que supere el valor umbral ajustado.

1.3.1.2. Retención por Sub Tensión

En el caso de dispositivos de excitación alimentados desde la red se puede producir una caída de la tensión de excitación en una situación de semi-cortocircuito, en cuyo caso la corriente de cortocircuito se reduce y a pesar de la falla permanente puede quedar por debajo del valor de respuesta. La auto retención por sub tensión (componente de secuencia positiva U_1 de las tensiones) mantiene en este caso activado el arranque durante un tiempo ajustable. El arranque se desactiva una vez transcurrido el tiempo de retención ajustado o si al restablecerse la tensión ésta alcanza el 105% del valor parametrizado de la retención por sub tensión.

También debe ser claro que las fallas vistas por el grupo generador-transformador de potencia, están incluidas de acuerdo a las tablas 1.1 y 1.2.

Tabla 1.1. Selección del bucle de medida.

Arranque		Bucle de medida	
monofásico	L1 L2 L3	Fase-Tierra	L1-E L2-E L3-3
bifásico	L1, L2 L2, L3 L3, L1	Fase-fase, Cálculo de U_{LL} y I_{LL}	L1-L2 L2-L3 L3-L1
trifásico, con amplitudes desiguales	L1, 2*L2, L3 L2, 2*L3, L1 L3, 2*L1, L2	Fase-tierra, selección del bucle con la máxima corriente $U_{L(I_{max})}$ y $I_{L(I_{max})}$	L2-E L3-E L1-E
trifásico, con amplitudes iguales	L1, L2, L3	Fase-tierra (cualquiera, valor de corriente máximo)	IL1 = IL2= IL3 entonces IL1 IL1 = IL2 = IL3 entonces IL1 IL2 = IL3 = IL1 entonces IL2 IL3 = IL1 = IL2 entonces IL1

Tabla 1.2. Reproducción de la falla y falla de medición en el lado del generador con fallas en la red.

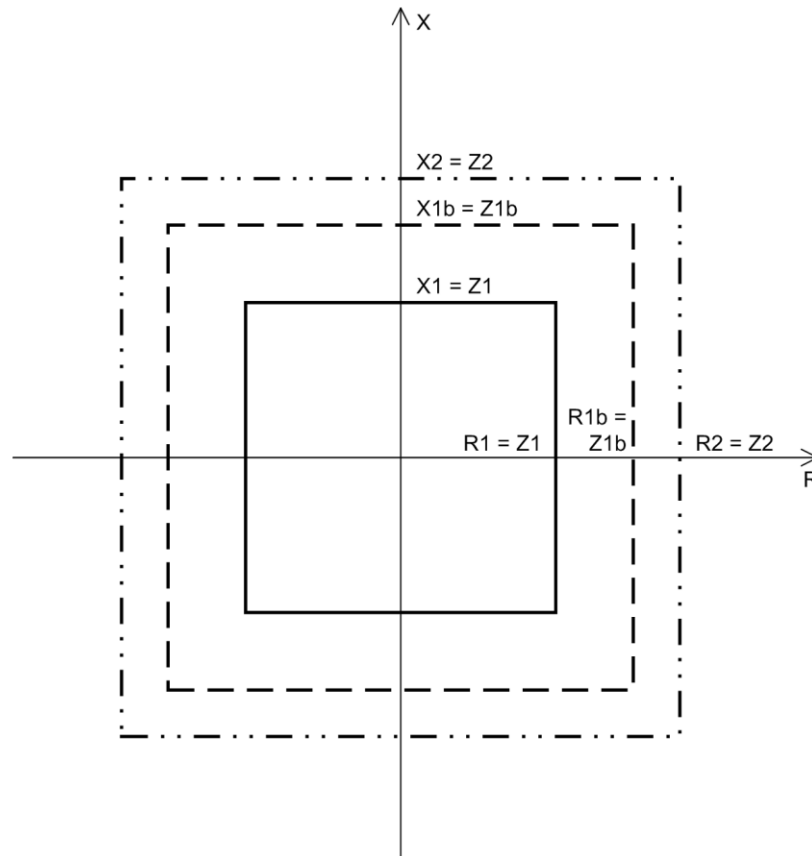
Fallo de la red	Reproducción del fallo en el lado del generador	Selección del bucle	Fallo de medición
trifásico KS	trifásico KS	Fase-tierra	Medición siempre correcta
bifásico KS	trifásico KS	Bucle fase-tierra con la máxima corriente	Medición siempre correcta
monofásico KS	monofásico KS	Bucle fase-fase	La impedancia se mide demasiado grande para la impedancia cero

El diagrama muestra un sistema de potencia con una línea de transmisión horizontal. A la izquierda, una barra vertical representa el punto de conexión. En la línea, hay un círculo que representa un interruptor de potencia. Después del interruptor, hay un generador etiquetado como 'G'. A continuación del generador, hay un transformador representado por dos círculos concéntricos. Después del transformador, hay un interruptor de potencia. Finalmente, la línea termina en una carga etiquetada como 'Z'. Una flecha con un rayo indica una falla en la línea de transmisión después del segundo interruptor de potencia.

1.3.1.3. Característica de disparo

La característica de disparo de la protección de impedancia es un polígono (ver figura 1.5). Éste es simétrico, aunque no son posibles fallos físicos en sentido hacia atrás (R y/o X negativo), si bien (como es habitual) la conexión de los transformadores de medida de corriente tiene lugar en el lado del punto de estrella de la máquina. El polígono se puede describir completamente mediante un parámetro (impedancia Z).

Figura 1.5. Característica de disparo de la protección de impedancia.



Tomado de [1].

La característica de disparo está diseñada para tres zonas de protección. La **ZONA 1** puede cubrir por ejemplo, al generador y al arrollamiento de baja tensión del transformador de la máquina, la **ZONA Z2** abarca el bloque completo de la central eléctrica y la **ZONA Z1B** si fuera posible tomar en consideración el contacto auxiliar del interruptor de potencia, en tal caso se podrá conectar de manera activa una denominada zona que cubre otra zona extendida de la primera zona. Para cada una de estas zonas se tiene un tiempo de retardo para efectuar el disparo en el caso de presentarse una falla.

La protección de impedancia cuenta con dos etapas de funcionamiento: la etapa de arranque y la etapa de disparo. En las figuras 1.6 y 1.7 se muestran los diagramas lógicos de estas dos etapas.

1.3.1.4. Explicación de la lógica de disparo

En la protección de distancia se presentan dos etapas de funcionamiento: la etapa de arranque de la función mostrada en la figura 1.6 y la etapa de disparo mostrada en la figura 1.7.

La etapa de arranque de la protección de distancia es idéntica a la función de protección de sobre corriente de tiempo definido con sello de tensión (figura 1.4), sólo que no se presenta disparo por sobre corriente o por sub tensión. En este caso las salidas del diagrama lógico de la figura 1.6 ya no serían $I > ARR$ sino $IMP ARR$ para cada una de las fases.

La etapa de disparo de la figura 1.7, tiene como entradas a las salidas de la etapa de arranque, la tensión de secuencia positiva y la tensión y corriente de las tres fases. Con las entradas anteriormente mencionadas se selecciona el bucle de acuerdo a las tablas 1.1 y 1.2, el relé calculará a partir de esto un valor de corriente I y un valor de tensión U con los cuales se calculará un valor de impedancia Z .

Este valor de impedancia Z se compara con los ajustes de tres zonas de protección $Z1$, $Z1B$ (zona extendida) y $Z2$, cada zona tiene un tiempo de retardo ajustable que al ser superado produce la activación de las salidas de esta etapa $DISP Z1<$, $DISP Z1B<$ y $DISP Z2<$ que efectuarán el disparo de la protección de

Figura 1.6. Diagrama lógico de la etapa de arranque de la protección de impedancia.

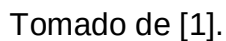
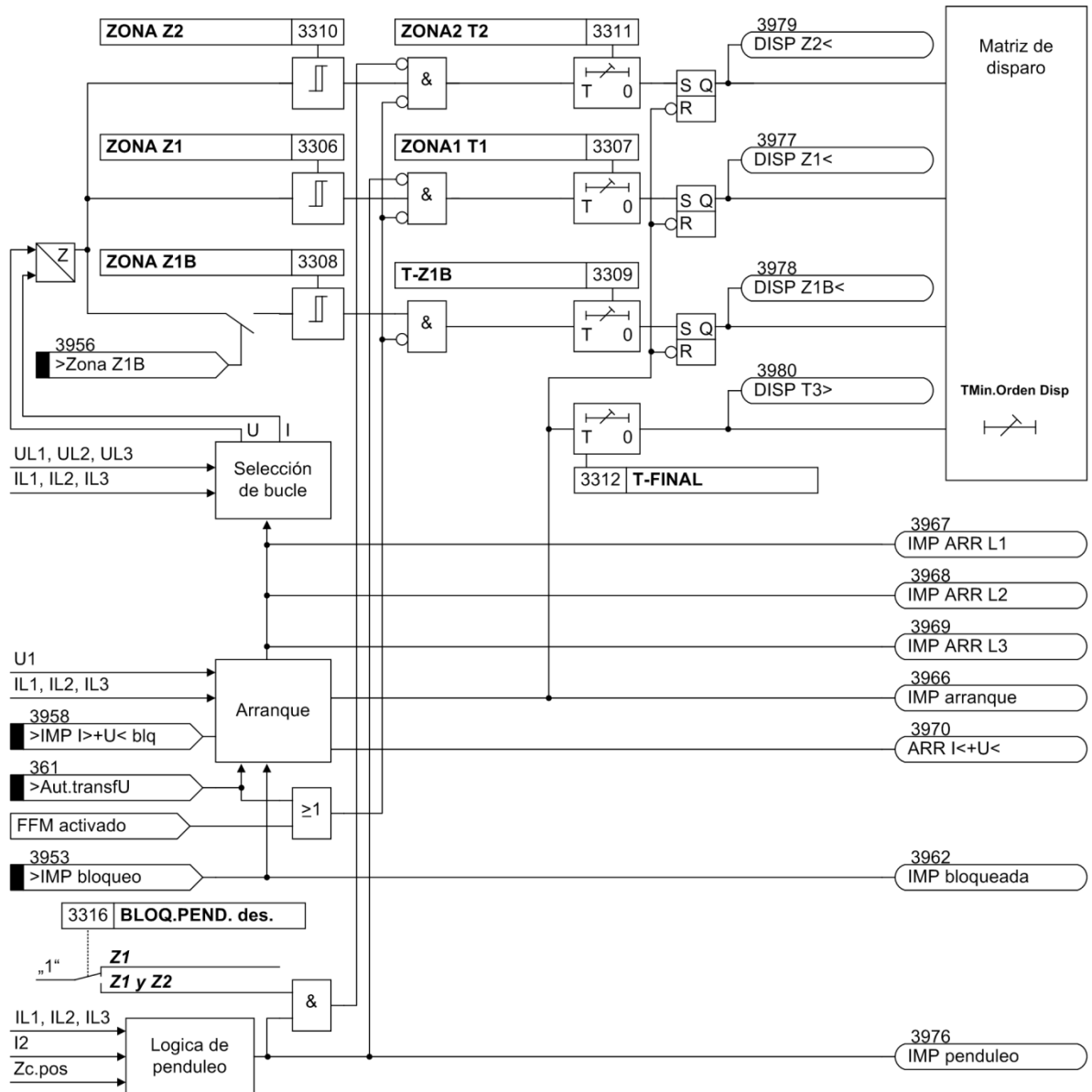


Figura 1.7. Diagrama lógico de la protección de impedancia.



Tomado de [1].

1.4. PROTECCIÓN DE SOBRE EXCITACIÓN (24)

La protección de sobreexcitación sirve para detectar una elevada inducción inadmisibles en generadores y transformadores, en particular en transformadores de bloque de centrales eléctricas. La protección tiene que intervenir si se supera el valor límite de inducción predeterminado por el objeto a proteger, por ejemplo, el transformador de bloque. El transformador se encuentra en peligro, por ejemplo, si se desconecta el bloque de la central desde el régimen de plena carga y el regulador de voltaje no reacciona o no reacciona con suficiente rapidez, y por lo tanto no impide el aumento de tensión que esto conlleva. También una disminución de la frecuencia (revoluciones) puede dar lugar a un aumento de inducción indeseable, por ejemplo, en régimen aislado.

El aumento de la inducción por encima del valor nominal conduce rápidamente a la saturación del núcleo de hierro y a grandes pérdidas debidas a corrientes de Foucault.

1.4.1. Descripción del Funcionamiento

La protección de sobreexcitación mide el cociente tensión U /frecuencia f , que es proporcional a la inducción B , y lo pone en proporción con la inducción nominal B_N . Allí la tensión y la frecuencia están referidas a valores nominales del objeto a proteger (generador, transformador).

$$B \sim \frac{U}{f} \quad (\text{Ecuación 1.2})$$

$$\frac{B}{B_{N \text{ Máquina}}} = \frac{\frac{U}{U_{N \text{ Máquina}}}}{\frac{f}{f_N}} = \frac{U}{f} (\text{escritura simplificada}) \quad (\text{Ecuación 1.3})$$

1.4.2. Características

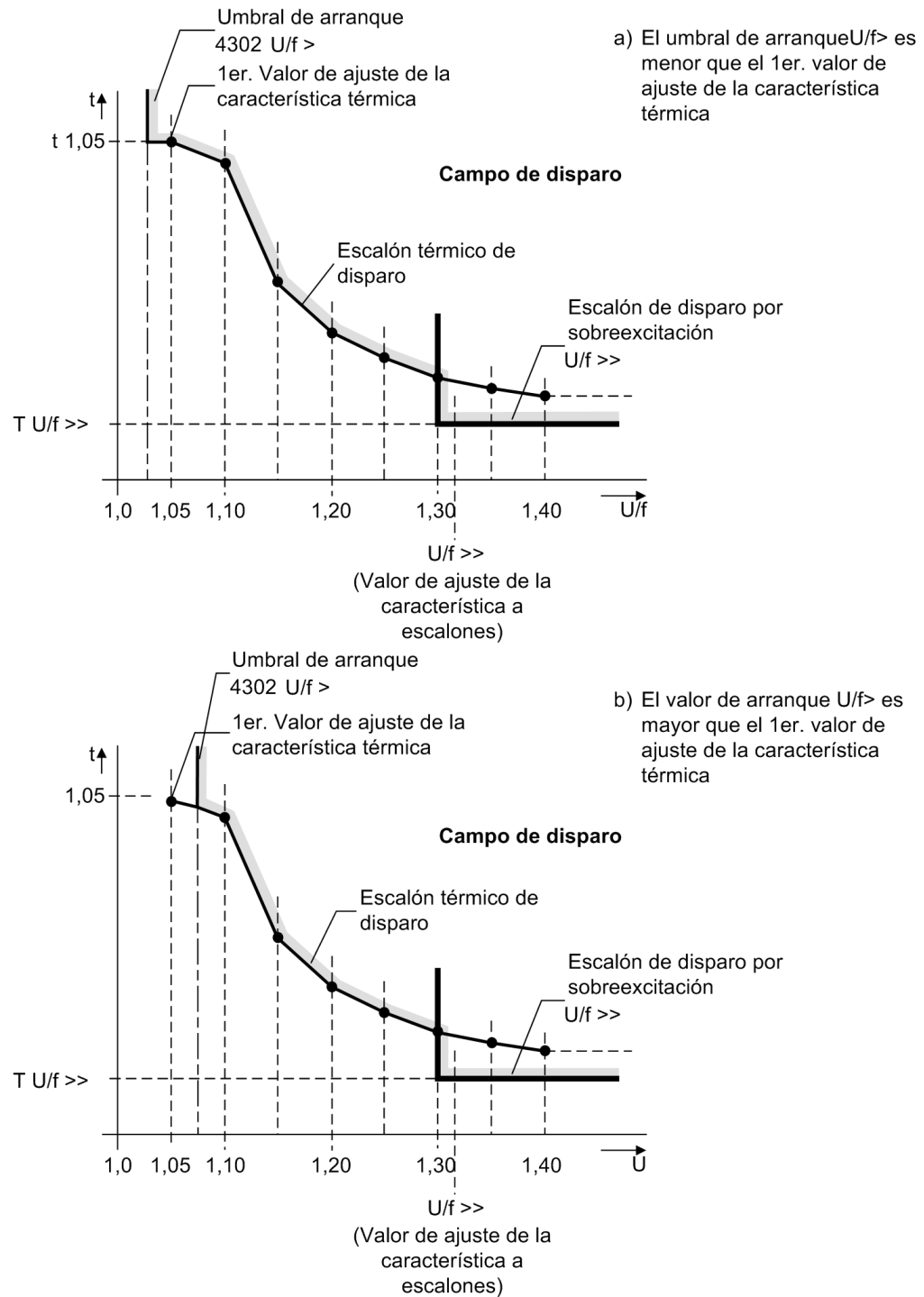
La protección de sobre excitación contiene dos curvas características escalonadas y una curva característica térmica para reproducir en aproximación el calentamiento que sufre el objeto a proteger debido a la sobre excitación. Al rebasar un primer umbral de respuesta (nivel de aviso 4302 $U/f >$) se inicia una etapa de tiempo 4303 $TU/f>$, a cuya terminación se produce un aviso de advertencia. Al mismo tiempo que se supera el umbral de respuesta se autoriza un circuito de recuento. De acuerdo con el valor existente U/f , se incrementa este contador ponderado, de manera que se obtiene el tiempo de disparo según la curva característica que esté parametrizada. Al alcanzar el nivel de disparo del contador, se emite una orden de disparo.

Al quedar por debajo del umbral de excitación se desactiva la orden de disparo y el contador se decrementa de acuerdo con una especificación de tiempo de enfriamiento parametrizable.

La curva característica térmica viene determinada por 8 parejas de valores de sobre excitación U/f (referidos a valores nominales) y al tiempo de disparo t . En la mayoría de los casos, la curva característica pre ajustada, que se refiere a transformadores estándar, representará una protección suficiente. Si esta curva característica no se corresponde con el comportamiento térmico real del objeto a proteger, entonces se puede realizar cualquier curva característica deseada mediante la selección de tiempos de disparo específicos del cliente para los valores de sobreexcitación prefijados U/f . Los valores intermedios se obtienen en el equipo mediante interpolación lineal.

En la figura 1.8 se muestra las características de la protección de sobre excitación.

Figura 1.8. Zona de disparo de la protección de sobre excitación.



Tomado de [1].

U/f correspondiente a un aviso de sobre excitación y no a un disparo de la protección.

Al superar el ajuste U/f el relé decide si este cociente corresponde a un valor de calentamiento o de enfriamiento (U/f calentamiento y U/f enfriamiento respectivamente) y junto al valor de tiempo de reposición térmica se comparan en la curva característica de sobre excitación (ver figura 2.8). Luego los valores que fueron comparados en la curva característica junto con el valor de arranque ARR U/f activan la salida DISP U/f térm correspondiente al disparo de la protección debido a la característica térmica.

El cociente U/f se compara con el ajuste del escalón U/f>> que al superarse se activa la salida Arranque U/f>> que corresponde al arranque de la función. Al arrancar la función se cuenta un tiempo de retardo ajustable T U/f>> que al cumplirse activará la salida DISP U/f>> correspondiente al disparo de la protección debido a la sobre excitación.

1.5. PROTECCIÓN DE POTENCIA INVERSA (32R)

La protección de la potencia inversa sirve como protección de una unidad turbina-generador cuando en caso de fallo de la energía de accionamiento, el generador síncrono actúa como motor y pone en marcha la turbina recibiendo de la red la potencia de arrastre necesaria. Este estado supone un riesgo para los álabes de la turbina y debe subsanarse en un breve período de tiempo abriendo el interruptor de la red. Para el generador existe además el peligro de que en caso de que fluya vapor residual (válvula de bloqueo defectuosa), al desconectar el interruptor de potencia la unidad de generador-turbina se acelere y alcance un número de revoluciones excesivas. Por ello, la separación de la red debe tener lugar una vez detectado el consumo de potencia activa.

1.5.1. Descripción de Funcionamiento

1.5.1.1. Detección de la potencia inversa

La protección de potencia inversa del 7UM62 calcula la potencia activa a partir de los componentes simétricos de las ondas fundamentales de las tensiones y corrientes en base a los últimos 16 períodos en cada caso. La evaluación de los sistemas de secuencia positiva hace que la detección de la potencia inversa sea independiente de las asimetrías en las corrientes y tensiones, y refleja la condición real del lado de accionamiento. El valor de la potencia activa calculada corresponde con la potencia activa total. Teniendo en cuenta el ángulo de error entre los transformadores de medida de tensión y de corriente, la potencia activa se calcula con exactitud incluso con una potencia aparente elevada y un $\cos\phi$ pequeño. La corrección tiene lugar mediante un ángulo de corrección W_0 constante, que se determina en la instalación en el momento de la puesta en marcha del equipo de protección.

1.5.1.2. Tiempo de sostenimiento de arranque

Para que los breves arranques que se presentan con frecuencia puedan provocar también un disparo, se puede programar un retardo ajustable de este impulso de arranque. Para ello sirve el parámetro 3105 **T-SOSTEN**. Cada flanco positivo de los impulsos de arranque dispara de nuevo este escalón de tiempo de tal manera que si son muchos y suficientes los impulsos, la señal de arranque será más larga que los tiempos de retardo.

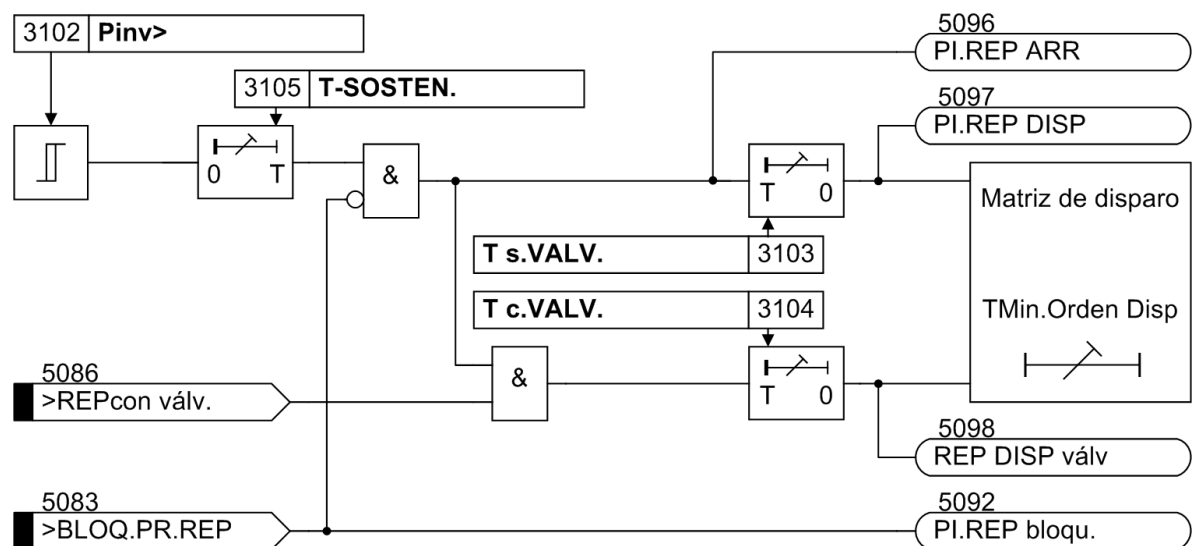
1.5.1.3. Orden de disparo

La orden de disparo, para evitar breves consumos de potencia al sincronizar o debido a oscilaciones de potencia por fallos en la red, se retarda un tiempo ajustable **Ts.VALV.**. En cambio, si la válvula de cierre rápido está cerrada, es suficiente con un breve retardo. Acoplando la posición de la válvula de cierre rápido a través de una entrada binaria, de fallar el cierre rápido se activa el breve retardo **T c.VALV.**. El tiempo **T s.VALV.** actúa asimismo como escalón de reserva.

Es posible bloquear el disparo mediante una señal externa.

La figura 1.10 muestra el diagrama lógico de la protección de potencia inversa.

Figura 1.10. Diagrama lógico de la protección de potencia inversa.



Tomado de [1].

1.5.1.4. Explicación de la lógica de disparo

La figura 1.10 representa el diagrama lógico de la protección de potencia inversa. Las señales de entrada son el ajuste de potencia inversa $P_{inv>}$ y el tiempo de reposición de la válvula de cierre.

Cuando el ajuste $P_{inv>}$ es superado se empieza a contar un tiempo $T-SOSTEN$. para verificar que en realidad se trate de un valor de potencia inversa, al superarse este tiempo se activa la salida $PI.REP ARR$ correspondiente al arranque de la protección. Una vez la función de protección ha arrancado se cuenta un tiempo de retardo ajustable $Ts.VALV$. que corresponde al tiempo de cierre de la válvula y al superarse este tiempo se activa la salida $PI.REP DISP$ que corresponde al disparo de la protección de potencia inversa.

En el caso de fallar el tiempo de cierre de la válvula se ajusta un tiempo $Tc.VALV$. que corresponde al tiempo de cierre rápido que sirve de respaldo a $Ts.VALV$. Al superarse este tiempo se activa la salida $REP DISP$ válv que corresponde al disparo de la protección debido al fallo de la válvula.

1.6. PROTECCIÓN DE SUB TENSION (27)

La protección de sub tensión detecta la reducción de tensión en las líneas de transmisión y en las máquinas eléctricas y evita condiciones de servicio no permisibles y una posible pérdida de estabilidad. En cortocircuitos o en cortocircuitos a tierra de dos polos se produce una caída de las tensiones asimétricas. Frente a los sistemas de medición monofásicos, la detección del sistema de frecuencia positiva no se ve influenciada por estos procesos y ofrece por tanto ciertas ventajas, en particular al evaluar los problemas de estabilidad.

1.6.1. Descripción del Funcionamiento

1.6.1.1. Modo de Función

El sistema de secuencia positiva se calcula a partir de las oscilaciones fundamentales de las tres tensiones fase-tierra, que luego se aplica a la función de protección.

La protección de sub tensión está estructurada con dos escalones. De quedar por debajo de los umbrales de tensión ajustables se produce un aviso de arranque. De producirse un arranque por sub tensión para un tiempo ajustable se emite una orden de disparo.

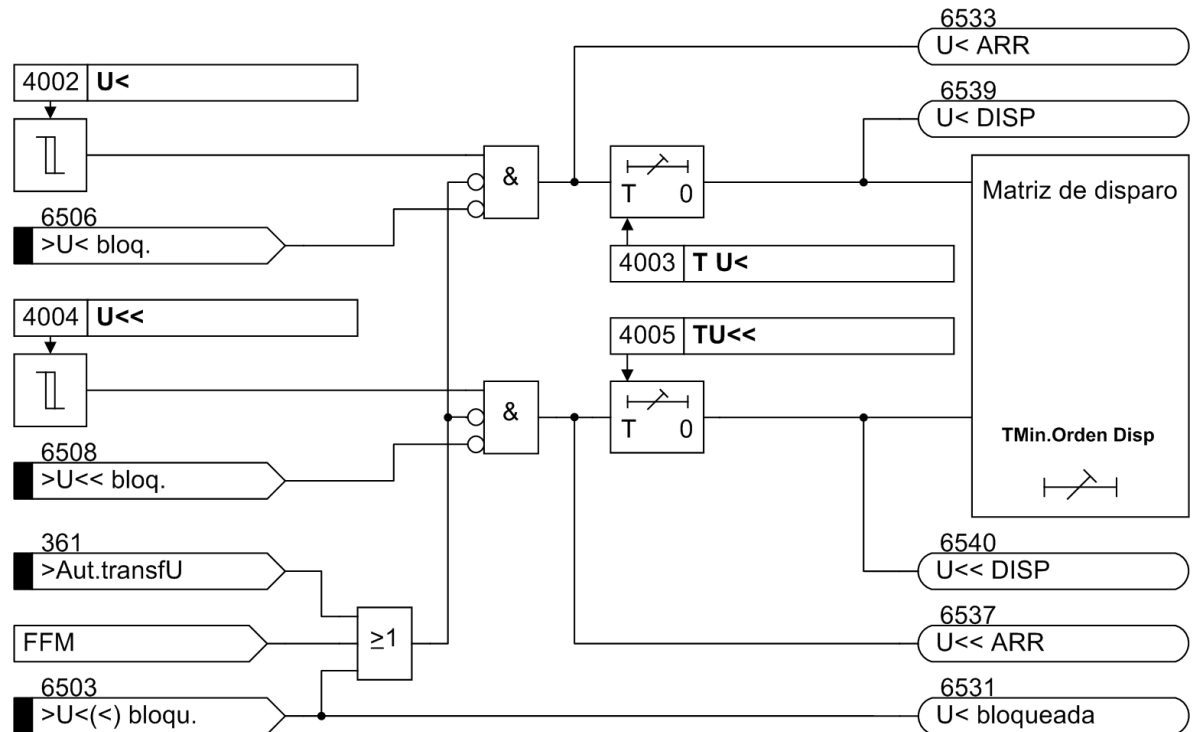
Para que la protección no reaccione innecesariamente en caso de falla de la tensión secundaria, se puede bloquear cada escalón independiente y/o ambos al mismo tiempo, a través de una entrada binaria, por ejemplo, por un interruptor termomagnético de protección del transformador de tensión. Además tiene lugar el bloqueo de ambos escalones mediante el Fuse Failure (Monitor integrado o Falla Fusible).

De producirse el arranque estando el equipo en el estado de funcionamiento 0 (es decir, no se muestran magnitudes de medida o se está fuera de la banda de frecuencias autorizada), éste estado se mantiene. De este modo se garantiza el disparo, incluso bajo estas circunstancias. La auto-retención se puede cancelar incrementando las magnitudes de medida a través del valor de recuperación o activando la entrada de bloqueo.

De no existir excitación antes de que el equipo se encuentre en estado de funcionamiento 0 (por ejemplo, también al conectar el equipo sin que estén presentes las magnitudes de medida), entonces no se produce ningún arranque y ningún disparo. Al pasar al estado de funcionamiento 1 (por tanto, al aplicar las magnitudes de medida) eventualmente se puede llegar a producir un disparo inmediato. Se recomienda por tanto activar la entrada de bloqueo de la protección de sub tensión a través del contacto auxiliar del interruptor de potencia y así, por ejemplo, tras un disparo de protección bloquear la función de protección.

La figura 1.11 muestra el diagrama lógico de la protección de sub tensión.

Figura 1.11. Diagrama lógico de la protección de sub tensión.



Tomado de [1].

1.6.1.2. Explicación de la lógica de disparo

La figura 1.11 representa el diagrama lógico de la protección de sub tensión. Esta función tiene como entradas los ajustes de los escalones $U<$ y $U<<$. Al ser superados estos ajustes activan las salidas $U< ARR$ y $U<< ARR$ correspondientes a los arranques de la función por cualquiera de estos dos escalones.

Cuando ya se ha arrancado la función el relé cuenta un tiempo de retardo ajustable y al cumplirse estos tiempos se activan las salidas $T U<$ y $T U<<$ correspondientes a los disparos de la protección de sub tensión debidos a estos dos escalones.

1.7. PROTECCIÓN DE SOBRE TENSION (59)

La protección contra sobretensión tiene como objetivo proteger la máquina eléctrica y las partes de la instalación unidas a ésta contra aumentos de tensión inadmisibles y con ello contra problemas de aislamiento. Los aumentos de tensión pueden ocurrir, por ejemplo debido a fallos en el manejo manual del sistema de excitación, debido a un funcionamiento defectuoso del regulador automático de voltaje, después de una desconexión de carga (total) de un generador, si el generador está separado de la red u operando como isla.

1.7.1. Descripción del Funcionamiento

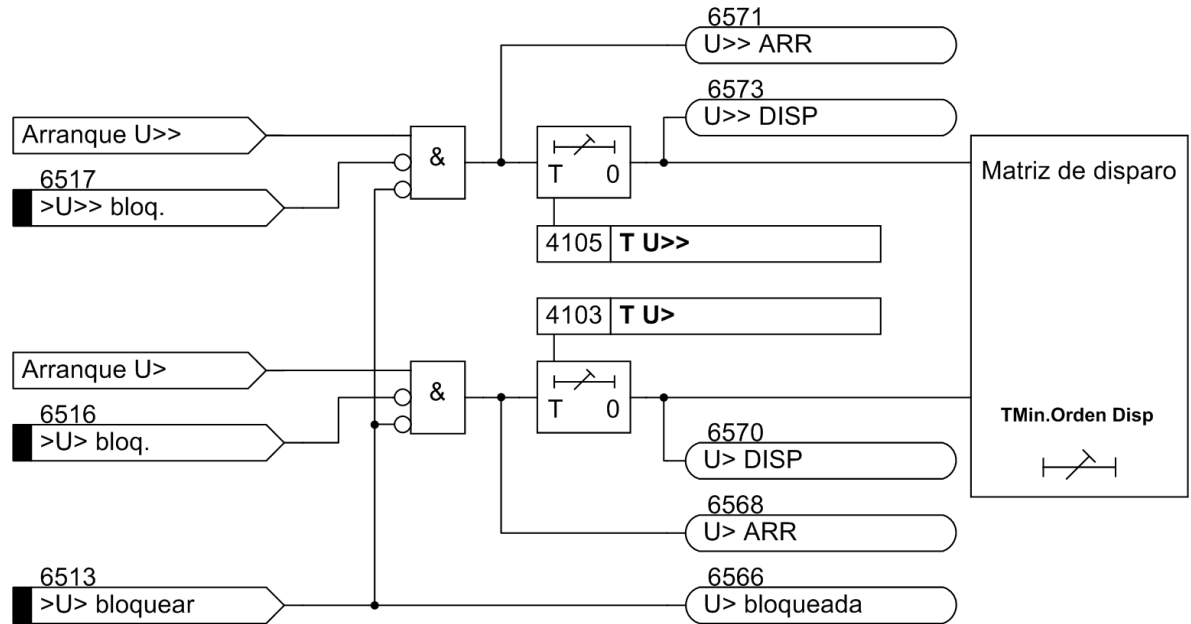
1.7.1.1. Modo de Función

En la protección de sobre tensión se puede seleccionar si se debe supervisar las tensiones fase-fase o las tensiones fase-tierra. En caso de sobre tensión alta se desconecta con un mínimo retardo, si las sobre tensiones son menores con un retardo más largo, para dar oportunidad al regulador de voltaje de regular de nuevo la tensión a su nivel nominal. Los valores límites de tensión y los tiempos de demora se pueden ajustar individualmente para ambos niveles.

Cada escalón se puede bloquear de manera independiente y/o ambos juntos a través de entrada(s) binaria(s).

La figura 1.12 muestra el diagrama lógico de la protección de sobretensión.

Figura 1.12. Diagrama lógico de la protección de sobre tensión.



Tomado de [1].

1.7.1.2. Explicación de la lógica de disparo

La figura 1.12 representa el diagrama lógico de la protección de sobre tensión. Esta función tiene como entradas los ajustes de los escalones U> y U>>. Al ser superados estos ajustes activan las salidas U> ARR y U>> ARR correspondientes a los arranques de la función por cualquiera de estos dos escalones.

Cuando ya se ha arrancado la función el relé cuenta un tiempo de retardo ajustable y al cumplirse estos tiempos se activan las salidas T U> y T U>> correspondientes a los disparos de la protección de sub tensión debidos a estos dos escalones.

1.8. PROTECCIÓN CONTRA ENERGIZACIÓN ACCIDENTAL (50, 27)

La protección contra energización accidental tiene como función limitar los posibles daños debidos a una conexión no intencionada del generador parado o ya puesto en marcha, pero todavía no sincronizado, mediante la apertura instantánea del interruptor de potencia. La interconexión con una máquina parada equivale a la conexión a una resistencia de baja valor. La tensión nominal marcada por la red permite que el generador funcione con un gran deslizamiento como máquina asíncrona. Con ello se inducen en el rotor altas corrientes no admisibles que pueden dar lugar a su destrucción.

1.8.1. Descripción del Funcionamiento

1.8.1.1. Criterios

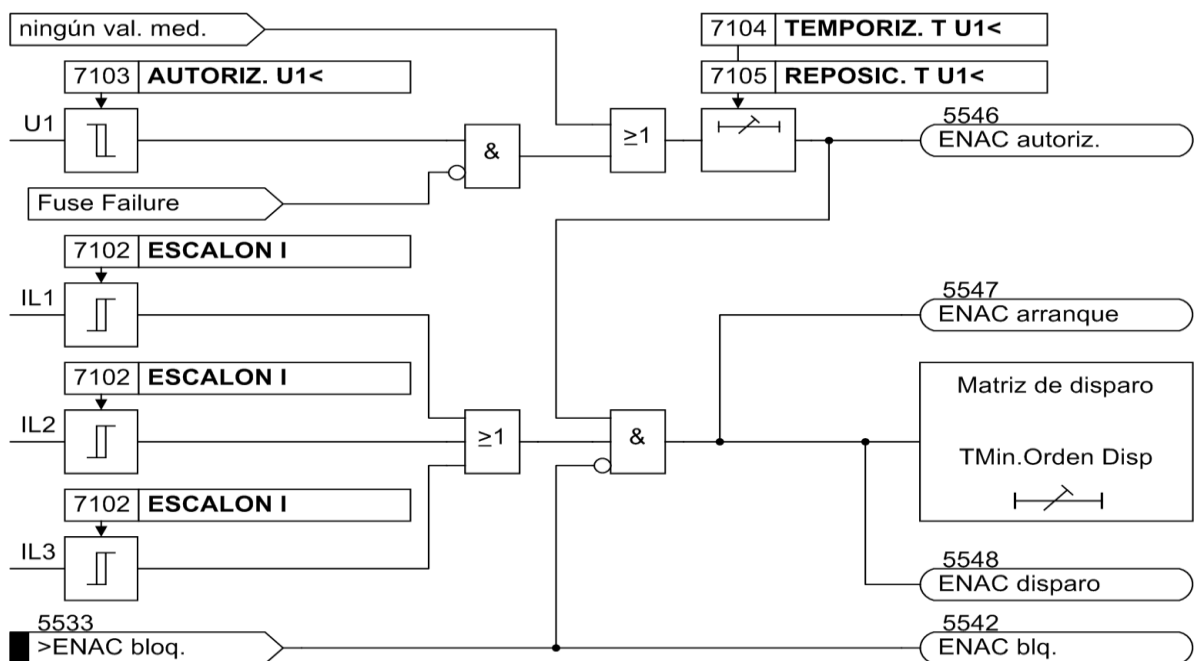
La protección contra energización accidental sólo interviene si todavía no han aparecido magnitudes de medida en el rango de trabajo válido de la frecuencia (estado de funcionamiento 0) (con la máquina parada) o de aparecer una sub tensión menor a la frecuencia nominal (con la máquina ya en marcha pero todavía no sincronizada). Si se supera la tensión mínima, esta función de protección queda bloqueada mediante un criterio de tensión, para que no se active durante el funcionamiento normal. Este bloqueo se retarda para evitar que la protección se bloquee en el momento mismo de producirse una conexión no intencionada. Se requiere asimismo retardar la respuesta para evitar un disparo innecesario en caso de fallas de alta corriente con una fuerte caída de la tensión. Un retardo de reposición hace posible una medición limitada en el tiempo.

Dado que la protección contra energización accidental tiene que intervenir muy rápidamente, la supervisión de los valores instantáneos de las corrientes tiene lugar a través de una amplia banda de frecuencias precisamente en el estado de funcionamiento 0. De existir magnitudes de medida válidas (estado de funcionamiento 1), como criterio de disparo se utiliza la evaluación de la tensión

del sistema de secuencia positiva y de la frecuencia para bloquear la protección contra energización accidental y de los valores instantáneos de la corriente.

La figura 1.13 muestra el diagrama lógico de la protección contra energización accidental. Esta función se puede bloquear a través de una entrada binaria. Para ello se puede utilizar como criterio adicional, por ejemplo, la presencia de la tensión de excitación. Dado que la tensión es un criterio requerido para la autorización de esta función de protección, se hace necesaria la supervisión de los transformadores de medida de corriente. De ello se encarga el Fuse Failure-Monitor (FFM). De observarse un fallo en el transformador de medida de tensión se desactiva el criterio de tensión de la protección contra energización accidental.

Figura 1.13. Diagrama lógico de la protección contra energización accidental (Dead Machine Protection).



Tomado de [1].

1.8.1.2. Explicación de la lógica de disparo

La figura 1.13 representa el diagrama lógico de la protección contra energización accidental. En esta función las entradas son las corrientes de las tres fases y la tensión de secuencia positiva.

La tensión de secuencia positiva se compara con el ajuste $AUTORIZ.U1<$ que es un valor de sub tensión, cuando se supera este ajuste se cuenta un tiempo de retardo ajustable $REPOSIC. T U1<$ y al superarse activa la salida ENAC autoriz. correspondiente a la autorización del relé para la protección contra energización accidental. Si el tiempo $REPOSIC. T U1<$ falla se ajusta el tiempo $TEMPORIZ. T U1<$ correspondiente al tiempo que el relé espera para verificar que en realidad sea una energización accidental, cuando se supera este tiempo de respaldo se activa de nuevo la salida ENAC autoriz.

Las corrientes de las tres fases se comparan con un escalón de corriente $ESCALON I$ y al superarse el valor de corriente ajustada en cualquiera de las fases y junto a la salida ENAC autoriz. se activan las salidas ENAC arranque y ENAC disparo correspondientes al arranque y al disparo respectivamente de la protección. No existe un temporizador entre el arranque y el disparo ya que la protección debe funcionar de manera instantánea.

1.9. PROTECCIÓN DE FRECUENCIA (81)

La protección de frecuencia tiene como misión detectar *sobre frecuencias* o *sub frecuencias* del generador. Si la frecuencia se encuentra fuera del campo permitido se efectúan las operaciones de desconexión correspondientes, como por ejemplo la separación del generador de la red.

La *disminución de la frecuencia* se produce debido a unas mayores necesidades de potencia activa de la red o a un funcionamiento defectuoso de la regulación de la frecuencia o de las revoluciones. La protección contra disminución de la frecuencia se emplea también en generadores que operen (temporalmente) como una red aislada, ya que en este caso la protección de potencia inversa no puede

trabajar en caso de falla de la potencia de accionamiento. El generador se puede desconectar de la red, gracias a la protección contra disminución de la frecuencia.

El *aumento de la frecuencia* se produce, por ejemplo, por desconexión de cargas (en redes aisladas) o por un comportamiento defectuoso de la regulación de frecuencia. Aquí se corre el riesgo de una autoexcitación de las máquinas que trabajan con líneas largas en vacío.

Mediante las funciones de filtro aplicadas y la repetición de mediciones, la medición es prácticamente independiente de las influencias de los armónicos y alcanza una gran exactitud.

1.9.1. Descripción del Funcionamiento

1.9.1.1. Aumento/disminución de la frecuencia

La protección de frecuencia dispone de cuatro escalones de frecuencia f_1 a f_4 . Para que la protección se pueda adaptar de forma variable a todas las condiciones de la instalación, los escalones son ajustables tanto para la disminución como también para el aumento de la frecuencia, de modo independiente y por separado, de manera que se pueden disparar diferentes funciones de control. La parametrización decide cuando deberá aplicarse el escalón respectivo. Para el escalón de frecuencia f_4 , en lugar de esto y con independencia del valor límite parametrizado se puede determinar si dicho escalón debe trabajar como escalón de aumento o como escalón de disminución. Éste se puede utilizar también para aplicaciones especiales, por ejemplo, si se desea una señalización al superarse una frecuencia por debajo de la frecuencia nominal.

1.9.1.2. Rangos de trabajo

La diferencia se puede determinar en tanto el sistema de secuencia positiva de las tensiones esté disponible con un valor suficiente. Si la tensión de medición se reduce por debajo de un valor ajustable $U_{\min}$, entonces se bloquea la protección de frecuencia, pues en este caso, con la amplitud de la señal ya no será posible calcular valores de frecuencia exactos.

Con la *protección de aumento* de la frecuencia tiene lugar una retención del arranque de sobre frecuencia al pasar al estado de funcionamiento 0, si la última frecuencia medida ha representado >66 Hz. La orden de desconexión se suprime mediante el bloqueo de la función o al pasar al estado de funcionamiento 1. Si antes de pasar al estado de funcionamiento 0, la última frecuencia medida ha representado >66 Hz, se desactiva el arranque.

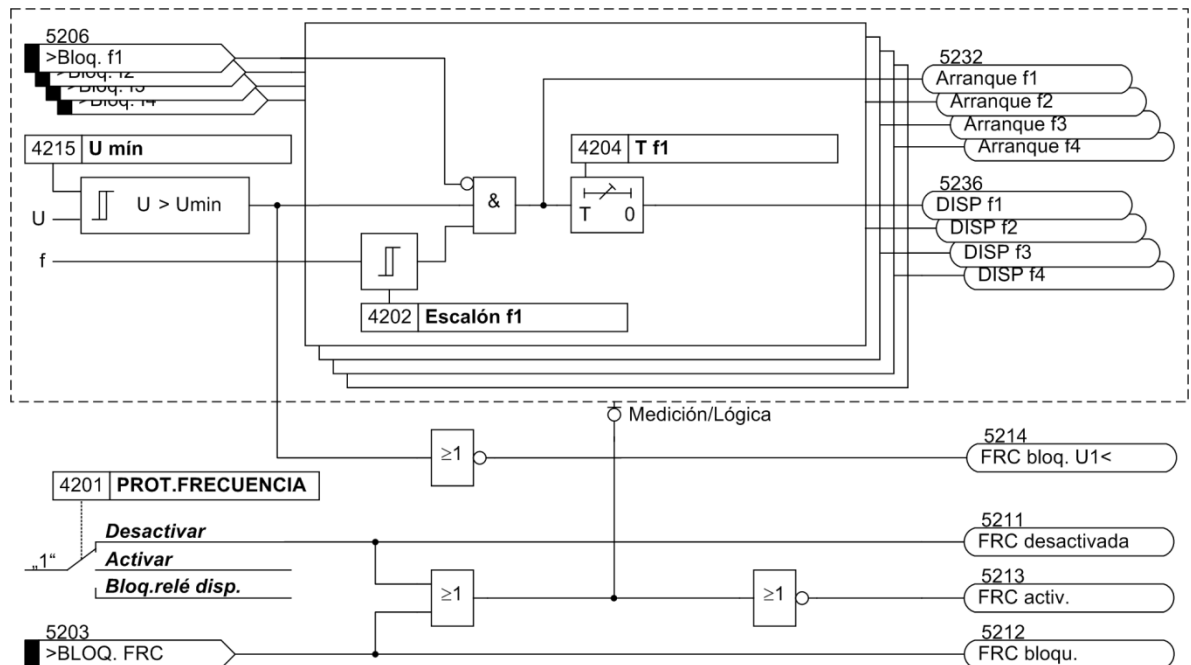
Con la *protección de disminución* de la frecuencia, al pasar al estado de funcionamiento 0, ya no tiene lugar el cálculo de la frecuencia con precisión porque la frecuencia es muy baja, y se desactiva el arranque o bien el disparo.

1.9.1.3. Tiempos/lógica

Con cada una de las temporizaciones conectadas se pueden retardar los disparos. Una vez transcurrido este tiempo se genera una orden de disparo. Tras la reposición del arranque se anula inmediatamente también la orden de disparo, si bien la orden de disparo se mantiene al menos durante el tiempo de duración mínima de la orden.

Cada uno de los cuatro niveles de frecuencia puede ser bloqueado individualmente mediante entradas binarias.

Figura 1.14. Diagrama lógico de la protección de frecuencia.



Tomado de [1].

1.9.1.4. Explicación de la lógica de disparo

La figura 1.14 representa el diagrama lógico de la protección de frecuencia. Las entradas de esta función son la tensión y la frecuencia. Esta protección se hace en bloques de 4 rangos de frecuencia ya sea de sobre frecuencia o sub frecuencia. A continuación se explica la lógica para un solo bloque ya que los otros tres funcionan y se ajustan de forma idéntica.

La tensión se compara con el ajuste de tensión mínima $U \min$ y la frecuencia se compara con el ajuste del rango de frecuencia correspondiente $\text{Escalón } f1$ ($f2$, $f3$ y $f4$). Cuando se superan estos ajustes se activa la salida $\text{Arranque } f1$ ($f2$, $f3$ y $f4$) correspondiente al arranque de la protección. Con la función ya arrancada el relé cuenta un tiempo de retardo ajustable $T \ f1$ ($f2$, $f3$ y $f4$) que al cumplirse activa la salida $\text{DISP } f1$ ($f2$, $f3$ y $f4$) correspondiente al disparo de la protección de frecuencia.

A la descripción de las funciones de protección a probar en el relé 7UM622, se suma ahora la descripción del hardware y software del equipo de prueba, descripción que será tratada en el Capítulo II.

2 EQUIPO DE PRUEBA OMICRON CMC 356

En el presente capítulo y en el Anexo C se describirá las características más fundamentales del equipo de prueba OMICRON CMC 356 con el cual se probará el relé. El equipo se muestra con una vista en su panel frontal en la figura 2.1.

Figura 2.1. Unidad CMC 356 OMICRON. (Panel frontal).



Tomado de [10].

2.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO [2]

CMC 356 forma parte de OMICRON Test Universe que, además de la unidad de prueba física, consta de software de prueba para un ordenador que disponga del sistema operativo Microsoft Windows y, en caso necesario, amplificadores externos de tensión y/o corriente, unidades de sincronización GPS o IRIG-B y otros accesorios.

En este capítulo se describe el hardware de la unidad CMC 356. La configuración y el control de CMC 356 se efectúan por medio del software de prueba de OMICRON Test Universe.

Con el software OMICRON Test Universe se instala también una versión en PDF de este manual de referencia. Se puede abrir directamente haciendo clic con el ratón en el tema de la ayuda "Manuales del usuario" de Test Universe.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE [2]

2.2.1. Componentes del Sistema

Antes de poner en funcionamiento por primera vez la unidad CMC 356, se debe comprobar mediante la lista de embalaje que dispone de todos los componentes del sistema de prueba.

Para poner en funcionamiento la unidad CMC 356 se necesitan los siguientes componentes:

- CMC 356 con cable de alimentación eléctrica (red)
- Cable de conexión de CMC 356 ↔ PC
- Cable de conexión de CMC 356 ↔ equipo en prueba.
- PC equipado con un puerto Ethernet y el software OMICRON Test Universe.

2.2.2. Utilización de los cables de conexión de manera segura

2.2.2.1. Adaptador de cables de prueba para enchufes no seguros

El paquete opcional de accesorios de cableado para la CMC incluye adaptadores de cables flexibles de prueba de 5 cm por 2 pulgadas de longitud con mango retráctil (6 negros, 6 rojos).

Estos cables de prueba se deben utilizar únicamente como adaptadores. Están pensados para que las clavijas de punta cónica de 4 mm por 0,16 pulgadas de los cables de prueba estándar encajen en enchufes no seguros (ver figura 2.2).

No se debe introducir nunca directamente uno de estos mangos retráctiles en un enchufe de salida de la unidad CMC 356 situado en la parte frontal de la unidad de prueba. Esto no se ajusta a la aplicación para la que están previstos estos cables y es contrario a las normas de seguridad (ver figura 2.3).

Figura 2.2. Adaptador de cables de prueba para enchufes no seguros.



Tomado de [2].

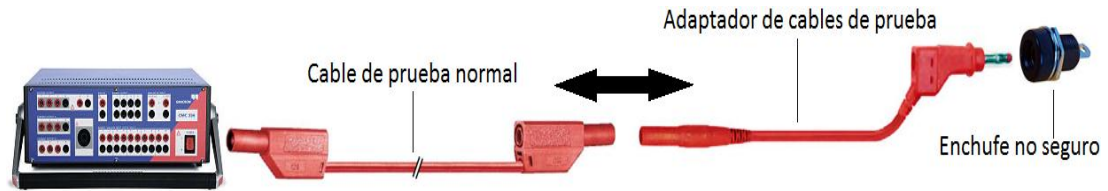
Figura 2.3. Mala utilización del cable en un enchufe de seguridad.



Tomado de [2].

Se debe enchufar **únicamente los cables de prueba normales** de 2,0 m por 6 pies de longitud a los zócalos de seguridad de salida de CMC 356, como se muestra en la figura 2.4.

Figura 2.4. Modo correcto de conexión.

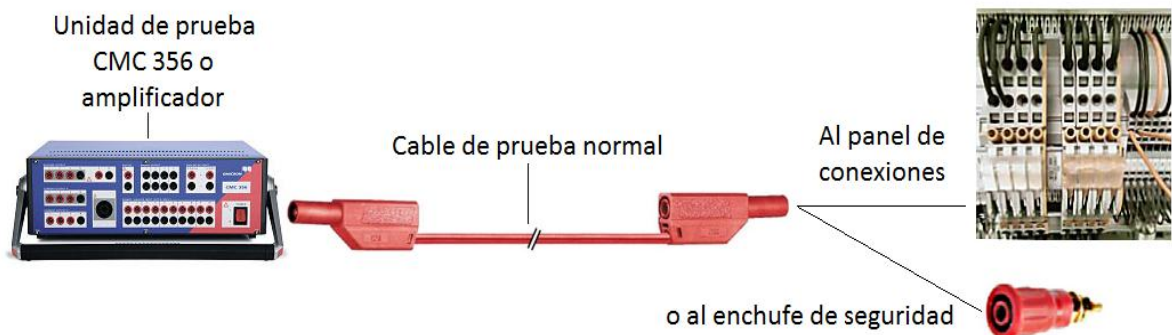


Tomado de [2].

2.2.3. Cables de prueba normales para enchufes de seguridad

Se debe utilizar los cables de prueba normales de 2,0 m por 6 pies de longitud para conectar la salida de la unidad CMC 356 a otros enchufes de seguridad, por ejemplo de amplificadores, equipos en prueba o adaptadores cónicos en armarios de control, tal como se ilustra en la figura 2.5.

Figura 2.5. Modo de conexión con cables de prueba normales.



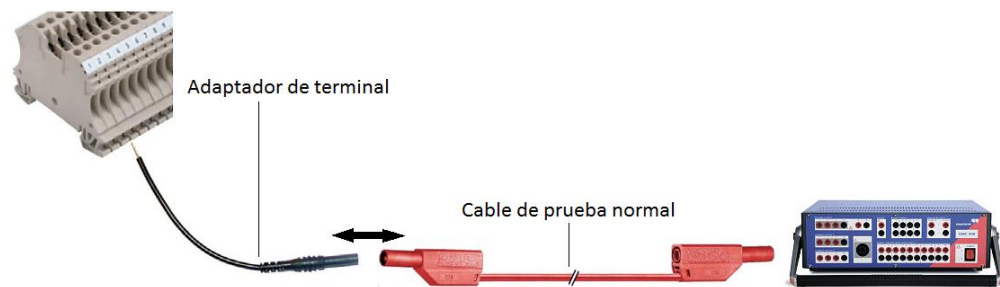
Tomado de [2].

2.2.3.1. Adaptadores de terminal

El paquete opcional de accesorios de cableado de la CMC incluye adaptadores de terminal flexibles para conectar los cables de prueba normales a terminales con pinza de tornillo, tal y como se muestra en la figura 2.6.

Los adaptadores de terminal tienen extremos sin utilizar. Por tanto, se debe interrumpir la corriente antes de conectar estos adaptadores. Se debe introducir primero el adaptador con extremo sin utilizar en el panel de conexiones y luego fijar antes de conectarlo a un cable de prueba.

Figura 2.6. Conexión con los adaptadores de terminal.

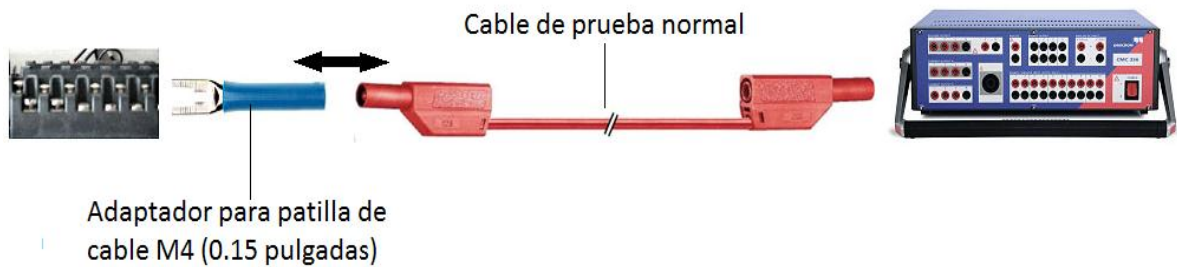


Tomado de [2].

2.2.3.2. Adaptadores para patilla de cable M4 (0.15 pulgadas)

El paquete opcional de accesorios de cableado de la CMC incluye adaptadores para patilla de cable M4 (0,15 pulgadas) que sirven para conectar cables de prueba normales a terminales con pinza de tornillo de relés SEL/ABB/GE (y otros), tal como se ilustra en la figura 2.7.

Figura 2.7. Conexión con adaptadores de patilla de cable M4.



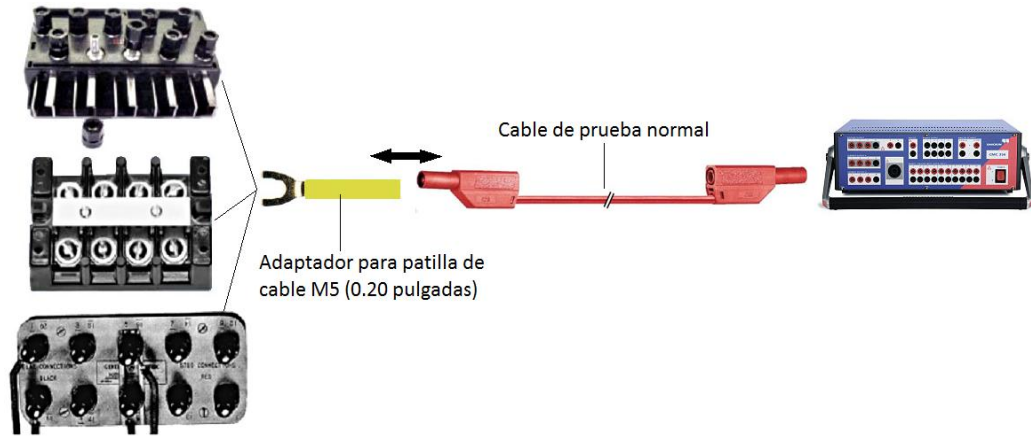
Tomado de [2].

Las patillas de cable tienen extremos sin utilizar. Por tanto, se debe interrumpir la corriente antes de conectar una patilla de este tipo. Se debe introducir siempre primero la patilla de cable con extremo sin utilizar en el panel de conexiones y luego fijar antes de conectarla a un cable de prueba.

2.2.3.3. Adaptadores para patilla de cable M5 (0.20 pulgadas)

El paquete opcional de accesorios de cableado de la CMC incluye adaptadores para clavija de cable M5 (0,20 pulgadas) que sirven para conectar cables de prueba normales a terminales con pinza de tornillo normales y de uso generalizado, tal y como se muestra en la figura 2.8.

Figura 2.8. Conexión con adaptadores para patilla de cable M5.



Tomado de [2].

Las patillas de cable tienen extremos sin utilizar. Por tanto, se debe interrumpir la corriente antes de conectar una patilla de este tipo. Se debe introducir siempre primero la patilla de cable con extremo sin utilizar en el panel de conexiones y luego fijar antes de conectarla a un cable de prueba.

2.2.4. Inicio del Sistema de Prueba

En la explicación que se presenta aquí se entiende que se ha configurado el ordenador y que se ha instalado el software de prueba OMICRON Test Universe.

Esta explicación se refiere tanto al ordenador como a la unidad CMC 356. No se hace referencia a dispositivos externos. Al instalar la unidad CMC 356, se debe comprobar que las rendijas de ventilación no estén obstruidas. En la figura 2.9 se muestra la conexión del ordenador a la unidad CMC.

Figura 2.9. Conexión de la unidad CMC 356 al ordenador.



Tomado de [2].

A continuación se enumeran los pasos a seguir para la conexión de los componentes del sistema.

1. Conectar la unidad CMC 356 al PC con el cable de conexión que se suministra:
 - CMC 356: Conector ETH1 en la parte posterior de la unidad de prueba
 - PC: Puerto Ethernet (denominado como “EtherNET”, “LAN” o similar).
2. Conectar la unidad de prueba CMC 356 a la red eléctrica.
3. Encender ambos dispositivos.
4. Iniciar el software OMICRON Test Universe.

En la unidad CMC 356 se realiza una completa verificación del hardware. En el transcurso, se escuchan sonidos de conmutación procedentes de los relés de la unidad de prueba. Si en el transcurso de esta autocomprobación se detectan irregularidades, el software muestra el mensaje de error correspondiente en la pantalla del PC.

2.2.5. Instalación y Función

El sistema de prueba de OMICRON controlado por ordenador responde al concepto de división funcional entre el software que se ejecuta en el PC y el hardware de la unidad CMC 356 conectada al equipo en prueba.

El software de prueba OMICRON Test Universe que se ejecuta en el ordenador:

- controla las señales de prueba
- procesa datos de medidas
- crea informes
- genera entradas de datos

La unidad de prueba CMC 356:

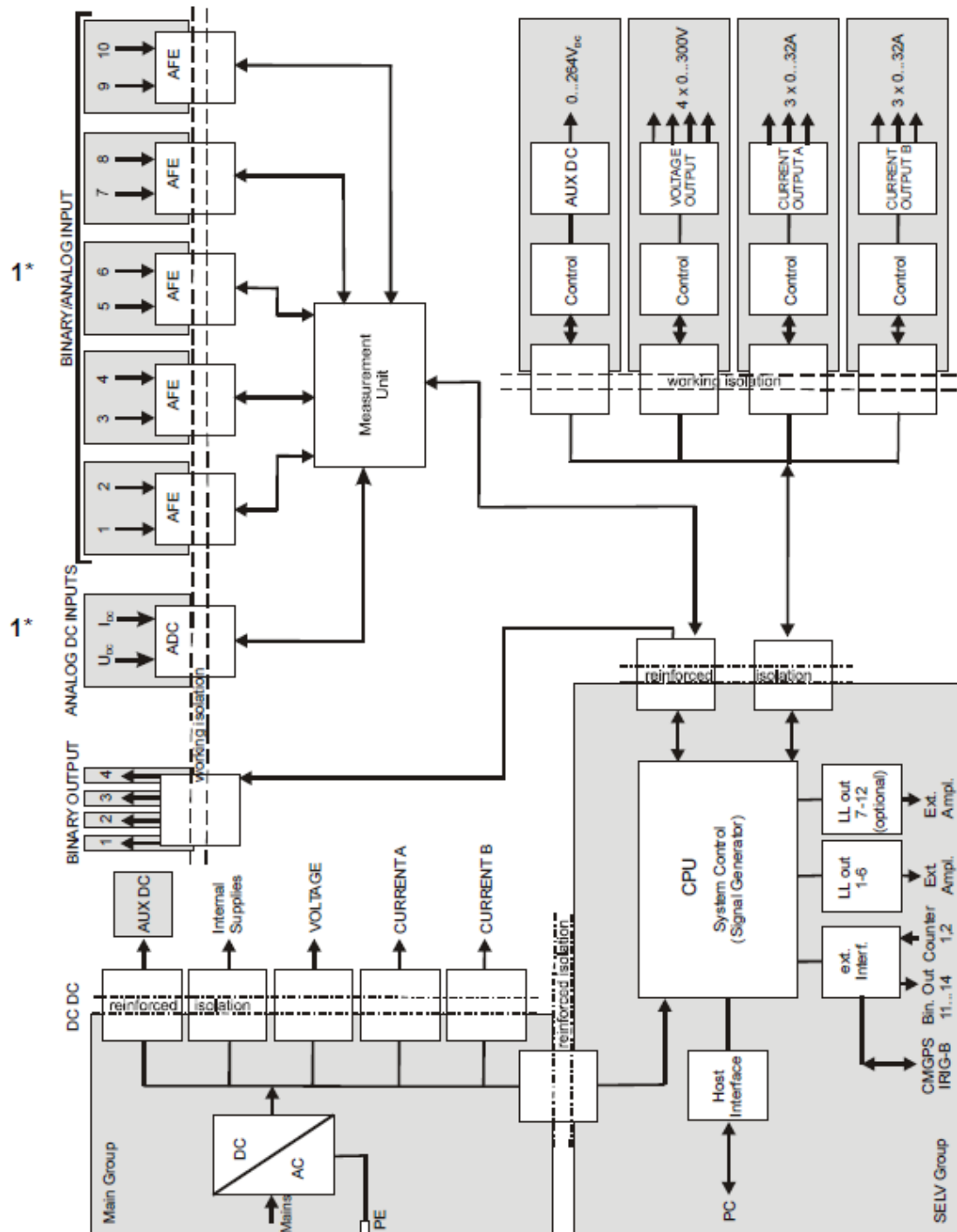
- crea señales de prueba (corrientes, tensiones, señales binarias)
- mide la reacción (analógica y binaria) del equipo en prueba
- suministra corriente en CC a los equipos en prueba

2.2.5.1. Diagrama de bloques

El diagrama de bloques simplificado de la figura 2.10 muestra todas las señales de acceso externo con tonos grises. Todas las zonas en gris representan un grupo galvánico que está aislado de los demás grupos galvánicos.

La conexión de corriente ("grupo de alimentación eléctrica") y las conexiones del "grupo SELV" (SELV = Safety Extra Low Voltage) están disponibles en la parte posterior de la unidad de prueba. Todos los demás grupos señalados con tonos grises se encuentran en la parte delantera de la unidad de prueba. Los circuitos aislados relevantes para la seguridad (alimentación eléctrica ↔ SELV, alimentación eléctrica ↔ placa delantera y placa delantera ↔ SELV) se denominan "aislamiento reforzado" en el diagrama de bloques.

Figura 2.10. Diagrama de bloques principal de la unidad CMC 356.



Tomado de [2].

1* Nota relativa a la opción de hardware ELT-1: La opción de hardware ELT-1 permite la medida de señales analógicas utilizando la unidad CMC 356. En la configuración estándar (CMC 356 sin la opción ELT-1), las entradas BINARY/ANALOG INPUT 1 - 10 sólo pueden utilizarse como entradas binarias y las entradas DC no están disponibles.

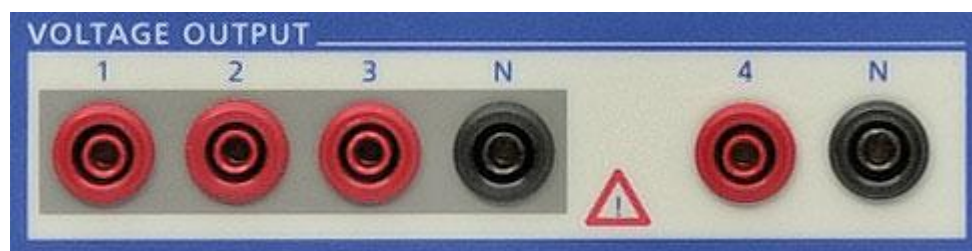
a. Salida de tensión (Amplificador de tensión)

Las cuatro salidas de tensión tienen una sola conexión común a neutro N y están separadas galvánicamente de las demás salidas de la unidad CMC 356. Los dos enchufes negros denominados "N" están conectados galvánicamente.

El amplificador de tensión y los amplificadores de corriente son amplificadores lineales con acoplamiento de CC. Las salidas de tensión operan en dos rangos:

- Rango 1: 4 x 0-150 V
- Rango 2: 4 x 0-300 V

Figura 2.11. Amplificador de tensión (salidas de tensión).



Tomado de [2].

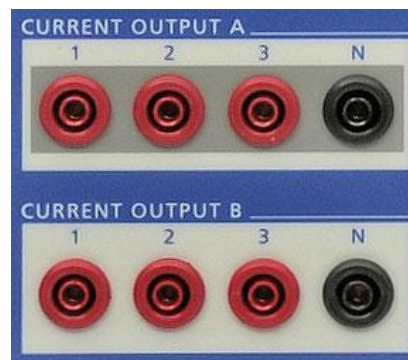
b. Salida de corriente (Amplificador de corriente)

Dos salidas de corriente trifásicas (CURRENT OUTPUT A y CURRENT OUTPUT B) separadas galvánicamente, cada una con su propia conexión a neutro (N).

Cada salida está separada galvánicamente de las demás conexiones de la unidad CMC 356.

Los amplificadores de corriente están instalados como amplificadores con conmutación de modo con acoplamiento de CC. Con esta tecnología es posible conseguir densidad de alta potencia en una estructura muy compacta. El acoplamiento de CC permite una reproducción precisa de transitorios o componentes CC.

Figura 2.12. Grupos de salidas de corriente A y B del CMC 356.



Tomado de [2].

c. Entrada binaria / analógica (entradas binarias 1 - 10)

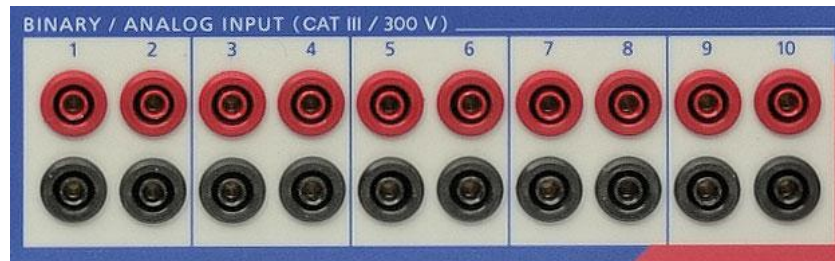
Las diez entradas binarias se dividen en cinco grupos de dos, hallándose cada grupo separado galvánicamente de los demás. Si está instalada la opción de hardware ELT-1, todas las entradas pueden configurarse individualmente mediante el software como entradas de medida binarias o analógicas.

Las señales de entrada se supervisan con una resolución temporal de 100 μ s y después se evalúan en la CPU.

Las entradas binarias se configuran en el módulo Configuración del hardware del software OMICRON Test Universe. Al hacerlo, puede especificarse si los contactos tendrán potencial o no. Cuando los contactos tienen potencial, puede fijarse la tensión nominal prevista y el umbral de arranque de cada entrada binaria.

Además, pueden utilizarse las entradas binarias 1 - 10 como entradas de contador para frecuencias de entrada hasta de 3 kHz.

Figura 2.13. Entradas binarias/analógicas 1-10.

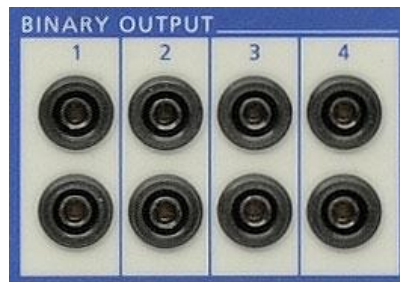


Tomado de [2].

d. Salida binaria

Hay cuatro salidas binarias para su utilización como contactos de relé sin potencial.

Figura 2.14. Salidas binarias.



Tomado de [2].

e. AUX DC (potencia CC para equipos en prueba)

Los equipos en prueba que requieren una tensión auxiliar de CC pueden alimentarse desde la salida AUX DC.

La tensión de CC que se aplica a la salida AUX DC oscila entre 0 y 264 voltios y se configura por medio del software.

La salida AUX DC está separada galvánicamente de las demás salidas.

Figura 2.15. Potencia CC para equipos en prueba (AUX DC).



Tomado de [2].

f. CPU

La CMC 356 CPU (Central Processing Unit, unidad de procesamiento central) realiza las siguientes tareas:

- Comunicación con el ordenador o una red a través de los puertos Ethernet “ETH1” y “ETH2”.
- Generación de señales digitales para todas las salidas de la unidad de prueba (incluidas señales de control para los amplificadores externos).

- Generación de señal central de reloj de gran precisión con opciones de sincronización utilizando la unidad de sincronización CMGPS o la caja de interfaz CMIRIG-B.
- Supervisión y control de todos los sistemas, incluidos, en su caso, los amplificadores externos.

g. Fuentes de alimentación eléctrica (CC-CC)

Un convertidor CA/CC genera la tensión de CC que se requiere a partir de la tensión de alimentación de 85 a 264 VCA (ver Anexo C) y garantiza un filtrado que permita suficiente compatibilidad electromagnética (EMC).

El suministro de corriente a distintos módulos, que forman parte respectivamente de sus propios grupos galvánicos, se realiza empleando convertidores CC-CC con aislamiento reforzado.

2.2.5.2. Generación de Señales

Para conseguir señales de salida de la exactitud establecida, es necesario generar señales de onda sinusoidal de gran amplitud y exactitud de fase.

Para cumplir el requisito de disponer de fuentes de señales acopladas en fase, la generación de señales se efectúa de modo digital.

A tal efecto, la unidad CMC 356 emplea un procesador de señales digitales (DSP) de gran capacidad.

Con la generación de señales digitales el sistema es muy flexible. Empleando parámetros específicos del dispositivo (por ejemplo ganancia, desplazamiento y ángulo de fase nulo en cada canal) puede efectuarse digitalmente una corrección exacta de la amplitud, el desplazamiento y la fase.

La corrección digital garantiza que la desviación será la mínima posible. Además de ondas sinusoidales, puede generarse cualquier otra señal transitoria o periódica.

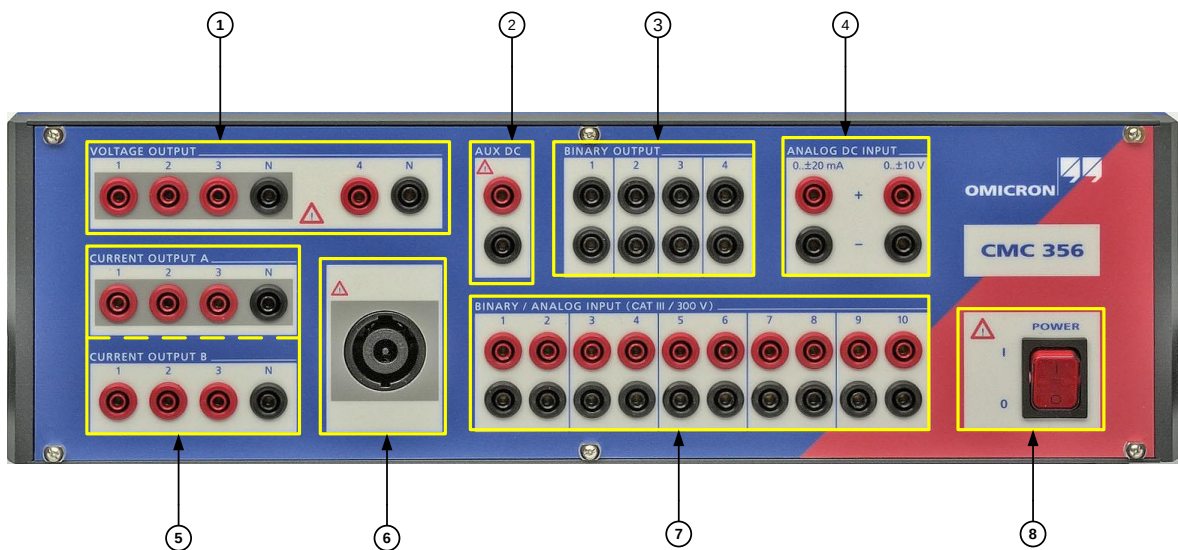
2.2.6. Conexiones e Interfaces

Las conexiones e interfaces de la unidad CMC 356 se presentarán a continuación tanto para el panel frontal como para el panel posterior.

2.2.6.1. Conexiones del panel frontal

Las conexiones del panel frontal se muestran en la figura 2.16.

Figura 2.16. Vista frontal de la unidad CMC 356.



Tomado de [2].

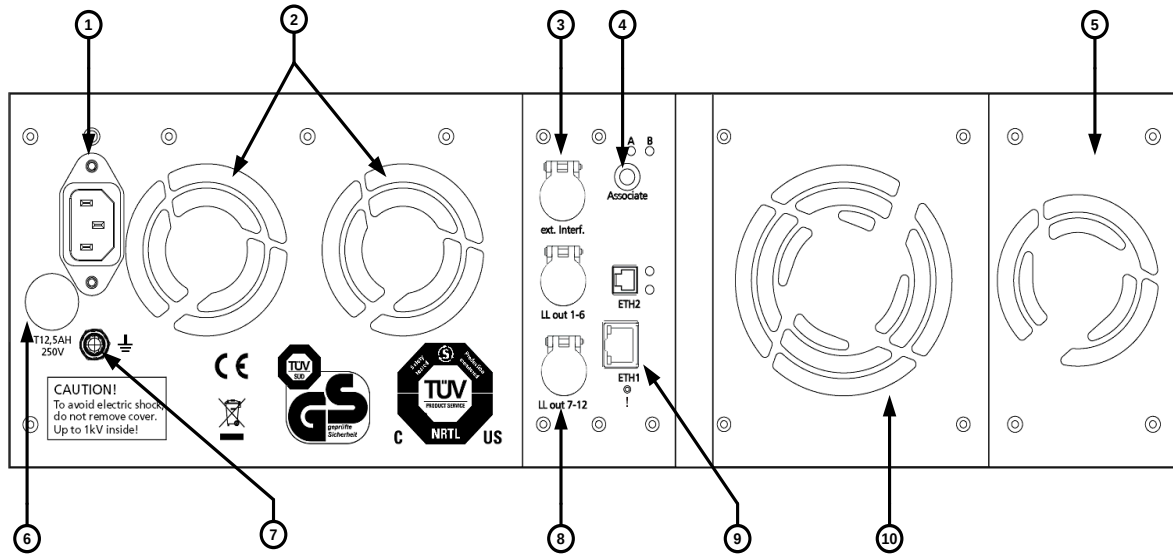
Dónde:

1. **Salida de Tensión:** Salida de 4 x 300 V_{ef} del amplificador interno de tensión; también se aplican las salidas 1-3 al enchufe combinado del generador.
 2. **AUX DC:** Tensión de salida en 3 rangos entre 0-264 V; se emplea para la alimentación eléctrica de los equipos en prueba.
 3. **Salida Binaria:** Cuatro contactos de relé sin potencial.
 4. **Entrada Analógica de DC:** 0 - ±1 mA/ 0 - ±20 mA: entradas de corriente CC. 0 - ±10 V: entradas de tensión CC.
 5. **Salida de Corriente: Grupo A:** salida de 3 x 32 A_{ef} del amplificador de corriente; también se aplica al enchufe combinado del generador. **Grupo B:** salida de 3 x 32 A_{ef} del amplificador de corriente.
 6. **Enchufe combinado del generador:** Enchufe combinado de 8 polos para las salidas SALIDA DE TENSIÓN 1-3 y SALIDA DE CORRIENTE A (hasta 3 x 25 A_{máx}).
- Indicación de aviso: **Tensión Peligrosa:** Como mínimo una de las tensiones de salida supera el valor de 42 V.
7. **Entrada Binaria/Analógica:** 10 entradas binarias en 5 grupos separados galvánicamente.
 8. Interruptor de Corriente.

2.2.6.2. Conexiones del panel posterior

Las conexiones del panel frontal se muestran en la figura 2.17.

Figura 2.17. Vista posterior de la unidad CMC 356.



Tomado de [2].

Dónde:

1. Fuente de alimentación.
2. Fuente de alimentación de los ventiladores
3. Interfaz SELV "ext. Interf.".
4. LED de estado y botón "Asociar".
5. Salidas de tensión de los ventiladores.
6. Fusible T12.5 AH.
7. Enchufe de 4 mm por 0.16 pulgadas para conexión adicional a tierra de protección PE (por ejemplo para conectar a barras a tierra de baja resistencia).

8. Interfaces SELV “LL out 1-6” y “LL out 7-12” (opcional).
9. Puertos Ethernet ETH1 y ETH2 y botón “! ”.
10. Salidas de corriente de los ventiladores.

2.3. CARACTERÍSTICAS DE SOFTWARE [3]

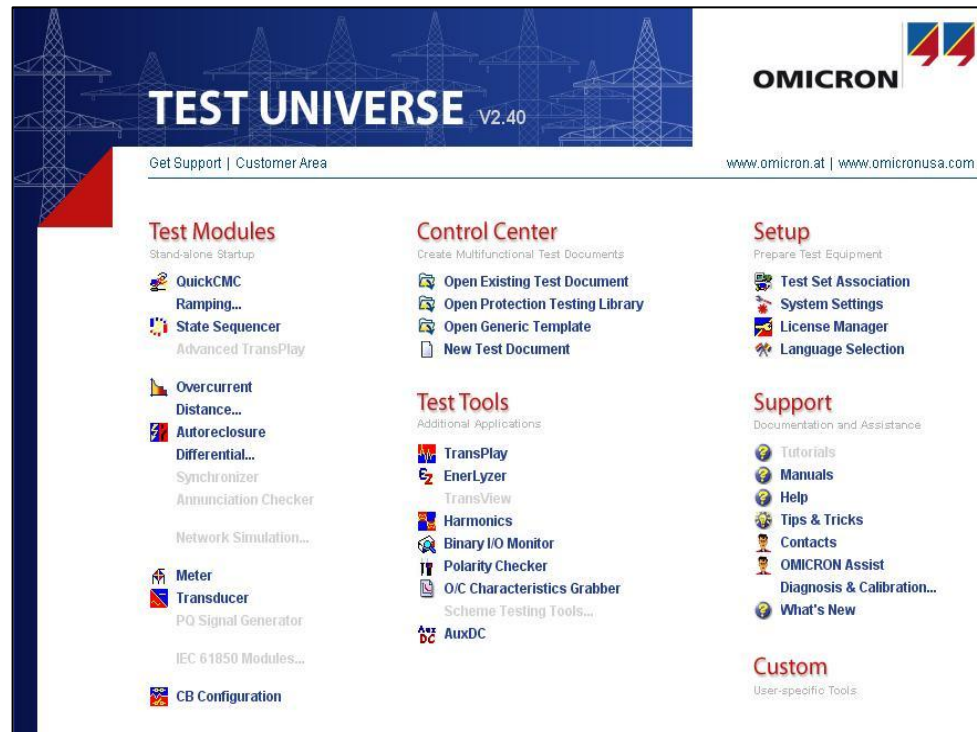
Aquí se presenta una vista general detallada del software Protection Package (Paquete de programas de Protección), así como cada módulo de prueba que forma parte de este paquete (ver ítem 2.4).

El software Protection Package ofrece una gama completa de funciones para definir y realizar pruebas exhaustivas a cualquier relé de protección. Contiene varios módulos de prueba orientados a funciones específicas, que pueden operar en modo autónomo para pruebas sencillas.

Los módulos de prueba están diseñados para automatizar las pruebas y realizar evaluaciones automáticas. Para crear pruebas completas multifuncionales, se pueden incrustar todos los módulos de prueba en un documento del OMICRON Control Center (plan de prueba) una o varias veces. El OMICRON Control Center es la herramienta de automatización dominante, que aprovecha el planteamiento orientado a documento para las pruebas.

En la figura 2.18 se ilustra el entorno de la ventana principal del software Protection Package de la unidad OMICRON CMC 356 y a continuación se explica cada componente del software. Los módulos de prueba del equipo se describen brevemente en el ítem 2.4.

Figura 2.18. Ventana principal del software Protection Package.



Tomado de [4].

2.3.1. Control Center (OCC)

Crea documentos de prueba multifuncionales y contiene:

- *Control Center*: Herramienta de automatización, plan de pruebas orientado al documento, plantilla y formulario de informe.
- *Test Wizard*: Crea un nuevo documento de prueba (plan de prueba) de una forma rápida y fácil. Una secuencia de cuadros de diálogo guía al usuario a través del proceso de creación de un documento de prueba nuevo.

Se debe empezar en la *Start Page* haciendo clic en "Abrir un documento vacío..." o en el Control Center haciendo clic en el icono del *Test Wizard*.

2.3.2. Módulos de ayuda de Control Center

Se debe iniciar cualquier Módulo de ayuda del Control Center seleccionando la opción del menú desplegable INSERTAR | MÓDULO DE PRUEBA y contiene:

- *Pause*: Proporciona funciones especiales para detener, continuar o realizar pausas en un procedimiento de prueba de Control Center. *Pause Module* no está visible en la *Start Page*, si bien se puede acceder a él desde el OCC.
- *ExeCute*: Inicia un programa ejecutable, un procedimiento de procesamiento por lotes o abre un documento asociado con una aplicación. Permite iniciar una aplicación externa fuera de un documento de prueba de Control Center.
- *TextView*: Muestra el contenido de un archivo de texto ASCII. Con *TextView* incrustado en un documento OCC, el contenido del archivo de texto se actualiza y se muestra en el documento OCC en tiempo de ejecución, es decir, mientras se está ejecutando la prueba.

2.3.3. Herramientas de prueba

Contiene:

- *TransPlay*: Reproduce los datos transitorios (archivos COMTRADE) usando una unidad de prueba CMC.

- *Harmonics*: Crea una secuencia de señales que consta de una pre-señal con frecuencia de la fundamental, seguida de una señal con combinación espectral definible (todos los armónicos hasta de 3 kHz si los admite el hardware conectado), seguida de una post-señal con frecuencia de la fundamental. *Harmonics* puede generar hasta tres corrientes y tres tensiones, cada una con composición de armónicos individual.
- *Binary I/O Monitor*: Muestra el estado de todas las entradas y salidas del hardware CMB y CMC 356 de OMICRON, y todas las entradas del resto del hardware CMC de OMICRON. También puede mostrar los cambios de estado de las entradas de CMB y de CMC 356.
- *Polarity Checker*: Determina si la polaridad es correcta inyectando una señal especial de prueba de la polaridad en una ubicación determinada. A continuación, se realiza la comprobación de la polaridad con el accesorio CPOL, un comprobador de polaridad portátil fácil de usar.
- *Overcurrent Characteristics Grabber*: Complementa el módulo de prueba Overcurrent. Ayuda a extraer características de sobre corriente a partir de representaciones gráficas. Es muy útil en casos en los que la característica de tiempo inverso no se conoce a partir de una fórmula determinada sino sólo por una representación gráfica (por ejemplo, una imagen en un manual de un relé).
- *AuxDC*: Configura la salida auxiliar de CC de la unidad de prueba CMC 356 o de una unidad CMB de entrada/ salida binaria.
- *Administrador de Licencias*: Explorador de licencias, herramienta de fusión de licencias y editor de archivos de licencia.

2.3.4. Adicionales

Contiene:

- *Software de Calibración de Campo (Field Calibration Software)*: Facilita y automatiza la calibración y prueba de la línea de productos CM de OMICRON. El Software de calibración de campo ejecuta procedimientos de calibración o prueba en puntos de prueba definidos mediante plantillas y comprueba si la unidad de prueba se ajusta a las especificaciones. Tras calibrar o probar una unidad de prueba, el Software de calibración de campo suministra un informe en el que se resumen las condiciones y los resultados de las pruebas.
- *CM Engine*: Interfaz de programación para desarrolladores de software. Proporciona control total sobre las funciones de las unidades de prueba de OMICRON.

2.4. MÓDULOS DE PRUEBA DE LA UNIDAD CMC 356 [3]

Se debe iniciar un módulo de prueba en modo "autónomo" en la *Start Page* o incrustándolo en el Control Center por medio de INSERTAR | MÓDULO DE PRUEBA.

Estos módulos de prueba se explicarán mejor en el Capítulo IV donde se especifican las pruebas realizadas a las funciones explicadas en el Capítulo II para el relé Siemens 7UM622 y los módulos son los siguientes:

2.4.1. QuickCMC

Con QuickCMC, una unidad de prueba CMC emite estáticamente valores analógicos y digitales. Además, pueden supervisarse las entradas de la unidad CMC y pueden realizarse mediciones simples con las entradas binarias. QuickCMC representa un buen punto de partida para nuevos usuarios.

2.4.2. Ramping

Posee las siguientes características:

- Produce la variación de la amplitud, la frecuencia y la fase a lo largo de una función en escalera (o rampa).
- Evaluación e informe automáticos de los valores de arranque/reposición.
- Posee la opción de generar rampas simultáneas de dos parámetros de la señal (por ejemplo la amplitud y la frecuencia).
- Cálculo de la relación de arranque/reposición.
- Repetición automática de las pruebas con cálculo automático del valor promedio.
- Funciones Paso atrás y Zoom para obtener una resolución más alta en el umbral.

2.4.3. Pulse Ramping

Prueba los valores de arranque de los relés de protección multifuncionales con varias funciones o elementos de protección sin reparametrizar el relé.

2.4.4. State Sequencer

Posee las siguientes características:

- Emisión de una secuencia de estados.
- Se puede usar para determinar los tiempos de disparo u otras medidas de tiempo con evaluación automática.
- Permite el ajuste de la amplitud, la frecuencia y la fase de cada generador en cada estado individual.

- Incluye la creación automática del informe y de la función de disparo Z para las aplicaciones de distancia.

2.4.5. Overcurrent

Diseñado para los relés de sobre corriente. Prueba la característica de operación para verificar el tiempo de disparo con evaluación automática. Incluye la prueba automática de arranque / reposición y la creación automática del informe. Simula las fallas de fase a tierra, fase a fase, trifásicas, de secuencia negativa y monofásica.

2.4.6. Autoreclosure

Prueba de la función de re-cierre automático con un modelo de falla de protección de distancia integrado y un interfaz XRIO de distancia.

2.4.7. Distance

Proporciona las funciones para definir y realizar pruebas de los relés de distancia por medio de evaluaciones de los elementos de impedancia y usando definiciones de disparo individual en el plano de impedancia-Z con representación gráfica de la característica.

- **Definición de las características del relé**

Un editor gráfico permite definir, de forma rápida y sencilla, las características nominales del relé y los ajustes. Se pueden definir zonas de arranque, disparo, extensión y de no-disparo, usando los elementos predefinidos. Se proporciona una vista general completa de todas las zonas definidas.

El interfaz estándar XRIO, admitido por varios fabricantes de relés, hace posible la importación directa de los datos del relé desde el programa de ajuste de

parámetros del relé. Los ajustes de impedancia para las zonas se introducen y representan como valores primarios o secundarios, a elección del usuario.

- **Definición de las pruebas**

Las pruebas se definen en el plano de impedancia: Los puntos de prueba se añaden a la tabla de los puntos de prueba con el ratón o se introducen con el teclado. Esta tabla está dividida en varias fichas, cada una perteneciente a un bucle de falla, por ejemplo, A-N (L1- E), B-N (L2-E), C-N (L3-E), A-B (L1-L2)... etc. Se pueden definir puntos de prueba para varios bucles de falta simultáneamente (es decir, para todos los bucles monofásicos) o para cada bucle de falla por separado.

Cuando se realiza una prueba, se activan las listas de los puntos de prueba de los bucles de falla individuales. La reacción del relé se compara con los ajustes especificados nominales y se hace una evaluación. Los resultados se representan gráficamente en el plano de impedancia y numéricamente en la tabla de puntos de prueba.

Para un análisis más detallado de los resultados, se pueden representar gráficamente las tensiones y las corrientes pertenecientes a un punto de prueba y la reacción del relé (conmutación de los contactos de salida). Es posible medir el tiempo con los cursores.

- **Informes**

Distance genera automáticamente un informe de prueba que contiene los ajustes del relé, los ajustes de la prueba, los puntos de prueba y los resultados en formato tabular y gráfico.

2.4.8. Differential

Ofrece una solución de prueba integrada para relés de protección diferencial del generador, la barra y el transformador. Realiza pruebas monofásicas de la

característica de operación (valor de arranque, prueba de la pendiente) y la función de bloqueo por corriente de avalancha (prueba de frenado por armónicos).

Para la prueba de la característica de operación, se definen puntos de prueba en el plano I_{diff}/I_{pol} , ya sea usando el ratón o introduciéndolos desde el teclado. Un interfaz gráfico del usuario facilita la definición de la prueba.

Differential proporciona también un entorno de pruebas apropiado para la función de frenado por armónicos. Se puede definir la amplitud del componente fundamental y el porcentaje del armónico superpuesto para cada uno de los puntos de prueba. Las corrientes de prueba pertenecientes a los puntos de prueba se inyectan al relé y se evalúa la reacción del relé.

Insertando varios módulos Differential en un documento del OMICRON Control Center, se pueden probar automáticamente diferentes bucles de falla.

2.4.9. CB Configuration

La unidad de prueba CMC 356 ofrece una simulación del IP que emula la acción de los contactos auxiliares (52a / 52b) de un interruptor de potencia durante los procesos de disparo y cierre.

CB Configuration configura la máquina de estado de simulación del interruptor de potencia (IP) en el firmware de la unidad CMC. Este módulo asigna automáticamente las señales encaminadas de entrada y salida binarias a las entradas y salidas de simulación de la máquina de estado.

Con lo anteriormente descrito en relación a las características del equipo de prueba y lo descrito en el Capítulo I se puede ahora desarrollar las pruebas de campo al relé SIEMENS 7UM622. En el Capítulo III se describirá detalladamente como configurar los módulos de prueba de la Unidad OMICRON CMC 356 para cada una de las funciones de protección del relé.

3 IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRUEBAS DE CAMPO

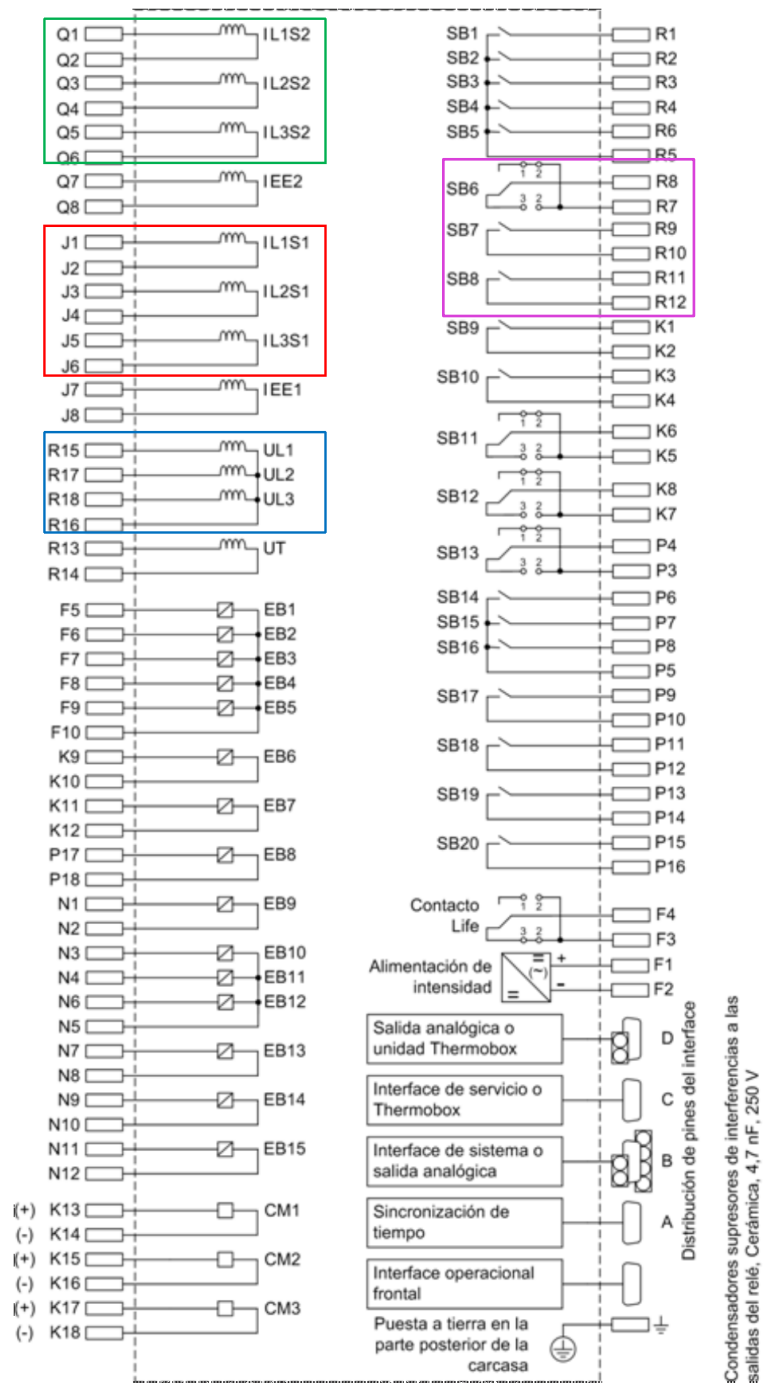
Las pruebas de campo realizadas al relé SIEMENS SIPROTEC 7UM622 están dirigidas con el objetivo de verificar el desempeño de las funciones de protección mencionadas en el capítulo I. Cada una de estas funciones se debe probar de acuerdo a ciertos criterios y de acuerdo a ello se escoge el módulo de prueba correspondiente del equipo de prueba OMICRON CMC 356. Los módulos de prueba descritos al final del capítulo II son escogidos de acuerdo a los diagramas lógicos de cada función de protección garantizando que la prueba que se realiza a una función determinada esté probando el desempeño de toda la operación de la protección.

En primer lugar antes de realizar las pruebas, se debe tener en cuenta los diagramas de conexión entre el relé y el equipo de prueba.

3.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS BORNES

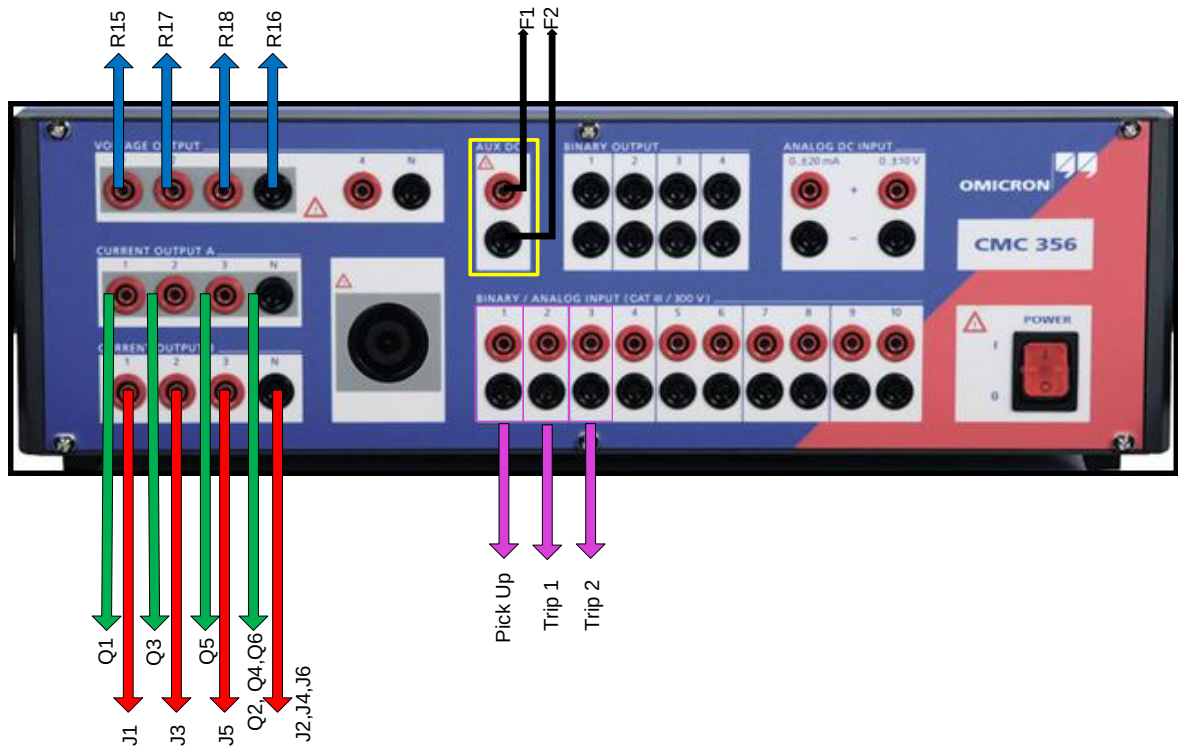
En la figura 3.1 se muestra la distribución de los bornes para el relé SIEMENS 7UM622 y en la figura 3.2 la distribución de los bornes para el equipo de prueba OMICRON CMC 356.

Figura 3.1. Plano de conjunto 7UM622 (montaje empotrable en panel de control o armario).



Tomado de [1].

Figura 3.2. Distribución de bornes de la unidad OMICRON CMC 356.



Las conexiones deben hacerse de acuerdo a las figuras 3.1 y 3.2 relacionando los bornes según los colores. El recuadro verde de la figura 3.1 corresponde a los bornes de conexión del transformador de corriente del lado primario, el recuadro rojo corresponde a los bornes de conexión del transformador de corriente del lado secundario y el recuadro azul corresponde a los bornes de conexión del transformador de potencial; y se conectan como indican las flechas en la figura 3.2. También se indican las entradas binarias de arranque (entrada binaria 1) y disparo (entradas binarias 1 y 2) en color violeta y el suministro de poder (F1 y F2) como se muestra en la figura 3.2.

A continuación se describen los módulos de prueba utilizados para cada una de las funciones de protección descritas en el capítulo I.

3.2. FUNCIONES DE PROTECCIÓN

En esta parte del documento solamente se hará una breve explicación de los módulos a utilizar en cada prueba para cada función de protección. En el capítulo IV (anexo en formato digital) se describe en forma de manual de procedimientos, cómo parametrizar cada una de las funciones de protección y además se anexa los ajustes para cada función y los datos técnicos del relé de protección en donde se encuentra las tolerancias de los valores de ajuste de las variables correspondientes.

Una vez se hayan realizado las conexiones anteriormente descritas, se procede a incluir cada uno de los módulos para las funciones de protección. En el momento de realizar las pruebas para una función de protección determinada se recomienda desactivar las demás funciones del relé en el software del mismo.

3.2.1. Información básica del dispositivo

Primero se debe ingresar todos los valores o información acerca del objeto a proteger. Estos valores se pueden encontrar en el Anexo B2. En la figura 3.3 se muestra la configuración de la información básica del dispositivo que constituye también el encabezado del protocolo de prueba que arroja el software.

En la figura 3.3 además de introducir los datos del encabezado de la plantilla, también se introducen los datos de los TC's y TP's del sistema a proteger. Estos datos se pueden encontrar en el Anexo B en los ítems B2.4 y B2.5 respectivamente.

Figura 3.3. Propiedades de la plantilla del documento de prueba.

Device Settings

Device Settings

Device

Name/description: 7UM622

Manufacturer: SIEMENS

Device type: RELE

Device address: ALTO ANCHICAYA

Serial/model number:

Additional information 1: DIEGO FREYRE

Additional information 2:

Substation

Name: U2

Address:

Bay

Name:

Address:

Overload Detection Sensitivity

☒ High ☐ Custom 50.000 ms

☐ Low ☐ Off

Nominal Values

Number of phases: ☐ 2 ☒ 3

f nom: 60.000 Hz

V nom (secondary): 120.000 V (L-L)
69.282 V (L-N)

V primary: 14.400 kV (L-L)
8.314 kV (L-N)

I nom (secondary): 5.000 A

I primary: 400.000 A

Residual Voltage/Current Factors

VLN/ VN: 1.732

IN / I nom: 1.000

Limits

V max: 200.000 V (L-L)

I max: 32.000 A

Debounce/Deglitch Filters

Debounce time: 3.000 ms

Deglitch time: 0.000 s

Aceptar Cancelar Ayuda

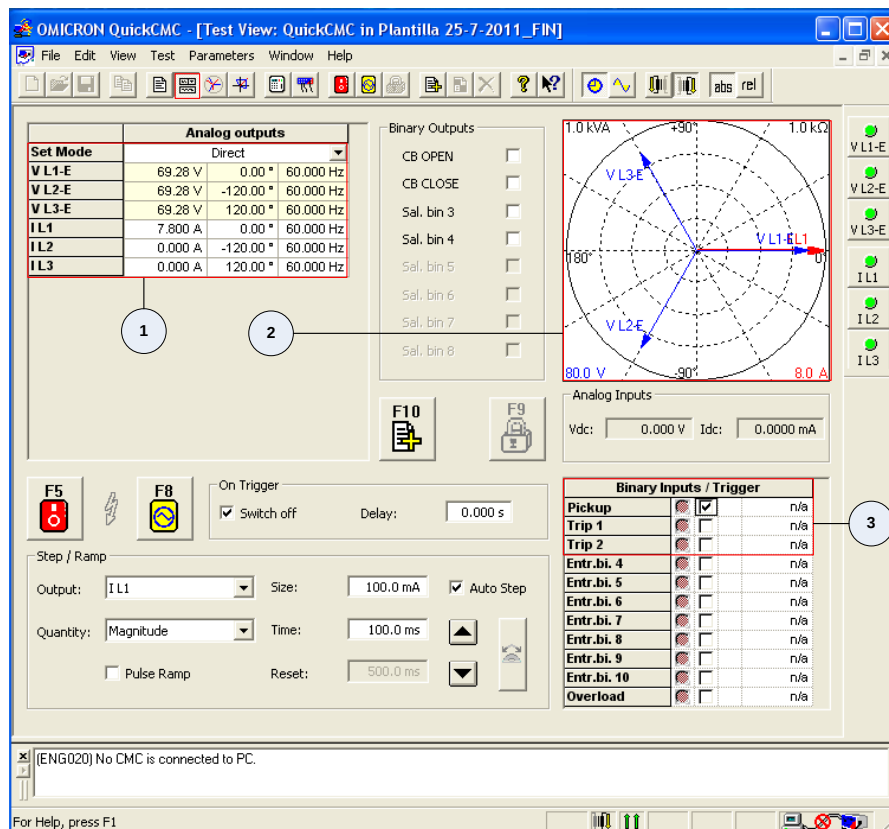
3.2.2. Quick CMC

Se debe realizar primero una prueba de fases, es decir comprobar que el origen de las corrientes y tensiones que están conectadas al relé son las correctas, a demás se puede verificar que las entradas binarias estén funcionando correctamente. Las entradas binarias utilizadas en estas pruebas son 3:

- Entrada binaria 1: Pick Up o arranque.
- Entrada binaria 2: Trip 1 o disparo.
- Entrada binaria 3: Trip 2 o disparo.

En la figura 3.4 se muestra la ventana del módulo de prueba *Quick CMC*.

Figura 3.4. Módulo de prueba Quick CMC.



A continuación se describe la configuración de la figura 3.4.

1. Verificación de las tensiones y corrientes conectadas al relé desde el equipo de prueba para una función de protección determinada.
2. Diagrama fasorial de las tensiones y corrientes del sistema.
3. Verificación de funcionamiento de las entradas binarias. Se enciende un bombillo rojo cuando actúa una de ellas.

Luego de haber realizado la prueba de fases en el módulo *Quick CMC* se procede a realizar cada prueba de las funciones de protección.

Las únicas funciones de protección que poseen un módulo propio de prueba son las funciones de sobre corriente, distancia y corriente diferencial, por lo tanto para las demás funciones se debe hacer una serie de pruebas con los módulos *Ramping* que por lo general es para simular un arranque y *State Sequencer* para simular un disparo.

3.2.3. Protección Diferencial (87G/87M/87T)

La parametrización de la protección diferencial implica hacer uso de cuatro módulos de prueba a demás de la configuración en el relé. La prueba para la protección diferencial implica:

- Configuración en el relé
- Característica de operación diferencial
- Configuración de la protección diferencial
- Restricción de armónicos
- Característica del tiempo de disparo

3.2.3.1. Configuración en el relé

Cada vez que se introduce un módulo de prueba ya sea de sobre corriente, distancia o corriente diferencial se debe ingresar los datos de ajuste básicos de la función dentro de la configuración del relé. En las figuras 3.5 a 3.9 se muestra las ventanas de configuración de la protección diferencial en el relé.

Figura 3.5. Configuración diferencial del objeto a proteger.

Differential Protection Parameters

Protected Object | CT | Protection Device | Characteristic Definition | Harmonic

Protected Object: Vector Group: Number of Windings: ☒ 2 ☐ 3

Nominal Values

	Primary	Secondary	Tertiary
Winding/Leg Name:	Primary	Secondary	Tertiary
Voltage:	235.50 kV	13.80 kV	30.00 kV
Power:	129.00 MVA	129.00 MVA	40.00 MVA
Vector Group:	Y	D11 (D330°)	Y0 (Y0°)
Starpoint Grounding:	Yes	No	No
Current:	316.26 A	5.40 kA	769.80 A
Delta-Connected CT:	No	No	

Aceptar Cancelar Ayuda

De aquí en adelante hasta la figura 3.9 se debe ingresar los valores como se muestran en las imágenes de acuerdo al Anexo B.

Figura 3.6. Configuración diferencial del TC.

	Primary	Secondary	Tertiary
Primary Current:	400.00 A	8.00 kA	800.00 A
Secondary Current:	5.00 A	5.00 A	1.00 A
Starpoint Grounding:	towards Line	towards Line	tow. Prot. Obj.

Figura 3.7. Configuración diferencial del dispositivo de protección.

Ibias Calculation:
 $(|I_p| + |I_s|) / K1$
 Factor K1 = 1.00
☐ No combined characteristic

Reference Winding:
 Primary

Reference Current:
☒ Protected Object Nominal Current
☐ Current Transformer Nominal Current

Test Time Settings / Transformer Model:
 Test Max: 1.500 s
 Delay Time: 0.250 s

Zero Sequence Elimination:
☒ IL - IO
☐ none
☐ YD interposing transformer
☐ YDY interposing transformer

Diff Current Settings:
 Idiff> 0.30 In
 Idiff>> 6.00 In

Diff Time Settings:
 tdiff> 0.030 s
 tdiff>> 0.030 s

Current Tolerances:
 relative: 2.00 %
 absolute: 0.05 In

Time Tolerances:
 relative: 3.00 %
 absolute: 0.010 s

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 3.8. Configuración de la característica diferencial.

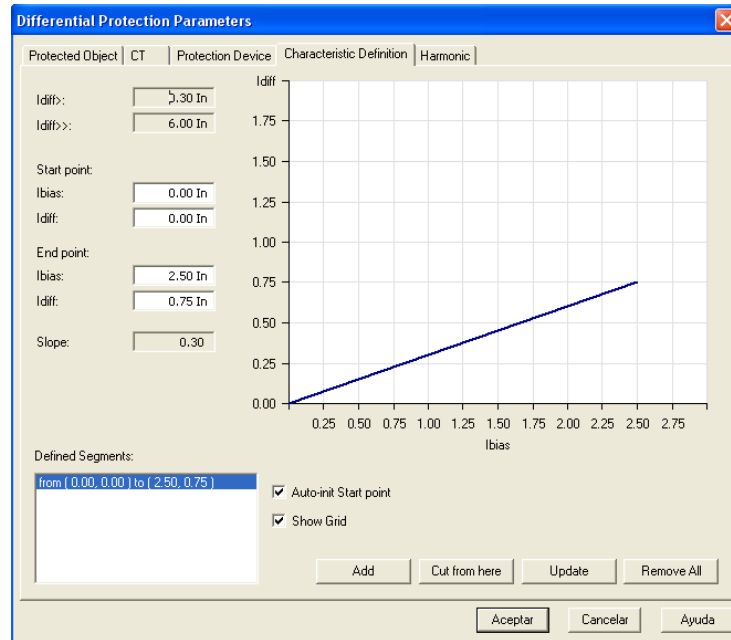
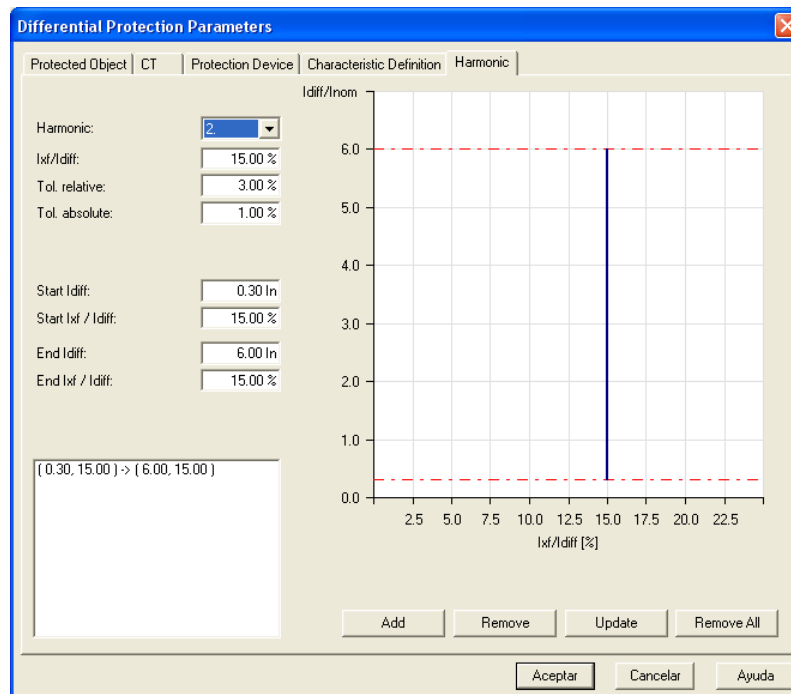


Figura 3.9. Configuración de restricción de armónicos.



En la figura 3.9 se muestra la configuración para la restricción de armónicos. Esto debe hacerse para el 2° y el 5° armónico.

En la figura 3.8 se muestra la configuración de la curva característica de la protección diferencial y para ello se debe hacer un procedimiento de cálculo que se describe a continuación:

Según los ajustes de la protección diferencial (Anexo B3.8), la curva de la característica diferencial está compuesta por dos rectas cada una con su respectiva pendiente, en este caso las pendientes son iguales. Para efectos de esta tesis solo se trabaja con una pendiente (Slope 1), por lo tanto la recta es de la forma mostrada al lado derecho de la figura 3.8. A continuación se describe el método para calcular los puntos inicial y base de cada recta pero solo se debe ingresar en este caso la primera recta.

1. Ajustar los valores correspondientes al punto base para la corriente de estabilización I_{bias} : 2042A (ver anexo B3.8).

Para calcular el punto base de la corriente diferencial I_{dif} se recurre a la ecuación 3.1.

$$I_{dif} = m * I_{bias} + b \quad (Ecuación 3.1)$$

Dónde:

I_{dif} : Corriente diferencial (Eje Y)

I_{bias} : Corriente de estabilización (Eje X)

m: Pendiente de la característica diferencial

b: Intercepto con el eje Y.

Como la pendiente es 0.3 (2041A: ver anexo B3.8), ya se puede calcular el punto base de la corriente diferencial.

Para encontrar el intercepto con el eje Y se hace uso de la ecuación 3.1:

$$0 = 0.3 * 0 + b \rightarrow b = 0$$

Por lo tanto el punto inicial de la recta 1 es (0, 0).

2. Para ajustar el punto final de la recta se recurre a la ecuación 3.2 que es la ecuación común de una recta.

$$(Y - Y_0) = m(X - X_0) \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Para la recta con pendiente 1:

$$Y_1 - Y_0 = m(X - X_0)$$

Luego se reemplaza el punto de coordenadas base (0, 0) y el valor de la pendiente:

$$Y_1 - 0 = 0.3 * (X - 0)$$

Se obtiene la ecuación de la recta 1:

$$Y_1 = 0.3X \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

Para la recta con pendiente 2 se tiene que el punto base de la corriente I_{bias} es $2.5 \cdot I_n$ (2044A: ver anexo B3.8) y la pendiente es 0.3 (2043A: ver anexo B3.8), por lo tanto el punto de coordenadas base de la característica 2 se halla rescribiendo la ecuación 3.1 así.

$$I_{diff} = m * I_{bias} \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

Reemplazando la corriente I_{bias} y la pendiente se obtiene la corriente I_{diff} base para la recta 2:

$$I_{diff} = 0.3 * 2.5 I_n = 0.75 I_n$$

De este modo se obtiene el punto de coordenadas base ($2.5 I_n$, $0.75 I_n$) para la recta 2 que a su vez es el punto final de la recta 1. Esta es la recta que se visualiza en la figura 3.8.

Para encontrar el punto de coordenadas final de la recta 2 se emplea como corriente I_{diff} el escalón máximo de corriente diferencial $I_{diff} >>$ (2031: ver anexo B3.7) y utilizando la ecuación 3.4 se obtiene la corriente I_{bias} del punto de coordenadas final de la recta 2.

$$I_{bias} = \frac{I_{diff}}{m} = \frac{6 I_n}{0.3} = 20 I_n$$

Finalmente se obtiene el punto de coordenadas final de la recta 2 ($20 I_n$, $6 I_n$).

Por lo tanto se ingresa los valores del punto de coordenadas final en el número 2 de la figura 3.8 y se hace click en el botón Add para adicionar la recta a la característica.

Luego se introduce la recta 2, para ello se debe ingresar el punto de coordenadas correspondiente al punto base de la recta dos y el punto final de coordenadas en de la figura 3.8, finalmente se hace click en el botón Add para adicionar la recta 2 a la característica diferencial.

3. El valor de la pendiente de la recta no se puede modificar manualmente por lo tanto si se sigue correctamente el anterior método de cálculo de las corrientes I_{bias} y I_{diff} aparecerá el valor ajustado de la pendiente automáticamente una vez se introduzca los valores de estas corrientes.

3.2.3.2. Característica de operación diferencial

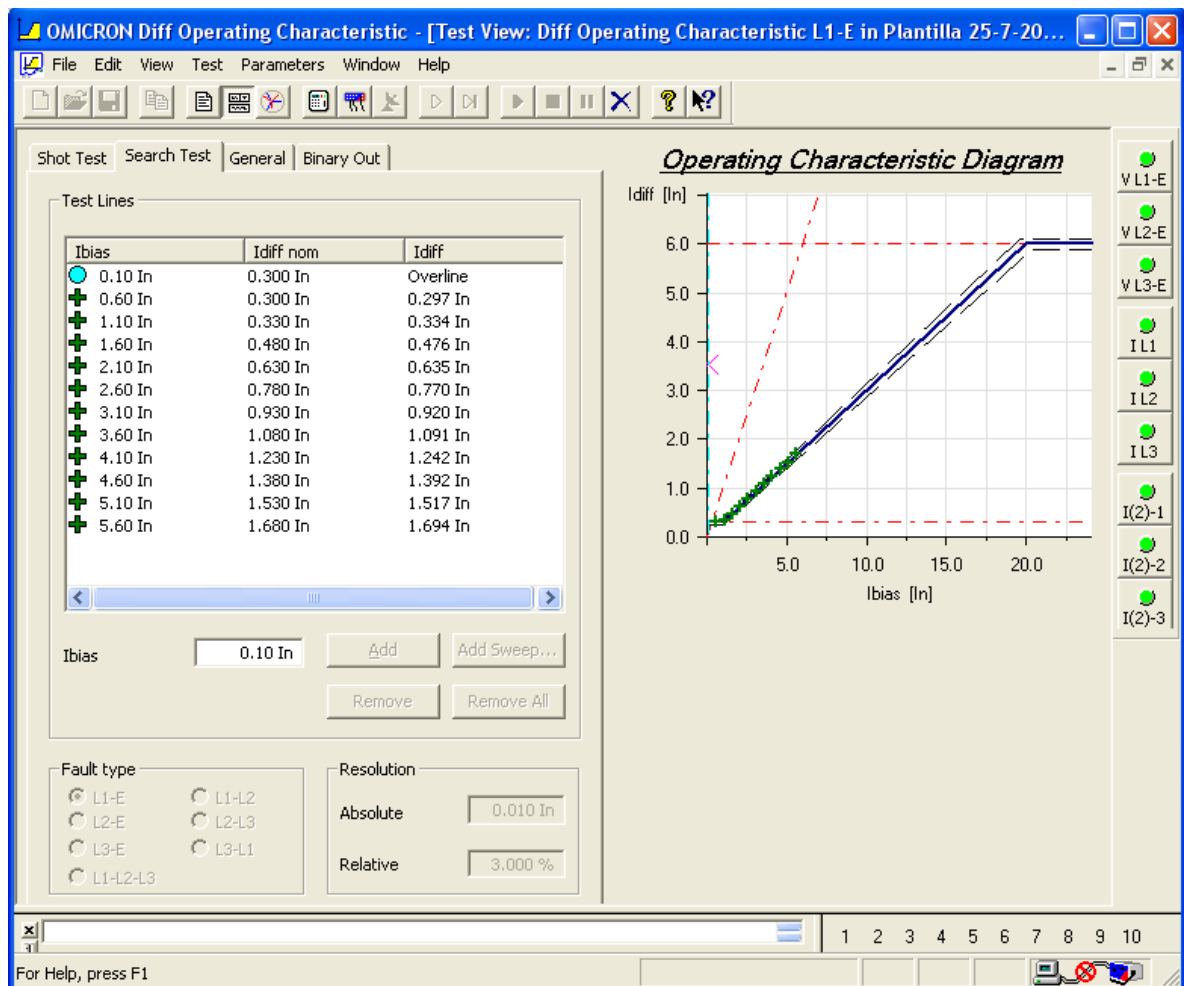
En esta prueba se hace uso del módulo *Diff Operating Characteristic*, el cual verifica la curva o característica de operación del relé diferencial y prueba la capacidad del relé para diferenciar entre fallas que ocurren dentro y fuera de la zona protegida [5].

Este módulo de prueba posee dos posibilidades de prueba:

- **Prueba de disparo (Shot Test):** Prueba con disparos específicos en el plano I_{diff} / I_{pol} para verificar las tolerancias definidas por el fabricante. También busca el punto de falla con el valor teórico del ajuste [5].
- **Prueba de búsqueda (Search Test):** Es una prueba para la determinación exacta de la forma de la característica y sus tolerancias [5].

En el caso de esta tesis se empleará el modo de prueba *Search Test*. En la figura 3.10 se muestra la ventana de configuración del modo *Search Test* del módulo *Diff Operating Test*.

Figura 3.10. Modo Search Test del módulo Diff Operating Test.



La prueba mostrada en la figura 3.10 se debe realizar para todos los lazos de prueba (parte inferior izquierda de la figura 3.10) correspondientes a los tipos de falla ya sea monofásica, bifásica o trifásica. Los lazos de prueba para esta prueba y por lo general para las demás pruebas son: L1-E, L2-E, L3-E, L1-L2, L2-L3, L3-L1

y L1-L2-L3. En la parte superior izquierda se visualizan los puntos a probar en términos de la corriente nominal y en la parte derecha se visualiza la característica de corriente diferencial.

3.2.3.3. Configuración de la protección diferencial

El módulo de prueba *Diff Configuration* prueba el comportamiento normal ideal. Los ajustes del equipo protegido se prueban con fallas fuera de la zona protegida. El proyecto completo de la protección diferencial se puede probar para sistemas diferenciales convencionales [5].

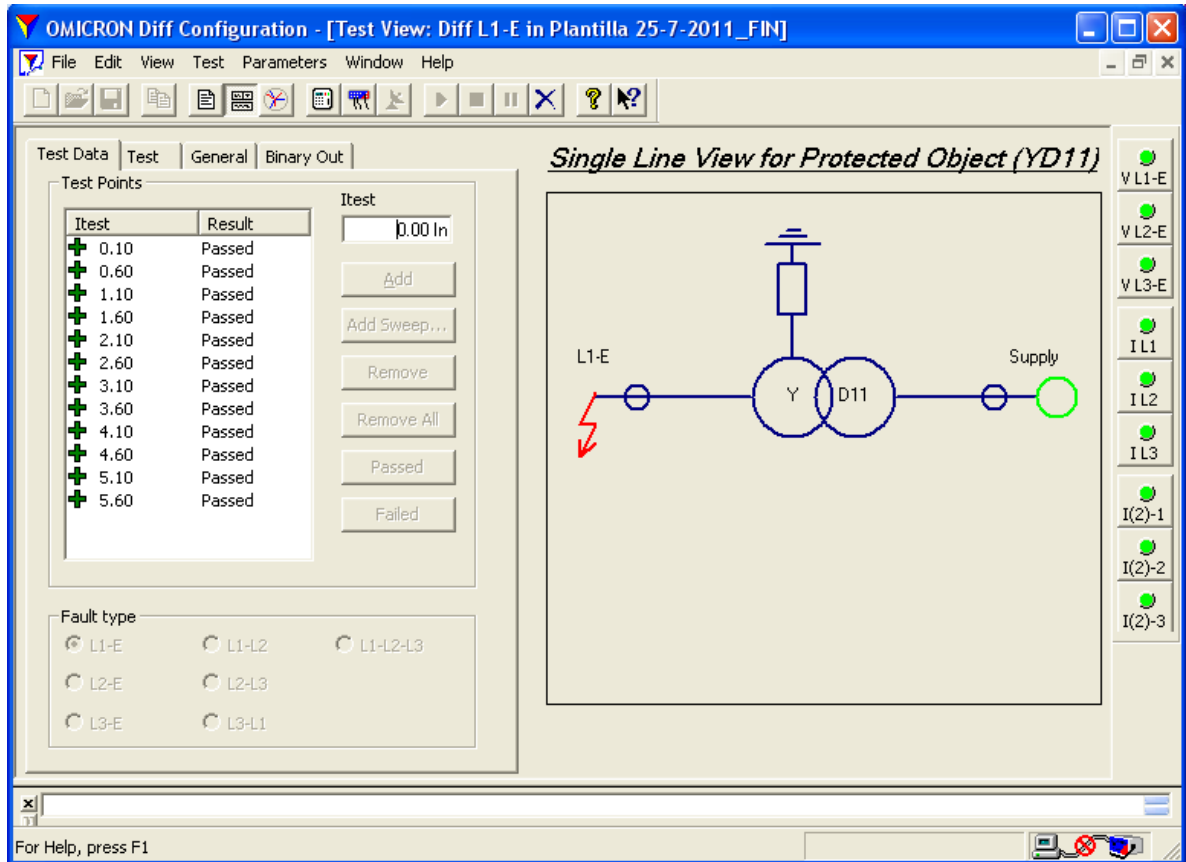
El módulo *Diff Configuration* sirve principalmente para poner en servicio sistemas diferenciales de protección, o para encontrar una falla de la configuración, o del cableado. Con este módulo se pueden detectar todos los problemas de cableado que estén ubicados en el bastidor de protección (incluyendo los transformadores interpuestos). Esto también es de aplicación para la configuración de relés digitales o sus conexiones diferenciales [5].

El módulo *Diff Configuration* prueba [5]:

- El cableado secundario y los transformadores interpuestos (relés electromecánicos y de diseño electrónico).
- El ajuste correcto de los parámetros de los relés digitales (especificación del equipo protegido).
- La eliminación de la falla a tierra "fuera" de la zona protegida.

En la figura 3.11 se muestra la configuración de del módulo *Diff Configuration* en la pestaña *Test Data*.

Figura 3.11. Configuración de la pestaña Test Data del módulo Diff Configuration.



En la parte izquierda de la figura 3.11 se muestra los puntos a probar en términos de la corriente nominal, en la parte derecha se muestra el esquema monofásico del objeto a proteger y en la parte inferior izquierda se muestran los lazos de prueba correspondientes a los tipos de falla. Se debe hacer la prueba para cada uno de los lazos de prueba.

3.2.3.4. Restricción de armónicos

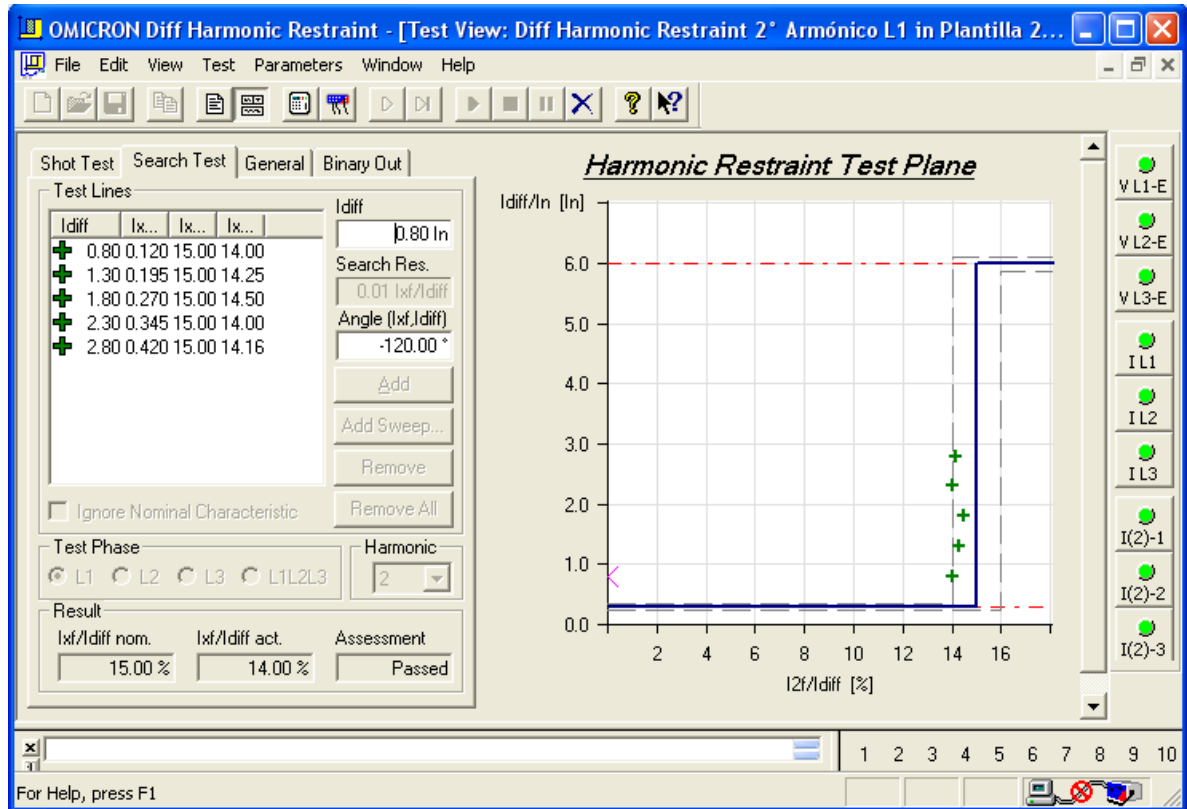
El módulo de prueba *Diff Harmonic Restraint* verifica la correcta operación de la función de frenado por armónicos en el relé de protección. Se puede seleccionar el armónico especificado con su magnitud en porcentaje, relativo a la magnitud de la corriente nominal. Estos se pueden aplicar por fase o de manera trifásica al devanado primario o de alta tensión. Son posibles pruebas de búsqueda (*Search Test*) y de disparo (*Shot Test*) [5].

Se realiza la prueba como si fuese una prueba de disparo en los puntos especificados o como las pruebas de búsqueda para determinar la característica real del frenado por armónicos [5].

Dado que se puede superponer una amplia variedad de armónicos a la corriente fundamental, este módulo es perfectamente compatible para verificar la función de bloqueo por avalancha, así como el bloqueo por saturación. El desplazamiento de la fase inicial entre la onda fundamental y los armónicos se puede variar para simular los distintos procesos de avalancha [5].

En la figura 3.12 se muestra la configuración del *Search Test* para la restricción de armónicos.

Figura 3.12. Modo Search Test del módulo Diff Harminic Restraint.



La prueba mostrada en la figura 3.12 se debe realizar tanto para el 2° como para el 5° armónico y para los lazos de falla L1, L2, L3 y L1L2L3. Los lazos de falla se muestran en la parte inferior izquierda de la figura 3.12, en la parte superior se muestra los puntos de prueba en términos de la corriente nominal y en la parte derecha se muestra el plano de prueba de restricción de armónicos.

3.2.3.5. Característica del tiempo de disparo

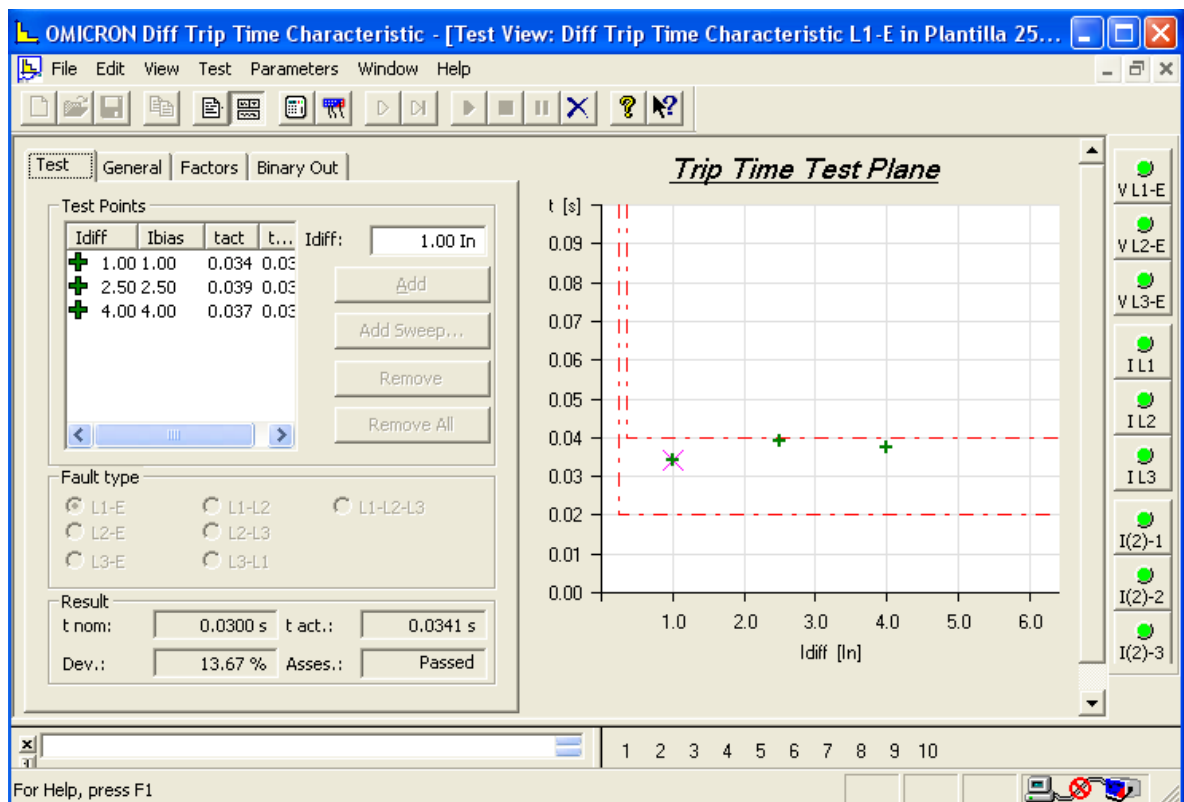
Para esta prueba se emplea el módulo de prueba *Diff Trip Time Characteristic* que consiste en verificar si los tiempos de disparo (velocidad) de la protección diferencial están dentro de las bandas de tolerancia [5].

Este módulo de prueba mide el tiempo de disparo a lo largo de las líneas de prueba en el plano de la curva de operación. Se puede ejecutar la prueba para todos los lazos de falla posibles. Para algunos relés, existe una corriente de pre-falla que requiere la aplicación de una corriente de pre-falla durante un tiempo especificado [5].

Este módulo de prueba ofrece la posibilidad de determinar automáticamente el tiempo de disparo de cualquier par de valores I_{diff} / I_{bias} definido, usando las tolerancias del dispositivo de protección (para cada valor I_{diff} , el programa averigua automáticamente el valor correspondiente de I_{bias} utilizando la línea de prueba) [5].

En la figura 3.13 se muestra la ventana del módulo en la pestaña *Test*.

Figura 3.13. Módulo Diff Trip Time Characteristic, pestaña *Test*.



En la figura 3.13 se muestra la ventana principal del módulo de la característica del tiempo de disparo. En la parte superior izquierda se visualiza los puntos a probar en términos de la corriente nominal, en la parte inferior izquierda aparecen los lazos de prueba correspondientes a los tipos de falla que se desea probar (hacer esto con cada lazo de prueba) y en la parte derecha se observa el plano de prueba del tiempo de disparo con los puntos seleccionados de prueba.

Se debe tener precaución para esta función de corriente diferencial, en el momento de ingresar los valores de corriente con respecto a la corriente máxima que el equipo de prueba debe inyectar. La corriente máxima es 32 A distribuidos en 6 canales cada uno de 5.33 A, por tanto la máxima corriente nominal en cada punto de prueba que se recomienda ingresar es $6I_n = 6 * 5.33 \text{ A} = 31.98 \text{ A}$.³

3.2.4. Sobre corriente de tiempo definido (con sello de tensión) (50/51)

Debido a que las únicas funciones de protección que cuentan con un módulo de prueba son las funciones de protección diferencial, distancia y sobre corriente, obligatoriamente, para esta función y en adelante para las demás funciones, se debe hacer uso de los módulos de prueba *Ramping* y *State Sequencer*. El primero por lo general se emplea para generar el arranque de una función o de una variable como condición del arranque de dicha función y el segundo se emplea para generar el disparo configurando una secuencia de eventos para tal fin.

El objetivo principal de probar esta función es verificar el arranque y el disparo por sobre corriente ante una condición de sub tensión en el equipo a proteger.

Para configurar esta función de protección según el diagrama lógico de la figura 1.4 se debe arrancar la función por sobre corriente y luego se configura el correspondiente disparo de la función con la condición de sub tensión.

A continuación se describe la configuración para probar esta función de protección.

³ Esta precaución se debe tener en cuenta de aquí en adelante para cualquier módulo de prueba que requiera inyección de corriente.

3.2.4.1. Arranque por sobre corriente

Para generar el arranque por sobre corriente se hace uso del módulo de prueba *Ramping*. En este módulo se genera una rampa la cual tiene un tamaño tal que se incluya el valor de ajuste de sobre corriente con sello de tensión (ver anexo B3.2). En el momento de correr la prueba el relé debe arrancar la función en ese valor de ajuste.

De acuerdo al diagrama lógico de la figura 1.4, la función de sobre corriente con sello de tensión tiene una condición de sub tensión para generar el disparo, por lo tanto al no ser la sub tensión una condición de arranque no es necesario generar una rampa para esta condición.

En la figura 3.14 se muestra la ventana del módulo *Ramping* en el modo *Test View* en donde se visualiza el tamaño de la rampa y en la figura 3.15 se muestra el modo *Activate Measurement View* donde se visualiza el ajuste y las tolerancias del mismo (ver Anexo C en formato digital).

Figura 3.14. Modo Test View del módulo Ramping.

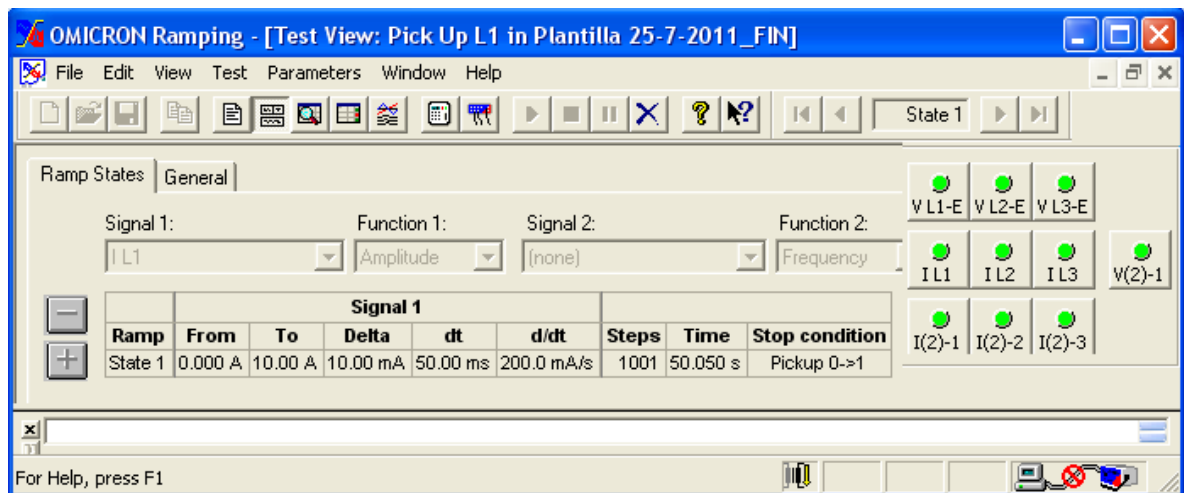
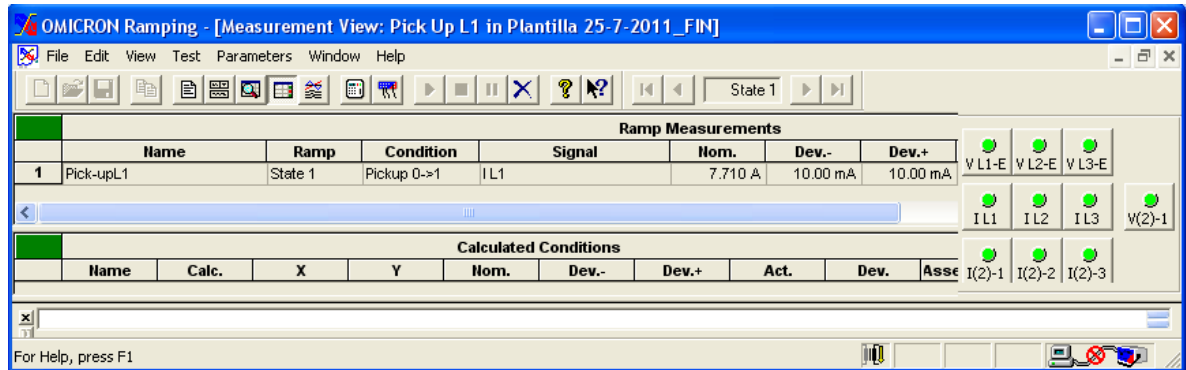


Figura 3.15. Modo Activate Measurement View del modulo Ramping.



En la figura 3.14 se visualiza la señal que se va aprobar, en este caso la corriente y el parámetro de la señal, en este caso la amplitud. La señal de corriente corresponde a la corriente de la fase 1 y debe realizarse este procedimiento para las tres fases. Además en esta figura se incluye el tamaño de la rampa de prueba.

En la figura 3.15 se visualiza el valor de ajuste y sus tolerancias.

Para esta función se muestran las figuras 3.14 y 3.15 como ejemplo de cómo se debe introducir una rampa para generar el arranque con su valor de ajuste correspondiente, de aquí en adelante para cualquier otra función de protección que requiera de utilizar este módulo de prueba sólo se explicará el objetivo de la prueba por motivos de extensión del documento.

3.2.4.2. Disparo por sobre corriente

Para generar el disparo por sobre corriente se debe hacer uso del módulo de prueba *State Sequencer* en el cual se crea una secuencia de eventos con el objetivo de simular un disparo. En el disparo por sobre corriente se crean tres eventos: Pre falla, Falla y Post falla como se muestra en la figura 3.16.

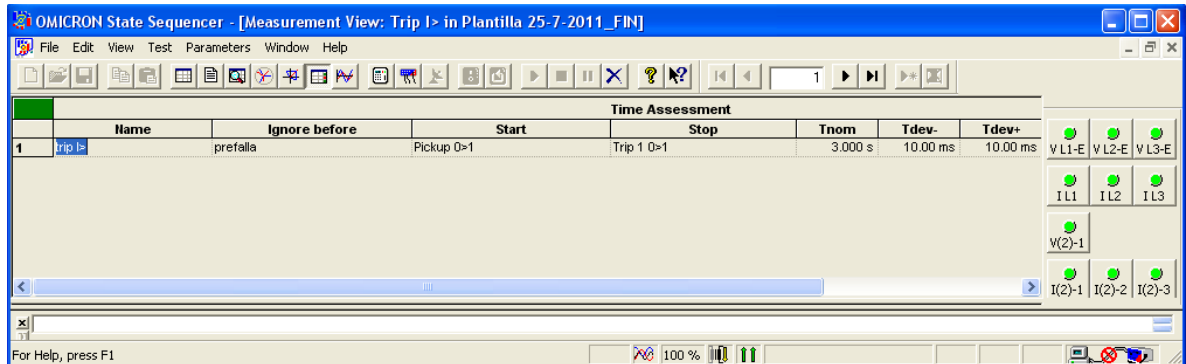
Figura 3.16. Modo Activate table view del módulo State Sequencer.

	1	2	3
Name	prefalla	falla	postfalla
V L1-E	69.28 V 0.00 ° 60.000 Hz	69.28 V 0.00 ° 60.000 Hz	0.000 V 0.00 ° 60.000 Hz
V L2-E	69.28 V -120.00 ° 60.000 Hz	69.28 V -120.00 ° 60.000 Hz	0.000 V -120.00 ° 60.000 Hz
V L3-E	69.28 V 120.00 ° 60.000 Hz	69.28 V 120.00 ° 60.000 Hz	0.000 V 120.00 ° 60.000 Hz
I L1	1.000 A 0.00 ° 60.000 Hz	8.000 A 0.00 ° 60.000 Hz	0.000 A 0.00 ° 60.000 Hz
I L2	1.000 A -120.00 ° 60.000 Hz	8.000 A -120.00 ° 60.000 Hz	0.000 A -120.00 ° 60.000 Hz
I L3	1.000 A 120.00 ° 60.000 Hz	8.000 A 120.00 ° 60.000 Hz	0.000 A 120.00 ° 60.000 Hz
V(2)-1	0.000 V 0.00 ° 60.000 Hz	0.000 V 0.00 ° 60.000 Hz	0.000 V 0.00 ° 60.000 Hz
I(2)-1	0.000 A 0.00 ° 60.000 Hz	0.000 A 0.00 ° 60.000 Hz	0.000 A 0.00 ° 60.000 Hz
I(2)-2	0.000 A -120.00 ° 60.000 Hz	0.000 A -120.00 ° 60.000 Hz	0.000 A -120.00 ° 60.000 Hz
I(2)-3	0.000 A 120.00 ° 60.000 Hz	0.000 A 120.00 ° 60.000 Hz	0.000 A 120.00 ° 60.000 Hz
Trigger	5.000 s		1.000 s

En la figura 3.16 se muestran los tres eventos de la secuencia del disparo por sobre corriente. En el evento pre falla se simula un evento normal de funcionamiento, en el evento Falla se simula un evento de falla por sobre corriente, es decir se ingresan valores de corriente por encima del valor de ajuste y en el evento post falla se simula un evento de desconexión del objeto a proteger. Además en cada evento se ingresa un valor de tiempo de observación del evento, para los eventos pre falla y post falla este tiempo se deja a escogencia del usuario, pero para el evento de falla se debe tener en cuenta el tiempo de retardo del ajuste de tiempo, en este caso el disparo debe ser instantáneo por lo tanto no se ingresa un valor de tiempo.

En la figura 3.17 se muestra como se ingresa el tiempo de retardo y sus tolerancias en el modo *Activate Measurement View*. Además se ingresa el orden de la secuencia de disparo, por lo general se debe ignorar el evento anterior a la falla y la secuencia inicia en la falla y termina en post falla.

Figura 3.17. Modo Activate Measurement View del modulo State Sequencer.



Las figuras 3.16 y 3.17 se muestran a manera de ejemplo de cómo ingresar una secuencia de disparo y como ingresar los retardos de tiempo con sus respectivas tolerancias, de aquí en adelante para cualquier función que requiera probarse con este módulo, solamente se explicará el objetivo de la prueba debido a la extensión del documento.

3.2.4.3. Disparo por sobre corriente con el sello de sub tensión

Para generar el disparo en este caso se utiliza de nuevo el módulo *State Sequencer* en el cual se configura la secuencia de los posibles eventos según el diagrama lógico de la función.

Los eventos son los siguientes:

1. Pre falla
2. Falla con sub tensión sin arranque
3. Pre falla
4. Falla de sub tensión con corriente de falla
5. Restablecimiento del sistema
6. Falla de sub tensión con corriente de falla
7. Pre falla
8. Falla de sub tensión con corriente de falla

- 9. Falla de sub tensión con corriente de falla
- 10. Falla de sub tensión con corriente de falla
- 11. Post falla.

Para los eventos de pre falla y restablecimiento del sistema se ingresan valores de un evento normal de funcionamiento, el evento 2 corresponde a una sub tensión pero sin corriente de falla para el cual no debe ocurrir ningún disparo y para los eventos de falla se ingresan valores de sobre corriente y sub tensión de falla. Además se ingresan valores de tiempo de observación del evento teniendo en cuenta los retardos de tiempo en los eventos de falla. Los demás tiempo se dejan a escogencia del usuario.

Las secuencias de disparo en este caso son dos. La primera en donde se ignora el restablecimiento del sistema, iniciando la secuencia en un evento de falla por sobre corriente con sub tensión y finalizando en un evento de post falla; y la segunda en donde se ignora un evento de pre falla iniciando la secuencia en un evento de corriente de falla con sub tensión y finalizando en un evento de post falla. Los tiempos de retardo se ingresan de acuerdo a los ajustes del anexo B3.2.

3.2.5. Protección de distancia (Impedancia) (21)

El objetivo principal de probar esta función de protección es observar que el relé esté actuando en el momento adecuado ante una falla por impedancia en las zonas estipuladas Z1, Z2 y Z1B así como también verificar que la función realice el evento de arranque instantes antes de la ejecución del disparo.

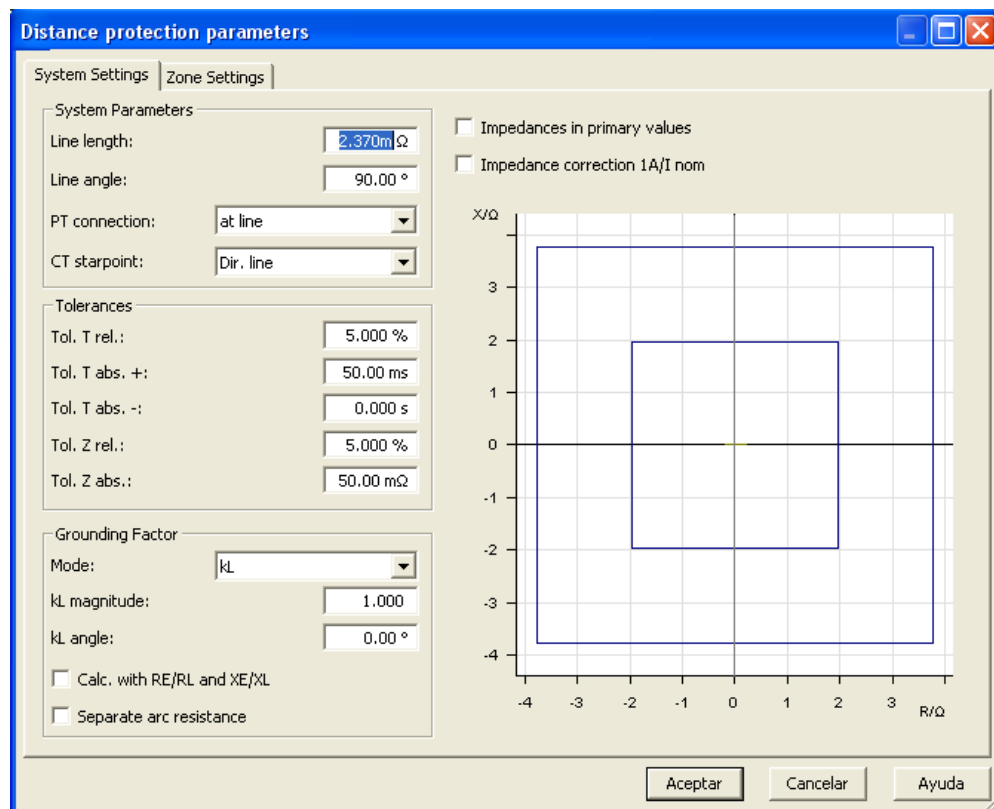
Para probar esta función es necesario emplear los módulos de prueba *Ramping* (arranque de la función) y el módulo *Advanced Protection* que es el módulo de prueba de la función de distancia. Al igual que en la protección diferencial, para esta función se debe primero configurar las características de la función en el dispositivo. Estas características son la impedancia de cortocircuito del transformador de potencia y la configuración de las zonas de protección.

3.2.5.1. Configuración en el relé

Para realizar la configuración de la protección de distancia, primero se debe realizar la configuración en el dispositivo tal como se hizo con la protección diferencial.

En la figura 3.18 se muestra la configuración de la pestaña *System Settings*.

Figura 3.18. Pestaña System Settings de la configuración del relé.



En la figura 3.18 se ingresa el valor de la impedancia de cortocircuito del transformador de potencia en magnitud y ángulo y las tolerancias absolutas y relativas de los tiempos de retardo y la impedancia. También se observa en la

parte derecha de la figura 3.18 la característica cuadrilateral de impedancia que se ajusta según la configuración mostrada en la figura 3.19.

Para ingresar el valor de la impedancia de cortocircuito se debe realizar unos cálculos preliminares que se describen a continuación.

Se tiene que la impedancia de cortocircuito en ohmios es:

$$Z[\Omega] = \frac{Z\%}{100} * \frac{V_{nom}^2}{S_{nom}} \quad (Ecuación 3.5)$$

Dónde:

Z%: Impedancia de cortocircuito en porcentaje.

V_{nom}: Tensión nominal primaria del transformador de potencia: 0243 (anexo B2.3).

S_{nom}: Potencia aparente nominal del transformador de potencia: 0249 (anexo B2.3).

Reemplazando en la ecuación 3.5 se tiene:

$$Z[\Omega] = \frac{13.14}{100} * \frac{(13.8 \text{ k})^2}{129 \text{ M}} = 0.19 \Omega_{\text{primarios}}$$

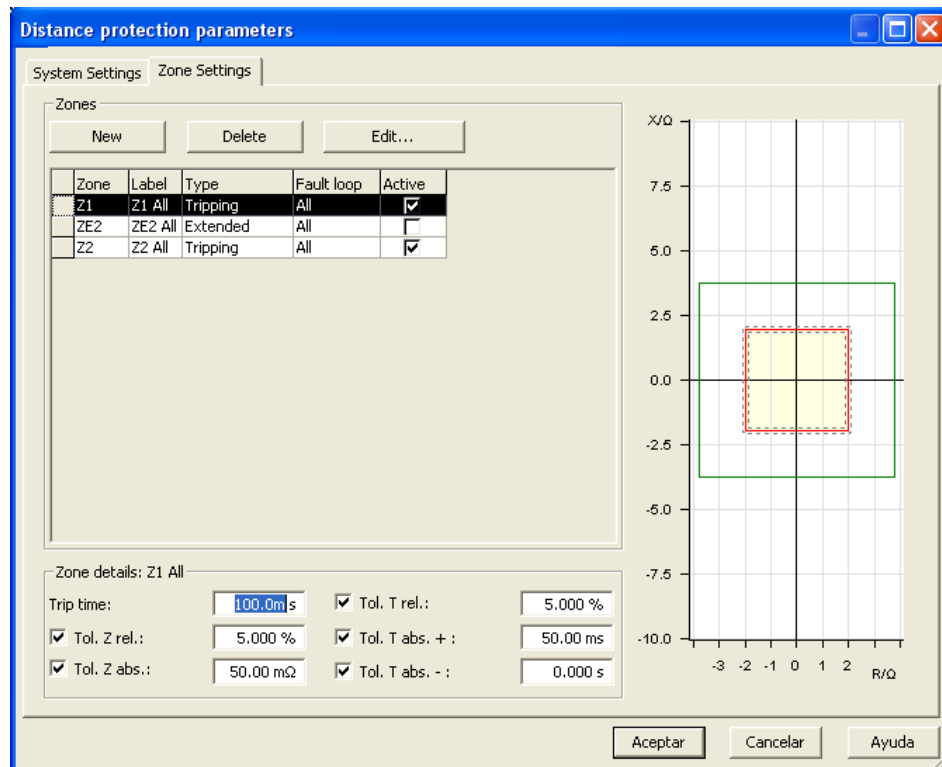
Para llevar los ohmios primarios a secundarios se debe afectar este valor con la relación de transformación del transformador de corriente: 0202 y 0203 (ver anexo B2.4).

Por lo tanto la impedancia de cortocircuito del transformador de potencia en ohmios secundarios será:

$$Z[\Omega] = 0.19 * \frac{5}{400} = 2.37 \text{ m}\Omega_{\text{secundarios}}$$

El ángulo de la impedancia es 90° ya que parte resistiva de la impedancia es casi despreciable, por lo tanto se considera que la impedancia es puramente reactiva.

Figura 3.19. Pestaña Zone Settings de la configuración del relé.



En la figura 3.19 se muestra en la parte superior izquierda las tres zonas estipuladas Z1, Z2 y Z2E que es la zona extendida para el interruptor de potencia. En la parte baja de la figura se observa las tolerancias de tiempo para cada una de las zonas de protección.

3.2.5.2. Arranque por corriente

De acuerdo a lo explicado en el capítulo I la función de distancia posee dos etapas de operación: la etapa de arranque y la etapa de disparo. Por lo tanto el arranque se debe configurar acorde a la figura 1.6 correspondiente a la etapa de arranque. Para configurar este arranque se emplea el módulo de prueba *Ramping*.

Se debe crear una rampa que incluya el valor de ajuste de arranque por sobre corriente de la protección de distancia y en el momento de la prueba el relé debe arrancar en dicho valor de ajuste. De acuerdo a la figura 1.6 también se tiene una condición de sub tensión pero esta condición es necesaria solamente para generar el disparo pero no para generar el arranque por lo que no es necesario hacer una rampa para el arranque por sub tensión.

3.2.5.3. Protección avanzada de distancia

Para realizar esta prueba se emplea el módulo *Advanced Distance*. Este módulo se utiliza para evaluaciones completas del elemento usando diferentes modos de prueba automáticos (Disparo, Búsqueda, Verificación) en el plano de impedancias Z con representación gráfica de la característica. Permite el uso de plantillas de prueba estándar con puntos de prueba relativos para probar cualquier ajuste del relé de distancia [5].

El módulo *Advanced Distance* ofrece funciones avanzadas como [5]:

- Pruebas de búsqueda y verificación.
- Ajustes de la prueba en relación con los alcances de la zona y el ángulo de la línea (disparos relativos).
- Prueba de varios lazos de falla.

El módulo *Advance Distance* tiene la posibilidad de realizar distintas formas de prueba como: *Shot Test* (Prueba de disparo), *Search Test* (Prueba de búsqueda) y *Check Test* (Prueba de verificación). La primera, en donde los puntos de prueba los escoge el usuario y se procesan automáticamente para evaluar los tiempos de disparo; la segunda, en donde los alcances de zona se determinan automáticamente, es decir, las transiciones de zona se buscan a lo largo de las líneas de búsqueda especificadas en el plano de impedancia, utilizando un algoritmo optimizado; y la tercera, en donde los puntos de prueba se establecen automáticamente en los límites de tolerancia de las zonas. La configuración se hace con líneas de prueba (líneas de verificación), de manera parecida a una prueba de búsqueda, pero los puntos de prueba se ajustan únicamente en las intersecciones de las líneas de verificación con las tolerancias de zona.

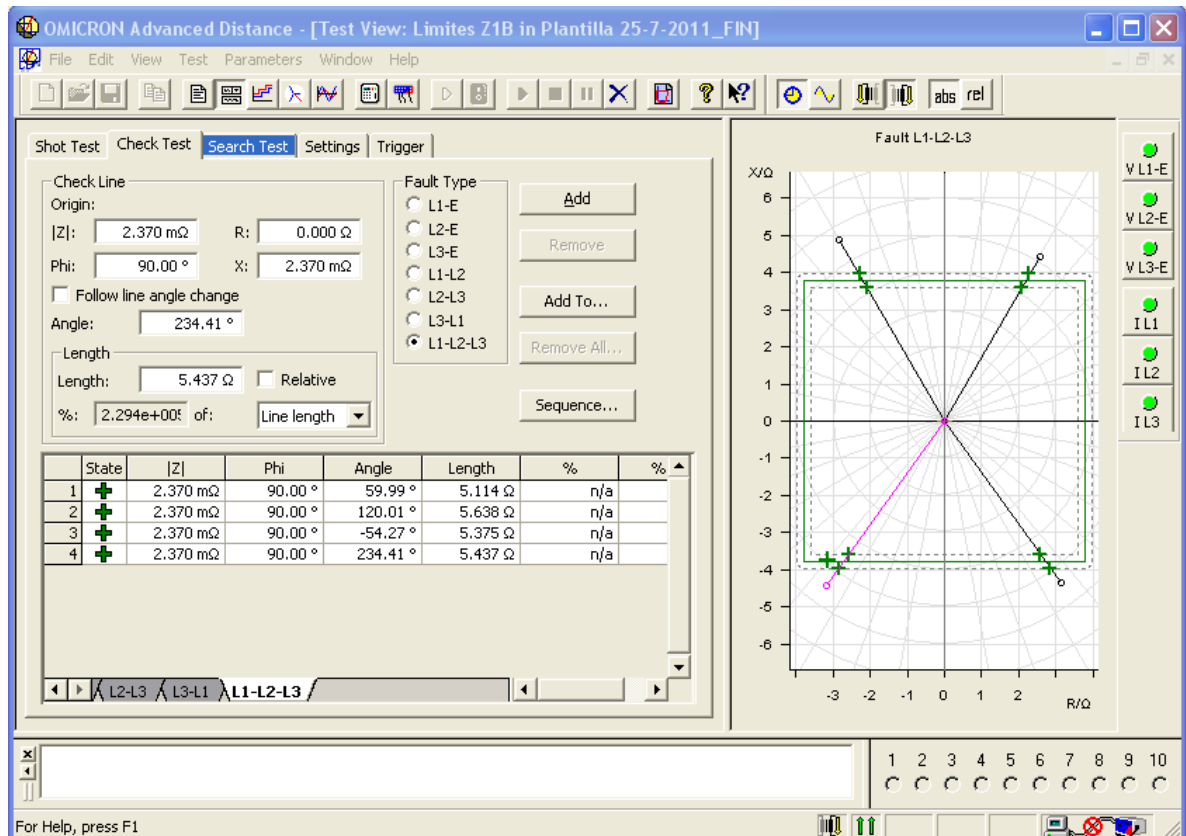
a. Límites de operación de la zona de protección

La prueba de evaluación de los límites de operación de las tres zonas parametrizadas anteriormente (Z1, Z1E y Z2) se realizan con los modos de prueba *Check Test* y *Search Test*. Se muestra en este documento la configuración para la zona extendida Z1E y de igual forma se debe hacer para las otras dos zonas, no sin antes desactivar las zonas Z1 y Z2 ya que es necesario en el momento de realizar la prueba, simular que el interruptor de potencia se encuentra abierto. Para realizar la prueba a las zonas Z1 y Z2 se debe desactivar la zona Z1E, simulando que el interruptor de potencia se encuentra cerrado.

De manera similar se debe hacer posteriormente en el modo *Shot Test* para la evaluación del tiempo de disparo.

En la figura 3.20 se muestra la configuración del modo *Check Test*.

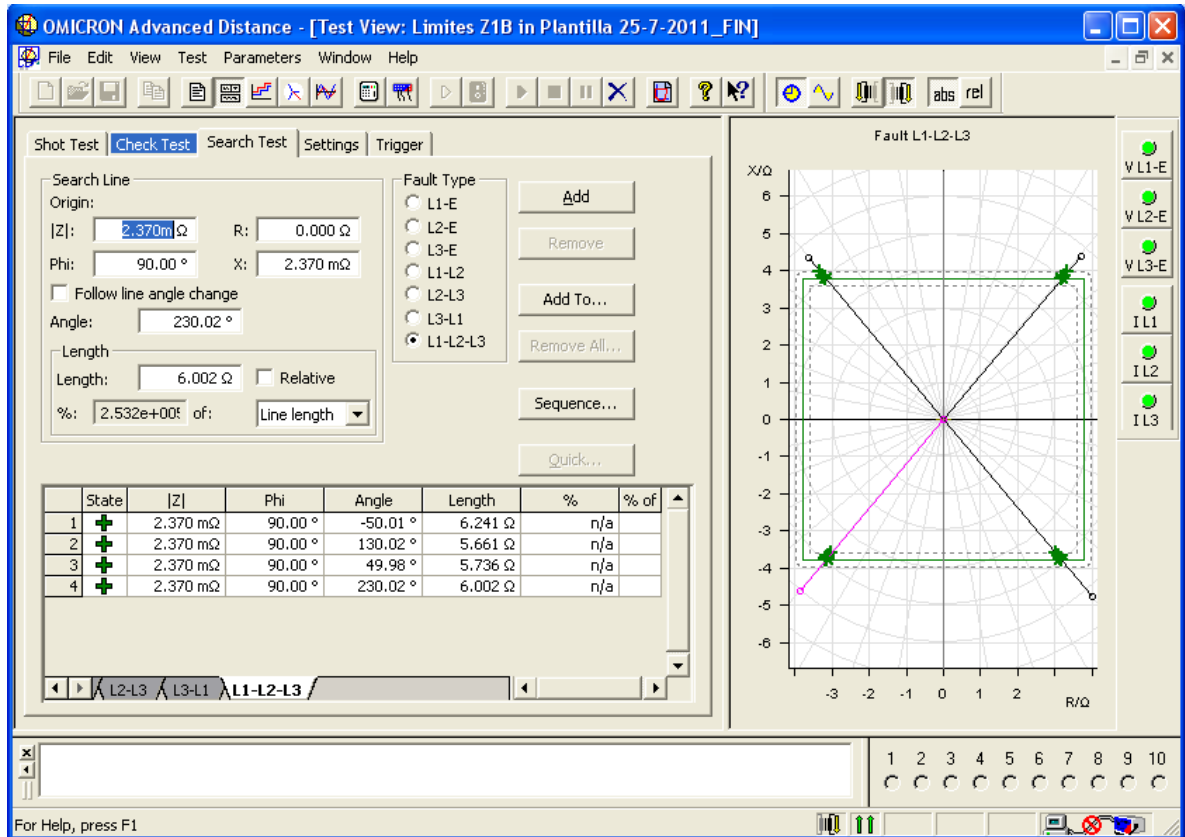
Figura 3.20. Modo Check Test del módulo Advanced Distance.



En la figura 3.20 se visualiza al lado izquierdo los puntos de prueba y al lado derecho la característica cuadrilateral de impedancia con estos puntos de prueba. Esta prueba se debe realizar para tipos de falla bifásica y trifásica, para una falla monofásica el relé no detectará ninguna falla debido a la conexión del transformador de potencia (Delta-Estrella).

Luego se configura el modo *Search Test* del módulo *Advanced Distance* como se muestra en la figura 3.21. Aquí los tipos de falla a probar son los mismos del modo *Check Test* al igual que se hará para el modo *Shot Test* para los tiempos de disparo.

Figura 3.21. Modo Search Test del módulo Advanced Distance.



Como se dijo anteriormente se debe realizar lo mismo para las dos zonas restantes Z1 y Z2 simultáneamente.

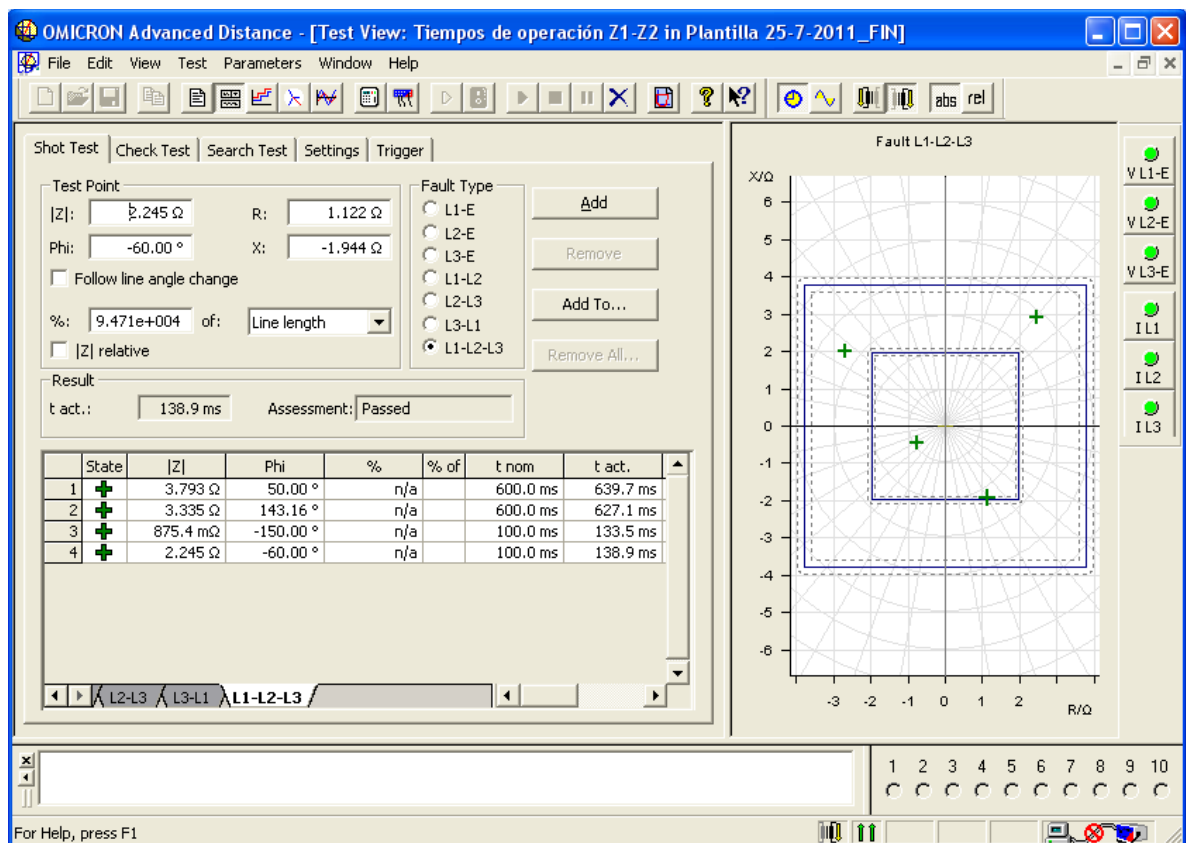
b. Tiempos de operación de la zona de protección

Para evaluar los tiempos de protección de las zonas de protección se emplea el modo de prueba *Shot Test* del módulo *Advanced Distance*. En este documento se muestra como se debe configurar las zonas Z1 y Z2. De modo similar se debe hacer para la zona extendida Z1E. Para probar las zonas Z1 y Z2 se debe desactivar la zona extendida para simular que el interruptor de potencia está

cerrado y para probar la zona Z1E se debe desactivar las otras dos zonas para simular que el interruptor de potencia está abierto.

En la figura 3.22 se muestra la configuración del modo *Shot Test* del módulo de prueba *Advanced Distance*.

Figura 3.22. Modo Shot Test del módulo Advanced Distance.



En la figura 3.22 se muestra al lado izquierdo los puntos de prueba y al lado derecho se muestra la característica cuadrilateral con las zonas Z1 y Z2 y los puntos a probar. Esta prueba debe hacerse para fallas bifásicas y trifásicas.

3.2.6. Protección de potencia inversa (32R)

El objetivo de probar la función de protección contra potencia inversa es observar el comportamiento del relé de protección ante una motorización del generador. Para realizar la prueba de esta función se emplean los módulos *Ramping* para el arranque de la función y *State Sequencer* para generar las secuencias de disparo.

3.2.6.1. Arranque

Para generar el arranque por potencia inversa se debe hacer uso del módulo Ramping. Los valores de ajuste están dados en valores porcentuales de la potencia activa del generador por lo tanto, se debe ingresar valores de corriente correspondientes a ese valor porcentual de potencia inversa. Entonces se podrá ingresar el tamaño de la rampa incluyendo este valor de corriente. El procedimiento de cálculo de la corriente correspondiente a la potencia inversa es el siguiente:

Con la ecuación 3.6 [1], se calcula el valor de ajuste de potencia inversa:

$$\text{Valor de ajuste} = \frac{P_{sec}}{S_{N sec}} = \frac{P_{maq}}{S_{N maq}} * \frac{U_{N maq}}{U_{N prim}} * \frac{I_{N maq}}{I_{N prim}} \quad (\text{Ecuación 3.6})$$

Dónde:

Valor de ajuste: 3102 (ver anexo B3.15).

P_{sec} : Potencia secundaria según el valor de ajuste.

S_{Nsec} : Potencia aparente nominal secundaria.

P_{maq} : Potencia de la máquina según el valor de ajuste.

S_{Nmaq} : Potencia aparente nominal de la máquina (0252: ver anexo B2.2).

U_{Nmaq} : Tensión nominal de la máquina (0251: ver anexo B2.2).

U_{Nprim} : Tensión nominal primaria del TP (0221: ver anexo B2.5).

I_{Nmaq} : Corriente nominal de la máquina.

I_{Nprim} : Corriente nominal primaria de los TC's (0211: ver anexo B2.4).

La potencia aparente nominal secundaria S_{Nsec} se calcula con la ecuación 3.7 [1].

$$S_{Nsec} = \sqrt{3} U_{Nsec} I_{Nsec} \quad (\text{Ecuación 3.7})$$

Dónde:

U_{Nsec} : Tensión nominal secundaria del TP (0222: ver anexo B2.5).

I_{Nsec} : Corriente nominal secundaria de los TC's (0212: ver anexo B2.4).

Remplazando en la ecuación 3.7:

$$S_{Nsec} = \sqrt{3} * 120 * 5 = 1039.23 \text{ VA}$$

La corriente nominal de la máquina I_{Nmaq} se calcula con la ecuación 3.8.

$$I_{Nmaq} = \frac{S_{Nmaq}}{\sqrt{3} U_{Nmaq}} \quad (\text{Ecuación 3.8})$$

Remplazando en la ecuación 3.8:

$$I_{N\ maq} = \frac{126\ M}{\sqrt{3} * 13.8\ k} = 5271.45\ A$$

Ahora se despeja de la ecuación 3.6 P_{maq} :

$$P_{maq} = \frac{Ajuste * S_{N\ maq} * U_{N\ prim} * I_{N\ prim}}{U_{N\ maq} * I_{N\ maq}} \quad (Ecuación\ 3.9)$$

Remplazando en la ecuación 3.9:

$$P_{maq} = \frac{0.015 * 126\ M * 14.4\ k * 8000}{13.8k * 5271.45} = 2992988.89\ W$$

Se despeja P_{sec} de la ecuación 3.6:

$$P_{sec} = \frac{S_{N\ sec} * P_{maq}}{S_{N\ maq}} * \frac{U_{N\ maq}}{U_{N\ prim}} * \frac{I_{N\ maq}}{I_{N\ prim}} \quad (Ecuación\ 3.10)$$

Remplazando en la ecuación 3.10:

$$P_{sec} = \frac{1039.23 * 2992988.89}{126M} * \frac{13.8k}{14.4k} * \frac{5271.45}{8000} = 15.58\ W$$

Finalmente se calcula con este último valor la corriente secundaria de ajuste con la ecuación 3.11:

$$I_{sec} = \frac{P_{sec}}{\sqrt{3}U_{sec}} \quad (\text{Ecuación 3.11})$$

Remplazando en la ecuación 3.11:

$$I_{sec} = \frac{15.58}{\sqrt{3} * 120} = 0.075 \text{ A} = 75 \text{ mA}$$

Finalmente esta es la corriente de ajuste que se debe ingresar en los módulos de prueba.

El relé en el momento de realizar la prueba deberá arrancar la función de potencia inversa para este valor de ajuste de corriente.

3.2.6.2. Disparo por potencia inversa P_{inv}

Para generar el disparo por potencia inversa se hace uso del módulo *State Sequencer* en donde se programan 3 eventos: Pre falla, falla y post falla. El primer evento es un evento normal de funcionamiento con un tiempo de observación del evento escogido por el usuario, el segundo es un evento de falla por lo tanto se debe ajustar la corriente calculada con la ecuación 3.11 y el tiempo de retardo correspondiente a este ajuste y el tercero es un evento de desconexión del objeto a proteger con un tiempo de observación del evento escogido por el usuario. Además se debe introducir en el evento de falla los ángulos de los fasores de corriente desfasados 180° ya que se trata de una corriente que provoca una potencia inversa o de motorización.

En la secuencia de disparo entonces se ignora el evento pre falla y se inicia la secuencia en el evento falla y se finaliza en el evento post falla.

3.2.7. Protección de sub tensión (27)

La función de protección contra sub tensión según el diagrama lógico de la figura 1.11 solamente consta de dos arranques por sub tensión y dos tipos de disparos debidos a estos arranques (escalones $U<$ y $U<<$). Por lo tanto el objetivo de probar esta función es verificar el arranque y disparo por sub tensión en el objeto a proteger ante una falla.

3.2.7.1. Arranque de los escalones $U<$ y $U<<$

Para generar los arranques de estos dos escalones de sub tensión se hace uso del módulo *Ramping*. En donde se ingresa un tamaño de rampa donde se incluya el valor de ajuste según sea el caso ($U<$ o $U<<$). La señal a probar en este caso es la tensión por lo tanto se debe escoger las tensiones de las tres fases y el parámetro a variar es la amplitud. El relé en el momento de detectar el valor de ajuste de estos dos escalones debe arrancar la función.

Se recomienda para cada escalón de sub tensión generar dos rampas, la primera en la que se simule una condición de sub tensión cualquiera sin incluir el valor de ajuste; el valor inicial es un valor de sub tensión y el valor final un valor de tensión nominal. Para la segunda rampa, el valor inicial debe ser el valor nominal de tensión y el valor final un valor que esté por debajo del ajuste.

Las pruebas de arranque estos dos escalones se deben ejecutar en forma independiente.

3.2.7.2. Disparo de los escalones $U<$ y $U<<$

Para generar el disparo de estos dos escalones se emplea el módulo *State Sequencer*. Para cada escalón se programan tres eventos. Pre falla, falla y post falla. El evento pre falla debe ser un evento normal de funcionamiento con un tiempo de observación del evento escogido por el usuario, el evento falla en donde

se ingresa el valor de ajuste del escalón de sub tensión ya sea $U<$ o $U<<$ y un tiempo de retardo de acuerdo al ajuste de tiempo y el evento post falla es un evento de desconexión del objeto a proteger con un tiempo de observación del evento escogido por el usuario.

En las secuencias de disparo para cada escalón se ignora el evento pre falla, iniciando la secuencia en el evento falla y finalizando en el evento post falla.

Esta prueba se realiza en forma independiente para cada escalón de sub tensión.

3.2.8. Protección de sobre tensión (59)

La función de protección contra sub tensión según el diagrama lógico de la figura 1.12 solamente consta de dos arranques por sobre tensión y dos tipos de disparos debidos a estos arranques (escalones $U>$ y $U>>$). Por lo tanto el objetivo de probar esta función es verificar el arranque y disparo por sobre tensión en el objeto a proteger ante una falla.

3.2.8.1. Arranque de los escalones $U>$ y $U>>$

Para generar los arranques de estos dos escalones de sobre tensión se hace uso del módulo *Ramping*. En donde se ingresa un tamaño de rampa donde se incluya el valor de ajuste según sea el caso ($U>$ o $U>>$). La señal a probar en este caso es la tensión por lo tanto se debe escoger las tensiones de las tres fases y el parámetro a variar es la amplitud. El relé en el momento de detectar el valor de ajuste de estos dos escalones debe arrancar la función.

Las pruebas de arranque estos dos escalones se deben ejecutar en forma independiente.

3.2.8.2. Disparo de los escalones U> y U>>

Para generar el disparo de estos dos escalones se emplea el módulo *State Sequencer*. Para cada escalón se programan tres eventos. Pre falla, falla y post falla. El evento pre falla debe ser un evento normal de funcionamiento con un tiempo de observación del evento escogido por el usuario, el evento falla en donde se ingresa el valor de ajuste del escalón de sub tensión ya sea U> o U>> y un tiempo de retardo de acuerdo al ajuste de tiempo y el evento post falla es un evento de desconexión del objeto a proteger con un tiempo de observación del evento escogido por el usuario.

En las secuencias de disparo para cada escalón se ignora el evento pre falla, iniciando la secuencia en el evento falla y finalizando en el evento post falla.

Esta prueba se realiza en forma independiente para cada escalón de sobre tensión.

3.2.9. Protección contra energización inadvertida (50, 27)

El propósito de probar esta función de protección es observar la capacidad del relé de proteger un dispositivo ante una falla. En este caso la falla se origina en el momento que se desenergiza la máquina y de repente se cierra un contacto que producirá una tensión mínima con la cual el relé puede activar la función contra energización inadvertida, luego si se presenta una corriente por encima del ajuste la función dispara. Como la falla debido a una energización inadvertida no se puede prever y es un evento indeseado, en el momento de producir el disparo no se tiene en cuenta una temporización, por tanto el arranque es simultáneo al disparo y no hay necesidad de variar un parámetro de tensión o corriente en una rampa del módulo de prueba *Ramping*. Debido a lo anterior para probar esta función sólo se emplea el módulo *State Sequencer* para originar la secuencia del disparo.

Se deben realizar cuatro pruebas con el módulo *State Sequencer* así:

- Secuencia de operación de energización inadvertida
- Secuencia de operación de energización inadvertida sin disparo por tiempo
- Secuencia de operación de energización inadvertida sin disparo por corriente
- Secuencia de operación de energización inadvertida por tensión

3.2.9.1. Secuencia de operación de energización inadvertida

Se programan cuatro eventos: Pre falla, condición de sub tensión, falla de sub tensión con sobre corriente y post falla.

En el evento pre falla se ingresan valores de corriente y tensión para un evento normal de funcionamiento al igual que un tiempo de observación del evento escogido por el usuario, en el evento condición de sub tensión se ingresan valores de corriente y tensión cero ya que este valor se considera como sub tensión y el tiempo de observación del evento se ingresa de acuerdo al ajuste, en el evento falla de sub tensión con sobre corriente se ingresan los valores de tensión y corriente de acuerdo al ajuste de energización inadvertida además y sin un tiempo de retardo ya que el disparo debe ser instantáneo y en el evento post falla se ingresan valores de desconexión del objeto a proteger y un tiempo de observación del evento escogido por el usuario.

En la secuencia de disparo se ignora el evento condición de sub tensión, iniciando la secuencia en el evento falla de sub tensión con sobre corriente y finalizando en el evento post falla.

3.2.9.2. Secuencia de operación de energización inadvertida sin disparo por tiempo

Esta prueba es similar a la anterior con la diferencia que existe un tiempo de retardo para producir el disparo y por lo tanto el relé no debe operar y no pasar la prueba.

Se programan cuatro eventos: Pre falla, condición de sub tensión, falla de sub tensión con sobre corriente y post falla.

En el evento pre falla se ingresan valores de corriente y tensión para un evento normal de funcionamiento al igual que un tiempo de observación del evento escogido por el usuario, en el evento condición de sub tensión se ingresan valores de corriente y tensión cero ya que este valor se considera como sub tensión y el tiempo de observación del evento se ingresa de acuerdo al ajuste, en el evento falla de sub tensión con sobre corriente se ingresan los valores de tensión y corriente de acuerdo al ajuste de energización inadvertida además del tiempo de retardo y en el evento post falla se ingresan valores de desconexión del objeto a proteger y un tiempo de observación del evento escogido por el usuario.

En la secuencia de disparo se ignora el evento condición de sub tensión, iniciando la secuencia en el evento falla de sub tensión con sobre corriente y finalizando en el evento post falla.

3.2.9.3. Secuencia de operación de energización inadvertida sin disparo por corriente

Esta prueba es similar a las anteriores con la diferencia que existe un valor de corriente para un evento normal de funcionamiento a pesar de existir sub tensión y por lo tanto el relé no debe operar y no pasar la prueba.

Se programan cuatro eventos: Pre falla, condición de sub tensión, falla de sub tensión con sobre corriente y post falla.

En el evento pre falla se ingresan valores de corriente y tensión para un evento normal de funcionamiento al igual que un tiempo de observación del evento escogido por el usuario, en el evento condición de sub tensión se ingresan valores de corriente y tensión cero ya que este valor se considera como sub tensión y el tiempo de observación del evento se ingresa de acuerdo al ajuste, en el evento falla de sub tensión con sobre corriente se ingresan los valores de sub tensión y valores de corriente normal de funcionamiento además del tiempo de retardo y en el evento post falla se ingresan valores de desconexión del objeto a proteger y un tiempo de observación del evento escogido por el usuario.

En la secuencia de disparo se ignora el evento condición de sub tensión, iniciando la secuencia en el evento falla de sub tensión con sobre corriente y finalizando en el evento post falla.

3.2.9.4. Secuencia de operación de energización inadvertida por tensión

Esta prueba es similar a las anteriores con la diferencia que existe un valor de sub tensión por encima del valor de ajuste y por lo tanto el relé no debe operar y no pasar la prueba.

Se programan cuatro eventos: Pre falla, condición de sub tensión, falla de sub tensión con sobre corriente y post falla.

En el evento pre falla se ingresan valores de corriente y tensión para un evento normal de funcionamiento al igual que un tiempo de observación del evento escogido por el usuario, en el evento condición de sub tensión se ingresan valores de corriente cero y para la tensión un valor por encima del ajuste y el tiempo de observación del evento se ingresa de acuerdo al ajuste, en el evento falla de sub tensión con sobre corriente se ingresan los valores de sub tensión y valores de sobre corriente además del tiempo de retardo y en el evento post falla se ingresan valores de desconexión del objeto a proteger y un tiempo de observación del evento escogido por el usuario.

En la secuencia de disparo se ignora el evento condición de sub tensión, iniciando la secuencia en el evento falla de sub tensión con sobre corriente y finalizando en el evento post falla.

3.2.10. Protección de frecuencia (81)

Para probar esta función se emplean los módulos *Ramping* y *State sequencer* para cuatro rangos de frecuencia (f1, f2, f3 y f4). A continuación se describe las pruebas de arranque y disparo para un rango de frecuencia y luego debe hacerse lo mismo para los demás.

3.2.10.1. Arranque

Para realizar esta prueba se debe escoger como señal de prueba la tensión de las tres fases y el parámetro a variar la frecuencia. Luego se crean dos rampas, la primera sin variar la frecuencia y la segunda ajustando un tamaño de rampa que irá desde el valor nominal de frecuencia hasta el valor un poco mayor de ajuste en el caso de una sobre frecuencia ó desde un valor un poco menor al ajuste hasta el valor nominal de frecuencia en el caso de una sub frecuencia. Cuando el relé detecta el valor de ajuste, este debe arrancar la función.

3.2.10.2. Disparo

En este caso se prueba la función tanto para la operación como para el bloqueo de la misma.

- Para el bloqueo

Se programan tres eventos: Pre falla, falla y post falla. En el evento pre falla se ingresan valores de tensión correspondientes a valores por debajo del ajuste de tensión mínima de operación de la función y un tiempo de observación del evento escogido por el usuario, en el evento falla se ingresa el valor de la tensión del evento anterior y el valor de frecuencia de falla de ajuste y el tiempo de retardo y en el evento post falla se ingresan valores correspondientes a un evento de desconexión del objeto a proteger y un tiempo de observación del evento escogido por el usuario.

En la secuencia de disparo se ignora el evento pre falla, iniciando la secuencia de disparo en el evento falla y finalizando en el evento post falla.

Esta prueba no debe ser exitosa ya que se trata de probar que el relé no opere ante un bloqueo de la función al no cumplir con la tensión mínima de operación.

- Para la operación

Se programan tres eventos: Pre falla, falla y post falla. En el evento pre falla se ingresan valores de tensión correspondientes a valores por encima del ajuste de tensión mínima de operación de la función y un tiempo de observación del evento escogido por el usuario, en el evento falla se ingresa el valor de la tensión del evento anterior y el valor de frecuencia de falla de ajuste y el tiempo de retardo y en el evento post falla se ingresan valores correspondientes a un evento de desconexión del objeto a proteger y un tiempo de observación del evento escogido por el usuario.

En la secuencia de disparo se ignora el evento pre falla, iniciando la secuencia de disparo en el evento falla y finalizando en el evento post falla.

Esta prueba debe ser exitosa ya que se trata de probar que el relé opere ante una falla por frecuencia cumpliendo con la condición de tensión mínima de operación.

3.2.11. Protección de sobre excitación (24)

El objetivo de probar esta función de protección es observar que el relé actúe adecuadamente ante una situación de sobre excitación en el objeto a proteger. Para probar el relé con esta función se emplean los módulos de prueba *Ramping* y *State Sequencer*.

3.2.11.1. Arranque de los escalones $U/f>$ y $U/f>>$ por tensión

Para generar el arranque por sobre excitación $U/f>$ o $U/f>>$ se emplea el módulo *Ramping*. Se deben introducir valores de tensión al módulo al igual que se hará para el disparo con *State Sequencer*, por lo tanto se debe llevar el valor de los ajustes de sobre excitación (ver anexos B3.20 y B3.21) a valores de tensión ya que estos se encuentran en valores en por unidad (P.U).

La ecuación 3.12 indica el cálculo de la tensión de ajuste para una condición de sobre excitación $U/f>$, de igual forma se hace para el escalón $U/f>>$ y para la característica térmica de esta función en el caso de incluirse en una prueba. Para esta tesis no se incluye la prueba de la característica térmica.

$$U = U_{N \text{ sec fase}} * Ajuste \frac{U}{f} \quad (\text{Ecuación 3.12})$$

Dónde:

U : Tensión de ajuste debido a la sobre excitación.

$U_{N \text{ sec fase}}$: Tensión de fase nominal secundaria del TP = 69.28 V.

Por lo tanto, para el escalón $U/f>$: 4302 (ver anexo B3.20), se tiene:

$$U = 69.28 * 1.1 = 76.2 \text{ V}$$

Este es el valor de tensión de sobre excitación a ingresar en los módulos de prueba.

Para generar el arranque por sobre excitación ($U/f>$ o $U/f>>$) variando la tensión se introduce en el módulo *Ramping* un tamaño de rampa que incluya el valor calculado con la ecuación 3.12. Se escoge como señal de prueba a la tensión de las tres fases y el parámetro a varias es la amplitud. El relé al detectar el valor de esta tensión debe arrancar la función.

La prueba para cada escalón de sobre excitación debe realizarse en forma independiente.

3.2.11.2. Secuencia de disparo U/f>>

De acuerdo a lo explicado en el capítulo I la función de sobre excitación incluye una alarma o aviso después de detectar el arranque por el escalón U/f>, por lo tanto este evento no se puede probar como un disparo. El escalón U/f>> sí genera un disparo después del arranque por tanto se debe realizar la secuencia de disparo para este escalón de sobre excitación con el módulo *State Sequencer*.

Se programan tres eventos: Pre falla, falla y post falla. En el evento pre falla se ingresan valores de tensión y corriente correspondientes a un evento normal de funcionamiento y un tiempo de observación del evento escogido por el usuario, en el evento falla se ingresa el valor de tensión calculado con la ecuación 3.12 y el tiempo de ajuste para el disparo y en el evento post falla se ingresan valores correspondientes a un evento de desconexión del objeto a proteger con un tiempo de observación del evento escogido por el usuario.

En la secuencia de disparo se ignora el evento pre falla, iniciando la secuencia en el evento falla y finalizando en el evento post falla.

3.2.11.3. Arranque de los escalones U/f> y U/f>> por frecuencia

Anteriormente se realizó el arranque de sobre excitación por variación de la tensión, ahora se hará variando la frecuencia. Como los valores de ajuste para la sobre excitación están dados en P.U. se deben llevar estos a valores de frecuencia con la ecuación 3.13. Se realiza el cálculo para el escalón U/f> y se debe hacer lo mismo para el escalón U/f>>.

$$f = \frac{f_{nominal}}{Ajuste \frac{U}{f}} \quad (Ecuación 3.13)$$

Dónde:

f : Frecuencia de ajuste debida a la sobre excitación.

f_{nominal} : Frecuencia nominal del sistema (60 Hz).

Por lo tanto, para el escalón $U/f>$: 4302 (ver anexo B3.20), se tiene:

$$f = \frac{60}{1.1} = 54.54 \text{ Hz}$$

Este es el valor de frecuencia de sobre excitación a ingresar en los módulos de prueba.

Para generar el arranque por sobre excitación ($U/f>$ o $U/f>>$) variando la frecuencia se introduce en el módulo *Ramping* un tamaño de rampa que incluya el valor calculado con la ecuación 3.13. Se escoge como señal de prueba a la tensión de las tres fases y el parámetro a variar es la frecuencia. El relé al detectar el valor de esta frecuencia debe arrancar la función.

La prueba para cada escalón de sobre excitación debe realizarse en forma independiente.

En el caso del escalón $U/f>>$, la prueba debe resultar no exitosa ya que el valor de frecuencia está por debajo de los rangos de trabajo de un sistema de potencia o es demasiado bajo para la operación.

Las pruebas de disparo para los escalones $U/f>$ y $U/f>>$ es imposible realizarlas debido a los valores tan bajos de frecuencia.

El protocolo de prueba se encuentra anexo en formato digital al igual que el manual de procedimientos (Capítulo IV) para la configuración de las pruebas y los datos técnicos del relé como Anexo D.

BIBLIOGRAFÍA

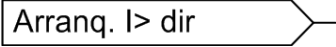
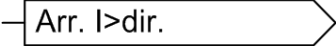
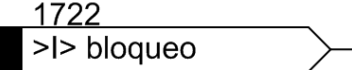
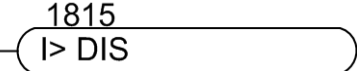
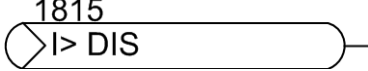
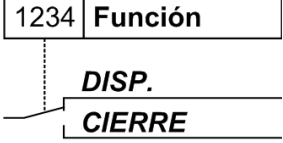
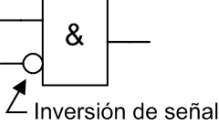
- [1] **SIPROTEC.** MULTIFUNCTIONAL MACHINE PROTECTION 7UM62 V4.6. User Manual. 2006.
- [2] **OMICRON CMC 356.** REFERENCE MANUAL. V.2.4. 2010.
- [3] **OMICRON CMC 356.** PROTECTION PACKAGE. Test Universe V.2.4. User Manual. 2010.
- [4] **SOFTWARE TEST UNIVERSE V.2.4.** Protection Package. 2010.
- [5] **ADVANCED PROTECTION PACKAGE.** User Manual. Test Universe. OMICRON CMC 356. V2.4.
- [6] Página web: <http://www.gedigitalenergy.com/multilin/catalog/745.htm>. General Electric.
- [7] Página web: <http://www.gedigitalenergy.com/multilin/catalog/t35.htm>. General Electric.
- [8] **SEL-300G GENERATOR RELAY.** USER MANUAL. Schweitzer Engineering Laboratories. 2000.
- [9] **AJUSTES UNIDAD 2 CENTRAL HIDROELÉCTRICA ALTO ANCHICAYÁ.** Empresa de Energía del Pacífico EPSA E.S.P.

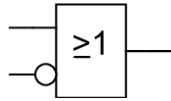
CONCLUSIONES

- El continuo avance de la tecnología ha ocasionado que las protecciones eléctricas dentro de un sistema eléctrico de potencia sean más efectivas tanto en su operación como en su planificación. Los relés numéricos son un ejemplo de ello ya que gracias a la automatización y a la programación los relés pueden probarse con un equipo de prueba que está fabricado con las mismas tecnologías. A pesar de lo anterior, no sólo se pueden probar relés numéricos si no también relés y equipos de protección que estén fabricados con tecnologías más antiguas.
- Las pruebas de campo para relés numéricos tienen la ventaja de proporcionar, a través del equipo de prueba, el protocolo de prueba el cual puede modificarse a través de la configuración manual del software incluido en el equipo. Esto hace que el procedimiento de prueba de cualquier relé numérico sea más efectivo, garantizando una alta confiabilidad en el momento de decidir si un relé funciona en forma adecuada o no.
- Mediante la elaboración del protocolo de prueba a través del software del equipo de inyección, la operación de las pruebas de campo no necesariamente tendrán que ser realizadas por una persona experta en el campo de las protecciones eléctricas, ya que se tiene un manual de procedimientos como herramienta de apoyo en el momento de ingresar cada ajuste para las funciones de protección del relé numérico.
- En el momento de realizar las pruebas de campo a una función determinada, no necesariamente estas pruebas tienen que resultar exitosas para verificar el desempeño del relé numérico. En algunas ocasiones es necesario probar alguna condición en la que el sistema está funcionando normalmente.

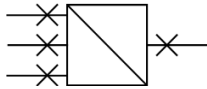
ANEXO A

CONVENCIONES PARA DIAGRAMAS LÓGICOS (CAPÍTULO II) [1]

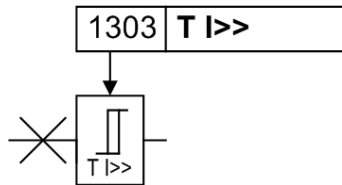
	Señal de entrada lógica interna del equipo.
	Señal de salida lógica interna del equipo.
	Señal de entrada binaria externa con número de función F No. (Entrada binaria, aviso de entrada).
	Señal de salida binaria externa con número de función F No. (aviso del equipo).
	Señal de salida binaria externa con número utilizada como señal de entrada (aviso del equipo).
	Ejemplo de un parámetro conmutable FUNCIÓN con dirección y los estados posibles activar y desactivar .
	Compuerta lógica AND de magnitudes de entrada.



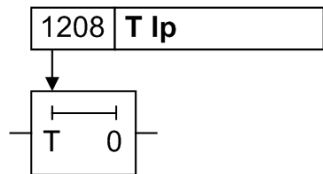
Compuerta lógica OR de magnitudes de entrada.



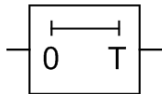
Formación de una señal de salida analógica a partir de varias señales de entrada analógicas.



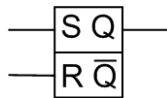
Escalón de valor límite con dirección y nombre de parámetro (comparador).



Temporización (retardo de respuesta T ajustable) con dirección de parámetro y nombre de los parámetros.



Temporización (retardo de reposición T, no ajustable).



Memorizador estático (Flip-Flop RS) con entrada Set (S), Reset (R), salida (Q) y salida inversa (opcional)

ANEXO B

AJUSTES RELÉ SIEMENS 7UM622 – UNIDAD 2 – ALTO ANCHICAYÁ

B1. Ajustes dispositivo general

B1.1. Dispositivo Grupo; General de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
0610	Fault Display on LED / LCD	Display Targets on every Pickup	All
0615	Minimum hold time of latched LED's	5 min	All
0640	Start image Default Display	Image 1	All

B2. Sistema de Potencia: Dato 1

B2.1. Sistema de potencia de grupo: Dato 1; Sistema de potencia de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
0242	Starpoint of Side 1 is	Solid Earthed	All
0244	Starpoint of Side 2 is	Isolated	All
0270	Rated Frequency	60 Hz	All
0271	Phase Sequence	L1 L2 L3	All
0272	Scheme Configuration	Unit transformer connected	All
0274A	Storage of th. Replicas w/o Power Supply	NO	All
0276	Unit of temperatura measurement	Degree Celsius	All

B2.2. Sistema de potencia de grupo: Dato 1; Generador/Motor de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
0251	Rated Primary Voltage Generator/Motor	13.8 kV	All
0252	Rated Apparent Power of the Generator	126 MVA	All

B2.3. Sistema de potencia de grupo: Dato 1; Transformador de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
0241	Rated Primary Voltage Side 1	235.75 kV	All
0243	Rated Primary Voltage Side 2	13.8 kV	All
0246	Vector Group Numeral of Side 2	11 *30°	All
0249	Rated Apparent Power of the Transformer	129 MVA	All

B2.4. Sistema de potencia de grupo: Dato 1; TC's de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
0201	CT-Strpnt. Side 1 in Direct. Of Object	YES	All
0202	CT Rated Primary Current Side 1	400 A	All
0203	CT Rated Secondary Current Side 1	5 A	All
0204	Correction Angle CT W0	0	All
0205	CT Ratio Prim./Sec. lee1	80	All
0210	CT-Strpnt. Side 2 in Direct. Of Object	YES	All
0211	CT Rated Primary Current Side 2	8000 A	All
0212	CT Rated Secondary Current Side 2	5 A	All
0213	CT Ratio Prim./Sec. lee2	1200	All
0214	Grounded Terminal CT lee2	Terminal Q7	All

B2.5. Sistema de potencia de grupo: Dato 1; TP's de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
0221	Rated Primary Voltage	14.4 kV	All
0222	Rated Secondary Voltage (Ph-Ph)	120 V	All
0223	UE Conection	UE conectado a transformador de punto neutro	All
0224	VT Ratio Prim./Sec. Ue	66.6	All
0225A	Matching Ratio Ph.-VT to Broken-Delta-VT	1.73	All

B2.6. Sistema de potencia de grupo: Dato 1; Interruptor de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
0280	Minimum TRIP Command Duration	0.2 s	All
0281	Closed Breaker Min. Current Threshold	0.2 s	All

B2.7. Sistema de potencia de grupo: Dato 1; Transductor de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
0295	Transducer 1	10 V	All
0296	Transducer 2	10 V	All
0297	Transducer 3	With filter	All

B3. Grupos de Ajustes

B3.1. Sistema de potencia de grupo: Dato 2; General de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
1108	Measurement of Active Power for	Generator	A

B3.2. O/C I> (con sello de sub tensión) de grupo; O/C I> de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
1201	Overcurrent Tiem Protection I>	ON	A
1202	I> Pickup	7.71 A	A
1203	T I> Time Delay	3 s	A
1204	State of Undervoltage Seal-in	ON	A
1205	Undervoltage Seal-in Pickup	90 V	A
1206	Durration of Undervoltage Seal-in	3.5 s	A
1207A	I> Drop Out Ratio	0.9	A

B3.3. O/C I>> (con dirección) de grupo; O/C I>> de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
1301	Overcurrent Time Protection I>>	ON	A
1302	I>> Pickup	9 A	A
1303	T I>> Time Delay	0.6 s	A

B3.4. Protección O/C de tiempo inverso de grupo; IDTM de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
1401	Inverse O/C Time Protection Ip	ON	A
1402	Ip Pickup	4.94 A	A
1403	T Ip Time Dial	0.4 s	A
1405	IEC Curve	Very Inverse	A
1407	Voltage Influence	Voltage restraint	A
1408	U< Threshold for Release Ip	105.1 V	A

B3.5. Carga Desbalanceada (secuencia negativa) de grupo; Carga desbalanceada de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
1701	Unbalance Load Protection	ON	A
1702	Continously Permissible Current I2	7%	A
1703	Warning Stage Time Delay	10 s	A
1704	Negative Sequence Factor K	2 s	A
1705	Time for Cooling Down	300 s	A
1706	I2>> Pickup	30%	A
1707	T I2>> Time Delay	1.5 s	A

B3.6. Protección diferencial de grupo; General de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
2001	Differential Protection	ON	A
2005	Increase of Trip Char. Durin Start	OFF	A
2006	Inrush with 2. Harmonic Restraint	ON	A
2007	n-th Harmonic Restraint	5. Harmonic	A

B3.7. Protección diferencial de grupo; I-Diff de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
2021	Pickup value of Differential Curr.	0.3 I/InO	A
2026A	T I-DIFF> Time Delay	0 s	A
2031	Pickup value of High Set Trip	6 I/InO	A
2036A	T I-DIFF>> Time Delay	0 s	A

B3.8. Protección diferencial de grupo; Característica de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
2041A	Slope 1 of Tripping Characteristic	0.3	A
2042A	Base Point for Slope 1 of Charac.	0 I/InO	A
2043A	Slope 2 of Tripping Characteristic	0.3	A
2044A	Base Point for Slope 2 of Charac.	2.5 I/InO	A
2051A	I-RESTRAINT for Start Detection	0.1 I/InO	A
2052A	Factor for increasing of Char. At Start	1	A
2053	Maximum Permissible Starting Time	5 s	A
2061A	Pickup for Add-on Stabilization	4 I/InO	A
2062A	Duration of Add-on Stabilization	10 Cycle	A
2063A	Time for Cross-blocking Add-on Stabilization	15 Cycle	A

B3.9. Protección diferencial de grupo; Inrush 2. HM de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
2071	2nd Harmonic Content I-DIFF	15%	A
2072A	Time for Cross-blocking 2nd Harmonic	3 Cycle	A

B3.10. Protección diferencial de grupo; Restricción n.HM de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
2076	n-th Harmonic Content in I-DIFF	50%	A
2077A	Time for Cross-blocking n-th Harm.	3 Cycle	A
2078A	Limit IDIFFmax of n-th Harm. Restraint	1.5 I/InO	A

B3.11. Protección falla a tierra restringido de grupo; General de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
2101	Restricted Earth Fault Protection	Block relay for trip commands	A
2102	REF Pickup of Phase Current Blocking	1.5 I/InO	A
2103	REF Pickup of U0> Release	2 V	A

B3.12. Protección falla a tierra restringido de grupo; Ajustes del grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
2110	I-REF> Pickup	0.15 I/InO	A
2112	T I-REF> Time Delay	0.1 s	A
2113A	Slope of Charac. I-REF>=f(I0- Rest)	0.25	A
2114A	Base Point for Slope of Characteristic	0 I/InO	A

B3.13. Protección de sub excitación de grupo; Sub excitación de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
3001	Underexcitation Protection	ON	A
3011	T-Short Time Delay (Caract y Uexc<)	0.15 s	A
3012	State of Excitation Volt. Supervision	OFF	A
3013	Excitation Voltage Superv. Pickup	2 V	A
3014A	Undervoltage blocking Pickup	30 V	A

B3.14. Protección de sub excitación de grupo; Características del grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
3002	Susceptance Intersect Characteristic 1	0.38	A
3003	Inclination Angle of Characteristic 1	82°	A
3004	Time Delay Characteristic 1	3 s	A
3005	Susceptance Intersect Characteristic 2	0.34	A
3006	Inclination Angle of Characteristic 2	90°	A
3007	Time Delay Characteristic 2	3 s	A
3008	Susceptance Intersect Characteristic 3	0.44	A
3009	Inclination Angle of Characteristic 3	100°	A
3010	Time Delay Characteristic 3	0.15 s	A

B3.15. Protección de potencia inversa de grupo; Potencia inversa de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
3101	Reverse Power Protection	ON	A
3102	P> Reverse Pickup	-1.5%	A
3103	Time Delay Long (Without Stop Valve)	60 s	A
3104	Time Delay Short (with Stop Valve)	1 s	A
3105A	Pickup Holding Time	0.3 s	A

B3.16. Protección de impedancia de grupo; General de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
3301	Impedance Protection	ON	A
3302	Fault Detection I> Pickup	4.94 A	A
3303	State of Undervoltage Seal-in	ON	A
3304	Undervoltage Seal-in Pickup	90 V	A
3305	Duration of Undervoltage Seal-in	2.5 s	A
3312	T END: Final Time Delay	2 s	A

B3.17. Protección de impedancia de grupo; Zonas del grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
3306	Impedance Zone Z1	1.97 Ω	A
3307	Impedance Zone Z1 Time Delay	0.1 s	A
3308	Impedance Zone Z1B	3.77 Ω	A
3309	Impedance Zone Z1B Time Delay	0 s	A
3310	Impedance Zone Z2	3.77 Ω	A
3311	Impedance Zone Z2 Time Delay	0.6 s	A

B3.18. Protección impedancia de grupo; Oscilación de potencia de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
3313	Power Swing Blocking	ON	A
3314	Distance betw. Power Swing-Trip-Pol.	4 Ω	A
3315	Rate of Change of dZ/dt	100 Ω /s	A
3316A	Power Swing Blocking locks out	Zone Z1 y Z2	A
3317A	Power Swing Action Time	4 s	A

B3.19. Protección sobre tensión de grupo; Sobre tensión de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
4101	Overvoltage Protection	ON	A
4102	U> Pickup	128.8 V	A
4103	T U> Time Delay	1.5 s	A
4104	U>> Pickup	138 V	A
4105	T U>> Time Delay	0.5 s	A
4106A	U>, U>> Drop Out Ratio	0.95	A
4107A	Measurement Values	Voltage protection with U-Phase-Phase	A

B3.20. Protección de sobre excitación (U/f) de grupo; Sobre excitación de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
4301	Overexcitation Protection (U/f)	ON	A
4302	U/f> Pickup	1.1	A
4303	T U/f> Time Delay	10 s	A
4304	U/f>> Pickup	1.4	A
4305	T U/f>> Time Delay	0.5 s	A

B3.21. Protección de sobre excitación (U/f) de grupo; Características del grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
4306	U/f = 1.05 Time Delay	200 s	A
4307	U/f = 1.1 Time Delay	90 s	A
4308	U/f = 1.15 Time Delay	60 s	A
4309	U/f = 1.2 Time Delay	30 s	A
4310	U/f = 1.25 Time Delay	15 s	A
4311	U/f = 1.3 Time Delay	9 s	A
4312	U/f = 1.35 Time Delay	5 s	A
4313	U/f = 1.4 Time Delay	1 s	A
4314	Time for Cooling Down	300 s	A

B3.22. Protección falla a tierra del estator de grupo; Falla a tierra estator de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
5001	Stator Earth Fault Protection	ON	A
5002	U0> Pickup	15 V	A
5005	T S/E/F Time Delay	0.1 s	A

B3.23. Protección falla a tierra del estator 3er armónico de grupo; SEF 3er armónico de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
5201	Stator Fault Earth Protection	Block relay for trip commands	A
5202	U0 3rd Harmonic< Pickup	4 V	A
5204	T SEF 3rd Harmonic Time Delay	0.2 s	A
5205	Release Threshold Pmin>	32%	A
5206	Release ThresholdU1min>	80 V	A

B3.24. Energización inadvertida de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
7101	Inadvertent Enegisation	ON	A
7102	I Stage Pickup	1.5 A	A
7103	Release Threshold U1<	10 V	A
7104	Pickup Time Delay T U1<	10 s	A
7105	Drop Out Time Delay T U1<	1 s	A

B3.25. Protección de Frecuencia de grupo; Frecuencia de grupo

No.	Ajustes	Valor	Grupo
4201	Over/Under Frequency Protection	ON	A
4203	f1 Pickup	63 Hz	A
4204	T f1 Time Delay	12 s	A
4206	f2 Pickup	66 Hz	A
4207	T f2 Time Delay	5 s	A
4209	f3 Pickup	57 Hz	A
4210	T f3 Time Delay	15 s	A
4212	f4 Pickup	55 Hz	A
4213	T f4 Time Delay	5 s	A
4214	Handling of Threshold Stage f4	Freq. prot. stage. Automatic	A
4215	Minimum Required Voltage for Operation	55 V	A

B3.26. Protección de sub tensión de grupo; Sub tensión de grupo

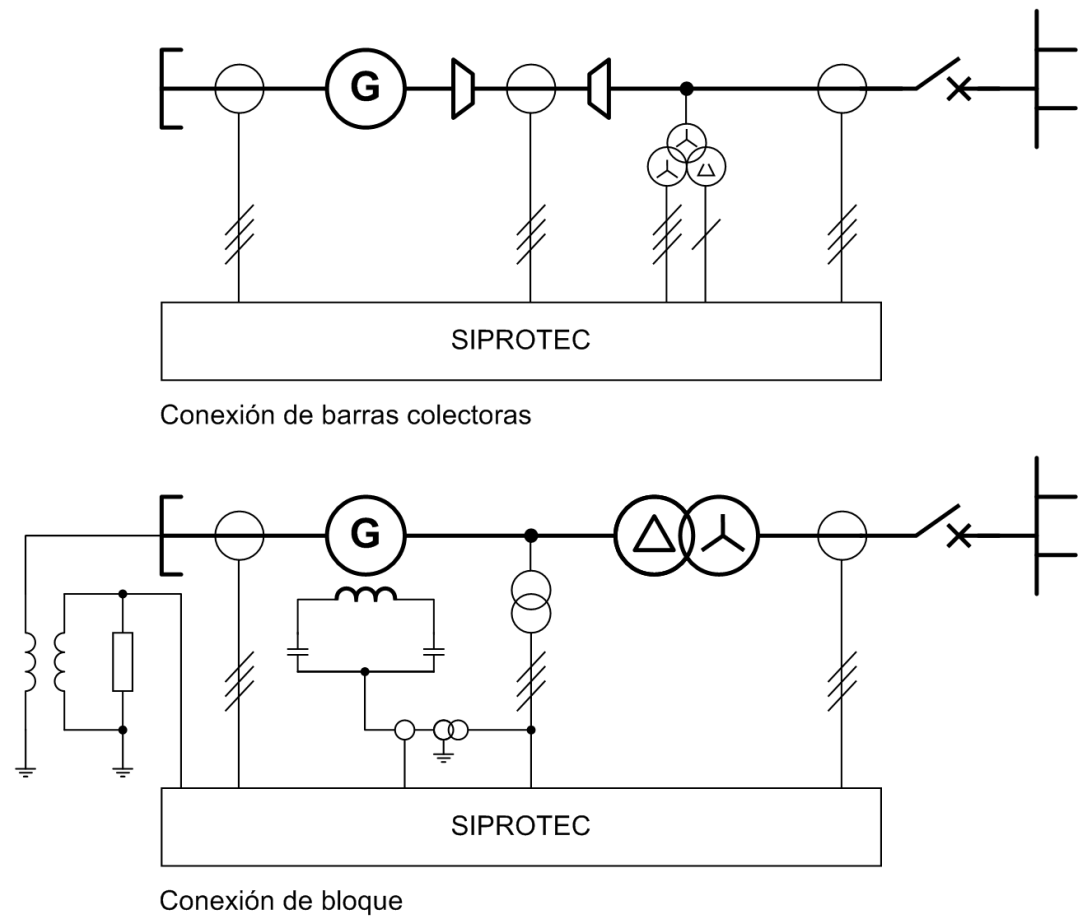
No.	Ajustes	Valor	Grupo
4001	Undervoltage Protection	ON	A
4002	U< Pickup	88 V	A
4003	T U< Time Delay	4 s	A
4004	U<< Pickup	66 V	A
4005	T U<< Time Delay	0.5 s	A
4006A	U<, U<< Drop Out Ratio	1.05	A

ANEXO C

DIAGRAMAS DE CONEXIÓN PARA RELÉS

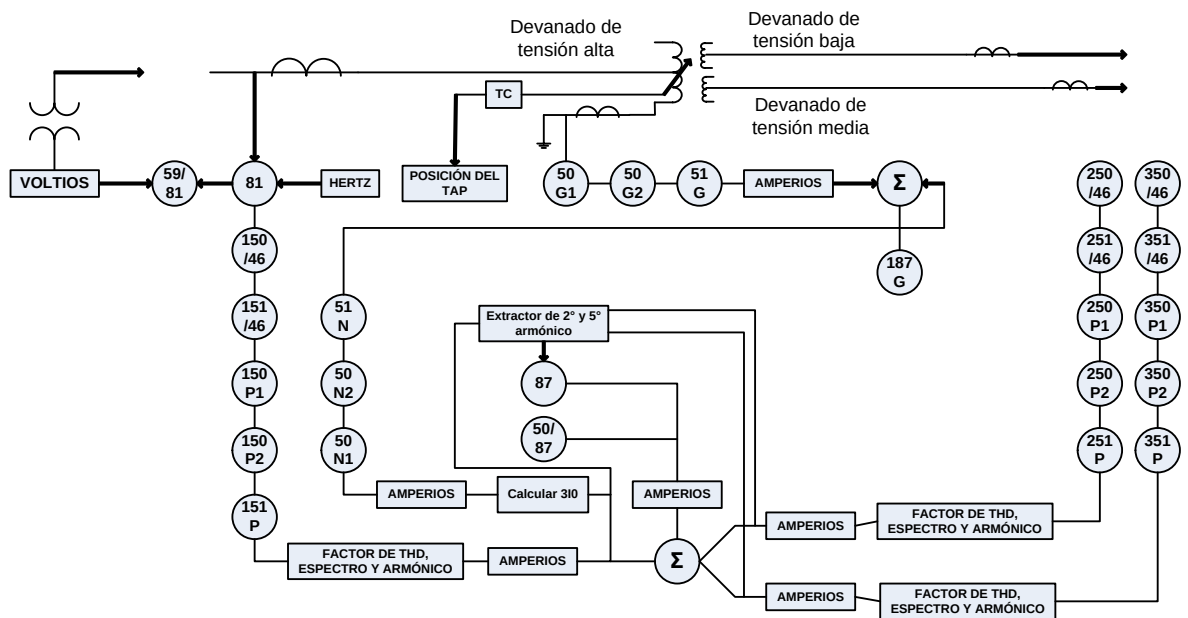
C1. RELÉ SIEMENS 7UM622 PARA PROTECCIÓN DE MÁQUINAS [1]

Figura C1. Conexiones típicas del relé de protección SIEMENS 7UM622.



C2. RELÉ GENERAL ELECTRIC 745 PARA PROTECCIÓN DE TRANSFORMADOR [6]

Figura C2. Diagrama de conexión.

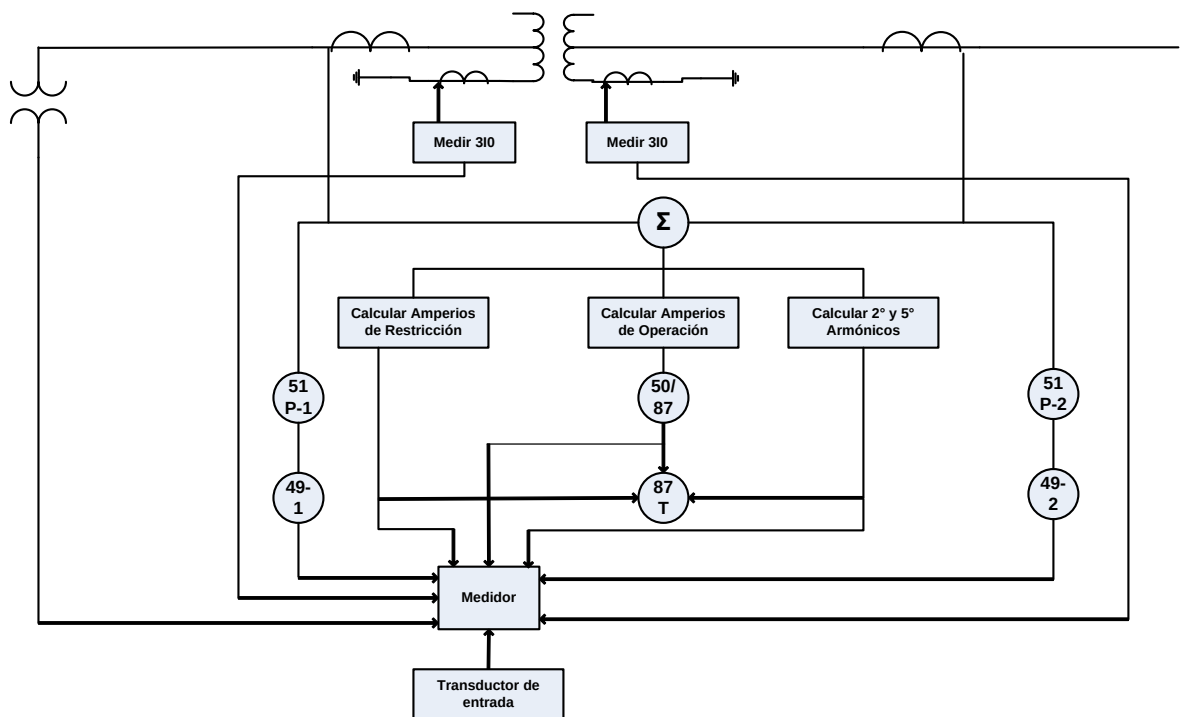


50/67: Secuencia negativa
 50/87: Diferencial instantáneo
 50G: Corriente a tierra
 50N: Corriente de neutro 3I0
 50P: Corriente de fase
 51/67: Secuencia negativa
 51G: Tierra
 51N: Neutro 3I0
 51P: Fase
 59/81: Volts por Hertz
 81-H5: Nivel de 5° armónico
 81O: Sobre frecuencia
 81U: Sub frecuencia

81U-R: Variación de frecuencia
 87: Diferencial (porcentaje)
 87TG: Diferencial de tierra

C3. RELÉ GENERAL ELECTRIC T35 PARA PROTECCIÓN DE TRANSFORMADOR [7]

Figura C3. Diagrama de conexión.



49: Sobre carga térmica
 50/87: Sobre corriente diferencial instantánea
 51G: Sobre corriente de tiempo a tierra
 51P: Sobre corriente de tiempo a fase
 87T: Diferencial de transformador

C4. RELÉ SEL-300G PARA PROTECCIÓN DE GENERADOR [8]

Figura C4. Diagrama de conexión.

