

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA



"ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DEL
CAÑON DEL PATO"

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRICISTA

RAUL OSWALDO CASAVARDE SAAVEDRA

PROMOCION 1992-II

LIMA-PERU

1.995

**A MIS PADRES, TERESA Y OSWALDO
POR LA CULMINACION DE SU ESFUERZO,
Y A TI MI AMOR POR EL INICIO DE
ALGO BELLO.**

SUMARIO

En la presente tesis se analiza la coordinación de la protección de la Central Hidroeléctrica "Cañón del Pato" así mismo actualizamos la coordinación en las líneas de transmisión (Huallanca-Chimbote 1) a 138 Kv, aprovechando que en un futuro la protección actual será reemplazada por relés de tecnología digital.

Para el análisis procedemos a conocer la protección actual de la central. Tomando como referencia las estadísticas de fallas y en base a los parámetros de los elementos del sistema eléctrico de potencia obtenemos las corrientes de cortocircuito máxima utilizando la reactancia subtransitoria y mínima utilizando la reactancia transitoria.

Para verificar los alcances de las zonas de protección de los relés de distancia se realiza el estudio de cortocircuito para fallas monofásicas en barras cercanas a la red considerando resistencias de falla (R_f) de 0, 10 y 20 Ohm; así mismo para seleccionar en forma adecuada la corriente de arranque del relé de sobrecorriente direccional R_f de 0, 10 y 50 Ohm.

Se detalla entonces el procedimiento y ajuste requeridos por los nuevos dispositivos de protección para la línea de transmisión.

**ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DEL
CAÑON DEL PATO**

EXTRACTO

TITULO : "ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION DE LA
CENTRAL HIDROELECTRICA DEL CAÑON DEL
PATO"

AUTOR : RAUL OSWALDO CASAVARDE SAAVEDRA

GRADO A OPTAR : TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRICISTA

FACULTAD : INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

UNIVERSIDAD : NACIONAL DE INGENIERIA

CIUDAD : LIMA - PERU

AÑO : 1 995

En el presente estudio se analiza la protección de la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato, para plantear mejoras inmediatas con los equipos existentes, así también se plantea innovaciones en la protección en lo que a línea de transmisión se refiere.

En el capítulo I, se describe detalladamente a la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato, indicando las características técnicas del generador, transformador y líneas de transmisión.

En el capítulo II, para realizar el análisis se evalúa los dispositivos de protección actualmente existente tomando como base sus ajustes y

características.

Con las características técnicas de cada elemento del sistema eléctrico de potencia, en el capítulo III, simulamos a través del programa CF (Cálculo de fallas) las fallas trifásicas y monofásicas-tierra para máxima demanda, así como, fallas bifásica y monofásica-tierra para mínima demanda.

En el capítulo IV, se revisa los ajustes de los relés más importantes tanto en generación, transformadores y barras.

En la línea de transmisión se realiza el cálculo de ajustes para relés digitales de última tecnología que se proponen en este estudio. Se cuenta así mismo con las características técnicas de todos y cada uno de los relés de la Central Hidroeléctrica.

Al final para una mejor confiabilidad del sistema en el capítulo V, se hace una evaluación beneficio - costo de la inversión.

INDICE

	Pág.
PROLOGO	1
CAPITULO I	
GENERALIDADES	3
1.1 Introducción	3
1.2 Ubicación geográfica	4
1.3 Descripción general de la central hidroeléctrica	
Cañon del Pato.	6
CAPITULO II	
CONFIGURACION ACTUAL DEL SISTEMA DE	
PROTECCION ELECTRICA	18
2.1 Generación.	20
2.2 Transformación.	27
2.3 Líneas de transmisión A-131, A-132, 1-133	27
CAPITULO III	
ANALISIS Y SIMULACION DE FALLAS DEL SISTEMA ELECTRICO ..	43
3.1 Fundamento teórico	43
3.1.1 Efectos	43
3.1.2 Definición	44

VIII

3.1.3 Causas	47
3.2 Estadística de fallas	47
3.2.1 Generación	48
3.2.2 Línea de transmisión	52
3.3 Simulación de fallas	52
3.4 Resultados	63
CAPITULO IV	
COORDINACION DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION	
73	
4.1 Características técnicas y ajustes del sistema de protección actual . .	73
4.1.1 Ajuste del sistema de protección actual	73
4.1.2 Características técnicas de los relés	73
4.2 Criterios generales para la coordinación	73
4.2.1 Límite de protección	76
4.3 Protección en generadores	78
4.3.1 Relé sobrecarga (49)	78
4.3.2 Relé diferencial (87 -G)	81
4.3.3 Relé de campo (40)	89
4.4 Coordinación de transformadores	97
4.5 Coordinación de barras	97
4.6 Coordinación de la línea de transmisión de 138 kV	98
4.6.1 Filosofía de la protección existente	98
4.6.2 Teleprotección	104
4.6.3 Consideraciones previas a la coordinación	110
4.6.4 Descripción del relé de distancia DLP1	114

4.6.5 Criterios adoptados para el ajuste del relé	
de distancia 21P	116
4.6.6 Relé del recierre automático	132
4.6.7 Relés de sobrecorriente	133
4.6.8 Protección de sobrecorriente de la S.E	
HIDRO1138	134
4.6.9 Descripción breve del relé 67N (MLCG201)	142
CAPITULO V	
EVALUACION ECONOMICA	145
5.1 Cálculo de los costos	146
5.2 Cálculo de los beneficios	146
OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES	149
ANEXOS	152
BIBLIOGRAFIA	204

PROLOGO

En el Perú ya existe una clara orientación referente al mejoramiento de la calidad en la entrega del servicio de la energía eléctrica, es por ello que en ELECTROPERU S.A, la política de reemplazo de equipos ya se inició.

Considerando ello y tomando en cuenta que la Central Hidroeléctrica "Cañon del Pato", en un futuro se implementará equipos de protección de última tecnología, es que se realiza el estudio de su sistema de protección. Para tal fin se lleva a cabo una exhaustiva recopilación de información, logrando obtener através de ello un panorama preciso del sistema de protección actual.

Através de la evaluación del sistema de protección y verificación de ajustes llegamos a la conclusión que en general los ajustes de los relés de protección existentes mantendrán sus valores iniciales.

En lo que se refiere a las Líneas de Transmisión se brinda un cuadro de ajustes para la implementación de los relés digitales.

Siendo el aspecto conceptual un punto muy importante, en la secuencia y desarrollo del estudio de la coordinación se enfatiza en los conceptos básicos de la protección a fin de que sea más didáctico.

El alcance del presente estudio comprende las instalaciones de Generación, Transformación y Transmisión, en los niveles de 13.8 y 138 kV.

Quisiera expresar mi agradecimiento a las siguientes personas por el

apoyo brindado sin el cual no hubiese sido posible la elaboración de la presente tesis

- * Ingenieros, técnicos, personal administrativo y en particular al **Ing. José Aguirre** Jefe de la C.H "Cañon del Pato".
- * **Ing. José Agulla, Abel Jara, al Sr. Luis Dávila** de la SECHIM1.
- * **Ing. Ciro Alvarez Cisneros** Jefe de la Oficina Informática de FIEE-UNI, por su apoyo logístico.

Finalmente, al **Ing. Bernardino Rojas Vera**, al cual le reitero mi eterno agradecimiento por su apoyo constante y confianza en mí.

Así mismo, quisiera através de estas líneas expresarle mi total gratitud, admiración y respeto, al hombre cuya madurez de pensamiento permite que nuevas generaciones sigan su ideal "**VIVIR PARA EL DESARROLLO DE LA INGENIERIA EN EL PERU**"; gracias **Ing. Don Luis Montañez Luna**.

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 Introducción

Los estudios de coordinación de la protección de los sistemas eléctricos se realizan cuando se presenta uno de los siguientes casos:

- a) La demanda o cargas del sistema eléctrico tiene cambios considerables.
- b) Se modifica la topología de la red.
- c) Se quiere diseñar un nuevo sistema eléctrico.
- d) Es necesario renovar los sistemas de protección (cambios de relés por obsolescencia, cambio de tecnología, etc).

La protección de todos y cada uno de los elementos pertenecientes a un sistema eléctrico, se conceptua desde su diseño y construcción de los mismos donde se van incorporando ciertas características que reducen considerablemente los efectos de algunas fallas que pudieran existir durante la operación del sistema eléctrico.

Precisamente en la presente tesis nos ocuparemos de aplicar las técnicas modernas de los sistemas de protección en sistemas eléctricos existentes.

En consecuencia, nuestro estudio tiene como objetivo principal desarrollar los procedimientos fundamentales para una verificación de los ajustes actuales en los diferentes tipos de relés existentes en la

central hidroeléctrica del Cañon del Pato, y el cálculo de ajustes de las líneas de transmisión a 138 kV Huallanca - Chimbote considerando relés de distancia de última tecnología.

Para desarrollar nuestro estudio se tomó como base la configuración actual año 1995 del Sistema Interconectado Centro Norte (SICN), y con los parámetros de cada elemento (generadores, transformadores, y líneas), a través de un programa de cálculo de fallas, se han obtenido los valores de corrientes de cortocircuito (I_{cc}) en barras y líneas.

Con estos valores se han revisado los ajustes actualmente existentes, para luego recomendar la implementación de nuevos sistemas de protección en los puntos donde hacen falta.

La configuración de la red de alta tensión considerada en el presente estudio se muestra en la Fig:1.0

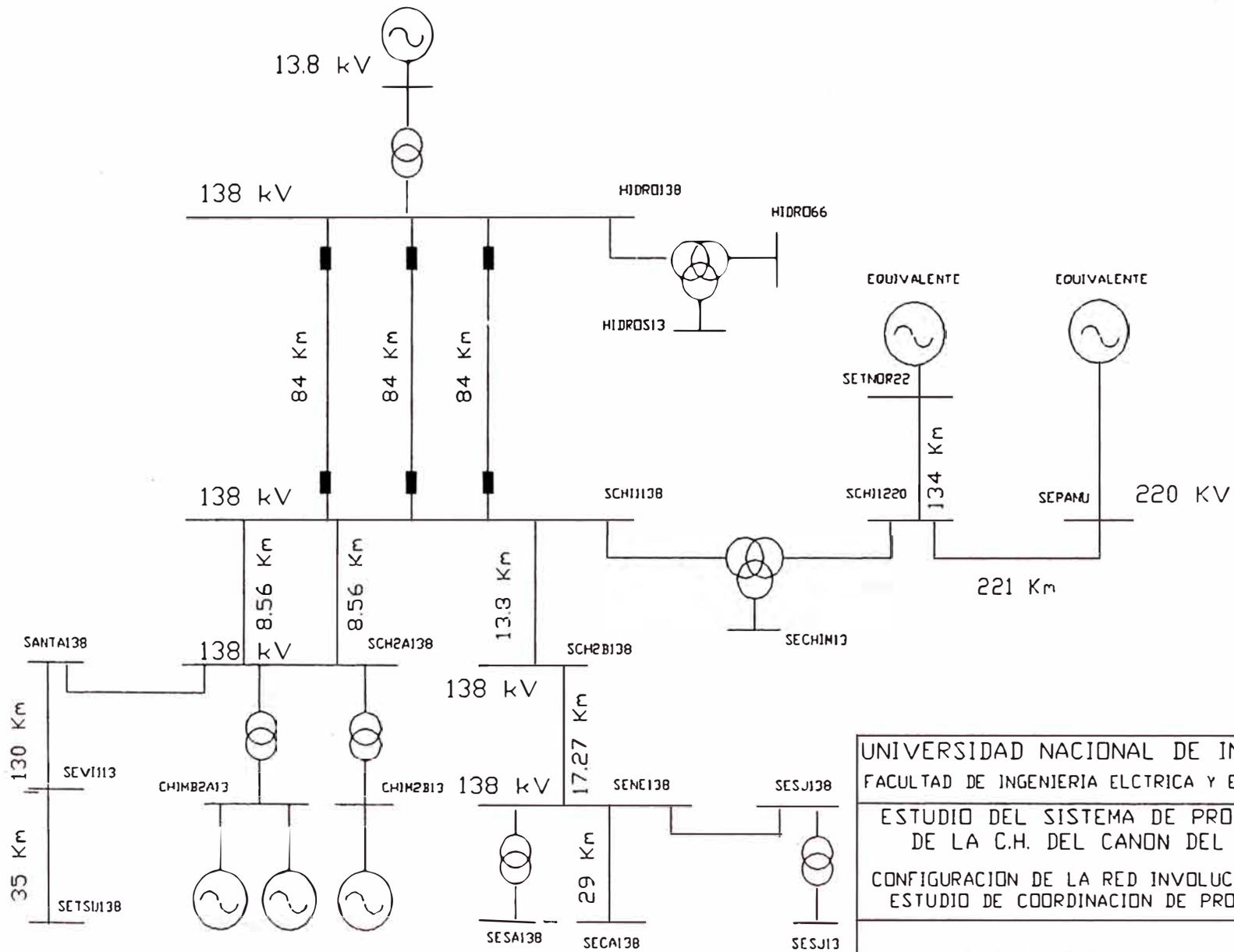
1.2 Ubicación geográfica

La Central Hidroeléctrica del Cañon del Pato está ubicada en el distrito de Huallanca, provincia de Huaylas, Departamento de Ancash, con una altitud aproximada de 1400 m.s.n.m.

El distrito de Huallanca tiene un clima templado con una temperatura promedio de 20°C y un nivel isoseráunico de 60.

El Río Santa tiene un recorrido de 336 km entre su nacimiento en la laguna Conococha y su desembocadura en el Océano Pacífico, presenta una serie de saltos aprovechables para poder establecer Centrales Hidroeléctricas, uno de estos saltos es el Cañon del Pato. La Central Hidroeléctrica del Cañon del Pato fué ideado en el año 1912 por el

CENTRAL HIDROELECTRICA DEL CANON DEL PATO (6x25 MW)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELCTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA C.H. DEL CANON DEL PATO
CONFIGURACION DE LA RED INVOLUCRADA EN EL
ESTUDIO DE COORDINACION DE PROTECCION

RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS
FIG : 1.0

visionario ING° SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO, y se encuentra al finalizar el hermoso callejón de huaylas y donde el Río corta la cordillera negra, lo que permite salir a la costa del Pacífico.

1.3 Descripción general de la central hidroeléctrica Cañon del Pato

POTENCIA INSTALADA	150	MW
POTENCIA REAL	150	MW
ALTURA NETA	395	M ³
TIPO DE TURBINA	PELTON	
CAUDAL TURBINABLE	48	M ³
NUMERO DE GRUPOS	06	
1 M ³ PRODUCE	3.125	MW

La Central Hidroeléctrica tipo caverna esta ubicada al margen derecho del Río Santa. Las obras de bocatoma disponen de un tunel utilizado para desviar las aguas con fines de mantenimiento. La Central pertenece a las tipicamente llamadas de "paso", es decir que la represa no almacena las aguas, solo las desvía.

La represa es de tipo gravedad, mediante ella se desvía el agua hacia la bocatoma logrando con ello ganar 20m de altura sobre el lecho del Río; a la entrada de la toma existe un canalón desempredador con su exclusiva y que permite evacuar las piedras de arrastre al Río aguas abajo del vertedero. Luego de un recorrido a través de un tunel de conducción de 555 m de largo las aguas llegan al desrripiador, seguido de un predesarenador y finalmente al desarenador.

El desarenador está conformado por cuatro naves (de 30 m. de largo, 7 m. de ancho, y 10 m. de profundidad) unidos en los extremos. En el fondo de cada nave existen 40 valvulas para descargar la arena.

Las aguas, una vez desarenadas, ingresa a un pique de 30 m. de altura para mantener el tunel principal de conducción con baja presión.

Mediante este tunel principal de conducción de 9 km. de longitud y 5.10 m de diámetro el agua llega a una cámara de distribución ubicada directamente por encima de la casa de fuerza o sala de máquinas a la que está conectada por tres (3) piques completamente verticales. Cada pique alimenta dos grupos de generación (04 turbinas), y esta provisto a su inicio de una válvula mariposa.

Para absorber las sobrepresiones (golpe de ariete) que resulta de un cierre rápido de las toberas de la turbina se ha previsto de una chimenea de equilibrio con una cámara de equilibrio o de expansión.

Antes de llegar el agua a las turbinas peltón, primeramente llegan hacia las válvulas esféricas gobernadas por servomotores cuyo fluido de trabajo es el aceite.

El tiempo de apertura y cierre de las válvulas mariposa, válvulas esféricas, agujas y deflector son las siguientes:

	APERTURA	CIERRE
VALVULA MARIPOSA	10'	15'
(1,2,3)		
VALVULA ESFERICA	01'	01'
AGUJAS	27"	25"

También se cuenta con alimentación del servicio exterior al sistema de auxiliares mediante la derivación del transformador de 25 MVA a 13.8 KV que llega al transformador de 1000kva en la sala de ALSTHON.

Esta alimentación es usada en caso que salgan de servicio los tres primeros grupos y también para la alimentación de algunos equipos auxiliares como el caso de la grua, que está en la sala de máquinas, o compresora de aire, etc.

De los generadores 1, 2, y 3 se derivan tres transformadores auxiliares (TA1, TA2, TA3) con las siguientes características:

$$S = 300 \text{ KVA,}$$

$$13.8 / 0.44 \text{ KV}$$

Estos transformadores auxiliares alimentan a 440 Voltios los servicios auxiliares.

Soportados por bandejas de eternit los cables aislados de fuerza (13.8 kV) llegan hasta el banco de transformadores ubicados en la S.E de Huallanca fuera de la caverna.

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL GENERADOR

En la primera etapa se instalaron los grupos 1 y 2.

En la segunda etapa se instalaron los grupos 3 y 4.

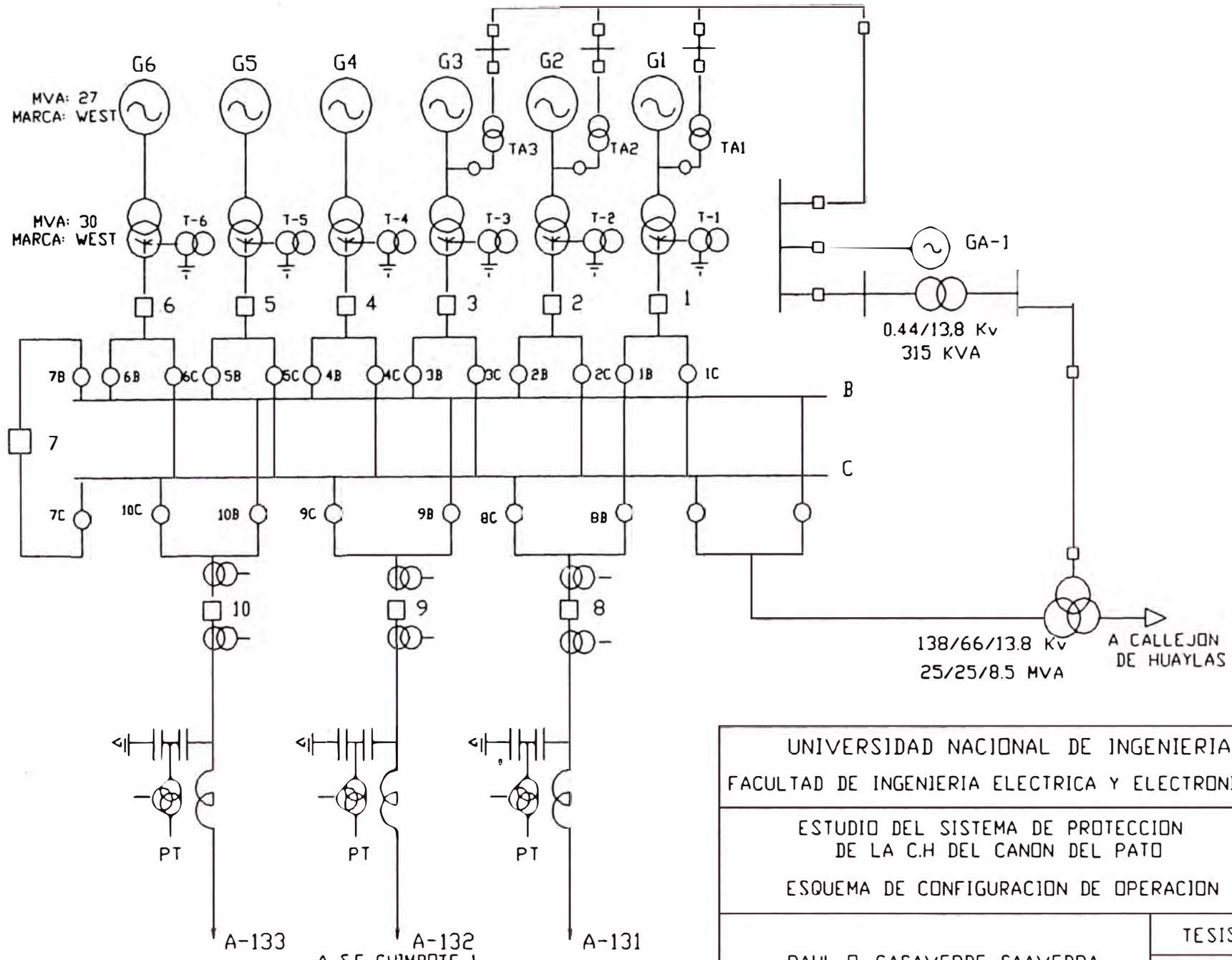
En la tercera etapa se instalaron los grupos 5 y 6.

GRUPO 1, 2, 3, y 4 (Primera y Segunda Etapa)

TURBINA HIDRAULICA

MARCA : PELTON WATER WHEEL COMPANY

SERIE : TG1 33423-1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION DE LA C.H DEL CANON DEL PATO	
ESQUEMA DE CONFIGURACION DE OPERACION	
RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA	TESIS
	FIG: 1.1

TG2 33423-2

TG3 856

TG4 857

AÑO FABRICACION :

TG1 y TG2 1948

TG3 y TG4 1965

HP : 42500

ALT : 396 m

RPM : 450

GENERADOR C.A

MARCA : " WESTINGHOUSE "

KVA : 27000 FASES: 3

VOLT : 13800 HERTZ: 60

AMP : 1,130 RPM : 450

COS0 : 0.95 Iexc : 339

Vexc : 250 Temp : 60°c

EXCITATRIZ PRINCIPAL D.C (SHUNT WOUND)

MARCA: " WESTINGHOUSE "

SERIE: EX. G1 2545P29

EX. G2 1534P2

EX. G3 2570P2

EX. G4 2570P2

KW : 100 VOLT : 250

AMP : 400 RPM : 575

CONEX: SHUNT TEMP : 40°C

CONTINUA

EXCITATRIZ AUXILIAR (PILOTO) D.C

MARCA : " WESTINGHOUSE "

SERIE : EA.G1 2545P30

EA.G2 1534P28

EA.G3 H-1-65

EA.G4 H-2-65

KW : 4 VOLT : 250

AMP : 116 RPM : 575

Hrs : 24 LOAD %: 100

TEMP : 40°C

GENERATOR PERMANENT MAGNET (PMG)

MARCA:

VOLT : PLENA CARGA / SIN CARGA

75

175

Este és el sensor de velocidad para el gobernador.

GRUPO 5 y 6 (Tercera Etapa)

GENERADOR C.A

MARCA: " GANZ MAVAG "

KVA : 27000 FASES : 3

VOLT : 13800 HERTZ : 60

AMP : 1,130 RPM : 450

COS0 : 0.95 SOBRECARGA : 15%

NORMA : IEC 34-1/1969 AMP EXC : 470

VOLT EXC : 210

EXCITACION

VOLT : 190

AMP : 467

EXCITADOR PRINCIPAL

TIPO : EG 354 / 600

POTENCIA : 140 / 200 KW

TENSION : 250 / 300

AMPERIOS : 560 / 670

VOLT EXC EXT: 250 / 50 V

VELOCIDAD : 600 / 1060 RPM

SISTEMA DE REFRIG: AUTOVENTILADO

CLASE DE AISLAMIENTO: F (60°)

NORMA : IEC 34-1 / 1969

COJINETE : COJINETE DESLIZANTE

CALIDAD DEL MATERIAL

LUBRICANTE : TA 20 E° 2.6- 3.5 a 50°C

CANTIDAD DE LUBRIC: 4 LT / MINUTO

EXCITADOR AUXILIAR (PILOTO)

TIPO : G1 245 / 160

POTENCIA : 2.25 / 3.5 KW

TENSION : 250 V

AMPERIOS : 9 / 14 AMP

EXCITACION : COMPOUND

VELOCIDAD : 600 / 1060 RPM

SISTEMA DE REFRIG: AUTOVENTILADO

CLASE DE AISLAMIENTO: F (60°)

NORMA : IEC 34-1 / 1969

TIPO DE PORTAESCOBILLAS : E42 / 1620

N° DE ESCOBILLAS : 20x16 : IM 19101

DIAMETRO DEL CONMUTADOR: 190 mm

La Central Hidroeléctrica Cañón del Pato dispone de 18 transformadores monofásicos elevadores, cables aéreos desnudos de alta tensión los conectan con el patio de llaves de 138 kV.

Los 18 transformadores están agrupados en bancos de tres (3) cada uno. La conexión de sus devanados es Delta / Estrella Ydn1 (13.8 / 138 KV).

Los devanados de baja tensión en cada banco de transformador están conectados entre sí mediante barras de cobre de sección tubular.

CARACTERISTICAS DEL TRANSFORMADOR MONOFÁSICO:

Transformador monofásico en baño de aceite, refrigeración exterior con agua.

MARCA : WESTINGHOUSE POLARIDAD:

SUSTRACTIVA

SERIE : 5063789 GRUPO DE CONEXION

DEL BANCO: Ydn1

KVA : 10000 ALTURA : 1416 m

AMP	79790 / 13.8KV
VOLT	13800
Z %	8.2
TEMP	60°C

En el Banco de Transformadores, cada línea aérea de A.T (138 KV) tiene su derivación para un Pararrayos, de modo que existen 18 Pararrayos en total, tres (3) por cada Grupo.

Los 18 cables aéreos de A.T que salen de los 06 Bancos de Transformadores cruzan el Río Santa enlazando a estos con el Patio de LLaves (ubicado en la parte alta del campamento) utilizando para ello tres torres metálicas.

EN EL PATIO DE LLAVES SE ENCUENTRA LO SIGUIENTE

- Once (11) Interruptores trifásicos tripolares de Potencia automático (Disyuntores) de 138 kv.
- 30 Seccionadores trifásicos de 138 kv.
- 4 Trampas de onda para el equipo de comunicación (PLC)
- Aisladores de porcelana, ferretería.
- Dos juegos de barras omnibus B y C (138 kv)
- Red de puesta a tierra
- Ductos y drenajes
- Alumbrado
- Sistema de alimentación de corriente continua para las protecciones que viene por medio de cables en ductos desde la casa de fuerza.
- Un transformador de tres (3) devanados 138/66/13.8 KV de 31 MVA

cuyas conexiones son respectivamente las siguientes:
estrella/estrella/delta.

Del patio de llaves salen 3 líneas de 138 kv con dirección a la S.E Chimbote:1, una línea de 66 kv alimenta al callejón de huaylas y la otra similar para la mina el Aguila.

En 13.8 kv se alimenta al campamento hidroeléctra, a los sistemas auxiliares de la casa de fuerza, a la bocatoma, y pueblos aledaños a la central.

* La Central Hidroeléctrica cuenta también con un grupo electrógeno "caterpillar" de 175 KW, que es usado en caso de emergencia.

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL TRANSFORMADOR DE 31 MVA

MARCA: BROWN BOVERI (ICTSA)

TRANSFORMADOR TRIFASICO CON CONMUTACION BAJO CARGA

N° 1 30124 TIPO: TD3LF

KVA (ON/OF)

A.T 31000

M.T 18000

B.T 13000

VOLT

A.T 138000

M.T 66000

B.T 13800

AMP

A.T 129.1

M.T 157.5

B.T 543.9

T.C.C (ON/AF) :

A.T - M.T 7.6 %

A.T - B.T 8.7 %

M.T - B.T 2.6 %

ENFRIAMIENTO ON / OF

AISLAMIENTO CLASE A

NIVEL DE AISLAMIENTO A.T 230 (KV)

M.T 140

B.T 38

FASES : 3

FRECUENCIA : 60

CONEXION : E / E / D

GRUPO : YNyno - YNd1

ALTITUD : 1000 msnm.

NORMA : ITINTEC (370 - 002)

AÑO DE FAB. : 1978

Las disposición física de las tres ternas Huallanca-Chimbote se detallan en el capítulo 4. La fig 1.2 muestra el diagrama unifilar de las líneas.

CAPITULO II CONFIGURACION ACTUAL DEL SISTEMA DE PROTECCION ELECTRICA

INTRODUCCION

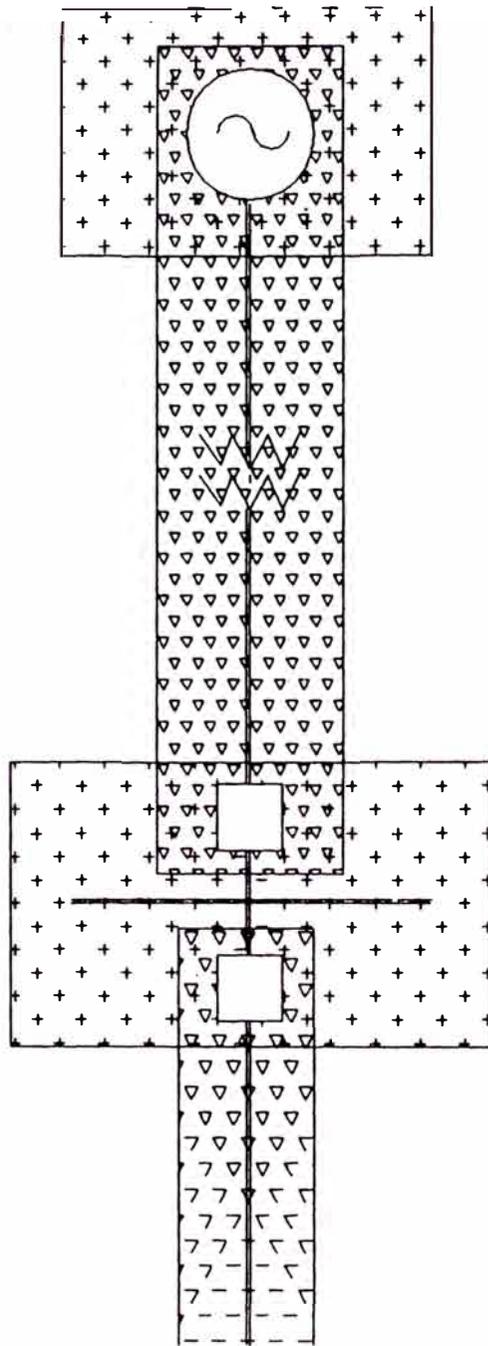
El sistema de protección de la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato utiliza el principio de la superposición (Overlapping), donde no existe un solo centímetro de circuito primario que no esté protegido por una protección selectiva, y rápida.

La Fig n° 2.1, ilustra la filosofía de la superposición. Se puede observar que el generador y transformador en cada uno de los 06 grupos existentes forman un solo bloque que comanda a un solo interruptor que hace posible la desconexión del elemento conjunto GENERADOR - TRANSFORMADOR. Las zonas sombreadas alrededor de cada elemento nos indica el área de influencia de un sistema de protección.

Si ocurriese una falla en la intersección de dos zonas adyacentes de protección, se disparará mas de un interruptor para desconectar el elemento defectuoso, sin embargo la probabilidad de falla en esa zona es casi nulo.

Debido a que la Central se implementó en tres etapas diferentes los tipos de relés son diferentes, sin embargo los esquemas de protección son equivalentes, ya que los equipos a proteger prácticamente tienen características iguales.

Tanto los generadores, transformadores, y líneas de transmisión estan



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA C.H DEL CANON DEL PATO

SUPERPOSICION

RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS

FIG: 2.1

totalmente protegidos por medio de esquemas de protección selectivos e instantáneos (principal) y/o temporizados (respaldo). Para facilitar su localización y lectura en los planos, los dispositivos de protección están codificados por números de acuerdo al estándar ANSI C37.2 (ver anexo) de aceptación internacional. Los esquemas de protección utilizan una fuente auxiliar de corriente continua a 250 VDC.

Los generadores y transformadores incluyen otras protecciones propias que no tienen la necesidad de coordinar con los denominados principal y de respaldo.

Para las barras se ha previsto un sistema de protección "por falla de interruptor" cuya función es la de desenergizar la barra utilizando la infraestructura de su relé diferencial cuando cualquiera de sus interruptores no obedece un comando de apertura luego de 0.25 seg de haberlo recibido, condicionado a que esté conduciendo una corriente.

Una visualización completa y detallada de la protección de los generadores, transformadores, y líneas de transmisión nos brindan los esquemas de protección y cuadros siguientes.

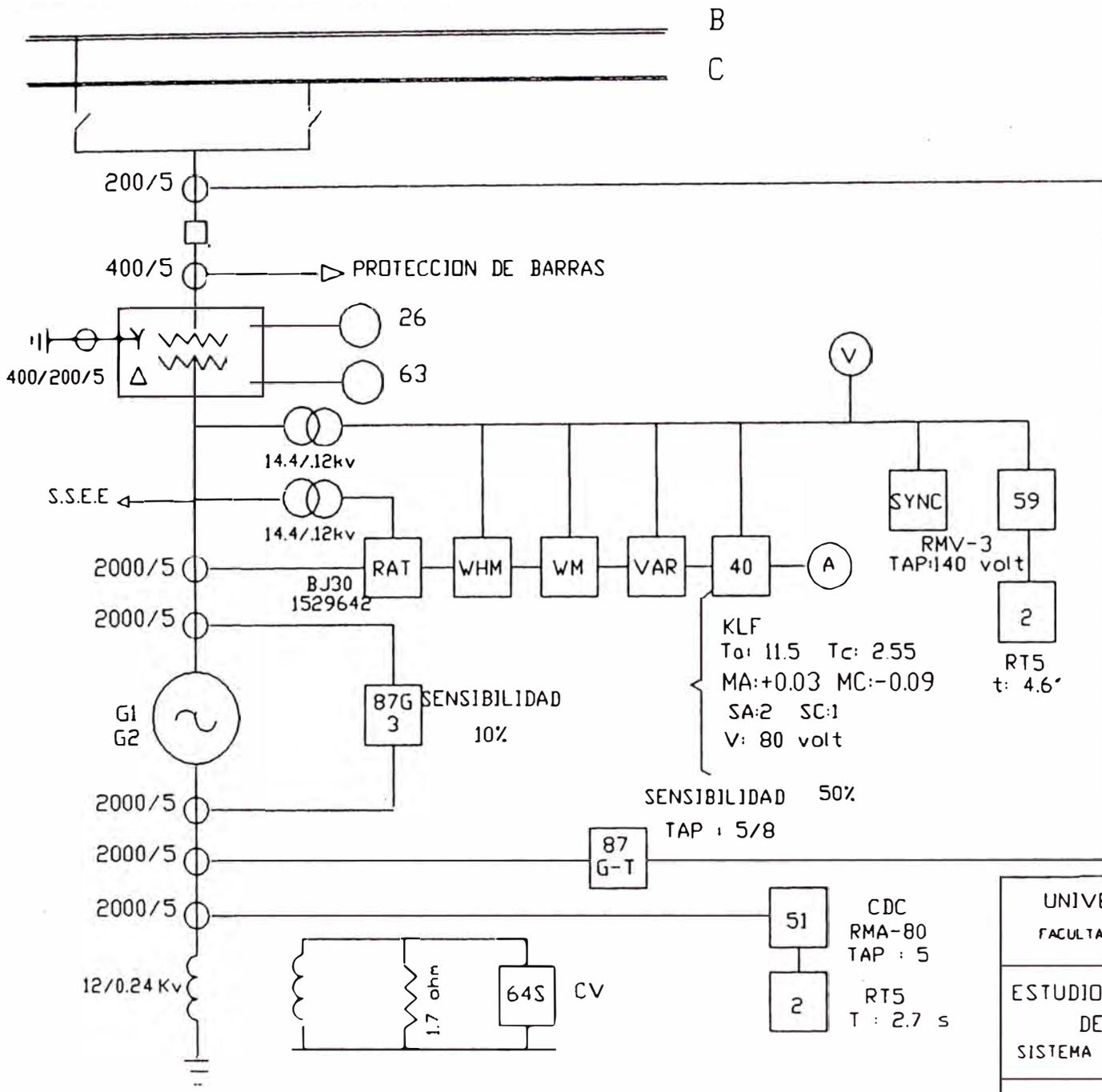
2.1 Generación

La Fig n° 2.2 muestra la protección para los grupos 1 y 2.

La Fig n° 2.3 muestra la protección para los grupos 3 y 4.

La Fig n° 2.4 muestra la protección para los grupos 5 y 6.

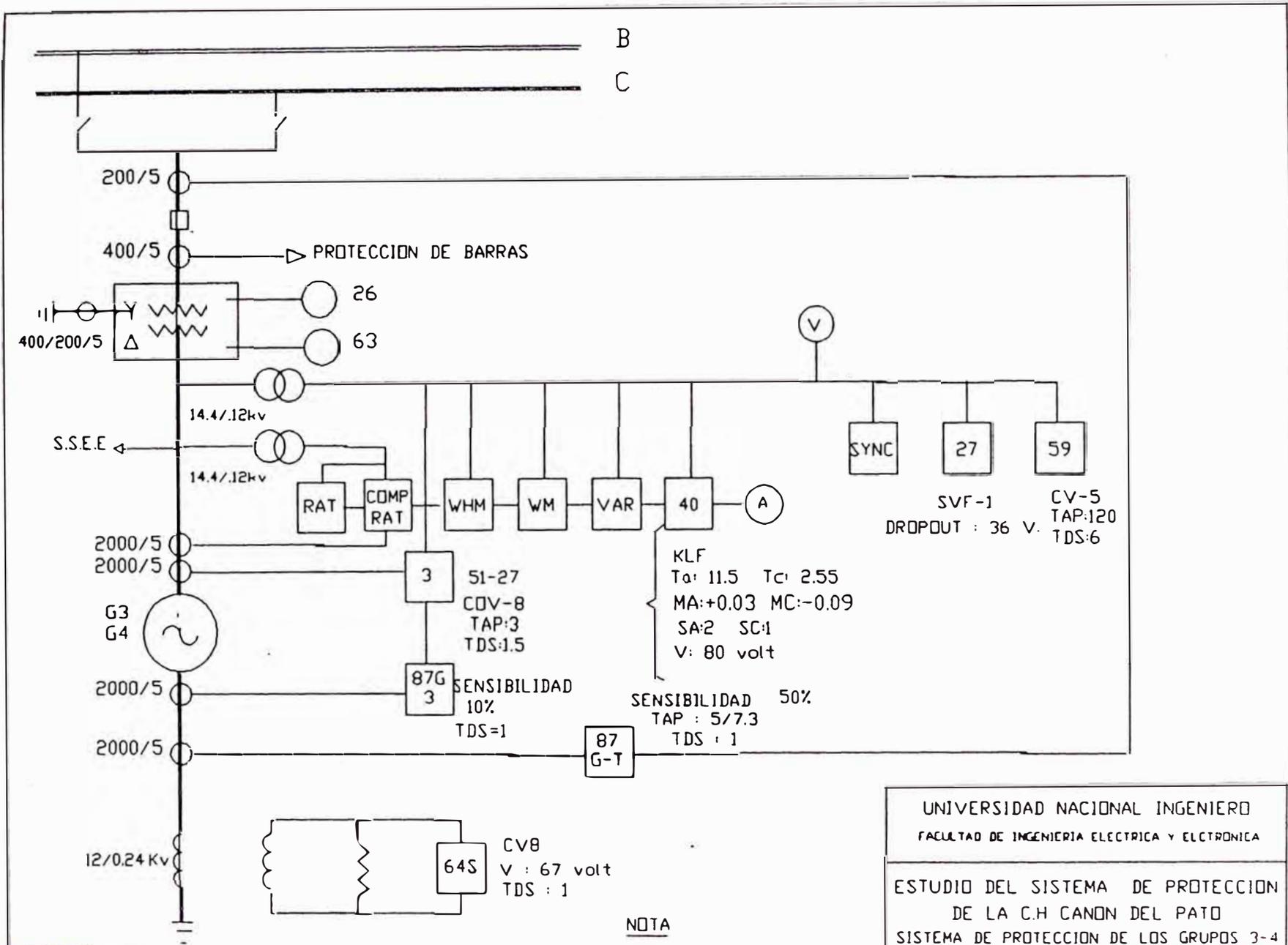
La función de cada relé se especifican en los cuadros 2.1-1; 2.1-2; 2.1-3; y 2.1-4.



UNIVERSIDAD NACIONAL INGENIERO
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
 DE LA C.H CANON DEL PATO
 SISTEMA DE PROTECCION DE LOS GRUPOS 1-2

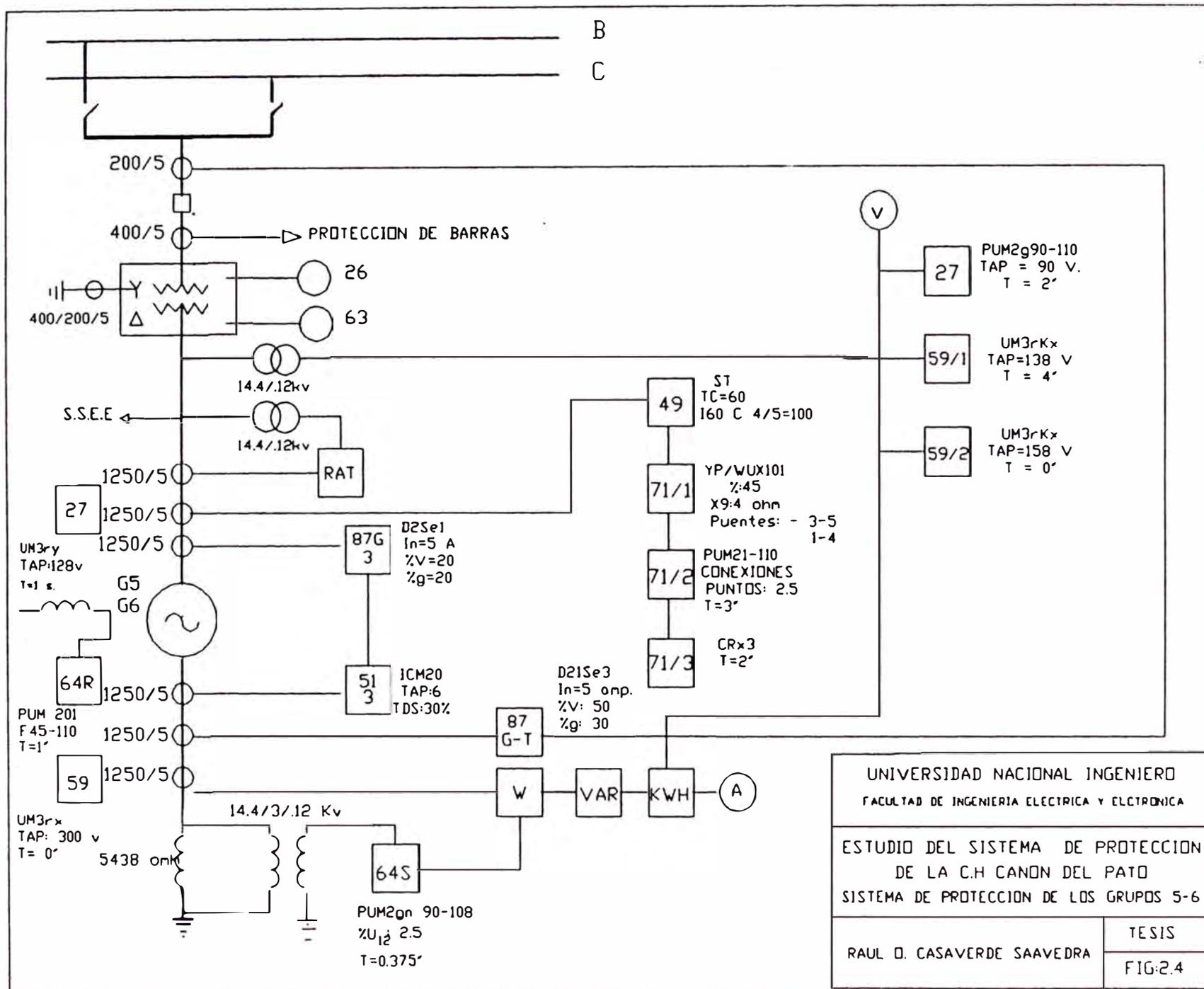
RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA	TESIS
	FIG. 2.2



NOTA
 RAT : BJ30/1529
 Todos los relés son
 westinghouse.

UNIVERSIDAD NACIONAL INGENIERO FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION DE LA C.H CANON DEL PATO SISTEMA DE PROTECCION DE LOS GRUPOS 3-4	
RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA	TESIS
	FIG: 2.3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 OFICINA CENTRAL DE BIBLIOTECA
 UNIDAD DE PROCESOS TECNOLÓGICOS



B
C

200/5

400/5

PROTECCION DE BARRAS

400/200/5

26

63

14.4/12kv

14.4/12kv

S.S.E.E

1250/5

1250/5

1250/5

UM3ry
TAP:128v
T=1'

G5

G6

64R

PUM 201
F45-110
T=1'

1250/5

1250/5

59

UM3rx
TAP: 300 v
T= 0'

5438 omk

14.4/3/12 Kv

PUM2gn 90-108
%U₁₂ 2.5
T=0.375'

87G
3
D2Se1
In=5 A
%V=20
%g=20

51
3
ICM20
TAP:6
TDS:30%

87
G-T
D21Se3
In=5 amp.
%V: 50
%g: 30

49
ST
TC=60
160 C 4/5=100

71/1
YP/WUX101
%:45
X9:4 ohm
Puentes: - 3-5
1-4

71/2
PUM21-110
CONEXIONES
PUNTOS: 2.5
T=3'

71/3
CRx3
T=2'

V

27

PUM2g90-110
TAP = 90 V.
T = 2'

59/1

UM3rkx
TAP=138 V
T = 4'

59/2

UM3rkx
TAP=158 V
T = 0'

W

VAR

KWH

A

CUADRO 2.1-1

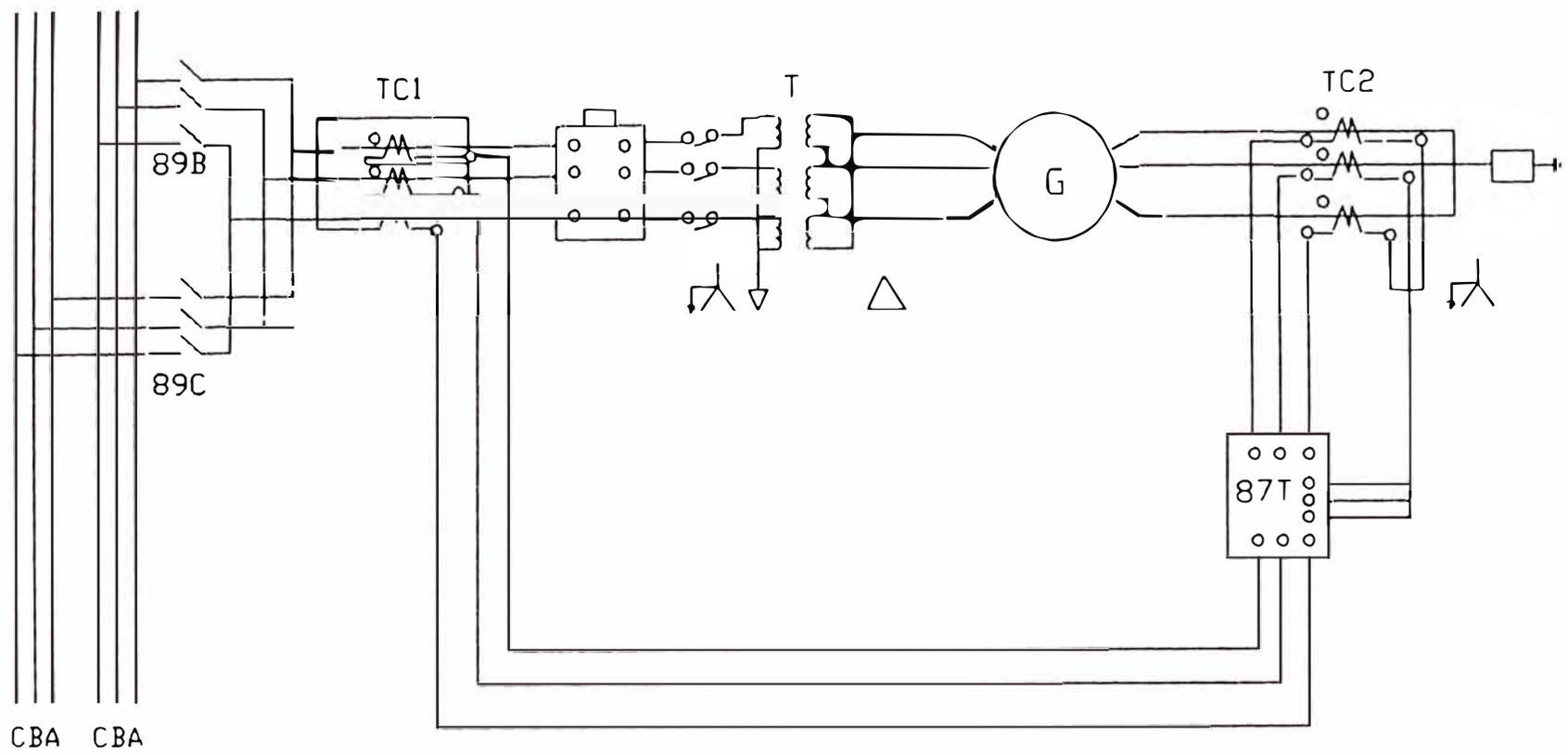
DISPOSITIVOS DE PROTECCION EN LOS GENERADORES-TRANSFORMADORES Y
LINEAS DE TRANSMISION ETAPAS 1, 2 Y 3

DISPOSITIVOS DE PROTECCION DEL GENERADOR

TIPO DE PROTECCION	FUNCION DEL RELE	ACCION DEL RELE
<p>*SOBRETENSION: (59)</p>	<p>ESTE RELE FUNCIONA CUANDO LOS VALORES DE TENSION ASCIENDEN POR ENCIMA DE VALORES DETERMINADOS. LOS GRUPOS 1 Y 2 COMPLEMENTAN A ESTE RELE CON UN RELE TEMPORIZADOR (TIPO CDC), RETARDANDO LA ACTUACION DEL RELE DE SOBREVOLTAJE. LOS GRUPOS 5 Y 6 POSEEN DOS ETAPAS: PARA PEQUEÑAS SOBRETENSIONES EN UN TIEMPO RELATIVAMENTE LARGO O EN FALLAS DEL REGULADOR DE VOLTAJE, ACTUA LA PRIMERA ETAPA 59/1. ACTUARA LA SEGUNDA ETAPA 59/2, SI REPENTINAMENTE EXISTE UNA TENSION ALTA (aprox. 1.4 Vn), QUE PODRIA SER POR: * SALIDAS BRUSCAS DE CARGAS</p>	<p>EN LOS GENERADORES 1,2,3 Y 4 SE ACCIONARA DESPUES DEL AJUSTE CONVENIENTE. PARA LOS GENERADORES 5 Y 6 FRENTE A ESTA FALLA SI LAS SOBRETENSIONES SON PEQUEÑAS O SI ESTUVERA FALLANDO EL REGULADOR DE VOLTAJE ENTONCES SE ACCIONARA UNA ALARMA INDICANDO EL TIPO DE FALLA (ACTUACION DE LA PRIMERA ETAPA). SI LAS SOBRETENSIONES SON ELEVADAS EN LOS BORNES DEL GENERADOR ENTONCES SE ACTUARA SOBRE EL INTERRUPTOR (ACTUACION DE LA SEGUNDA ETAPA).</p>
<p>* SOBRECARGA: (49)</p>	<p>DEBIDO AL CALENTAMIENTO EXCESIVO DE LOS ARROLLAMIENTOS POR EFECTO JOULE ES QUE SE LE PROTEGE AL GENERADOR MIDIENDO DIRECTAMENTE LA TEMPERATURA EN LOS ARROLLAMIENTOS DEL ESTATOR CON INSTRUMENTOS APROPIADOS COMO TERMOMETROS TERMoeLECTRICOS O CON RESISTENCIAS COLOCADAS EN LAS RANURAS DEL ESTATOR. LOS GRUPOS 1,2,3 Y 4, UTILIZAN TERMOMETROS TIPO RESISTENCIA, MIENTRAS QUE LOS GRUPOS 5,6 UTILIZAN RELES QUE SON LA IMAGEN TERMICA A PROTEGER.</p>	<p>GENERALMENTE COMO LAS SOBRECARGAS SON DE APARICION GRADUAL QUIZAS ORIGINADAS POR FALLAS EN EL ENFRIAMIENTO POSIBLES DE SOLUCIONAR, SE PREFERE QUE EL RELE ACCIONE UNA SEÑAL ACUSTICA Y/O LUMINOSA, ALERTANDO AL PERSONAL A TOMAR ACCIONES CORRECTIVAS Y EVITANDO CON ELLO UNA PARADA INNECESARIA DEL GRUPO.</p>

CUADRO 2.1-2

DISPOSITIVOS DE PROTECCION DEL GENERADOR		
TIPO DE PROTECCION	FUNCION DEL RELE	ACCION DEL RELE
* PROTECCION DIFERENCIAL (87G)	<p>DEBIDO A LA ANTIGUEDAD DE LA CENTRAL LOS AISLAMIENTOS SE DETERIORAN PROVOCANDO CORTOCIRCUITOS INTERNOS EN LOS DEVANADOS DEL ESTATOR, TALES COMO:</p> <p>- FALLA DE ESPIRA A ESPIRA/FALLA DE FASE A FASE. LA ZONA PROTEGIDA POR ESTE RELE QUEDA DEFINIDA POR DOS T.C UBICADOS A LOS EXTREMOS DEL GENERADOR.</p> <p>PARA HACER DEL RELE INSENSIBLE A VARIACIONES BRUSCAS Y A DIFERENTES RELACION DE TRANSFORMACION DE LOS TC. O SUS POSIBLES ERRORES ES QUE SERA DEL TIPO COMPENSADO.</p>	<p>SE ACTUARA SOBRE EL INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 138KV (DISYUNTOR), SOBRE EL INTERRUPTOR DE DESEXCITACION Y ACTIVARA EL EQUIPO CONTRA INCENDIO (CO2). A LA VEZ QUE OPERA LA PARADA RAPIDA DE LAS DOS TURBINAS, ACCIONANDO AL DOWN SOLENO (BOBINA QUE ACTIVA LA ROTOVALVULA).</p> <p>EN RESUMEN, CON LA ACTUACION DEL RELE DIFERENCIAL SE BLOQUEA EL GRUPO.</p>
* PROTECCION DIFERENCIAL (87 G-T)	<p>SE PROTEGE A LA UNIDAD GENERADOR - TRANSFORMADOR MEDIANTE ESTE TIPO DE PROTECCION CONTRA LAS FALLAS INTERNAS DE FASE A FASE, CORTOCIRCUITO TRIFASICO, ETC.</p> <p>AL APLICAR UNA PROTECCION DIFERENCIAL A UN TRANSFORMADOR SE EXIGE POR LO GENERAL MENOS SENSIBILIDAD EN LOS RELES QUE EN EL CASO DE LA PROTECCION DE LOS GENERADORES, ESTO ES PORQUE DEBERA PERMANECER INACTIVO PARA LAS MAXIMAS VARIACIONES QUE PUEDAN UTILIZARSE EN LAS TOMAS DEL TRANSFORMADOR.</p> <p>EL RELE DIFERENCIAL ACCIONARA FRENTE A FALLAS DE CORTOCIRCUITO EN LAS BOBINAS DEL GENERADOR, TRANSFORMADOR Y CABLES QUE LOS INTERCONECTAN, ASI COMO EN SECCIONADORES Y DISYUNTORES.</p>	<p>EL RELE ACTUARA DESCONECTANDO EL DISYUNTOR Y EL INTERRUPTOR DE DESEXCITACION A LA VEZ QUE OPERA LA PARADA RAPIDA DE LAS DOS TURBINAS ACCIONANDO EL DOWN SOLENO, (BOBINA QUE ACTIVA LA ROTOVALVULA). E INDICARA UNA SEÑAL DE FALLO.</p> <p>EL DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL RELE 87 G-T SE MUESTRA EN LA FIG: 2.5</p>



NOTA : G: 1-2-3-4
 TC1 = 200/5
 TC2 = 2000/5

 G : 5-6
 TC1 = 200/5
 TC2 = 1250/5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION DE LA C.H. DEL CANON DEL PATO	
DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL RELE 87-G	
RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA	TESIS
	FIG : 2.5

2.2 Transformación

Las Fig n° 2.2, 2.3, 2.4, muestran la protección de los transformadores de potencia y los cuadros 2.2- 1; 2.2-2; detallan la función de cada relé.

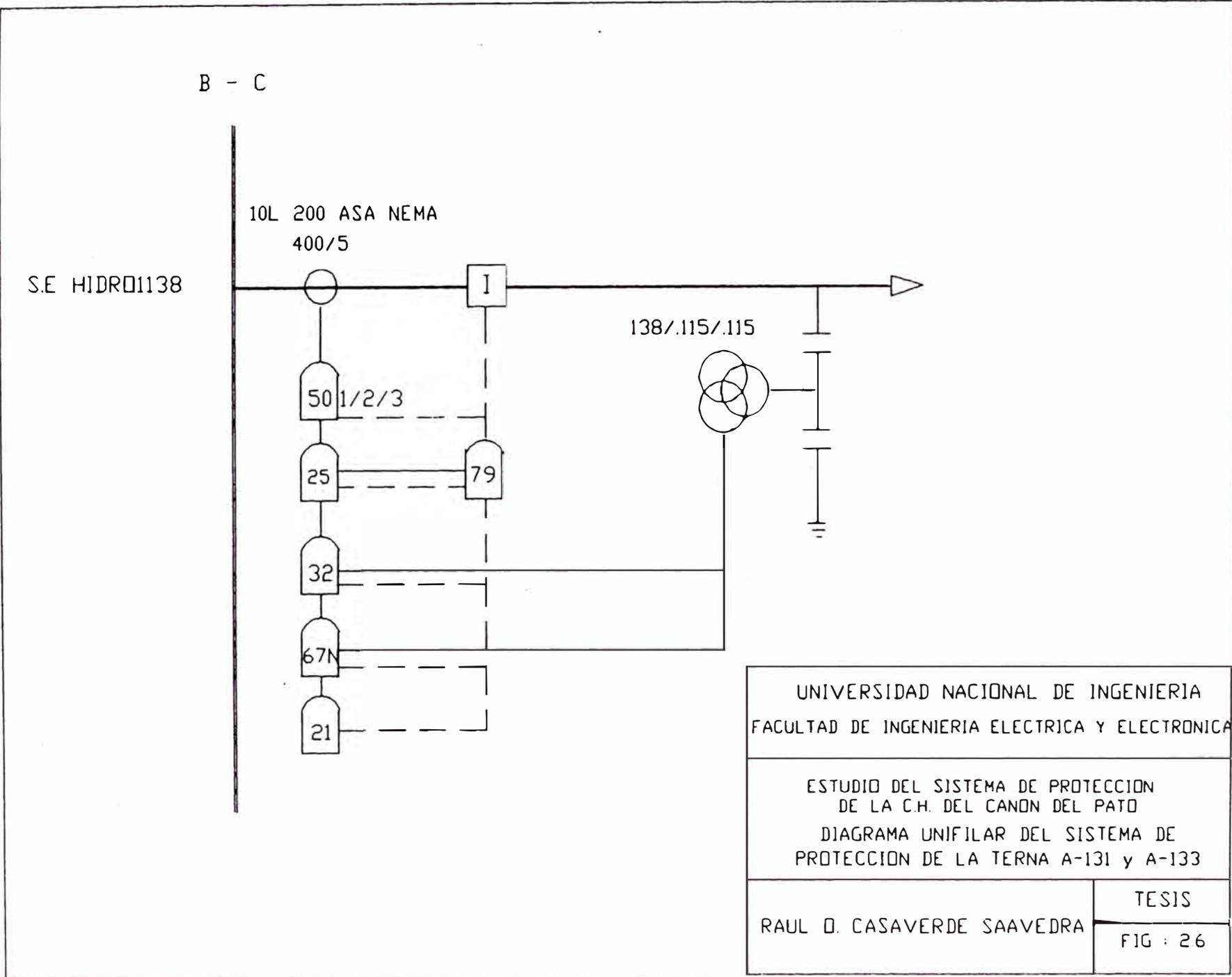
2.3 Líneas de transmisión A-131, A-132, 1-133

En el Perú el sistema de teleprotección de las líneas de transmisión importantes no tienen una filosofía única, pues existen algunas que usan el esquema de bloqueo por comparación direccional y otras el de disparo transferido.

En el caso de las líneas de transmisión Huallanca Chimbote, dos temas (L105: A-131, L103 : A-133), utilizan la filosofía de disparo transferido, utilizando ambos relés de distancia marca: BBC y una tema (L104 : A-132) utiliza la filosofía de bloqueo por comparación direccional con relés de distancia marca : WESTINGHOUSE.

La fig: 2.6 muestra las protecciones principales de la línea A -131 Y A-133. (ESQUEMA DE DISPARO TRANSFERIDO).

La fig: 2.7 muestra las protecciones principales de la línea A-132. (ESQUEMA DE BLOQUEO).

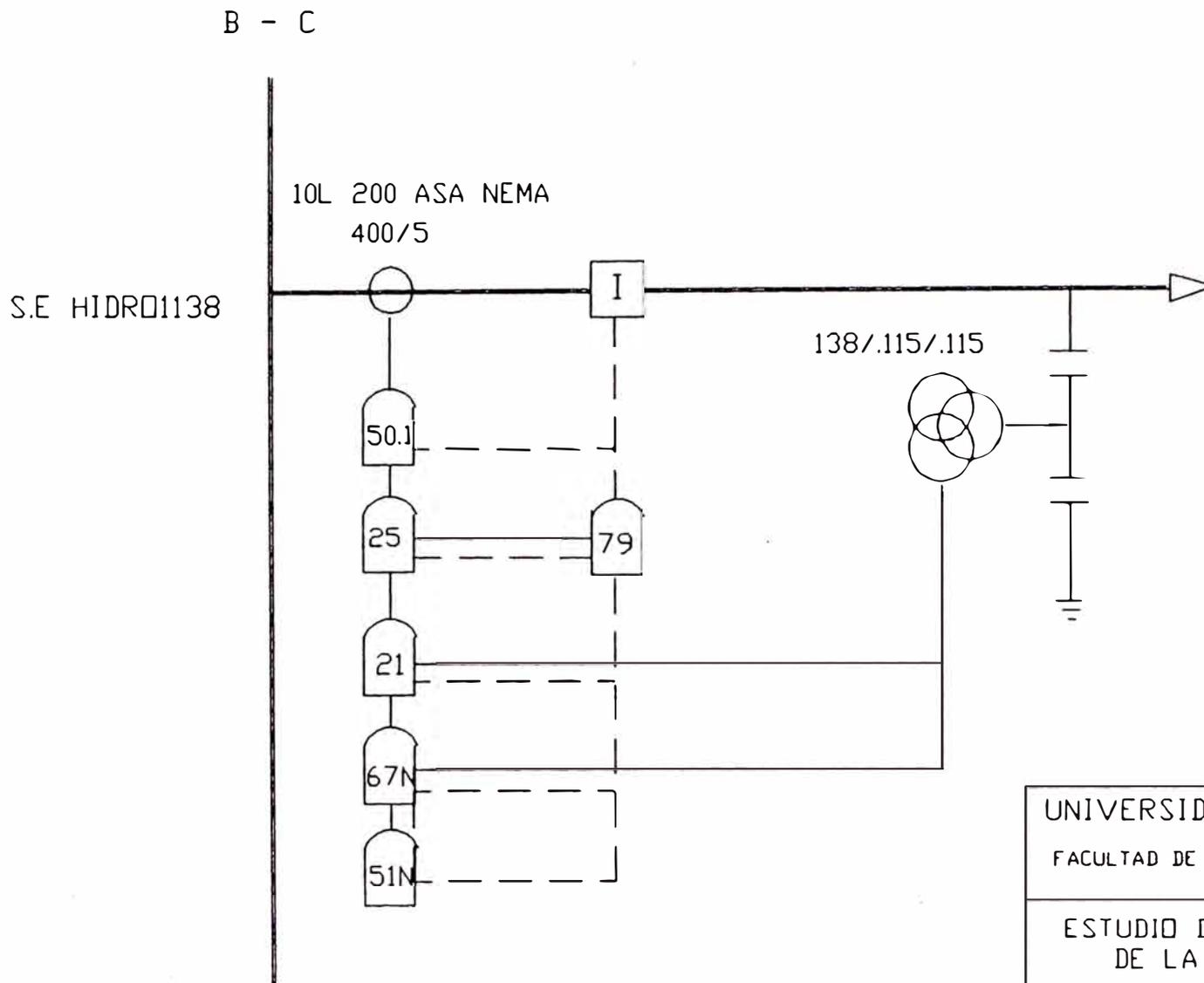


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA C.H. DEL CANON DEL PATO
DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE
PROTECCION DE LA TERNA A-131 y A-133

RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS
FIG : 26



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION DE LA C.H. DEL CANON DEL PATO	
DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE PROTECCION DE LA TERNA A - 132	
RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA	TESIS
	FIG : 2.7

CUADRO 2.1-3

TIPOS DE PROTECCION	FUNCION DEL RELE	ACCION DEL RELE
<p>* CONTRA LOS DEFECTOS A TIERRA DEL ESTATOR</p> <p>(64S)</p>	<p>EL OBJETIVO DE TODA MAQUINA AL COLOCARLE LA PUESTA A TIERRA ES FIJAR EL NIVEL DE POTENCIAL DE TODAS LAS MASAS METALICAS RESPECTO AL SUELO Y PROTEGERLOS CONTRA LAS SOBRE TENSIONES TRANSITORIAS EXTERNAS, ASI COMO AL PERSONAL. UN DEFECTO A TIERRA DEL ESTATOR ES DEBIDO A LA PERFORACION DEL AISLAMIENTO DE LAS ESPIRAS HASTA EL HIERRO PROXIMO. ENTRE EL NEUTRO Y TIERRA SE COLOCAN RESISTENCIAS O REACTANCIAS , ESTO LIMITARA LAS CORRIENTES DE FALLAS Y ANULARA LA TENSION CAPACITIVA INDUCIDA SI UNA LINEA DE ALTA TENSION PRESENTARA UNA FALLA.</p>	<p>SE ACTUARA SOBRE EL INTERRUPTOR PRINCIPAL. COMO EQUIPO AUXILIAR ES NECESARIO UN TRANSFORMADOR DE TENSION EN EL CONDUCTOR A TIERRA.</p>
<p>* PROTECCION DE FALLA A MASA DEL ROTOR.</p> <p>(64-R)</p>	<p>CUANDO EL DEVANADO DE CAMPO DE UN GENERADOR SINCRONO (UBICADO EN EL ROTOR) NO ESTA PUESTO A TIERRA, ENTONCES FRENTE A UNA FALLA A TIERRA LA CORRIENTE PRODUCIDA NO PODRA SER OBSERVADA. ESTE TIPO DE FALLA RESULTA SER SERIO SI OCURRIESE UNA SEGUNDA FALLA A TIERRA Y LA PORCION DANADA DEL DEVANADO ES CONSIDERABLE, PUESTO QUE EL FLUJO ADOPTARA UN CAMINO EN LA CUAL UNO DE LOS POLOS ESTARA MAS CARGADO Y HABRA POR LO TANTO UNA FUERZA DE ATRACCION MAYOR EN UN POLO RESPECTO DEL OTRO. ESTA FUERZA AL SER DESBALANCEADA PROVOCARA VIBRACIONES EN EL ROTOR Y UN POSIBLE DESPLAZAMIENTO DEL ROTOR QUE PODRA DAÑAR AL ESTATOR.</p>	<p>ESTE RELE SOLO DARA UNA SEÑAL INDICANDO UNA FALLA A MASA DEL ROTOR.</p>
<p>* PROTECCION DEL SISTEMA DE EXCITACION DEBIDO A LA SOBREEXCITACION</p> <p>(59E)</p>	<p>CUANDO LA TENSION EN BORNES DEL GENERADOR DISMINUYE, YA SEA PORQUE OCURRIO UNA FALLA DE CORTOCIRCUITO O POR CAIDA DE VELOCIDAD EL REGULADOR DE TENSION TRATARA DE MANTENER LA TENSION A SU VALOR NOMINAL, PARA ELLO SOLICITARA UNA FUERTE CORRIENTE DE EXCITACION PROVOCANDO UNA SOBRETENSION DE EXCITACION LOGRANDO ASI LA ACTUACION DEL RELE.</p>	<p>ACTUA INMEDIATAMENTE UN DISPOSITIVO SOBRE EL DEFLECTOR, DESEXCITA AL GENERADOR Y ABRE EL INTERRUPTOR PRINCIPAL. SI TUVIERA UN EXCITADOR AUXILIAR (DINAMO COMPOUND AUTOEXCITABLE PE) AUXILIAR TAMBIEN LO DESEXCITA AUMENTANDO UNA RESISTENCIA CONECTADA EN SERIE.</p>
<p>* SOBRECORRIENTE</p> <p>(51)</p>	<p>PROTEGE AL GENERADOR CONTRA FALLAS DE CORTOCIRCUITO. SE UTILIZAN ESTOS RELES CON CARACTERISTICAS DE TIEMPO INVERSO (DISCRIMINACION POR TIEMPO Y CORRIENTE), CON ELLO SE LOGRA QUE EL TIEMPO DE OPERACION SEA INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA CORRIENTE DE FALLA; ESTAS CARACTERISTICAS PERMITEN QUE EL RELE RESPALDE AL DIFERENCIAL DEL GENERADOR, ASI COMO AL TRANSFORMADOR DE BLOQUE Y SUS CABLES DE INTERCONEXION DE ESTOS.</p>	<p>ESTE RELE ACTUARA DESCONECTANDO EL DISYUNTOR Y EL INTERRUPTOR DE DESEXCITACION, A LA VEZ OPERA LA PARADA RAPIDA DE AMBAS TURBINAS Y PRESENTA UNA SEÑAL DE FALLA.</p>

CUADRO 2.1.4

DISPOSITIVOS DE PROTECCION DEL GENERADOR		
TIPO DE PROTECCION	FUNCION DEL RELE	ACCION DEL RELE
<p>* PROTECCION DEL SISTEMA DE EXCITACION DEBIDO A LA CAIDA DE VELOCIDAD</p> <p>(27E)</p>	<p>ESTE RELE UBICADO EN EL GENERADOR DE IMAN PERMANENTE SENSIA INDIRECTAMENTE VELOCIDAD A TRAVES DE LA TENSION. POR LO TANTO EL RELE AL MEDIR BAJA TENSION ESTARA MIDiendo DISMINUCION DE VELOCIDAD, LO CUAL EN UNA CENTRAL HIDROELECTRICA ES INNECESARIO.</p> <p>ESTE TIPO DE RELE SOLAMENTE LO TIENE EL GRUPO 5 Y 6.</p>	<p>EN ESTOS CASOS EL RELE ACTUARA SACANDO AL GRUPO DEL PARALELO.</p> <p>DESCONECTARA EL INTERRUPTOR DE DESEXCITACION (BLOQUEANDO LA CONEXION DEL MISMO), E INDIRECTAMENTE DESCONECTARA AL DISYUNTOR A TRAVES DEL CONTACTO AUXILIAR DEL INTERRUPTOR DE DESEXCITACION, PARALELAMENTE EL FUNCIONAMIENTO DEL REGULADOR DE TENSION SE DESACTIVARA.</p>
<p>* CONTRA CAIDA DE TENSION</p> <p>(27)</p>	<p>SE USA ESTE DISPOSITIVO DE PROTECCION CUANDO SE TRATA DE COLOCAR EN PARALELO UN GENERADOR PARADO A LA RED YA SEA POR ERROR O MANIOBRA INVOLUNTARIA.</p> <p>EL SISTEMA DE PROTECCION DE LOS GRUPOS 1 Y 2 NO POSEEN ESTOS RELES.</p>	<p>EL RELE DE MINIMA TENSION DESCONECTARA AL GRUPO.</p>
<p>* PROTECCION DEL CAMPO</p> <p>(40)</p>	<p>ESTA PROTECCION ES IMPORTANTE PUES PUEDE TRAER GRAVES CONSECUENCIAS COMO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - VIBRACIONES EN EL ROTOR QUE ORIGINARIA UN FALLO MECANICO DE LA MAQUINA SI ES QUE SE CORTOCIRCUITARIA LAS BOBINAS DEL DEVANADO DE EXCITACION. - PERDIDA DE LA ESTABILIDAD DEL SISTEMA, O EL SINCRONISMO ORIGINADO POR LA PERDIDA DE LA EXCITACION. <p>OTRAS CONSECUENCIAS ES CUANDO SE INVIERTE LA POLARIDAD DE LA EXCITACION, O EXCESIVA CARGA CAPACITIVA QUE PUEDE LLAVAR A LA MAQUINA HASTA LA AUTOEXCITACION. EN RESUMEN ESTE RELE FUNCIONA PARA VALORES ANORMALES DE CORRIENTE DE CAMPO DE LA MAQUINA, O UN EXCESIVO VALOR DE LA COMPONENTE REACTIVA DE LA CORRIENTE DE ARMADURA EN UNA MAQUINA AC.</p> <p>EN LOS GRUPOS 1,2,3 Y 4 EL RELE TOMA EL CODIGO 40, MIENTRAS QUE PARA LOS GRUPOS 5 Y 6 SERA EL 71.</p>	<p>ESTE RELE DESCONECTARA EL DISYUNTOR Y EL INTERRUPTOR DE DESEXCITACION, ADEMAS DE ACCIONAR ALARMA.</p>

CUADRO 2.2-1

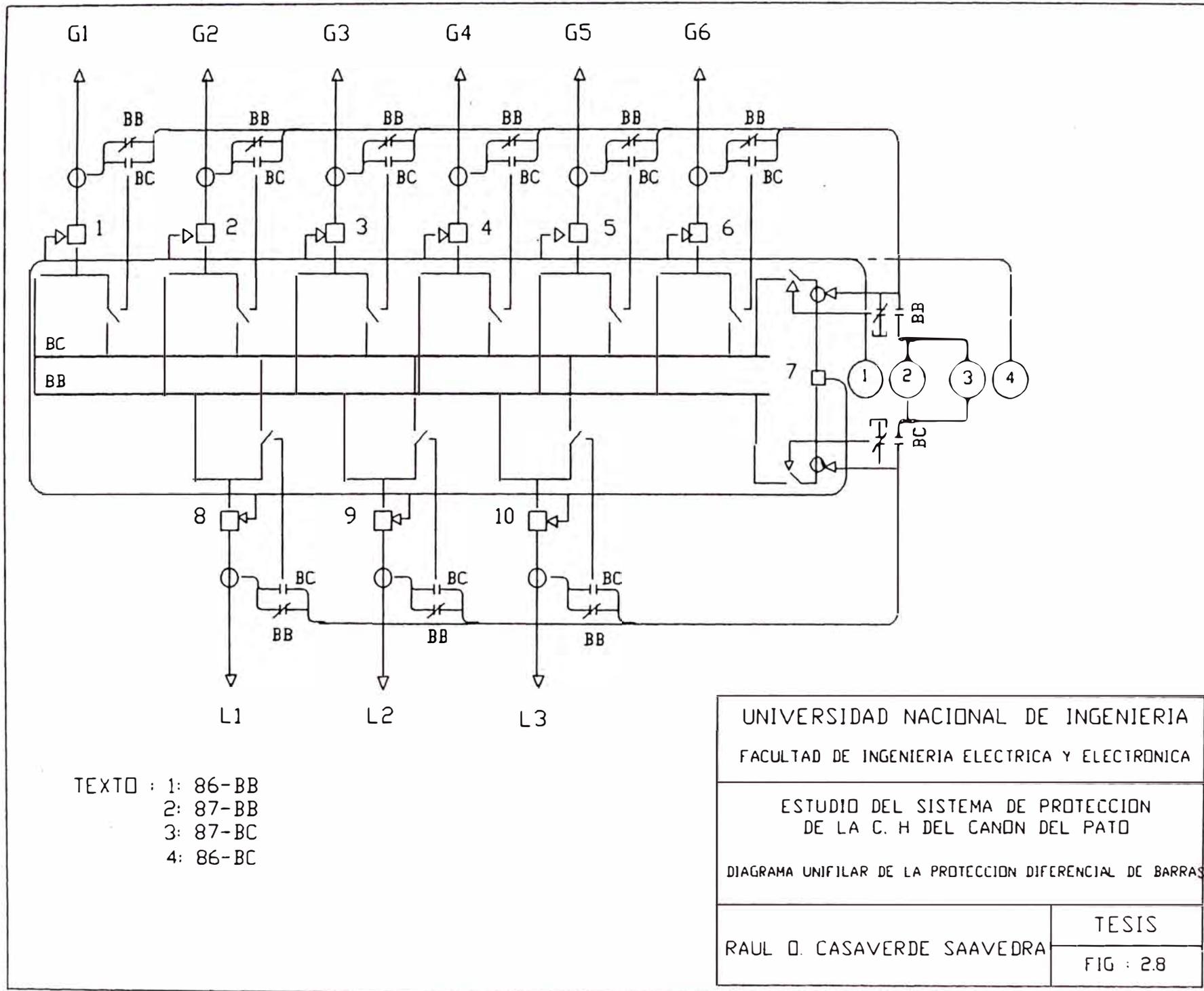
PROTECCION DEL TRANSFORMADOR ETAPAS 1-2-3		
TIPO DE PROTECCION	FUNCION DEL RELE	ACCION DEL RELE
<p>* PROTECCION CONTRA LA SOBRE TEMPERATURA DEL ACEITE (KIHLSSTROMS) PRIMERA ETAPA: 26TA3(A4) (SEGUNDA ETAPA) 26TB3(B4) 26TC1(C4)</p>	<p>ESTE DISPOSITIVO ACTUA CUANDO:</p> <p>A) EXISTE UN EXCESO DE TEMPERATURA EN EL ACEITE.-</p> <p>LA ELEVACION DE LA TEMPERATURA EN EL ACEITE NOS INDICARA QUE EL TRANSFORMADOR ESTA OPERANDO SOBRECARGADO O QUE EXISTE UNA FALLA EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO O EN LA BOMBA DEL ACEITE. PARA DETECTAR ESTE TIPO DE FALLA, SE INSTALO EN EL INTERIOR DEL TANQUE LOS TERMOMETROS DE CONTACTO TIPO KIHLSSTROMS.</p>	<p>ESTE AUMENTO PODRA SER DETECTADO DE DOS FORMAS: - EL PRIMER ESCALON ENVIARA UNA SEÑAL DE FALLA.</p> <p>- EL SEGUNDO ESCALON DESCONECTA EL DISYUNTOR, EL INTERRUPTOR DE DESEXCITACION Y ENVIARA UNA SEÑAL DE FALLO.</p>
	<p>B) EXISTE EXCESO DE TEMPERATURA EN EL DEVANADO.-</p> <p>SI EL TRANSFORMADOR SE CARGARSE BRUSCAMENTE, LOS ARROLLAMIENTOS PODRIAN ALCANZAR LA TEMPERATURA LIMITE EN POCOS MINUTOS, MIENTRAS QUE EL ACEITE REQUIERE DE VARIAS HORAS PARA SOBRECALENTARSE COMPLETAMENTE, POR ELLO COMO LA SIMPLE MEDIDA DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE NO ES SUFICIENTE ES NECESARIO UTILIZAR UN TERMOMETRO DE CONTACTO, UBICADOS JUNTO A LOS DEVANADOS DE LOS TRANSFORMADORES EN BLOQUE.</p>	<p>LA PROTECCION FUNCIONA EN DOS ETAPAS :</p> <p>- LA PRIMERA ETAPA SOLO DARA UNA SEÑAL DE FALLO.</p> <p>- LA SEGUNDA ETAPA DESCONECTA EL DISYUNTOR.</p>

CUADRO 2.2-2

PROTECCION DEL TRANSFORMADOR		
TIPO DE PROTECCION	FUNCION DEL RELE	ACCION DEL RELE
<p>* RELE BUCHHOLZ (63)</p> <p>* CONTRA BAJO NIVEL DE ACEITE (63TA1-63TB1-63TC1)</p>	<p>ESTE DISPOSITIVO ACTUA CUANDO :</p> <p>A) EL NIVEL DE ACEITE ES INFERIOR AL VALOR PRE-DETERMINADO:</p> <p>UN BAJO NIVEL DE ACEITE EN LOS TRANSFORMADORES ES MUY PELIGROSO DEBIDO A QUE QUEDARIAN EXPUESTOS SUS PARTES VIVAS, COMO CONDUCTORES, BOQUILLAS, ETC. EL ACEITE EN UN TRANSFORMADOR DE POTENCIA ACTUA COMO AISLANTE Y COMO REFRIGERANTE.</p>	<p>EL DETECTOR DEL NIVEL DE ACEITE ACTUAN INDICANDO SOLAMENTE LA DISMINUCION DEL NIVEL.</p>
<p>* PROTECCION CONTRA EL AUMENTO INSTANTANEO DE PRESION (63TA3-63TB3-63TC3)</p> <p>* PROTECCION CONTRA FALLAS INTERNAS (BUCHHOLZ) (63TA5-63TB5-63TC5)</p>	<p>B) EXISTE UN AUMENTO INSTANTANEO DE PRESION EN EL CONSERVADOR DEL TRANSFORMADOR</p> <p>OCURRIDA UNA FALLA FRANCA REPENTINA, ADEMAS DE DEFORMAR LOS DEVANADOS Y QUIZAS AL NUCLEO FERROMAGNETICO, TAMBIEN PROVOCARA SOBREPRESIONES EN EL TANQUE DEL TRANSFORMADOR. ESTO SE DEBE A QUE LOS DEFECTOS EN LOS ARROLLAMIENTOS PRODUCEN GASES U ONDAS BRUSCAS DE PRESION EN EL ACEITE.</p>	<p>EL RELE PROCEDERA A DESCONECTAR AL DISYUNTOR.</p>
	<p>C) EXISTEN FALLAS INTERNAS</p> <p>ESTA BASADO EN LA DESCOMPOSICION QUE PRESENTAN LOS AISLANTES SOLIDOS PRODUCIENDO UNA GRAN DISIPACION DE CALOR QUE ORIGINARIA GASES DE REGULAR INTENSIDAD PRODUCTO DEL CALENTAMIENTO DEL ACEITE FRENTE A UNA AVERIA GRAVE. EL RELE BUCHHOLZ ES UN MEDIO SELECTIVO DE LA PROTECCION Y EXTRAORDINARIAMENTE EFICAZ PARA DETECTAR FALLAS INTERNAS EN EL TRANSFORMADOR.</p>	<p>ES CONVENIENTE ADVERTIR EN UNA PRIMERA ETAPA PARA FALLAS INCIPIENTES TALES COMO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - FALLA DE ALGUNA CONEXION INTERNA. - CORTOCIRCUITOS ENTRE ESPIRAS. <p>LA SEGUNDA ETAPA ENVIARA UNA SEÑAL DE DISPARO AL DISYUNTOR DEJANDO FUERA DE SERVICIO A LA UNIDAD. ESTA ETAPA SE ACTIVARA FRENTE A CUALQUIERA DE LAS SIGUIENTES FALLAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SOBRECARGA BRUSCA - CORTOCIRCUITO - FALLA DE AISLAMIENTO A TIERRA (LADO DE BAJA TENSION) - DESCOMPOSICION QUIMICA DEL ACEITE(-SEA POR CALIDAD O CONTINUA SOBRECARGA)

CUADRO 2.3-1

PROTECCION DE LAS BARRAS COLECTORAS (BC) Y LINEAS DE TRANSMISION (LT A-131,A-132,A-133)	
TIPO DE PROTECCION	FUNCION DEL RELE
<p>* PROTECCION DIFERENCIAL (BC)</p> <p>(87)</p>	<p>GENERALMENTE LAS BARRAS SE DEJAN SIN PROTECCION YA QUE LAS BARRAS ADEMAS DE TENER UN ALTO GRADO DE CONFIABILIDAD, TIENE EN LOS RELES DE DISTANCIA DE LA SS.EE CONEXAS UNA PROTECCION SUFICIENTE.</p> <p>LA PROTECCION DE LAS BARRAS ES REQUERIDA CUANDO EL SISTEMA DE PROTECCION NO CUBRE LA BARRA O CUANDO ES NECESARIO MANTENER LA ESTABILIDAD DEL SISTEMA.</p> <p>LA PROTECCION DIFERENCIAL ES UN METODO EFICAZ DEBIDO A QUE ES SELECTIVO, RAPIDO Y SENSIBLE; ES IMPORTANTE LA PRECISION DE LOS TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD Y QUE LOS ARROLLAMIENTOS SECUNDARIOS DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE ESTEN COLOCADOS A TIERRA EN UN SOLO PUNTO. CON ESTO SE EVITA QUE LAS CORRIENTES DE DEFECTO EN EL CIRCUITO PRINCIPAL PASEN A LOS CABLES DE CONTROL Y PRODUZCAN AVERIAS EN LOS MISMOS.</p> <p>EL DIFERENCIAL 87BC QUE SE TIENE EN LA CENTRAL EN ESTUDIO PROTEGE A LAS BARRAS B-C CONTRA TODA FALLA OCURRIDA ENTRE LOS EXTREMOS LIMITADOS POR LOS T.C UBICADOS A LA SALIDA DEL ELEMENTO G-T Y DESPUES DEL INTERRUPTOR DE POTENCIA DE LA LINEA.</p> <p>EL DIFERENCIAL 87BB PROTEGE A LA SECCION DE LAS BARRAS B y C, FRENTE A FALLAS PROPIAS.</p> <p>PARA PROTECCION CONTRA FALLAS DEL INTERRUPTOR SE APROVECHA LA MISMA CONEXION DEL DIFERENCIAL A TRAVES DE UN RELE DE BLOQUEO (*86), DONDE AMBOS SE ENCUENTRAN EN PARALELO. EL OBJETIVO DE ESTE RELE 86 ES AISLAR LA BARRA TOTALMENTE DESPUES DE UN TIEMPO DE 250 msec. QUE LO BRINDA UN RELE DE RETARDO (2), ESTO ES PARA DAR LUGAR A QUE LA FALLA SE ACLARE POR LA SECUENCIA NORMAL.</p> <p>O SEA CUANDO EL RELE 21, 67 o 32+85 SENSAN LA FALLA EN LA LINEA, ELLOS ADEMAS DE ORDENAR ABRIR AL INTERRUPTOR ENVIAN UNA SENAL AL RELE TEMPORIZADOR QUE DARA UN TIEMPO PRUDENCIAL (250 msec.) PARA QUE EL RELE DE BLOQUEO ACTUE Y PROCEDA A AISLAR TODA LA BARRA.</p> <p>VER FIG: 2.8. (*86) : RELE DE BLOQUEO O MULTIPLICADOR DE CONTACTOS</p>
<p>* PROTECCION DE DISTANCIA</p> <p>(21)</p>	<p>ESTA PROTECCION ES UTILIZADA EN SISTEMAS DE ALTA TENSION POR SU CONFIABILIDAD EN LAS LINEAS DE INTERCONEXION.</p> <p>EL RELE DE DISTANCIA ES UTILIZADO PARA ELIMINAR FALLAS TRIFASICA/BIFASICAS/ Y MONOFASICAS A TIERRA.</p> <p>ESTOS RELES TRABAJAN COORDINADAMENTE TAMBIEN CON LOS DISYUNTORES DE SUMINISTRO Y RECEPCION POR MEDIO DE LA SENAL DE ALTA FRECUENCIA DE LA ONDA PORTADORA.</p> <p>LA FUNCION SERA DETECTAR FALLAS EXISTENTES EN LA LINEA DE INTERCONEXION Y DETRAS DE ELLOS. SU OPERACION RETARDADA DEPENDE DEL LUGAR DE LA FALLA.</p> <p>PARA LA LINEA 1 y 3, SEGUN LA FIG N°2.9 Y 2.12 FRENTE A FALLAS TRIFASICAS O BIFASICAS EL RELE 21 OPERARA CERRANDO EL CONTACTO 21-1 A TRAVES DE UN DISPARO DIRECTO. PARALELAMENTE A ELLO MEDIANTE EL DISPARO DE LA ONDA PORTADORA EL OTRO EXTREMO SENSARA LA FALLA ACTUANDO INMEDIATAMENTE SOBRE EL DISYUNTOR RESPECTIVO HACIENDO CASO OMISO AL TIEMPO CORRESPONDIENTE DE LA SEGUNDO ZONA.</p> <p>EN LA LINEA N°2, SEGUN LA FIG: 2.10 y 2.13 EL BLOQUEO FRENTE A FALLAS EXTERNAS ES DE LA SIGUIENTE FORMA: FRENTE A FALLAS EXTERNAS EL RELE QUE OBSERVA LA FALLA DE TRAS DE ELLA ENVIA UNA SENAL BLOQUEANDO EL DISPARO DEL CONTACTO 21-2.</p>



TEXTO : 1: 86-BB
 2: 87-BB
 3: 87-BC
 4: 86-BC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

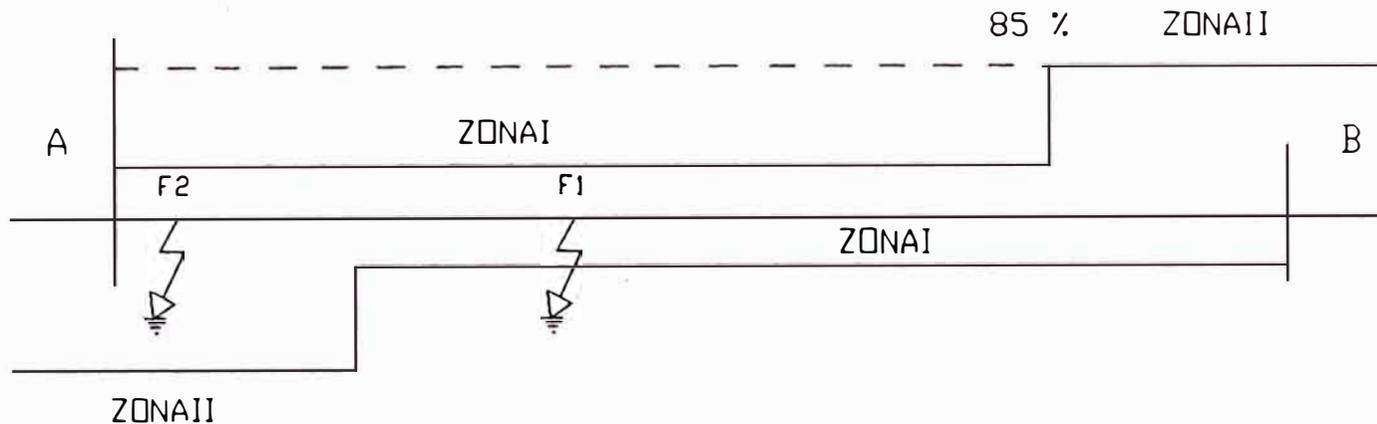
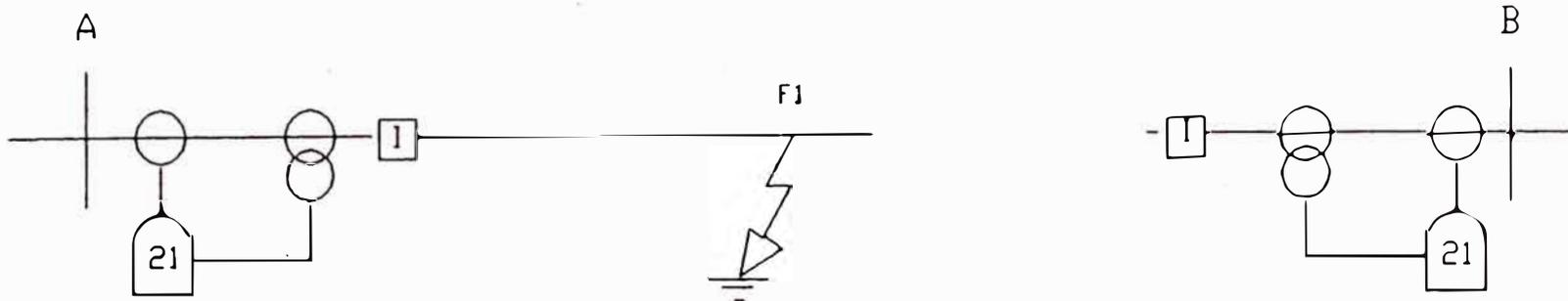
ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
 DE LA C. H DEL CANON DEL PATO

DIAGRAMA UNIFILAR DE LA PROTECCION DIFERENCIAL DE BARRAS

RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS

FIG : 2.8



FALLA EN F1: ACTUACION DEL RELE DE DISTANCIA FRENTE A FALLAS INTERNAS (F.I).
 LOS RELES EN A y B MIDEN LA FALLA EN PRIMERA ZONA Y ACTUAN INSTANTANEAMENTE.

FALLA EN F2:
 FRENTE A ESTE TIPO DE FALLAS INTERNAS EL RELE EN "A" OBSERVA A LA FALLA EN PRIMERA ZONA Y ACTUARA. EL RELE EN " B " LA OBSERVA EN SEGUNDA ZONA PERO NO ESPERARA A ACTUAR YA QUE EL RELE "A" ENVIARA LA ORDEN DE ACELERAR EL DISPARO DEL RELE "B". MEDIANTE LA ONDA PORTADORA (TELE-PROTECCION)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION DE LA C.H DEL CANON DEL PATO
 OPERACION DEL RELE DE DISTANCIA FRENTE A FALLAS INTERNAS : LINEA A-131 y A-133

RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS

FIG : 2.9

CUADRO 2.3-2

TIPO DE PROTECCION	FUNCION DEL RELE
<p>* PROTECCION DE RESPALDO O RESERVA (LT) (67N)</p>	<p>ESTE RELE ACTUA COMO RESPALDO A LA PROTECCION DE DISTANCIA EN CASO DE QUE ESTA PUEDA NO DETECTAR LA FALLA. FUNDAMENTALMENTE ES UTILIZADA COMO PROTECCION DE RESPALDO PARA FALLA MONOFASICAS A TIERRA DE ALTA IMPEDANCIA, PARA LOS CUALES EL RELE DE DISTANCIA PUEDE NO OPERAR. LO ANTERIOR SE CUMPLE PARA LA TERNA 1 Y 3, SIN EMBARGO PARA EL 67N ACTUARA COMO RELE INSTANTANEO EN LA TERNA 02 (A-132), YA QUE EL RELE DE DISTANCIA PARA ESTA TERNA NO POSEE UNIDAD CONTRA FALLA A TIERRA. EN LA FIG N° 2.15 SE MUESTRA LA OPERACION DEL RELE PARA LA LINEA A-132.</p>
<p>* PROTECCION DIRECCIONAL DE POTENCIA (TIPO PM 2GM 0/90) (LT) (32)</p>	<p>EL OBJETIVO DE ESTA PROTECCION ES RECONOCER EN QUE DIRECCION SE ENCUENTRA UN DEFECTO. ESTA PROTECCION ES UNO DE LOS ELEMENTOS DE UNA PROTECCION COMPUESTA, LOS RELES DE POTENCIA MEDIRAN POTENCIA MONOFASICA, TRIFASICA, ACTIVA, REACTIVA O COMPUESTA. SI LA ENERGIA CIRCULA EN UN SENTIDO DETERMINADO LOS RELES CERRARAN SUS CONTACTOS. EL RELE UTILIZADO EN EL ESTUDIO ES UN RELE DIRECCIONAL DE FALLA A TIERRA, QUE PUEDE SENSAR POTENCIA ACTIVA O REACTIVA, Y RESPONDER A FALLAS A TIERRA EN LA RED OPERANDO UNO U OTRO RELE AUXILIAR INSTANTANEO DEPENDIENDO DE LA DIRECCION DE LA FALLA, LOS RELES DIRECCIONALES SON VATIMETROS EN ESTE CASO. EN LA LINEA 1 Y 3 LA FUNCION DEL RELE DIRECCIONAL DE POTENCIA SERVIRA DE RESPALDO DEL 21 PARA FALLAS ENTRE FASES, ES ALTAMENTE SELECTIVO Y OPERA SOLAMENTE EN CASO DE FALLAS INTERNAS. LA FIG 2.11 MUESTRA SU OPERACION. EN LA LINEA N° 2 NO EXISTE ESTE RELE.</p>

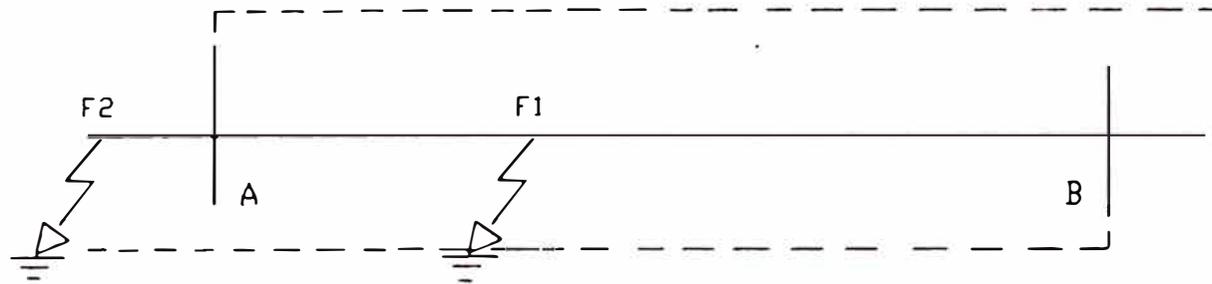


FIG:2.10 FALLA EN F2

BLOQUEO DEL RELE FRENTE A FALLAS EXTERNAS.
 EL RELE UBICADO EN 'B' OBSERVA LA FALLA,
 PERO COMO DICHA FALLA ESTA UBICADA DETRAS
 DEL RELE 'A', ESTE ULTIMO ENVIARA UNA SENAL
 DE BLOQUEO AL RELE 'B' PARA SU NO ACTUACION
 ESTE ES UN ESQUEMA DE COMPARACIONAL DIRECCIONAL
 CON SOBREALCANCE.

FALLA EN F1

LOS RELES EN A y B DETECTAN LA FALLA
 y OPERAN EN FORMA INSTANTANEA.

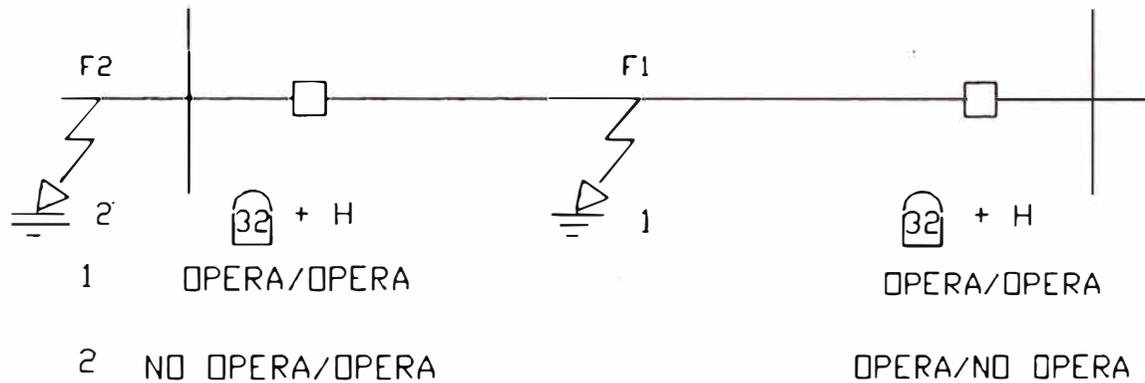


FIG:2.11

OPERACION DEL RELE DIRECCIONAL DE
 POTENCIA (32) FRENTE A FALLAS
 INTERNAS.

H : TRANSFERENCIA DE DISPARO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION DE LA C.H DEL CANON DEL PATO OPERACION DEL RELE 21 - LINEA A-132 (FIG:2.10) OPERACION DEL RELE 32: LINEA-A131 y A133 (F:2.11)	
RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA	TESIS
	FIG: 2-10.11

LOS ESQ. DE PROTECCION DE LAS LINEAS A-131 Y A133 DE HUALLANCA SON SIMILARES AL DE LA LINEA A-133 EN SECHIMI. EL ESQUEMA DE PROTECCION DE LAS LINEAS A-132 EN HUALLANCA Y SECHIMI SON SIMILARES

SECHIM A - 133

SECHIM A - 132

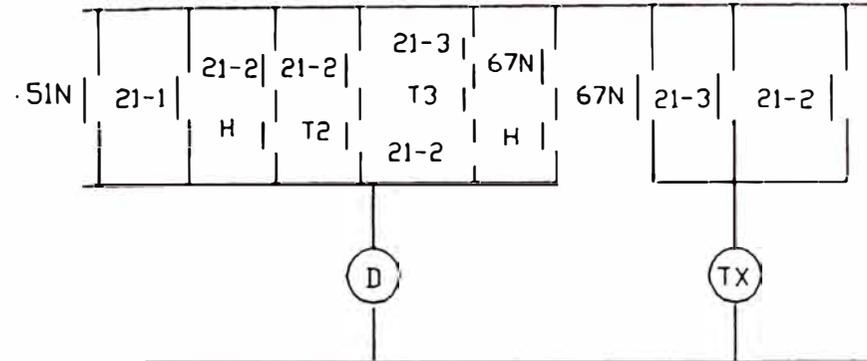
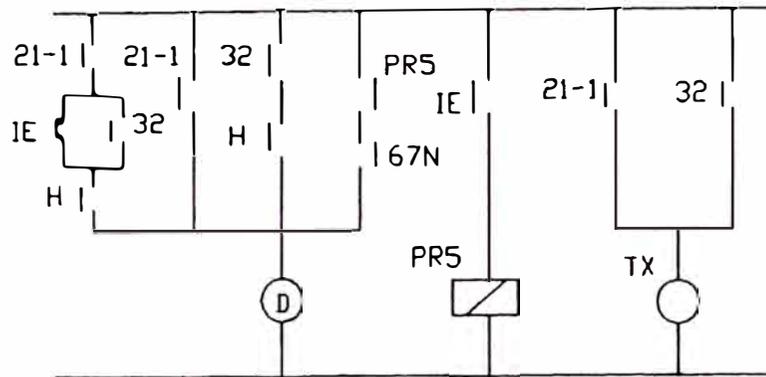


FIG:2-12 PR5 : CONTACTO TEMPORIZADO DEL 67N
IE : UNIDAD DE SOBRECORRIENTE A TIERRA

FIG:2-13 D : DISPARO DIRECTO DEL RELE DE DISTANCIA (21-1)
TX : BOBINA DE TRANSMISION POR ONDA PORTADORA
21-1-2-3 : ZONAS DE ACTUACION DEL RELE DE DISTANCIA

SECHIM A - 131

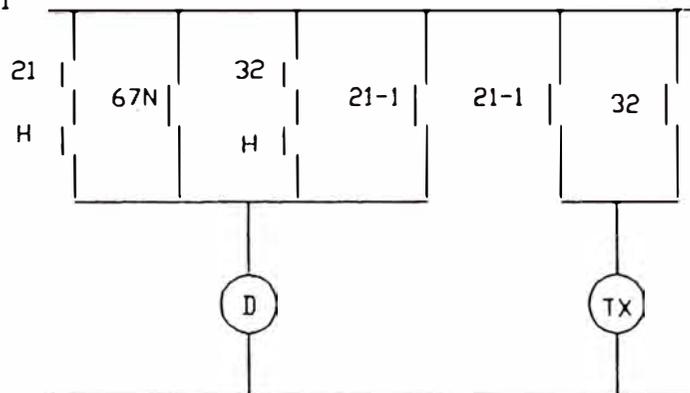


FIG:2-14 H : SENAL DE RECEPCION DE TRANSFERENCIA DE DISPARO (AUXILIAR DE LA ONDA PORTADORA).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA C.H. DEL CANON DEL PATO

ESQ. DE PROTECCION DE LAS LINEAS HIDRO-SECHIM

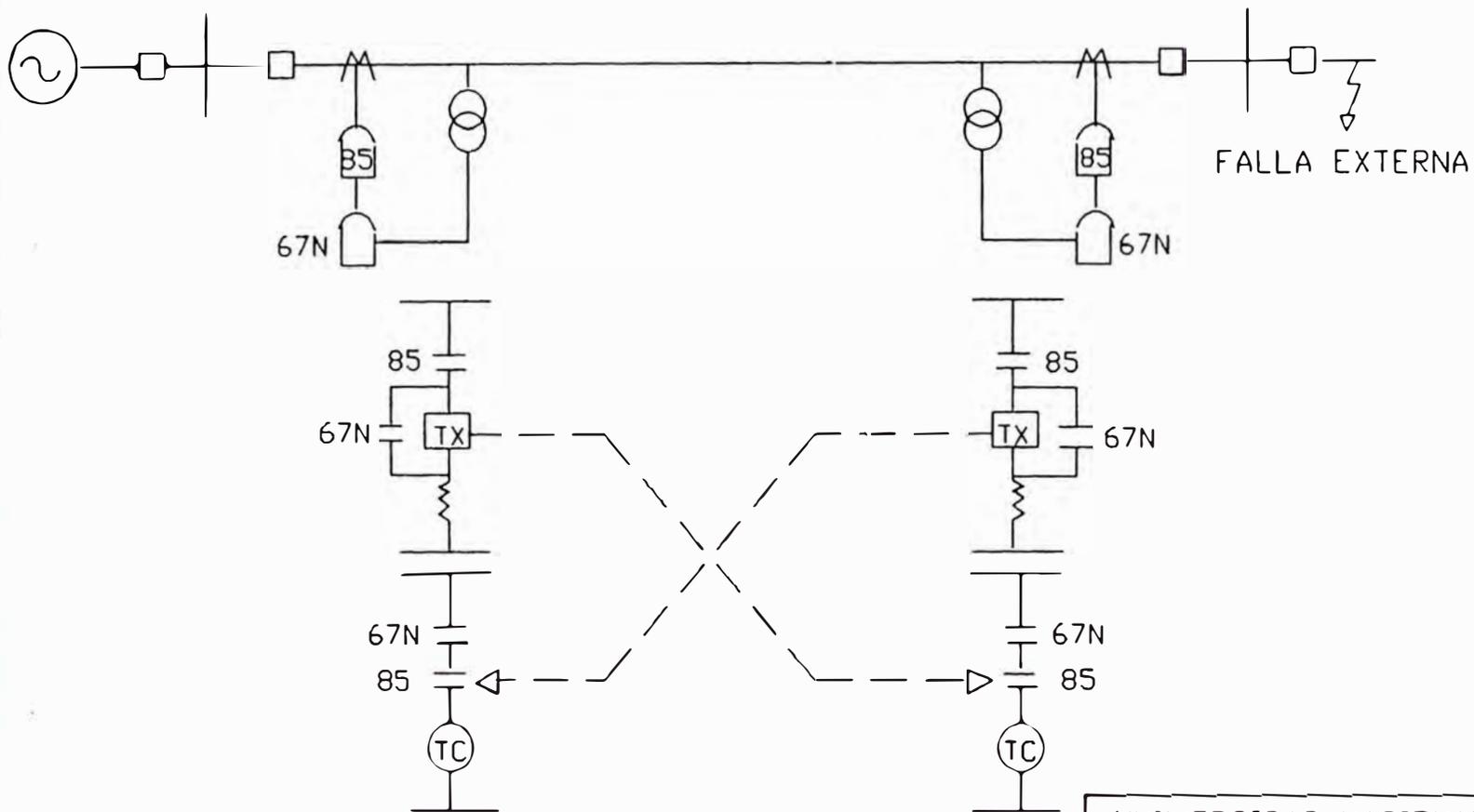
RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS

FIG : 2-12,13,14

HIDRO1138

SECHIM1138



- NOTA :
- TX - BOBINA DE TRANSMISION PARA ONDA PORTADORA
 - TC - TRIP COIL (BOBINA DE DISPARO)
 - 85 - RELE RECEPTOR DE ONDA PORTADORA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA C.H. DEL CANON DEL PATO

OPERACION DEL 67N L-132

RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA

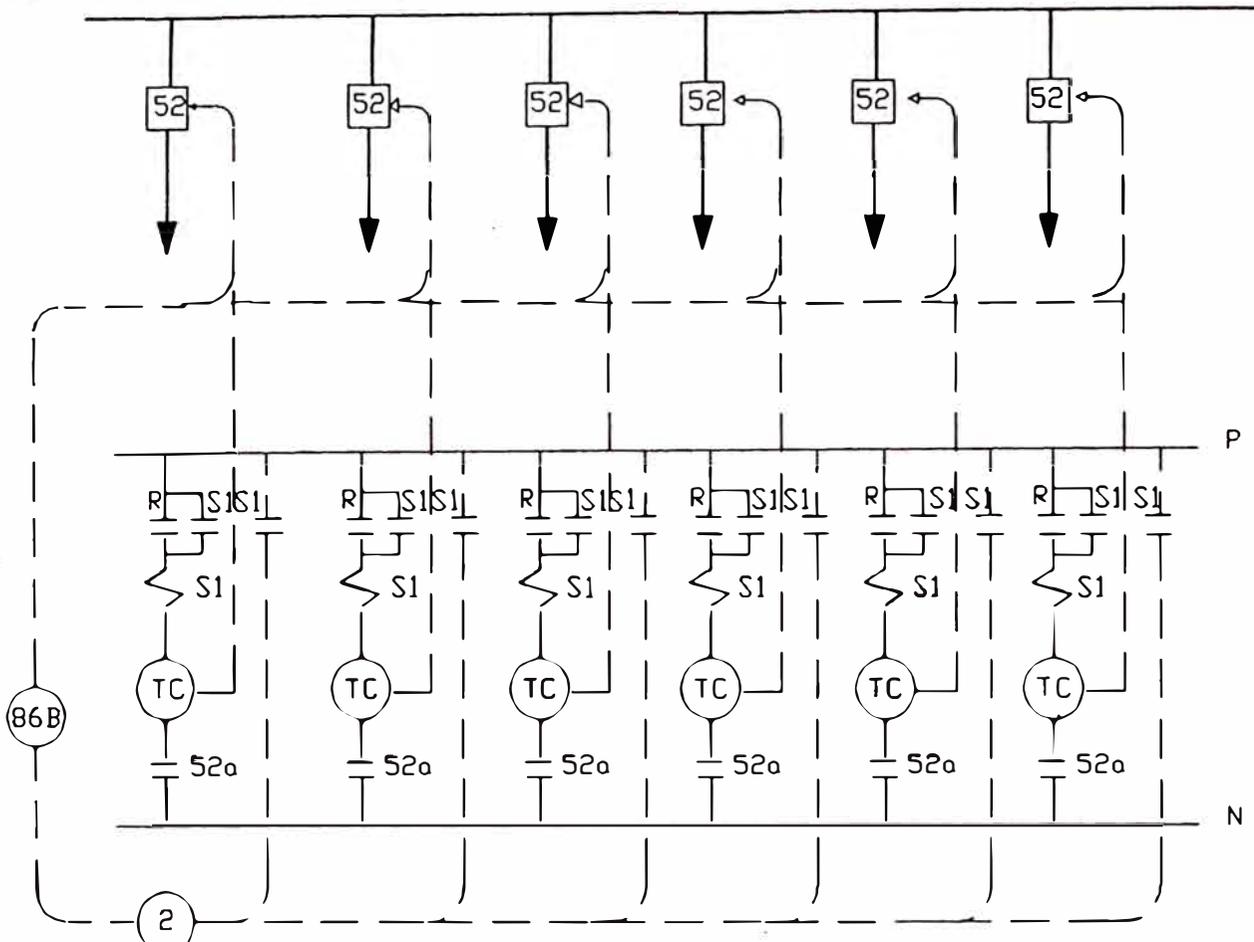
TESIS

FIG : 2.15

CUADRO N° 2.3-3

TIPOS DE PROTECCION	FUNCION DEL RELE
<p>* RECONEXION AUTOMATICA (LT) (79)</p>	<p>PRODUCIDA UNA FALLA TRANSITORIA Y DESCONECTADO EL DISYUNTOR EFECTUADA POR EL RELE DE DISTANCIA, LA FUNCION DEL RELE DE RECIERRE SERA RECONECTAR AL DISYUNTOR NUEVAMENTE POR UNA SOLA VEZ . ESTA ACCION TRAERA COMO BENEFICIO MANTENER EL SERVICIO Y LA ESTABILIDAD DEL SISTEMA Y EL SINCRONISMO DE LAS CENTRALES. LA FILOSOFIA DEL RECIERRE AUTOMATICO DE LOS INTERRUPTORES ANTE FALLAS TRANSITORIAS EN LA LINEA LO BRINDA LOS RELES DE RECIERRE 79 QUE ACTUARAN SOLO ANTE FALLAS MONOFASICAS, ES DECIR ENVIARAN UNA ORDEN DE CIERRE DEL POLO ABIERTO DEL INTERRUPTOR POR UNA SOLA VEZ. CUANDO LA FALLA AFECTE MAS DE UNA FASE O LA FALLA MONOFASICA PERSISTA LUEGO DEL RECIERRE MONOPOLAR, EL RELE DE RECIERRE QUEDARA BLOQUEADO Y LA APERTURA DE LOS INTERRUPTORES SERA EN FORMA TRIFASICA Y DEFINITIVA. COMO SABEMOS EN SISTEMAS DE PROTECCION EL INTERRUPTOR ESTA RELACIONADO CON EL RELE Y EL RELE CON EL TIEMPO DE SOPORTE DE LAS MAQUINAS O ESTABILIDAD DE UN EQUIPO Y/O SISTEMA; SIN EMBARGO LAS TRES LINEAS HIDRO- SECHIM 1 NO TRABAJAN CON RECIERRE AUTOMATICO, ESTO NO SE DEBE A LA INCAPACIDAD DEL RELE DEL RECIERRE SI NO A LO OBSOLETO DE LOS INTERRUPTORES DE POTENCIA (DISYUNTORES) DEL PATIO DE LLAVES DE LA CENTRAL QUE NO PRESENTA LAS GARANTIAS NECESARIAS PARA UNA APERTURA-CIERRE-APERTURA EN CASO DE FALLAS TRANSITORIAS. ES POR ELLO QUE FRENTE A FALLAS TRANSITORIAS EL INTERRUPTOR ABRIRA EN FORMA DEFINITIVA Y LUEGO SE PROCEDERA A RECONECTARLO MANUALMENTE, PREVIA COORDINACION CON SECHIM 1.</p>
<p>PROTECCION POR FALLA DEL DISYUNTOR RELE DE SOBRECORRIENTE (50/1/2/3)</p>	<p>ESTE RELE SIRVE DE RESPALDO A LOS RELES PRINCIPALES DE LINEA. EN LA LINEA N° 2 EL RELE 50.1 EQUIVALE AL RELE 50 / 1/2/3.</p>
<p>PROTECCION POR FALLA DEL INTERRUPTOR RELE DE SOBRECORRIENTE (50/4)</p>	<p>ESTE RELE DE SOBRECORRIENTE CONFIRMA QUE EL INTERRUPTOR EN PROBLEMAS PARA OPERAR ESTA LLEVANDO CORRIENTE PERMITIENDO CON ELLO LA ACTUACION DEL RELE DE BLOQUEO O MULTIPLICADOR DE CONTACTOS (86) PARA PROCEDER A AISLAR LA BARRA. (VER FIG : 2.16)</p>
<p>RELE DE ONDA PORTADORA (85)</p>	<p>RELE DE RECEPCION DE SERAL VIA ONDA PORTADORA DE DISPARO TRANSFERIDO REALIMENTADO POR EL RELE PT_{rw} (CONTADOR TEMPORIZADO POR EL TIEMPO DE BLOQUEO GOBERNADO POR CD (CONTACTO AUXILIAR DE DISPARO DEL RELE DE DISTANCIA) Y POR EL CONTACTOR DE DISPARO AF).</p>

BARRA



RELE DE RETARDO : 0.25'

NOTA :

SI LA BOBINA DE DISPARO T.C DE UN INTERRUPTOR DE CIRCUITO 52 ES ENERGIZADO POR UN RELE DE PROTECCION 'R' Y NO SE HABRE LUEGO DE UN RETARDO DE 0.25' (2), EL RELE DE BLOQUEO 86B DEL DIFERENCIAL DE BARRAS SERA ENERGIZADO Y POR LO TANTO ABRIRA TODOS LOS CIRCUITOS.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA C. H DEL CANON DEL PATO
PROTECCION POR FALLA DE INTERRUPTOR

RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS

FIG : 2.16

CAPITULO III ANALISIS Y SIMULACION DE FALLAS DEL SISTEMA ELECTRICO

3.1 Fundamento teórico

3.1.1 Efectos

Sabemos que las máquinas eléctricas así como cualquier aparato eléctrico esta dimensionado para soportar valores determinados de corriente y voltajes denominados nominales.

Cuando la corriente en los conductores sobrepasa el valor nominal antes aludido provoca efectos térmicos o electrodinámicos, esto es, si la corriente adquiere un rango entre los 10 y 40% por encima de la nominal o si dicha corriente es 5 a 15 veces mayor que su nominal respectivamente.

Los efectos térmicos dependiendo del tiempo dañan el aislamiento del conductor, así también, los esfuerzos electrodinámicos provocan deformaciones de barras y de conexiones, perforación de aislantes e incluso averías considerables sobre los arrollamientos de las bobinas de reactancia, transformadores cuando estos no tienen rigidez mecánica suficiente.

La presencia de un cortocircuito sobre una red provoca además de sobre intensidades, caidas de tensión y desequilibrios en las tensiones y corrientes de las tres fases,

donde estas caídas de tensión pueden originar desenganche de las máquinas síncronas o asíncronas y poner en peligro la estabilidad de las redes.

De la fig. N° 3.1 observamos que la corriente de cortocircuito posee tres etapas bien definidas, el período subtransitorio, el transitorio, y el permanente.

Durante el período transitorio se producen como hemos visto intensos esfuerzos electrodinámicos en los elementos sometidos al cortocircuitos, que pueden provocar su destrucción, debido al tiempo de desconexión propio de los interruptores y relés de protección, estos desconectan la parte del circuito afectada por el cortocircuito durante el período transitorio, es por ello que las máquinas y aparatos eléctricos deben proyectarse para soportar la corriente de cortocircuito denominada de choque durante el tiempo que dura el período subtransitorio.

El período transitorio así como el permanente provocan por lo general un intenso calentamiento en las máquinas y aparatos sometidos al cortocircuito, ellos también deben proyectarse para soportar el calentamiento producido por la corriente transitoria hasta que los aparatos de protección hayan realizado su función.

3.1.2 Definición

Debido a las características inductivas de una red, cuando ocurre una determinada falla aparecerá una corriente " I ", cuyo valor depende de la reactancia de dispersión (X_i) del generador,

o sea, $I = E / X_i$ donde:

E es la fuerza electromotriz.

Sin embargo su forma será distinta según sea el valor de la fuerza electromotriz alterna al momento de ocurrir el cortocircuito, pero como no se puede conocer el momento en que se producirá un cortocircuito entonces analizamos y graficamos la corriente de cortocircuito "I_{cc}" para los valores extremos de la fuerza electromotriz alterna, o sea, para $E = 0$ y $E = E_{\text{máx}}$.

Cuando la fuerza electromotriz pasa por su valor máximo, la corriente de cortocircuito producido es simétrica. El valor inicial o máximo de esta corriente de cortocircuito de choque (I_{ch}) está en función prácticamente de la reactancia de dispersión y su valor es $I_{ch} = 2I_{cc}$.

Su valor eficaz inicial de la I_{ch} es I_{cc} y toma el valor siguiente $I_{cc} = E / X_i$.

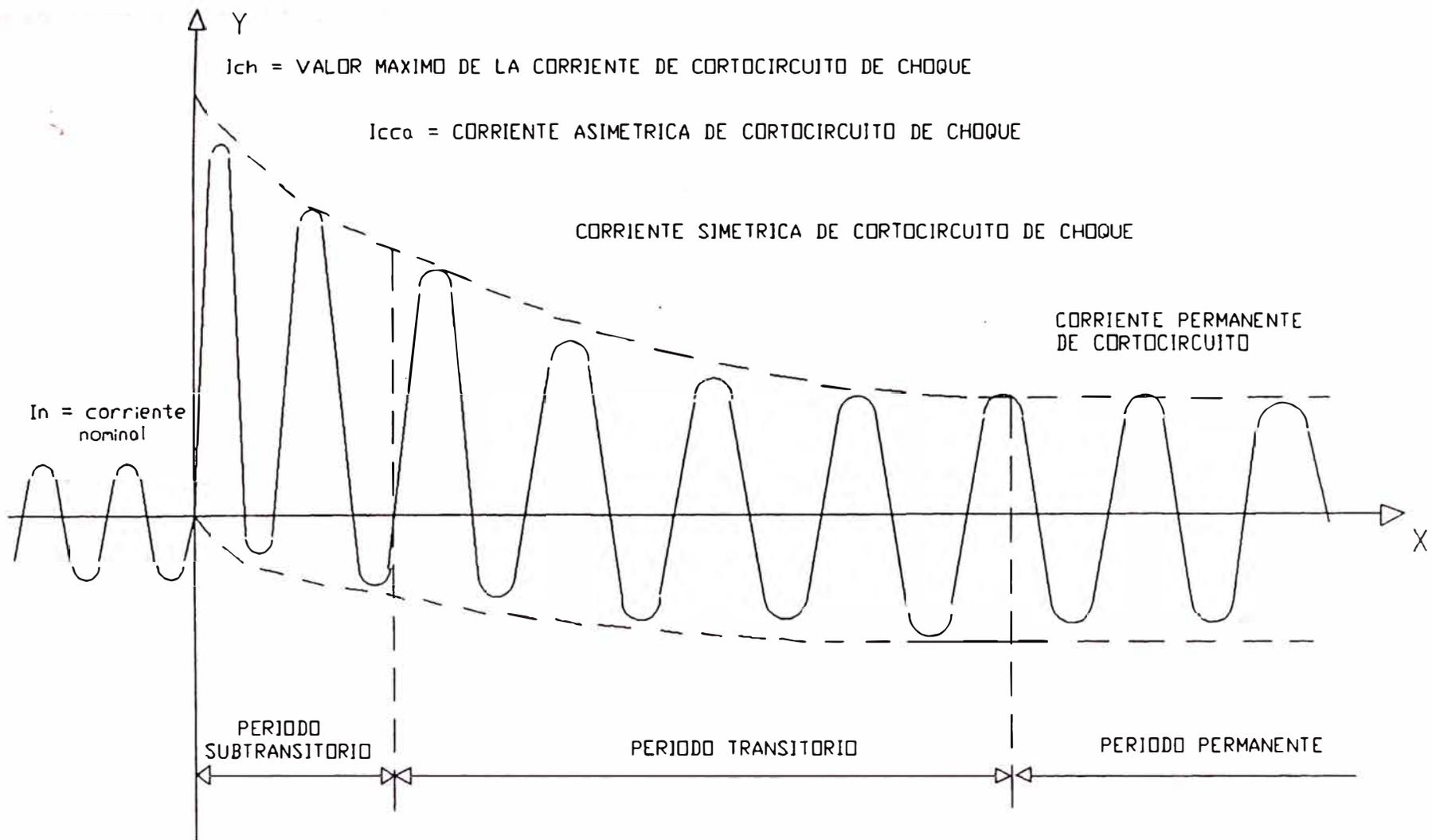
Si la fuerza electromotriz pasa por su valor nulo la corriente de cortocircuito producido no es simétrico (fig n° 3.1).

Debido a que aparece una corriente continua adicional el nuevo valor de la corriente máxima de cortocircuito de choque será:

$$I_{ch} = \sqrt{2} I_{cc} + \sqrt{2} I_{cc}$$

Si tomamos en cuenta el amortiguamiento del circuito, su valor práctico será:

$$I_{ch} = 1,8 \sqrt{2} I_{cc}.$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA C.H DEL CANON DEL PATO
GRAFICO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO CUANDO
 f_{zo} ELECTROMOTRIZ = 0.0 (CASO MAS DESFAVORABLE)

RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS

FIG ; 31

3.1.3 Causas

Existen muchas causas. entre ellas

a) De origen eléctrico:

Por ejemplo, la incapacidad de un aislante para soportar un nivel de sobre tensión determinado.

b) De origen mecánico:

Por ejemplo, rotura de conductores o aisladores, caída de cuerpos extraños sobre una línea aérea, golpe de pico sobre un cable subterráneo, etc.

c) De origen atmosférico:

Por ejemplo, un rayo que alcance los conductores de una línea o la tempestad, o el hielo que logran aproximar conductores, etc.

3.2 Estadística de fallas

Las estadísticas de falla es uno de los medios que contribuyen a la mejora de un sistema de protección basado en el resultado de años de experiencia, y es por ello que resulta necesario realizar un reporte lo más preciso posible de las perturbaciones en un sistema, a fin de obtener un mejor diseño y construcción de un sistema de potencia.

Existen indicadores de perturbación que reflejan el comportamiento del sistema eléctrico; a través de ellas podemos operar y diseñar nuevos componentes del sistema; así también los índices de perturbación serán nuestra referencia frente a otras empresas del país o del extranjero.

En primer lugar consideramos las perturbaciones ocurridas durante la operación del sistema interconectado MULTIREGIONAL - NORTE, con el fin de tener una idea global de la contribución de cada una de las Centrales Eléctricas y líneas de transmisión.

Para obtener estos índices, las perturbaciones en el sistema eléctrico en estudio, se ha agrupado en niveles de generación y transmisión.

En el cuadro "3.A" se presenta las perturbaciones ocurridas en la operación del sistema en el año 1991-1992-1993.

Podemos ver por ejemplo que en el transcurso del año 1993 ocurrieron 355 fallas distribuidas de acuerdo al cuadro 3.B, y la tabla B.1.

3.2.1 Generación

Tomando como referencia el año 1993, en la etapa de generación ocurrieron 57 perturbaciones que representa el 16% del total de las fallas; este porcentaje se debe a causas propias del equipo.

3.2.1.1 C.H Cañon del Pato

En esta central ocurrieron 18 perturbaciones (31.6%) distribuidos de la forma como se muestra en el cuadro 3.C y la tabla C.1.

3.2.1.2 C.H Carhuaquero

En esta central ocurrieron 13 perturbaciones (22.8%)

3.2.1.3 C.Térmica

En esta central ocurrieron 26 perturbaciones (45.6%).

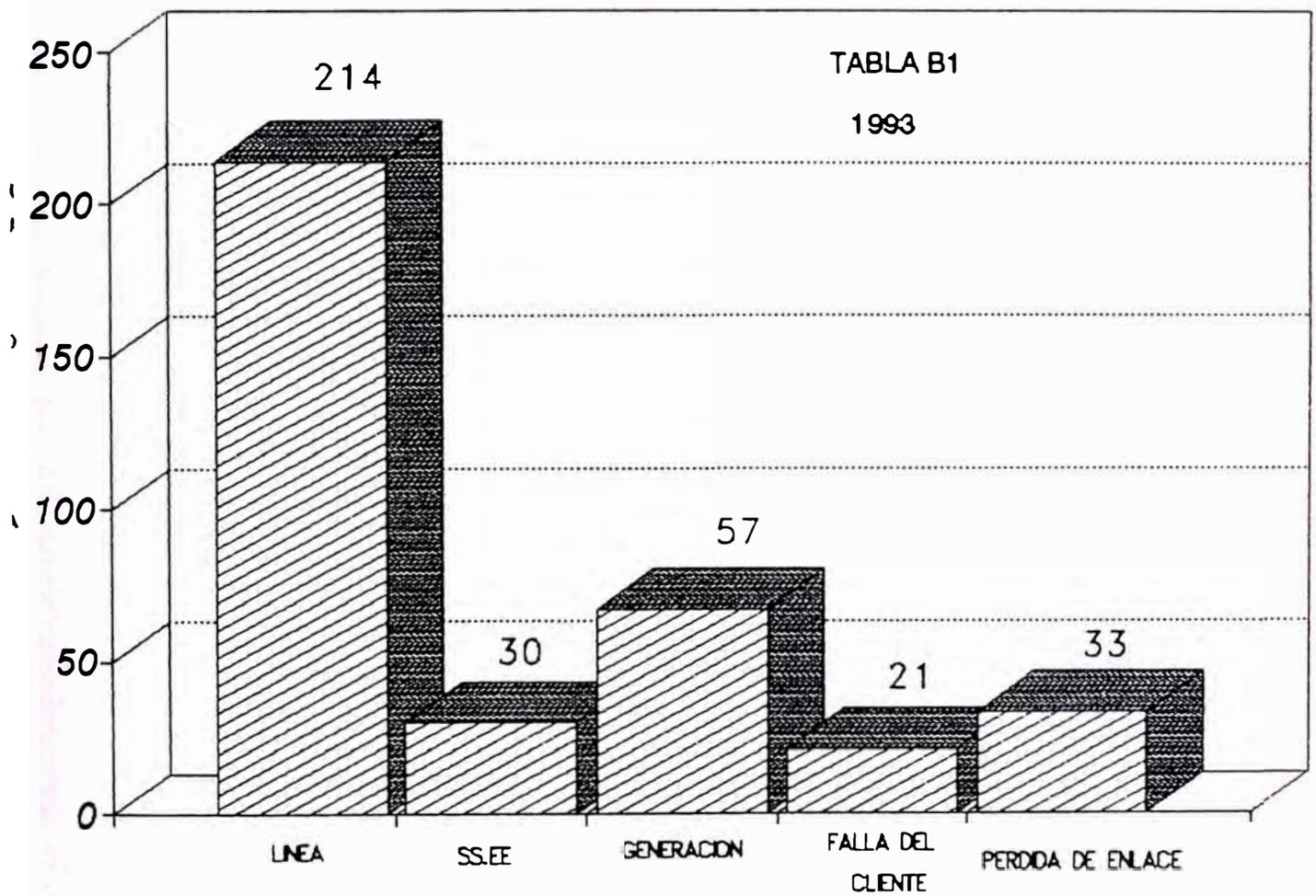
CUADRO 3A

ETAPAS	AÑO		
	1991	1992	1993
GENERACION	36	82	57
LINEA	142	205	214
SUBESTACIONES	28	21	30
FALLAS DE CLIENTES	05		21
PERDIDAS DEL PARALELO DEL SECHIMI POR FALLAS EN EL SIC.	---	---	33
TOTAL	211	308	355

CUADRO 3B

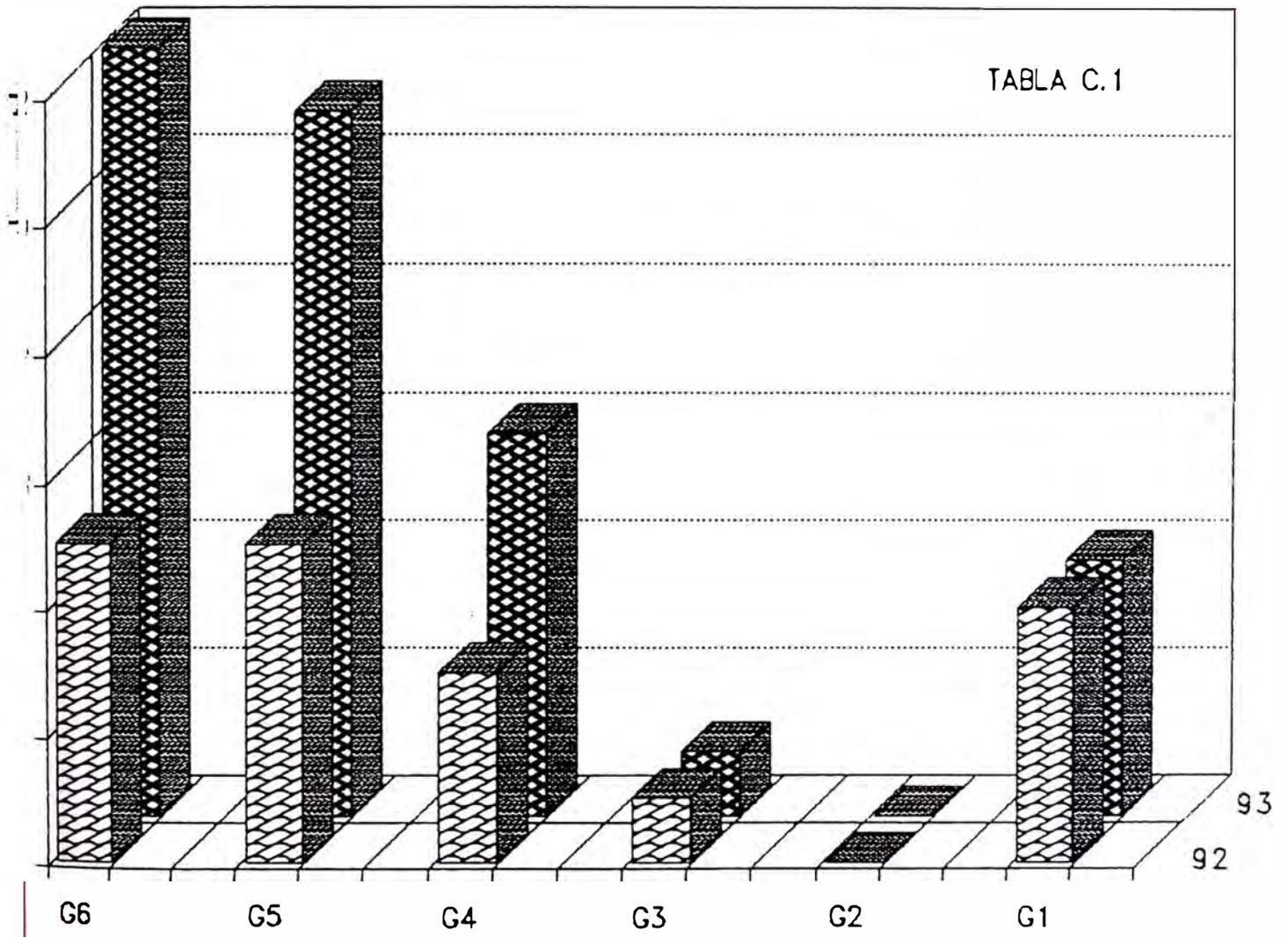
ETAPAS	AÑO		
	1991	1992	1993
GENERACION (TOTAL)	36	82	57
C.H DEL CANON DEL PATO	20	34	18
CARHUAQUERO	12	19	13
TERMICA	4	29	26
LINEA DE TRANSMISION(T)	142	205	214
NIVEL 220 KV	42	82	53
NIVEL 138 KV	100	123	136
NIVEL 60 KV	---	---	25
S.E (TOTAL)	28	21	30
NIVEL 220 KV	16	---	24
NIVEL 138 KV	4	---	2
NIVEL 60 KV	7	---	---
NIVEL 13.8 KV	1	---	3
NIVEL 10 KV	---	---	1
FALLAS EN CLIENTES (T)	5	---	21
ZONA DE CHIMBOTE	---	---	3
ZONA DE TRUJILLO	1	---	10
ZONA DE CHICLAYO	4	---	6
ZONA PIURA	---	---	2
FUERA DEL PARARELO (T)	---	---	33
TOTAL	211	308	355

TOTAL PERTURBACIONES SIM-NORTE



CENTRAL HIDROELECTRICA DEL CAÑÓN DEL PATO

TABLA C.1



Las influencias de las Centrales Eléctricas en las perturbaciones se muestran en la tabla C.2.

3.2.2 Línea de transmisión

Tomando como referencia el año 1993 en las Líneas de Transmisión ocurrieron 214 perturbaciones lo que significa el (60.3%) del total de las fallas. Observar cuadro "A" del SIM-N.

El porcentaje de fallas en las líneas de transmisión en el nivel de 220 kv es de 24.8 %; en el nivel de 138 kv es de 63.5 %; y en el nivel de 60 kv es de 11.7 %.

Las fallas de las líneas de transmisión se distribuyen en los siguientes factores: fallas transitorias, fallas del material, y sabotajes. Observar el cuadro 3D y la tabla D.

Dentro de las fallas ocurridas en las líneas de 138 kv hidro - Chimbote se puede observar las causas en el cuadro "3D-1" y la tabla " E ".

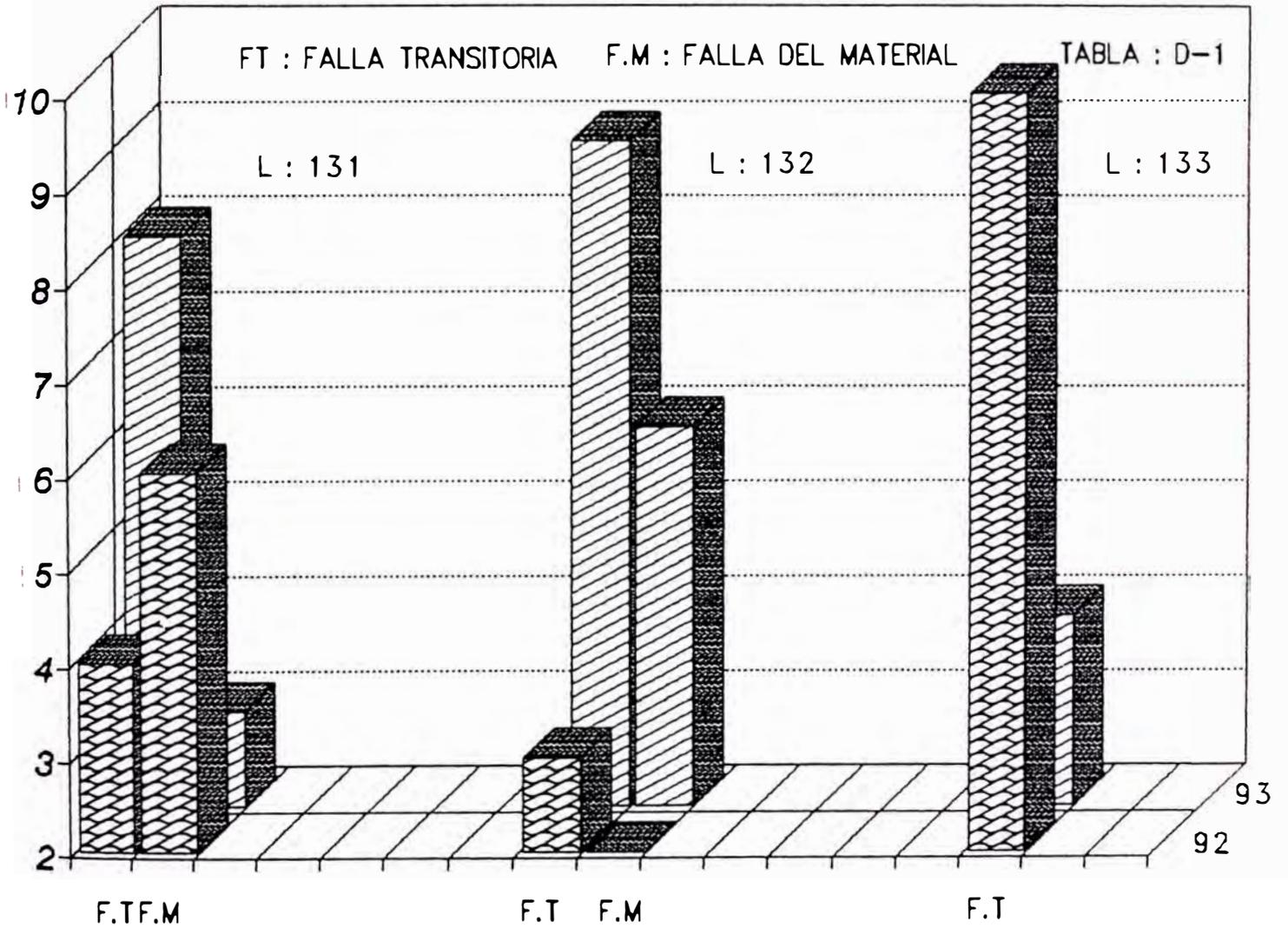
3.3 Simulación de fallas

Los estudios de cortocircuitos en un sistema eléctrico nos permite, además de calcular los esfuerzos dinámicos y térmicos en las instalaciones seleccionar y coordinar la protección.

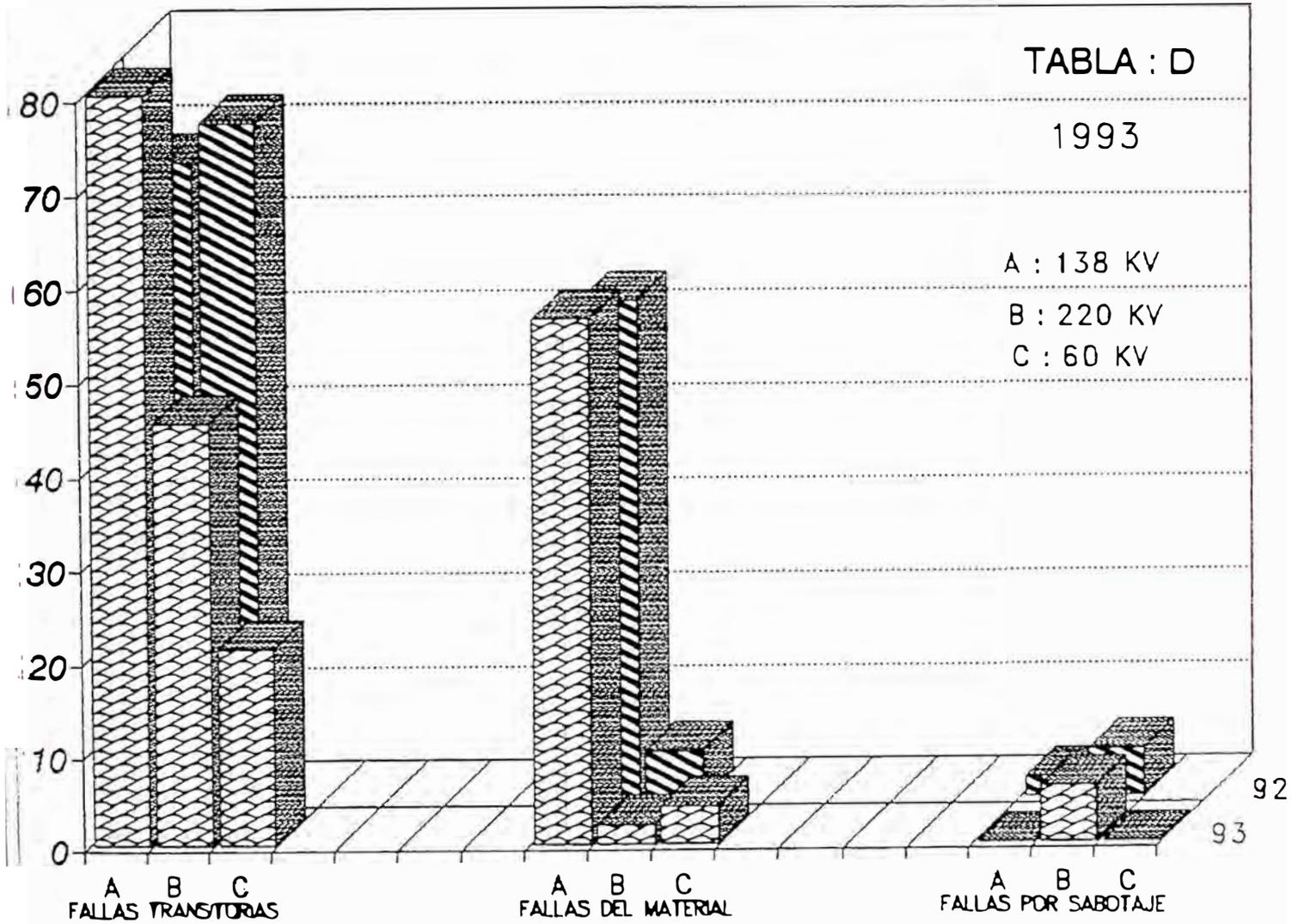
Para cumplir con nuestro objetivo que es la de coordinar la protección realizamos los siguientes casos de cortocircuitos:

- Máxima demanda : trifásica y monofásica a tierra
- Mínima demanda : Bifásica y monofásica a tierra

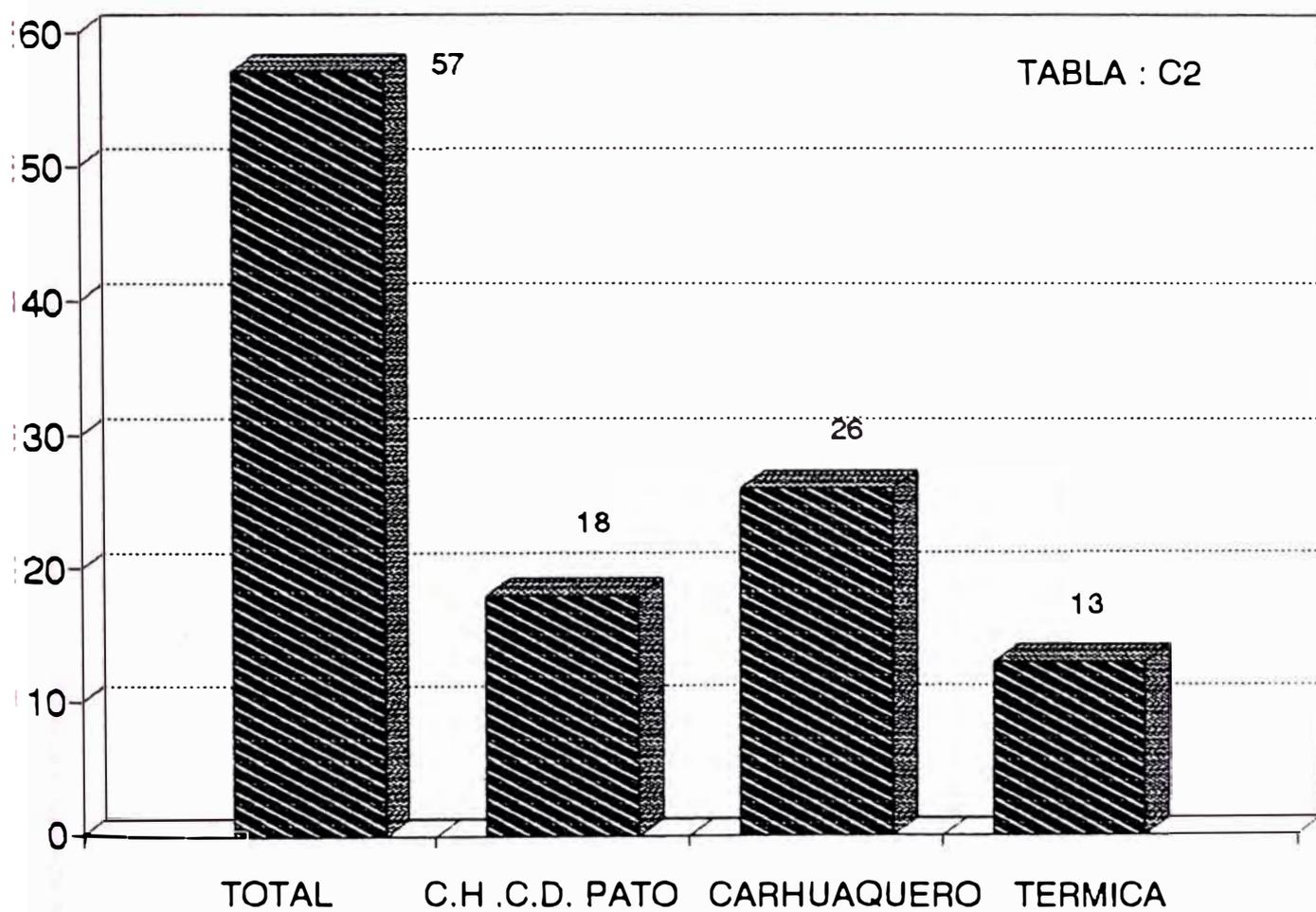
CAUSAS DE LAS PERTURBACIONES EN HIDRO – CHIMBOTE 138 KV



PERTURBACIONES EN EL SIM – NORTE ; LINEAS DE TRANSMISION



PERTURBACION EN GENERACION: AÑO-1993



La simulación de fallas lo realizaremos a través del programa CF (cálculo de fallas - ver anexo), poderosa herramienta de análisis de fallas en sistemas eléctricos trifásicos.

La falla trifásica en máxima demanda provoca el caso más desfavorable de fallas al sistema, a través de ellas comprobaremos la capacidad de ruptura de los equipos de maniobra, su poder de actuación de los equipos de protección existentes, así como el diseño de los elementos a proteger.

Las fallas sin embargo más frecuentes y severas son las fallas de línea a tierra, que se produce en los bobinados de estatores, máquinas estacionarias con neutro sólidamente conectado a tierra, etc. Dependiendo de la configuración del sistema estas corrientes incluso toman valores por encima de la corriente de cortocircuito trifásico, sin embargo generalmente está por debajo de ella.

En mínima demanda las fallas monofásicas a tierra y bifásicas nos darán la menor corriente de cortocircuito que servirá para comprobar si los ajustes de los relés obtenidos para máximos niveles de fallas, también satisfacen con mínimas corrientes de fallas.

Apróximadamente, la ubicación de las fallas en el sistema eléctrico es como sigue:

ELEMENTO	PORCENTAJE DE FALLAS EN EL SISTEMA
LINEA DE TRANSMISION	70%
SUBESTACION	10%
GENERADORES	20%

Según el tipo de fallas en un sistema eléctrico se tiene el siguiente cuadro :

FALLAS	TENSION	
	< 230 KV	> 230 KV
MONOFASICO	60 %	85 %
BIFASICO	30 %	10 %
TRIFASICO	10 %	5 %

CUADRO 3.D.2

Como sabemos la selección de un interruptor para un sistema de energía no depende solamente de la corriente que circule por el interruptor en las condiciones normales de funcionamiento, sino también de la máxima corriente que ha de soportar momentáneamente y de la corriente que tendrá que interrumpir a la tensión de la línea a la que esta operando.

Es por ello que los resultados obtenidos del cortocircuito en todo el sistema eléctrico en estudio mediante el programa del cálculo de fallas, lo determinamos con los valores de la reactancia subtransitoria y transitoria, que nos permitirá determinar las máximas corrientes instantáneas y las corrientes en el tiempo en que el interruptor abre, respectivamente.

De acuerdo al cuadro 3.D.2 observamos que la mayoría de las fallas en el sistema eléctrico son asimétricas. Estas fallas asimétricas pueden ser fallas de línea a tierra, falla línea a línea (entre dos o tres líneas), o falla de dos líneas a tierra.

Debido a que cualquier falla asimétrica origina corrientes desbalanceadas el método de las componentes simétricas resulta útil para determinar la corriente y tensión en todo el sistema, después de una falla.

El programa CF en una de sus consideraciones asume que las impedancias de la red de secuencia negativa son iguales a las impedancias de la red de secuencia positiva, si es que la opción de cálculo de la red de secuencia negativa no es usada.

Los datos de cada uno de los elementos del Sistema Eléctrico para el cálculo de la corriente de corto circuito se observa en el cuadro 3.F, 3.G y 3.H.

. En las líneas por lo general su impedancia está expresada en ohmios resultando sencillo obtener el tanto por uno.

En el trabajo no consideramos la resistencia ohmica, (salvo para el ajuste del relé direccional de sobrecorriente a tierra (67N)) ya que las corrientes de corto circuito que estudiamos son de alta tensión.

Los valores de reactancia se expresan en tanto por uno que es como se especifican en las placas de características de la máquina, valores que están dados tomando como referencia la potencia aparente nominal del elemento en consideración. Dividiendo en seis zonas al sistema eléctrico obtenemos los valores de la potencia aparente (N), tensión (V), corriente (I), e impedancia (Z) en su nueva base, ver cuadro 3.E.

	ZONAS					
	1	2	3	4	5	6
N (MVA)	100	100	100	100	100	100
U (KV)	220	13.8	138	13.8	13.8	66
I (A)	262.41	4183.7	418.37	4183.7	4183.7	874.77
Z (ohm)	484.00	1.9044	190.44	1.9044	1.9044	43.56

CUADRO 3.F

ELEMENTO	TENSION KV	POTENCIA MVA	REACTANCIA SUBTRANSITORIA	REACTANCIA TRANSITORIA	REACTANCIA HOMOPOLAR
GENERADOR					
PRIMERA ETAPA GRUPO N°1-2	13.8	27	23.25	26.42	10.81
SEGUNDA ETAPA GRUPO N°3-4	13.8	27	23.25	26.42	10.81
TERCERA ETAPA GRUPO N°5-6	13.8	27			
CHIM2A13 (C/U)	13.8				
CHIM2B13	13.8				
TRANSFORMADOR					
PRIMERA ETAPA HIDRO	13.8	30	8.2		Ydn1
SEGUNDA ETAPA HIDRO	13.8	30	8.2		Ydn1
TERCERA ETAPA HIDRO	13.8	30	8.2		Ydn1
PATIO DE LLAVES HIDRO	138/66/13.8	31/18/13	AM/AB/MB 7.6/8.7/2.6		YNyno-Ynd7
CHIM2A13-SCHIM2A138					
CHIM2B13-SCHIM2B138					
SCHIM1138					

CUADRO : 3.6

	PARAMETROS ELECTRICOS EN OHMS (LADO PRIMARIO)										
	LONGITUD (KM)	R+	X+	R0	X0	B+	B-	Z+	<Z+	Z0	<Z0
L103(131)	84.00	9.747	40.11	23.655	127.186	9.712	6.036	41.27	76.34	129.36	79.46
L104(132)	84.00	10.15	42	24.738	133.89	10.093	6.332	43.21	76.41	138.16	79.53
L105(133)	84.00	10.15	42	24.605	133.08	10.093	6.332	43.21	76.41	135.34	79.53
L111(E132)	13.82	1.676	6.89	11.7	31.72	1.523	1.1045	7.09	76.32	33.80	69.75
L106(C-131)	8.50	0.9522	4.38	2.5	13.67	1.1426	0.6475	4.48	77.73	13.89	79.64
L107(C-132)	8.50	0.9522	4.38	2.5	13.67	1.1426	0.6475	4.48	77.73	13.89	79.64
K 131	17.00	7.046	12.45	18.79	93.98	2.6666	1.9044	14.31	60.49	95.84	78.70
SANTA-SCH2A	10.00	14.98	26.49	39.99	200.0	5.7132	4.0945	30.43	60.52	203.95	78.70
B - 131A	85.00	14.98	26.49	39.99	200.0	5.7132	3.4280	30.43	60.52	203.95	78.70
B - 131B	35.00	4.189	9.8	14.6	39.5	2.095	1.3711	10.65	66.85	42.11	69.71
L 131	29.00	1.656	15.82	24.47	66.23	3.428	2.2666	15.90	84.00	29.14	57.11
L 132	22.00	5.370	12.47	18.6	50.276	2.660	1.7330	13.57	66.70	53.6	69.70
L 215	221.00	19.8	110.59	54.6	369.43	175.692	114.853	112.35	79.85	373.44	81.59
L 232	134.00	8.95	64.32	30.8	263.9	108.90	65.340	64.94	82.08	265.69	83.34

CUADRO : 3.H

LINEA	VALORES EN P.U					
	R1	X1	R0	X0	B+	B-
L103(131)	0.0533	0.2206	0.1292	0.6988	0.053	0.0332
L104(132)	0.0533	0.2206	0.1302	0.7047	0.053	0.0332
L105(133)	0.0513	0.2111	0.1245	0.6649	0.051	0.0317
L111(E132)	0.0088	0.0362	0.0615	0.1666	0.008	0.0058
L106(C-131)	0.005	0.0230	0.0132	0.0718	0.006	0.0034
L107(C-132)	0.005	0.0230	0.0132	0.0718	0.006	0.0034
K 131	0.037	0.0654	0.0987	0.4935	0.014	0.010
SANTA-SCH2A	0.0787	0.139	0.21	1.05	0.030	0.0215
B - 131A	0.0787	0.139	0.1155	0.5434	0.030	0.018
B - 131B	0.0220	0.0515	0.0767	0.2077	0.011	0.0072
L 131	0.0087	0.0831	0.1285	0.3478	0.018	0.0119
L 132	0.0282	0.0655	0.0977	0.2644	0.014	0.0091
L 215	0.041	0.2285	0.1129	0.7633	0.363	0.2373
L 232	0.0185	0.1329	0.0637	0.5454	0.225	0.1350

Como mencionamos líneas arriba, para hallar la corriente de cortocircuito de choque en máxima demanda tomamos la reactancia subtransitoria (X_d''), y para hallar la corriente mínima de cortocircuito tomaremos la reactancia transitoria (X_d'), estos valores muy variables estan dado por los diseñadores y dependen de la potencia nominal de los generadores ya sean generadores para sistemas hidráulicas o turbogeneradores, etc.

Con el objetivo de verificar los alcances de las zonas de los relés de distancia se ha realizado también el estudio de cortocircuito para fallas monofásicas y trifásicas en barras cercanas a la red comprendida en el presente estudio. Para el caso de las fallas monofásicas se han considerado resistencia de fallas de 0, 10, y 20 ohm; los resultados de estos valores se muestran conjuntamente con los gráficos de las características de operación de los relés de distancia. Así mismo para seleccionar en forma adecuada la corriente de arranque de la protección de sobrecorriente direccional de alta impedancia (67n), se ha calculado la corriente homopolar medida en cada punto de ubicación del relé considerando resistencia de falla iguales a 0, 10, y 50 ohm.

En el sistema eléctrico SETNOR22 y SEPANU22 son los equivalentes del sistema norte y sur, respectivamente; cuyas impedancias tanto de secuencia positiva y de secuencia cero se muestran en la siguiente tabla:

SECTORES	Z + (P.U)	Z o (P.U)
EQUIVALENTE SUR	0.1917 81.85	0.2120 86.28
EQUIVALENTE NORTE	0.4181 87.51	0.0386 89.25

3.4 Resultados

La tabla 3.I indican los valores de la corriente de cortocircuito obtenidos.

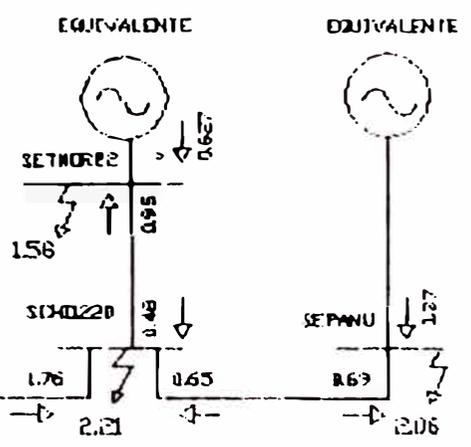
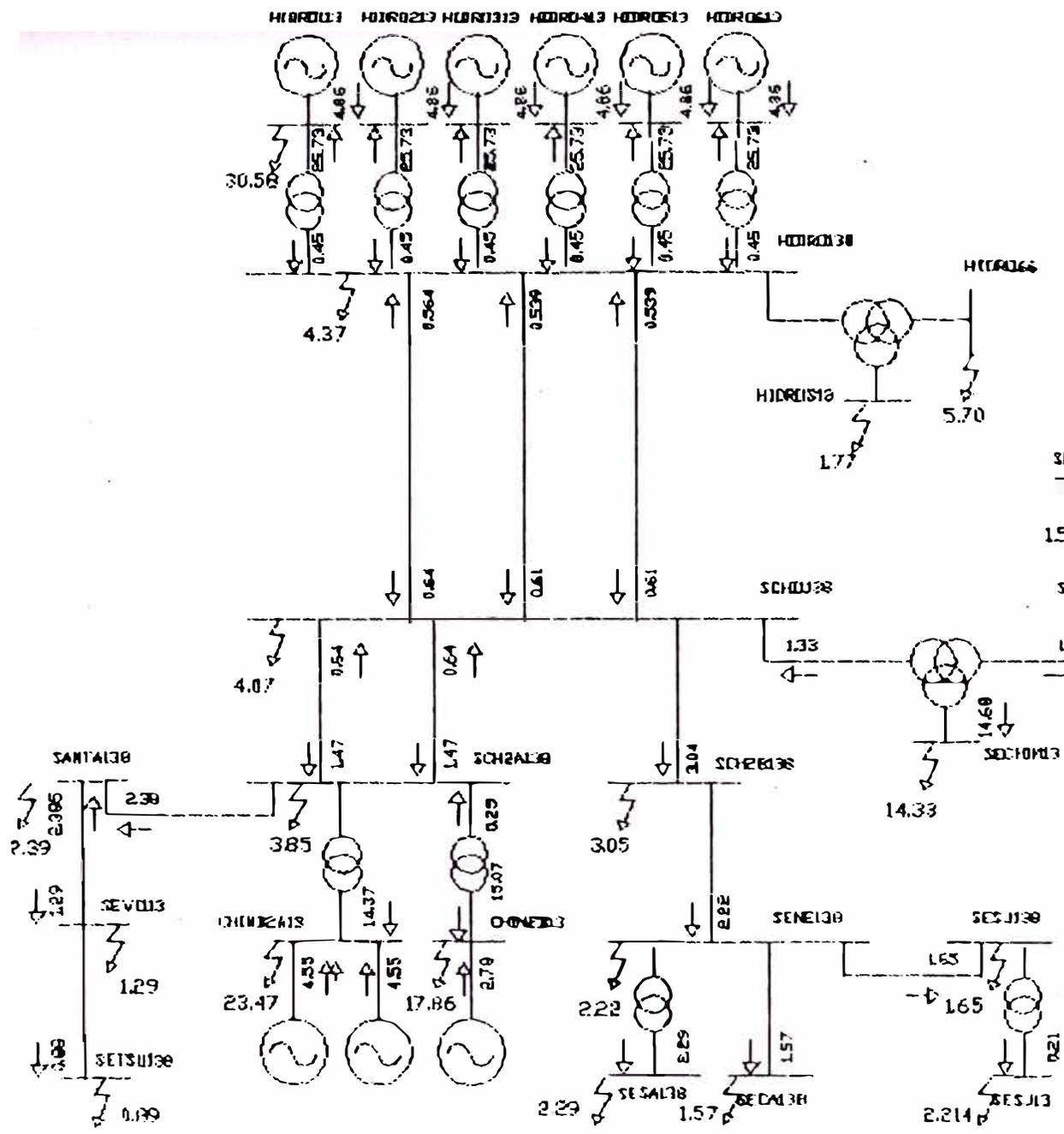
En las Fig: 3.2-3-4-5, muestran los valores de la corriente de cortocircuito obtenidos del programa de cálculo de fallas, para cada barra, así como las contribuciones hacia cada uno de ellos.

Solamente para el ajuste del relé direccional de sobrecorriente 67N, consideramos los valores de corriente de cortocircuito (Tabla : 3.J, 3K), hallados con resistencia de fallas de 0.00, 10.00, 50.00 ohm. Ver Fig: 3.7 , 3.8, y 3.9.

CUADRO 3. I

NIVEL DE CORTOCIRCUITO PARA BARRAS : 220 KV ; 138 KV ; 13.8 KV

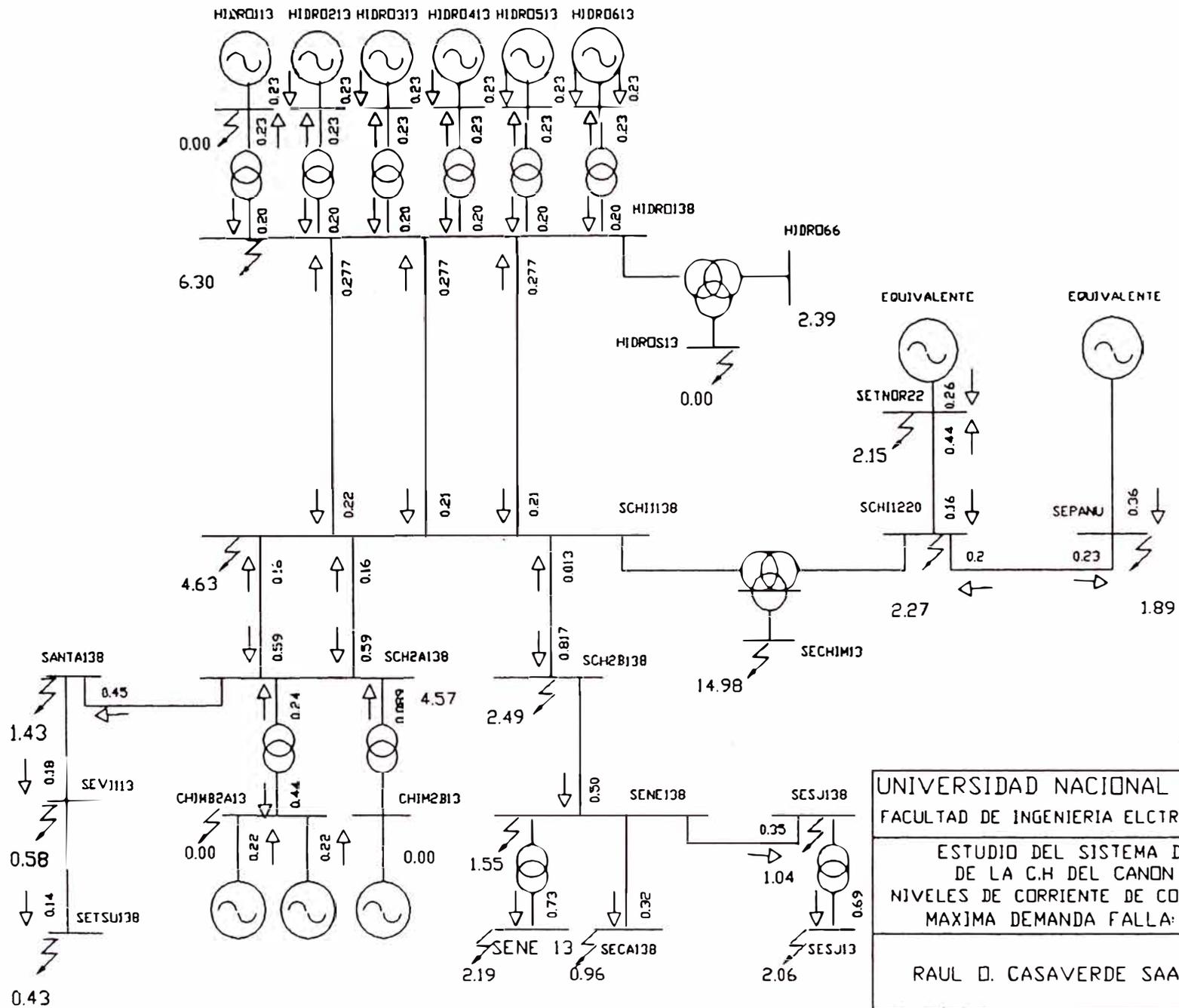
NOMBRE DE BARRA	KV	ZONA	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN MAXIMA DEMANDA (KA)		CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN MINIMA DEMANDA (KA)		
			FALLA TRIFASICA	FALLA MONOFASICA-T	FALLA BIFASICA	FALLA MONOFASICA-T	
HIDRO113	13.8	IV	30.5800	-----	16.537	-----	
HIDROS13	13.8		5.7022	-----	0.950	-----	
SCHI1138	138	III	4.0677	4.630	1.943	2.257	
SCH2B138	138		3.0427	2.490	1.650	1.617	
SCH2A138	138		3.8427	4.570	1.839	2.059	
SANTA138	138		2.385	1.432	1.394	1.063	
SEVI138	138		1.296	0.580	0.909	0.524	
SETSU138	138		0.889	0.425	0.673	0.398	
SENE138	138		2.220	1.547	1.353	1.176	
SESJ138	138		1.647	1.040	1.099	0.871	
SECA138	138		1.570	0.958	1.059	0.814	
HIDRO138	138		4.368	6.300	1.932	3.221	
CHIM2A13	13.8		U	23.470	-----	-----	-----
CHIM2B13	13.8			17.859	-----	-----	-----
SESA13	13.8			2.290	2.190	1.982	2.186
SESJ13	13.8	2.214		2.058	1.919	2.056	
SCHI1220	220	I	2.210	2.275	1.387	1.544	
SEPANU22	220		2.062	1.886	1.672	1.806	
SETNOR22	220		1.580	2.149	1.191	1.896	
SECHIM13	13	II	14.330	14.980	9.865	11.437	
HIDRO66	66	VI	1.765	2.390	1.328	2.113	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
 DE LA C.H. DEL CANON DEL PATO
 (MAXIMA DEMANDA - FALLA TRIFASICA)
 (KA)

RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA	TESIS
	L. 3.2

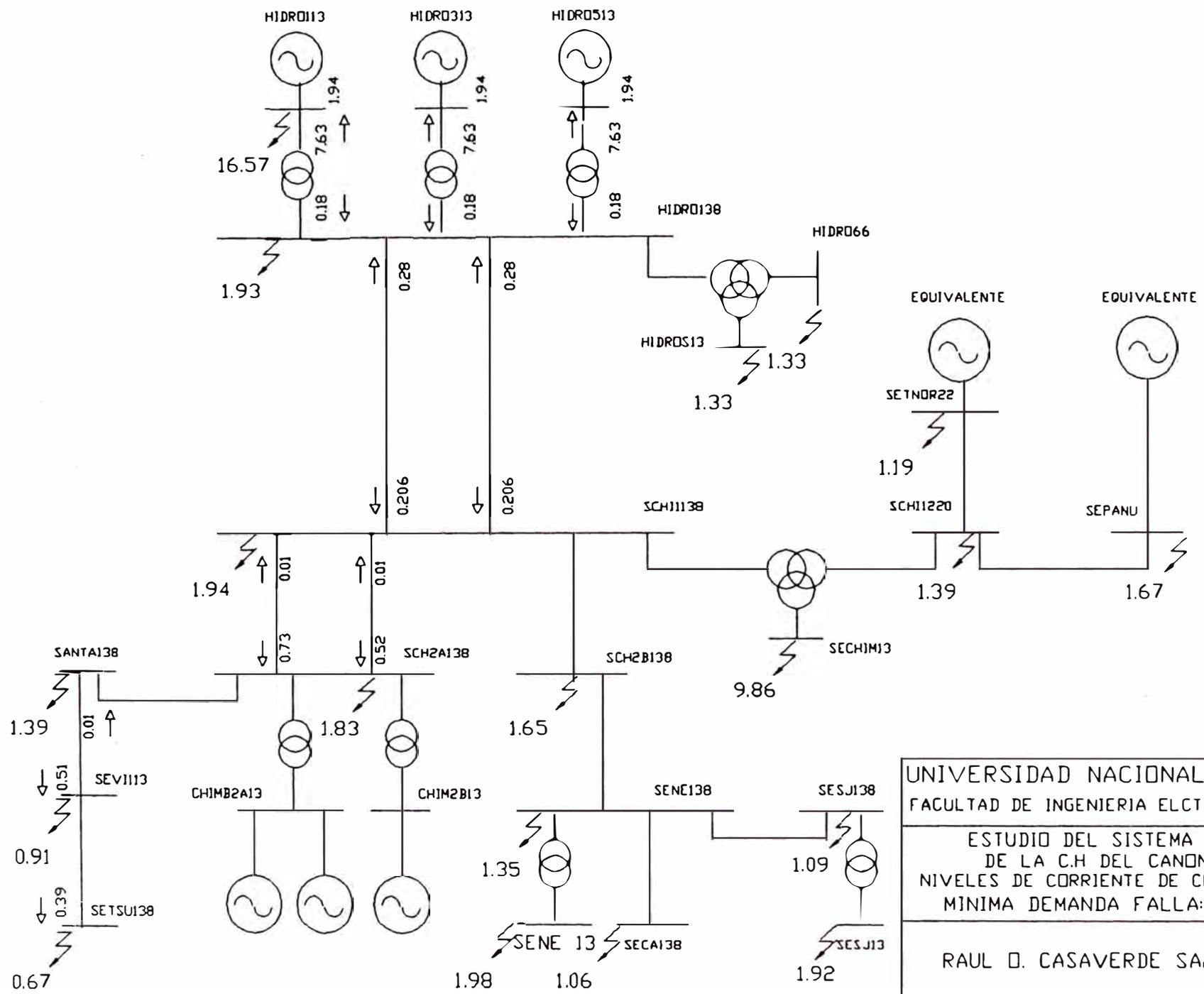


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELCTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
 DE LA C.H DEL CANON DEL PATO
 NIVELES DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (KA)
 MAXIMA DEMANDA FALLA: LINEA - TIERRA

RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS
 FIG: 33

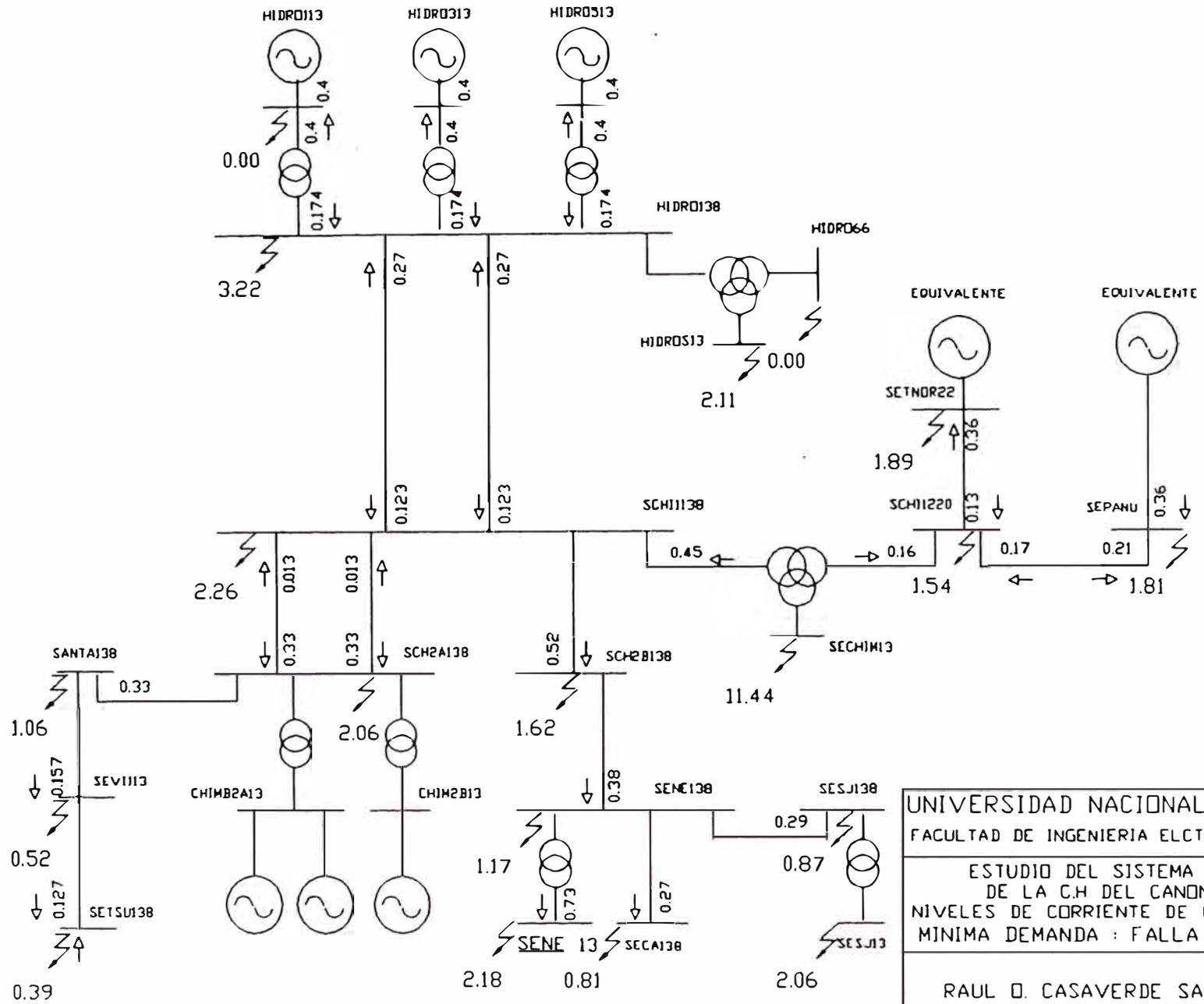


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELCTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
 DE LA C.H DEL CANON DEL PATO
 NIVELES DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (KA)
 MINIMA DEMANDA FALLA: LINEA - LINEA

RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS
 FIG : 3.4



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELCTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
 DE LA C.H DEL CANON DEL PATO
 NIVELES DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (KA)
 MINIMA DEMANDA : FALLA LINEA - TIERRA

RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA	TESIS FIG : 35
----------------------------	-------------------

TABLA 3.J

**CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MONOFASICO CON RESISTENCIA
DE FALLA EN LINEA HUALLANCA - CHIMBOTE 138 KV**

NOMBRE DE BARRA	3 (I ₀) AMP		
	RF = 0.0	RF = 10.00	RF = 50.00
DE HIDRO 138 A: HID1138	2154.00	2024.36	1251.60
HID2138	1628.00	1536.60	1014.63
HID3138	1396.30	1330.00	871.54
HID4138	1149.05	1096.84	732.23
HID5138	904.43	858.75	594.79
HID6138	764.24	727.00	494.89

TABLA 3.K

**CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MONOFASICO CON RESISTENCIA
DE FALLA EN LINEA CHIMBOTE - HUALLANCA 138 KV**

NOMBRE DE BARRA	3 (I ₀) AMP		
	RF = 0.0	RF = 10.00	RF = 50.00
DE SCHI1138 A: SEC1138	418.03	397.60	270.72
SEC2138	326.20	309.72	214.50
SEC3138	269.35	257.10	171.66
SEC4138	211.20	201.50	131.80
SEC5138	147.40	139.15	92.00
SEC6138	90.40	142.10	52.50

DE FALLA EN LA LINEA A HUALLANCA - CHIMBOTE

$3I_o(A)$

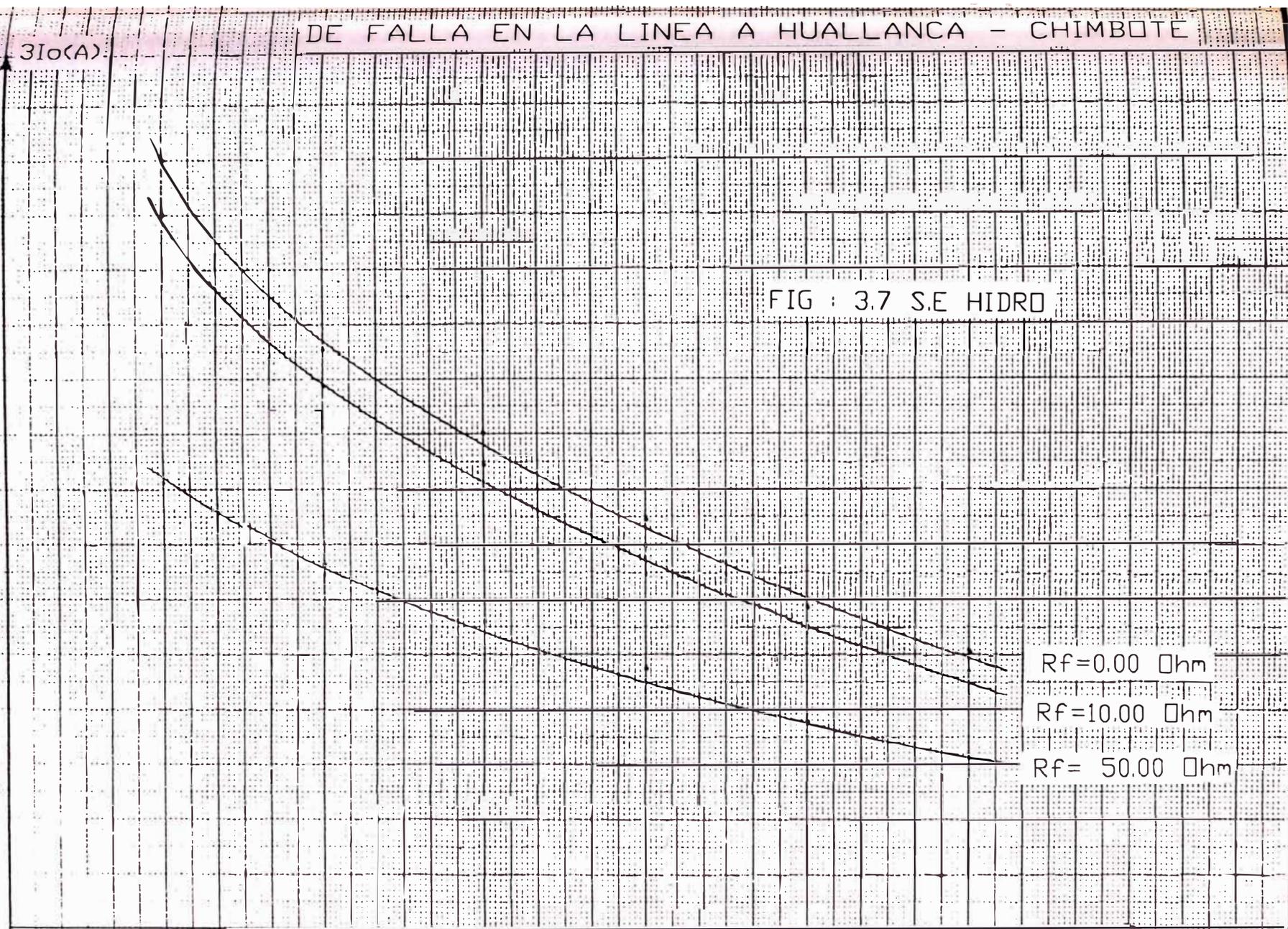
2000

1000

FIG : 3.7 S.E HIDRO

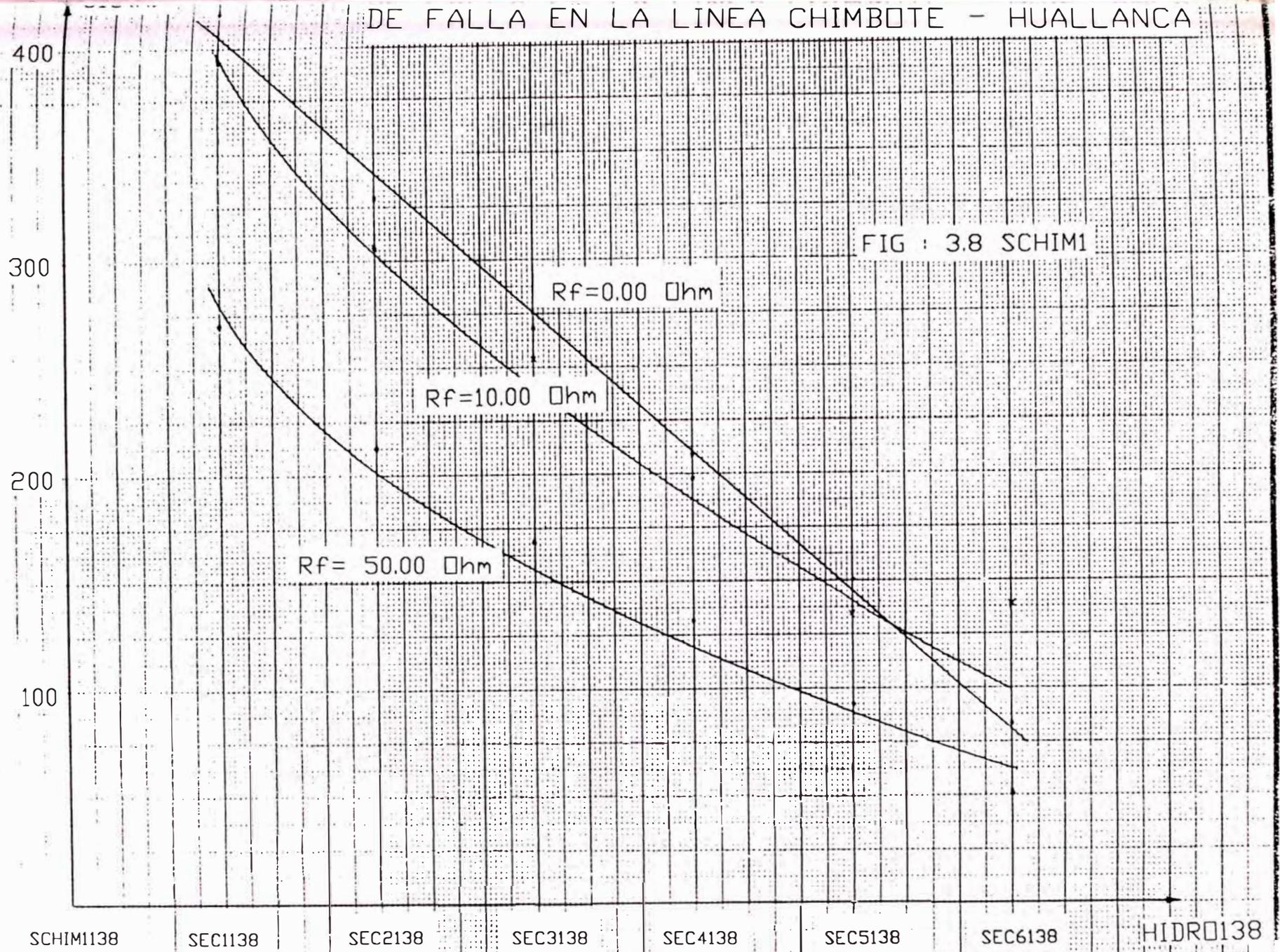
$R_f = 0.00 \text{ } \square \text{hm}$
 $R_f = 10.00 \text{ } \square \text{hm}$
 $R_f = 50.00 \text{ } \square \text{hm}$

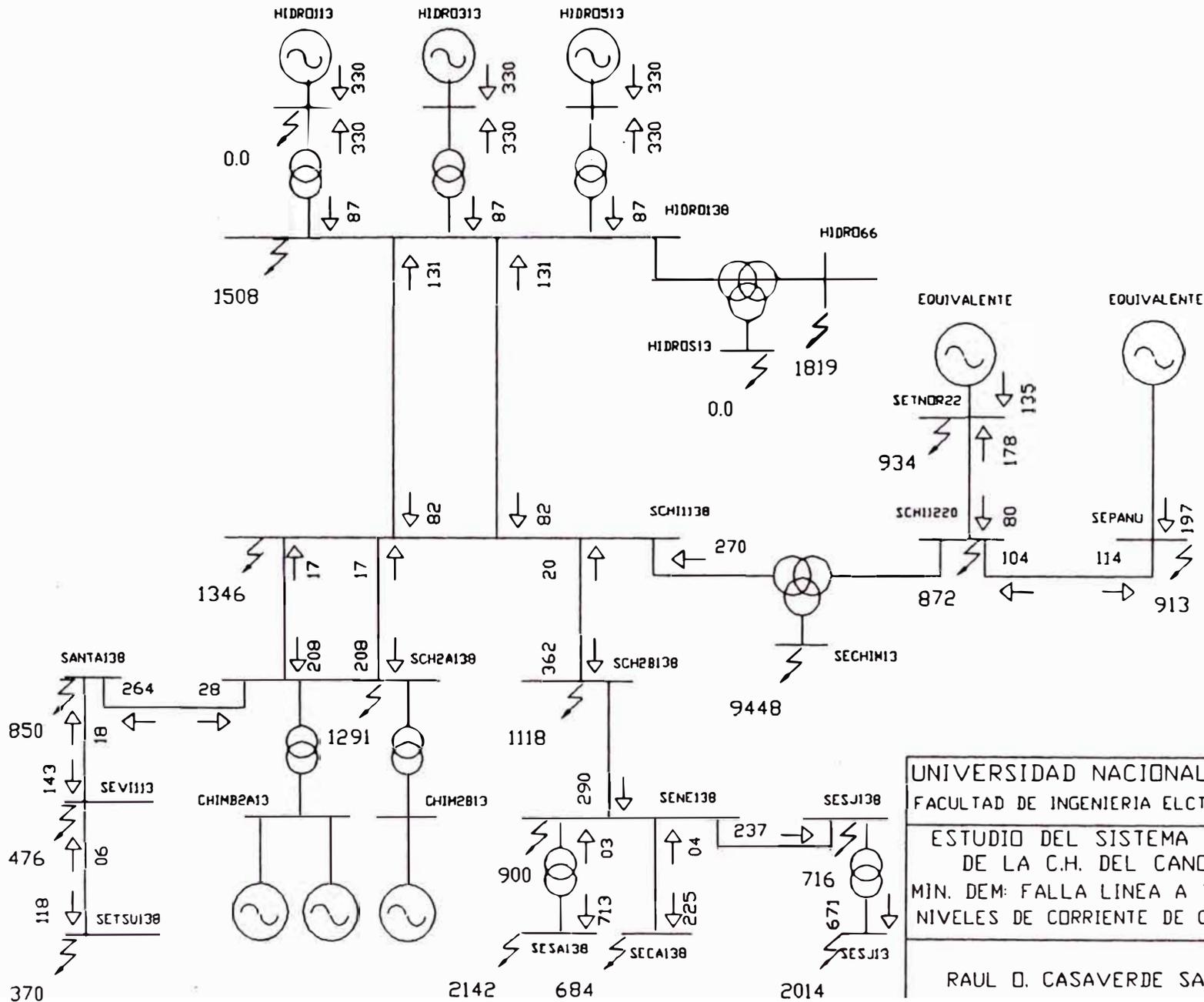
HIDRO138 HIDRO1138 HIDRO2138 HIDRO3138 HIDRO4138 HIDRO5138 HIDRO6138 SCHIM1138



DE FALLA EN LA LINEA CHIMBOTE - HUALLANCA

FIG : 3.8 SCHIM1





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELCTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
 DE LA C.H. DEL CANON DEL PATO
 MIN. DEM: FALLA LINEA A TIERRA (RF=50ohm)
 NIVELES DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN KA

TESIS	
RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA	FIG : 3.9

CAPITULO IV COORDINACION DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION

4.1 Características técnicas y ajustes del sistema de protección actual

4.1.1 Ajuste del sistema de protección actual

Los cuadros 4.a-b; 4.c-d; 4.e-f (ver anexo), muestran los ajustes de todos los relés existentes de la primera, segunda y tercera etapa de la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato, respectivamente.

4.1.2 Características técnicas de los relés

Las características técnicas de todos y cada uno de los relés se encuentran detallados en el anexo.

4.2 Criterios generales para la coordinación

- a) Evaluaremos la protección de la central hidroeléctrica en estudio, y basados en el análisis y evaluación procederemos a confirmar o sugerir alternativas viables.
- b) En el estudio se respetará los ajustes que normalmente son propuestos por los fabricantes de los relés para ello es indispensable los catálogos específicos de los dispositivos de protección.

Lógicamente que estos ajustes serán concordantes por las normas internacionales, que rigen la operación de los equipos a proteger (ejem: sobrecargas, desbalances, etc.)

- c) Es necesario analizar las características de operación de los equipos del sistema, tanto en condiciones normales como en falla, así se podrá fijar los límites dentro de los que deben operar los dispositivos de protección.
- d) El procedimiento que se adoptará en este estudio será la de analizar el ajuste de los elementos de protección por separado. Lógicamente teniendo en cuenta la selectividad.
- e) Tanto los generadores como los transformadores, requieren por lo general una protección o relés adicionales a la de sobrecorriente. Estos dispositivos adicionales cubren fallas internas que puedan ocurrir en los elementos generadores y transformadores y no interfieren con el proceso selectivo de separación de fallas en el sistema, razón por el cual, en lo posible, se respetarán los ajustes actuales ya mencionados líneas arriba.
- f) La coordinación de los dispositivos de protección la realizaremos tomando en cuenta los niveles de corriente de cortocircuito permanente y los parámetros fundamentales, igualmente también el ajuste de los dispositivos de protección se determinará inicialmente para cortos períodos de tiempo, o sea para niveles máximos de falla (la falla trifásica en máxima generación será suficiente), luego se comprobará si el ajuste obtenido satisface niveles mínimos (fallas bifásicas en mínima generación).

Los ajustes de los dispositivos de protección de fallas entre fases han sido además verificados para que no operen con la corrientes de

carga de los equipos y circuitos que protegen.

Los ajustes para los dispositivos de protección de fallas a tierra se han fijado a valores menores que la corriente de carga de la línea o equipo protegido.

- g) La protección de respaldo se empleará solo para la protección contra cortocircuitos debido a que este tipo de falla es el más común en el sistema de potencia y de acuerdo a la experiencia la protección de respaldo no es justificable económicamente para casos distintos de los cortocircuitos.
- h) El criterio de operación de los dispositivos de protección en caso de presentarse una falla será el siguiente
 - El relé deberá restringir al mínimo el área afectada.
 - El dispositivo de protección primaria deberá actuar antes que el relé de respaldo para eliminar la falla, o sea el tiempo de actuación del dispositivo de protección primaria será mas corto que del relé de respaldo.
- i) En todos los casos se ha considerado la configuración del sistema tal como existe actualmente, esto es porque la intención del estudio es proporcionar condiciones de ajustes inmediatamente utilizables para los dispositivos de protección existentes.
- j) En un sistema interconectado los criterios considerados para afrontar las contingencias son:
 - El tiempo para que actue el relé y el interruptor debido a una falla será como máximo 6 ciclos (100 milisegundos) y 8 ciclos (133

milisegundos), esto es en una red de 220 kv y 138 kv, respectivamente.

- El recierre monofásico de alta velocidad, permite recuperar la estabilidad si la falla es transitoria, pero para fallas permanentes pueden ocasionar inestabilidad, debido a que somete al sistema nuevamente a la falla en un corto periodo.
- No se aconseja utilizar recierre trifásico, en líneas que tengan generación en ambos lados, pues al existir el disparo trifásico estas pueden salir de sincronismo y para sincronizarlo es necesario establecer las condiciones de paralelo que no siempre es fácil conseguir en períodos cortos. El recierre trifásico si es permitido en líneas radiales.

4.2.1 Límite de protección

Los elementos principales que deben protegerse en un sistema eléctrico son:

- + MAQUINAS SINCRONAS O DE INDUCCION
- + TRANSFORMADORES
- + CONDUCTORES AISLADOS O DESNUDOS

4.2.1.1 Máquinas síncronas o de inducción

La curva de característica técnica normal se graficará junto con la curva de coordinación para graficar dicha curva se tomará en cuenta lo siguiente:

I magnetización: $0.0 < t \leq 0.1$ seg.

I rotor bloqueado: $0.1 < t < 10$ seg.

I plena carga $10 < t$ seg.

4.2.1.2 Transformadores

Para encontrar los límites de protección de los transformadores es necesario graficar:

Las condiciones normales de operación, es decir la corriente a plena carga y corriente de magnetización.

Las condiciones de daños del transformador, es decir el punto ANSI.

a. Corriente de magnetización o Inrush

Se presenta al momento de energizar el transformador. Si este no tuviera carga la corriente inrush transitoria sería la más elevada.

El rango de corriente para transformadores tipo seco está entre 8 a 25 veces su I_n . Para transformadores refrigerados en aceite su rango varia con la potencia:

CAPACIDAD	MULTIPLO
$KVA \leq 1500$	8
$1500 < KVA < 3750$	10
$3750 \leq KVA$	12

b. El punto ansi

Las características que deben tener los devanados para no sufrir daños ante fallas de cortocircuitos lo determina el punto ansi, que depende de la impedancia

del transformador. Este se calcula como sigue:

$$I_{ansi} = (100 \% / Z \%) * I_{pc}$$

El tiempo ansi se determina así:

$$4 < Z \% < 7 \quad T_{ansi} = Z \% - 2 \text{ seg.}$$

$$7 \leq Z \% < \quad T_{ansi} = 5 \text{ seg}$$

$$Z \% \leq 4 \quad T_{ansi} = 2 \text{ seg}$$

Para conexión D/E :

$$I_{ansi} = (100\%/Z\%) * I_{pc} * (1/3)$$

I_{pc} : Corriente a plena carga

4.3 Protección en generadores

4.3.1 Relé de sobrecarga (49)

La sobrecarga es una sobrecorriente que toma una cierta magnitud y duración.

Dependiendo de los límites pre-fijados en la máquina o instalación eléctrica, las sobrecargas pueden ser consideradas perjudiciales. Para ello se tomará en cuenta la sección y niveles de aislamiento de los conductores para máxima demanda, o sea se analizará los límites de máxima tolerancia curva corriente - tiempo.

El relé térmico no puede utilizarse nunca con otros relés para el escalonamiento de tiempos, esto es porque éste relé no actúa solamente cuando se sobrepasa cierto valor límite de intensidad, sino que está continuamente el relé calentado por la corriente que lo atraviesa, la cual es igual a la de la máquina que se ha de proteger, por lo tanto el relé térmico tiene en cuenta la carga previa, por ello para una máquina fría el relé puede tolerar cierta

sobrecarga determinada, pero impedirá esta misma sobrecarga cuando se aplica a una máquina ya caliente.

El tiempo de desconexión del relé es tanto más corto cuanto más elevada es la sobrecarga, cuanto más elevada es la corriente de servicio antes de la sobrecarga y cuanto mas pequeña sea la temperatura a la que deba efectuarse la desconexión.

Cuando la sobrecarga aumenta, la influencia de la constante de tiempo térmico " T " disminuye en el relé y en la misma proporción que la constante del tiempo del objeto protegido. Para que el relé simule la temperatura bajo cambios de carga la constante de tiempo térmica será equivalente a la " T " de la máquina a proteger.

El relé térmico está construido para resistir corrientes de cortocircuito de hasta 1000 veces su corriente nominal.

Los relés térmicos por definición serán relés con retardo dependiente de la intensidad.

El ajuste se realizará de la siguiente forma:

Corriente nominal del generador $I_N = 1130 \text{ amp}$

$$T.C = 1250 / 5 \text{ A}$$

La corriente de ajuste del rele " IAJ " a condiciones nominales es:

$$IAJ = 1130 \times 5 / 1250 = 4.52 \text{ A}$$

El relé indica ahora con corriente nominal una sobre temperatura de régimen de 100 % equivalente a 60 °C, debemos entonces

TABLA A

BROWN, BOVERI & CO., LTD., BADEN, SWITZERLAND

If the curve of the temperature rise of the relay is to be predicted for a definite load programme, an approximate value can be obtained by combining the various temperature rise curves (see Fig. 12); the exact value is determined in practice by carrying out a trial.

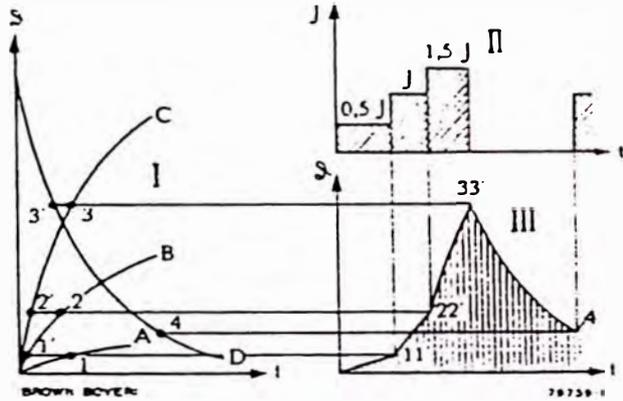


Fig. 12

Determination of the final temperature rise

Legend:

- I Curves of rise and fall of temperature
- II Load diagram
- III Temperature rise diagram
- A Temperature rise curve for relay at $0.5 \times I_E$
- B Temperature rise curve for relay at $1.0 \times I_E$
- C Temperature rise curve for relay at $1.5 \times I_E$
- D Cooling Curve of the relay when dead

To approximately determine the time taken by the relay to trip with a certain load programme, the temperature rise curves are plotted for the particular programme, as shown in Fig. 12, and the tripping time is obtained in the abscissa, where the resultant curve intersects the horizontal of the set temperature for tripping. For this the scatter bands indicated in Fig. 6-11 must be observed, as well as exceeding the pick-up temperature rise by a slight amount, as will be explained below.

When the pick-up temperature rise has been reached, the measuring system has to produce the force needed to actuate the contact. Since this is performed by a tip action, the force used is quite small, but it creates a certain thermal stagnation in the very sensitive measuring system, which can amount to a few degrees.

To judge the settings and the resultant tripping times it must be appreciated that the thermal behaviour of the protected object can in most cases only be stated with fairly large tolerances, depends on external influences, also that the danger limit from the thermal aspect cannot be sharply defined.

Fig. 13 shows the tripping curves for the secondary thermal relay type ST with different time constants, calculated from the cold state, i.e. with no

initial load. These curves apply for the exact correction of the zero and current setting (see page 15).

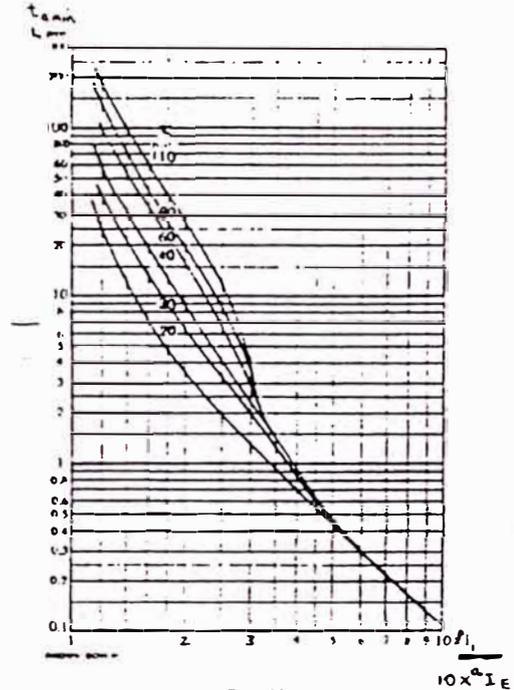


Fig. 13

Tripping times $t_{a,1}$ of the secondary thermal relay type ST as a function of multiples of the set current I_E for different time constants of the relay (in min) from cold. Pick-up temperature rise - steady-state rise at I_E

Legend:

- $t_{a,1}$ Tripping time
- a Multiple of the set current I_E

Instantaneous limit-current trip

The limit-current trip functions independently of the thermal part of the relay. It comprises an electromagnet energized by the relay current. Its pick-up current is selected by turning the setting scale f (Fig. 3, page 5). For setting ranges see table of technical data and chapter E, Special designs (pages 25 and 16).

When the set maximum current is exceeded, the limit-current trip picks up and actuates the trip contact 1 (Fig. 3); at the same time the heater element is short-circuited to protect it against the overload (contact e in Fig. 2). The instantaneous limit-current trip contact may be a normally-closed or normally-open contact. On the position ∞ an auxiliary contact is actuated, rendering the limit-current contact ineffective. The heater element is nevertheless shorted out at the maximum pick-up value on the setting scale (e.g. $10 \times$ set current) and protected against damage, provided the current is not more than 180 A. When the limit-current trip is

Handwritten notes: ...

imaginar sencillamente que la indicación de 60°C, significa el calentamiento a plena carga del objeto protegido correspondiente.

La temperatura de disparo " TD " generalmente se hace a 110 - 120 % respecto de 60 °C, o sea, 10 - 20 % superior al calentamiento que se puede alcanzar a plena carga y en servicio continuo, por ello la magnitud de la temperatura de disparo (TD) será aproximadamente 110 % de 60 °C, o sea, $TD = 66 \text{ °C}$.

El ajuste de la corriente límite (IAJL- tabla A) podemos escogerlo desde 3 hasta 10 veces la corriente de ajuste; esta magnitud es necesaria para que el relé se proteja frente a fallas de cortocircuito.

El valor de protección frente a fallas de cortocircuito será IAJL = 5 (IAJ).

4.3.2 Relé diferencial (87 -G)

El objetivo principal del relé es operar frente a fallas internas. Su actuación se basa en la comparación de las corrientes que ingresan y salen através del objeto protegido.

El relé generalmente tendrá 2 clases de ajustes:

1.- Valor de operación mínima (corriente mínima de funcionamiento) (g):

Para esto se tomará en cuenta los siguientes factores:

- La corriente magnetizante máxima (I excitación).
- Las fuertes variaciones de cargas.
- Porcentaje de error en t.C.

- Porcentaje de error en relés.
- Presencia de transitorios.

El factor mas importante para este primer ajuste es la corriente magnetizante máxima, esta se hallará a un 120 % de la tensión nominal, generalmente la corriente toma un 15 % de la corriente nominal. Considerando los demás factores se llega a obtener un valor de operación mínima de $g = 20$ %.

2.- Relación o porcentaje de desbloqueo (porcentaje de polarización) (v):

Para este ajuste se toma en cuenta los siguientes factores:

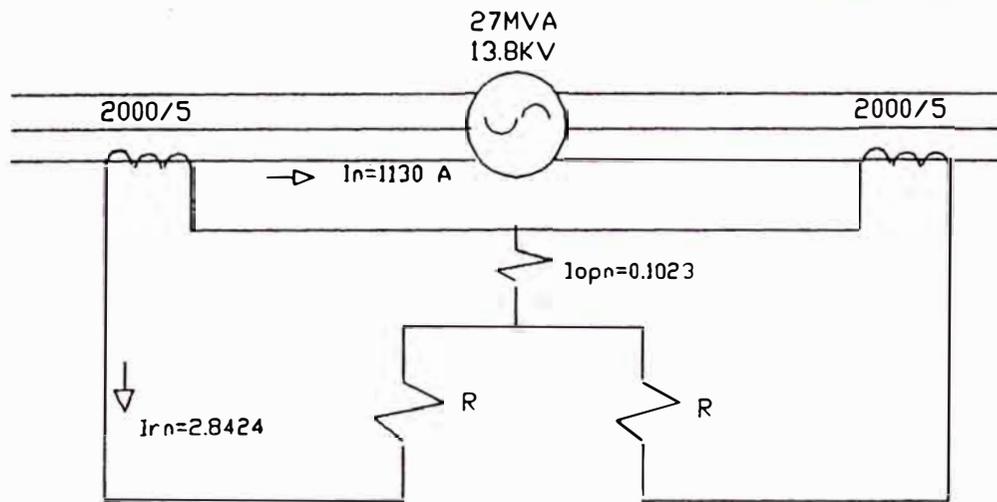
- Desbalances en la compensación de las corrientes primarias y secundarias del transformador de potencia y los valores nominales de los transformadores de corriente escogidos.
- Efectos de los taps para las posiciones extremas.
- Porcentaje de error en relés y transformadores de corriente.
- Efectos transitorios
- Compensación para corrientes de conexión.

En la Central Hidroeléctrica en estudio, para los grupos 1, 2, 3, y 4, se tienen relés tipo c.A (westinghouse); este relé es utilizado para proteger tanto al elemento generador como al elemento generador - transformador (GRUPO).

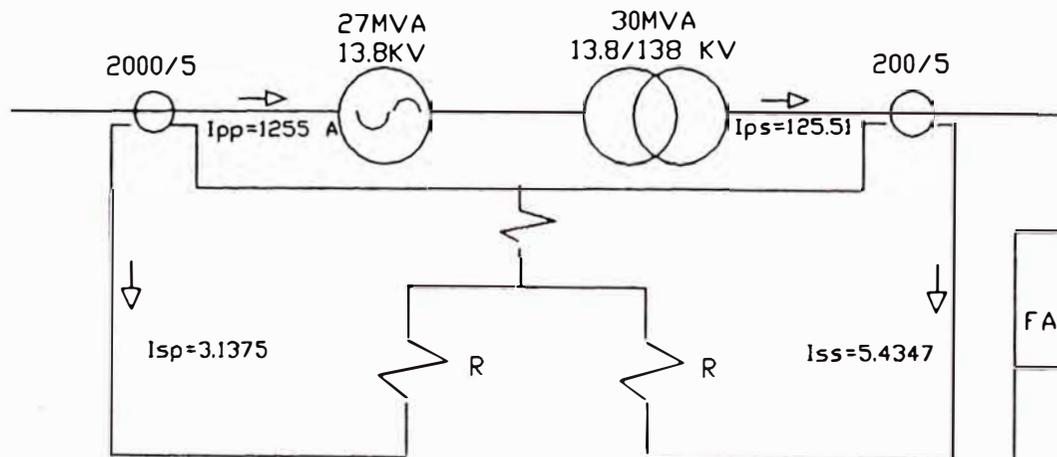
El relé posee un solo ajuste que es equivalente al % de desbloqueo (v), para el generador se dispone de dos valores al cual se pueden ajustar : 10 % o 25 % (porcentaje de la corriente de restricción mínima), valores que indica la corriente desbalanceada necesaria para operar el relé.

Según el esquema : 1 para la corriente nominal $I_n = 1130$ que circula a través del generador se tiene una corriente que circula por el relé de $I_r = 2.8424$ Y se toma como corriente nominal del relé de 5 A. Entonces de la tabla : B, para un porcentaje desbloqueo de 10 % tenemos una mínima corriente de 0.18 A, corriente mínima necesaria para operar la bobina, este valor depende de la corriente de restricción y equivaldría a un porcentaje de 3.6 % de una corriente nominal de 5 amp, por lo tanto al circular por el relé una corriente de 2.842 A, el porcentaje de 3.6% equivale a $I_{opn}=0.1023$ A. Se observa que esta por debajo de 0.45 A (25%) y de 0.18 (10 %), entonces tomamos el relé con un % de desbloqueo de 10 %, de esta manera se cubrirá todas las posibles perturbaciones ya mencionadas.

Para cubrir al elemento generador - transformador los relés diferenciales tipo CA (west) tienen un solo ajuste equivalente al porcentaje de desbloqueo (50%). Para verificar su ajuste procederemos de la siguiente forma (ver esquema : 2):



ESQUEMA : 01



ESQUEMA : 02

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA C.H. DEL CANON DEL PATO
PROTECCION DIFERENCIAL DEL GENERADOR
y DEL GRUPO GENERADOR-TRANSFORMADOR (1 y 2 ETAPA)

RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS

ESQUEMA 1y2

Según catálogo:

$$I_{pp} = 1255$$

$$I_{ps} = 125.51$$

La corriente en el relé :

$$I_{sp} = 3.1375$$

$$I_{ss} = 5.4347$$

La relación de corriente en el relé :

$$I_{ss} / I_{sp} = 1.732$$

Donde :

I_{pp} = corriente primaria del transformador de corriente en el lado primario del transformador de potencia.

I_{ps} = corriente primaria del transformador de corriente en el lado secundario del transformador de potencia.

I_{sp} = corriente secundaria del t.C en el lado primario del transformador de potencia.

I_{ss} = corriente secundaria del t.C en el lado secundario del transformador de potencia.

De acuerdo al catálogo whestinghouse tipo ca se tiene los siguientes rangos de taps:

<u>TAPS</u>	<u>RELACION DE CORRIENTE</u>
5-5	1.00
5-5.5	1.10
5-6.6	1.32
5-7.3	1.46

5- 8	1.60
5- 9	1.80
5- 10	2.00

como :

$I_{ss} / I_{sp} = 1.732$ Entonces taps : 5 - 9

todo esto seleccionado para un tds = 1.0

Calculamos el % mismatch (M - porcentaje de desacoplo):

$$M = (1.732 - 9/5) / 1.732 * 100 = 3.93 \%$$

Este porcentaje esta dentro del 35 % mismatch limitado por la tabla siguiente del catálogo mencionado:

RELAY	SENSIBILIDAD %	LIMITE DE (H+LTC) %
CA	50	35
HU,HU-1,HU-4	30	15
HU,HU-1,HU-4	35	20
CA-26		10

Como se mantendrá el mismo relé tipo CA, entonces la sensibilidad o porcentaje de desbloqueo será del 50 %.

Para los grupos 5 y 6 existen los relés tipo d2se1 (BBC), este relé si posee 2 ajustes, cuyos rangos estan en el catálogo.

Tomando como referencia el esquema n°: 3 el ajuste básico lo obtenemos tomando en cuenta la magnitud de la corriente magnetizante que es alrededor del 15 % y un

márgen suplementario de 5 %, entonces $g = 20 \%$.

La magnitud del porcentaje de desbloqueo lo consideramos también como 20 %, ya que no existirá la influencia de los taps del transformador ni la compensación por corriente de conexión. O sea $v = 20 \%$.

Tomando como referencia el esquema: 4, calculamos el ajuste básico (del elemento Generador-Transformador) en 20%; esta magnitud considera la corriente magnetizante máxima y una seguridad suplementaria.

El porcentaje de desbloqueo lo hallamos como sigue:

$I_{pp} = 1255$ a (corriente primaria del transformador de corriente en el lado primario del transformador de potencia).

$I_{ps} = 125$ a (corriente primaria del transformador de corriente en el lado secundario del transformador de potencia) .

como tenemos : $t.C = 1250/5$ (lado primario)

$t.C = 200 / 5$ (lado secundario)

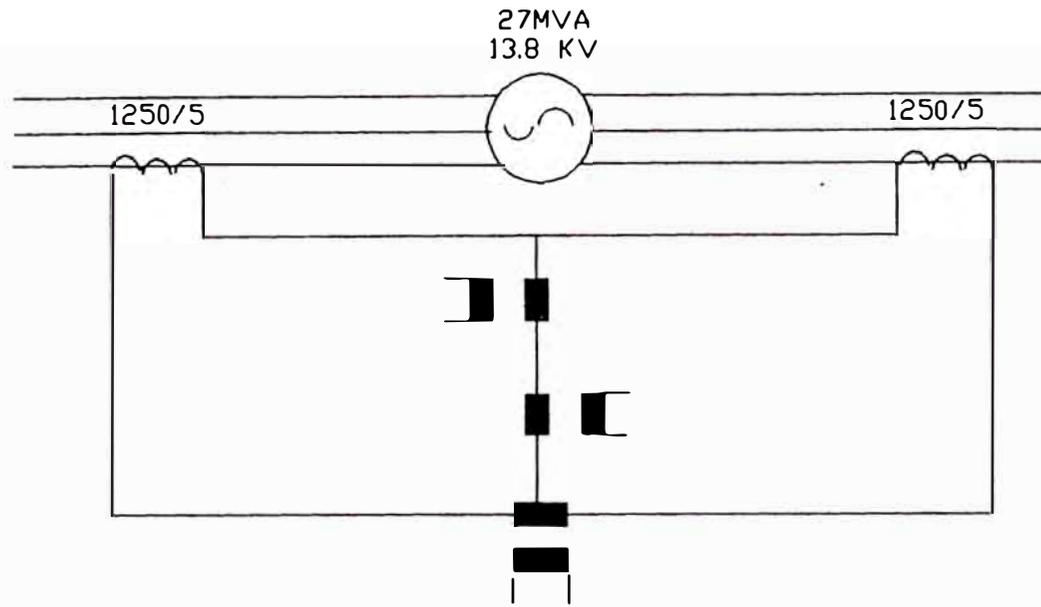
Del esquema : 4 podemos observar que es necesario compensar las corrientes primarias y secundarias entonces:

$I_{sp} = 5.02$ A $I_{ss} = 3.125$ A

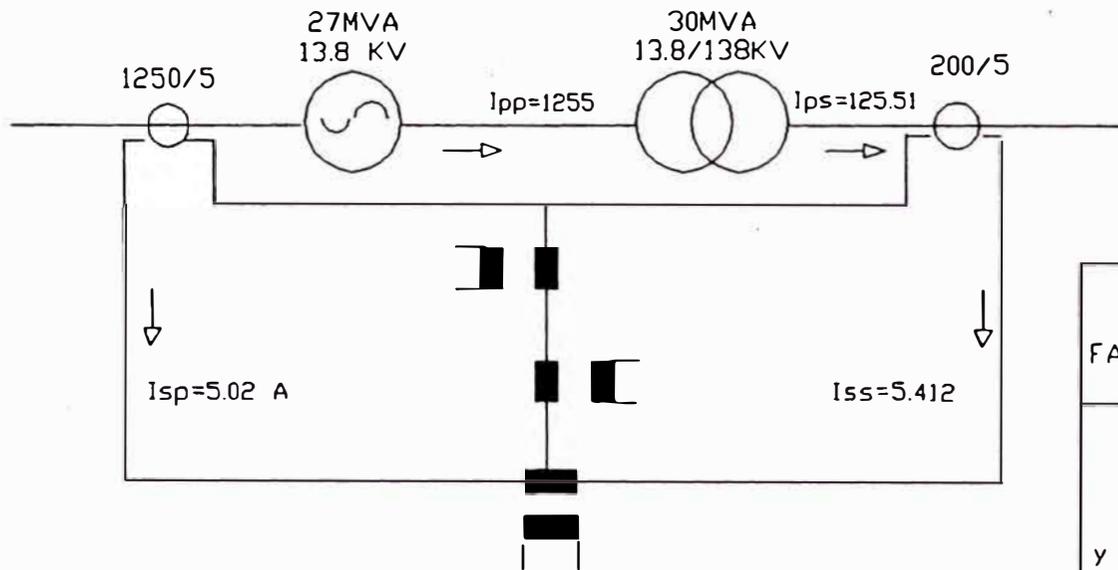
Como : $r_d = (I_d / I_h) * 100$ $I_d = I_{sp} - I_{ss}$

$I_h = 1/2 (I_{sp} + I_{ss})$

entonces $I_h = 7.5 \%$, esto quiere decir que el porcentaje mínimo de desbloqueo deberá tomar un valor c o m o



ESQUEMA : 3



ESQUEMA : 4

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION DE LA C.H. DEL CANON DEL PATO PROTECCION DIFERENCIAL DEL GENERADOR y DEL GRUPO GENERADOR-TRANSFORMADOR (3 ETAPA)	
RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA	TESIS
	ESQUEMA: 3y4

mínimo de 7.5 %, si además tomamos en cuenta el 15 % por los taps y 5 % de error para cada uno de los transformadores de corriente, así como 5 % de error en los relés tendremos un aproximado de 37.5 %, Por lo tanto el porcentaje de desbloqueo deberá estar por encima del 37.5 %. Por lo que para tener un mejor margen de seguridad podemos escoger 40 % ó 50 %.

4.3.3 Relé de campo (40)

Un generador síncrono antes de perder la excitación está entregando al sistema potencia reactiva, o sea, trabaja con un valor necesario de corriente de excitación.

Para un generador aislado que alimenta a una línea, si perdiera su excitación, se anularía su tensión de excitación y luego dejaría de suministrar energía reactiva al sistema.

Cuando un generador esta acoplado a otras máquinas, al perder su excitación, este toma de la red la corriente de excitación necesaria en forma de potencia reactiva por lo tanto trabaja subexcitado.

Ello provocaría que:

- Las otras máquinas se sobrecargen al tratar de aportar la potencia reactiva necesaria, así como la corriente magnetizante.
- El generador con pérdida de excitación no podría evitar la ruptura del sincronismo (salvo que la carga activa sea

pequeña).

- La tensión inducida en el arrollamiento de excitación abierto, puede alcanzar valores elevados, peligrosos para el aislamiento de los circuitos del estator y rotor.

El corte de la excitación puede ser provocado por:

- Una desconexión inapropiada del disyuntor de excitación.
- Por haberse aflojado una conexión.
- Por rotura del conductor del circuito de excitación.

Para proteger eficazmente una máquina no basta desconectar su disyuntor por que la tensión propia de la máquina sincrónica continuaria alimentando el defecto ya que el campo magnético necesita un tiempo para anularse; debido a ello además de abrirse el circuito de excitación se deberá cortocircuitar al mismo tiempo el arrollamiento de excitación sobre una resistencia óhmica.

Un sistema en el que la pérdida de excitación de un generador puede causar serios disturbios como en el caso de la Central Hidroeléctrica en estudio, deberá contar con un equipo de protección de campo, también conocido como protección de falta de excitación.

De acuerdo a las características técnicas de los relés (Cap.4.4.2), la primera y la segunda etapa de la central tienen relés marca westinghouse, tipo KLF.

Este relé consta de las siguientes partes:

- a) Dos compensadores (T_a, T_c)

- b) Dos autotransformadores (SA:Ma,SC:Mc)
- c) Un reactor
- d) Una unidad direccional con un reactor reajutable
- e) Una unidad de mínimo voltaje con un resistor ajustable
- f) Una unidad de distancia
- g) Un relé telefónico y
- h) Un switch (contactor indicador)

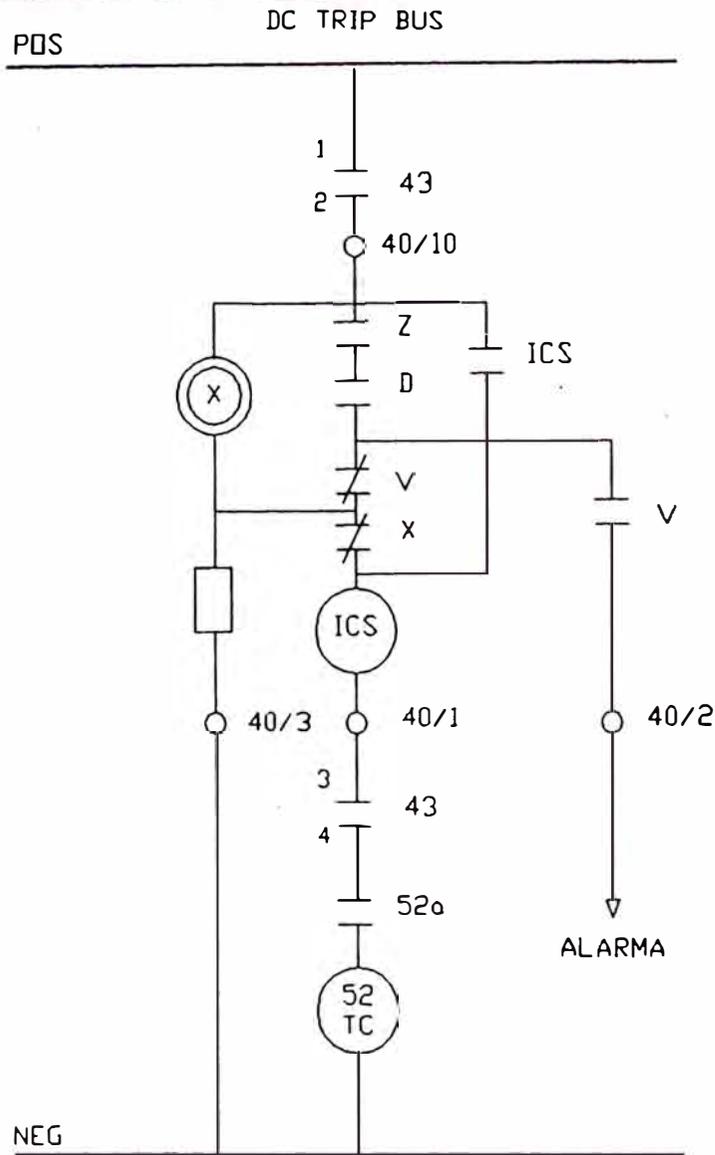
El Relé es conectado al sistema como se muestra en el esquema 5.

La unidad de distancia (impedancia) provoca un torque proporcional a la magnitud del voltaje aplicado y a su ángulo. La dirección del torque producido depende de la localización de la falla. Sus contactos cerraran si:

- * La excitación se reduce
- * La impedancia de la máquina visto desde sus terminales es menor que un valor pre-fijado.

La unidad direccional, resulta de una interacción entre el flujo de la bobina de operación y la bobina de polarización; el relé tomará generalmente un ángulo de 13° , que previene una acción frente a fallas externas. Esta unidad actuará cuando fluya energía reactiva hacia la máquina.

La unidad de mínimo voltaje, actuará cuando exista un valor por debajo del ajuste mínimo fijado por lo general tiene un valor de 80 volt.



- 40 : RELE DE PERDIDA DE POTENCIA
- D : UNIDAD DIRECCIONAL
- ICS : INTERRUPTOR INDICADOR DE MEMORIA
- TA : COMPENSADOR DE LARGO ALCANCE
- TC : COMPENSADOR DE CORTO ALCANCE
- V : UNIDAD DE VOLTAJE
- X : RELE TELEFONICO
- Z : UNIDAD DE IMPEDANCIA
- 43 : INTERRUPTOR DE ENCENDIDO Y APAGADO
- 52 : INTERRUPTOR DE CIRCUITO DE POTENCIA
- TA : DISPARO DEL INTERRUPTOR AUXILIAR
- TC : DISPARO DE BOBINA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION DE LA C.H. DEL CANON DEL PATO	
ESQUEMA SIMPLIFICADO DE OPERACION DEL RELE DE PERDIDA DE EXCITACION	
RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA	TESIS
	ESQUEMA : 5

Con la operación de ambas unidades (distancia y direccional), se activará una señal acústica y operará también la unidad de mínimo voltaje.

AJUSTE DEL RELE

$X_d = 0.925$ donde : $X_d =$ Reactancia

síncrona no-saturada

$X_d' = 0.2325$ $X_d' =$ Reactancia subtransitoria

$X_T = 0.0800$ $X_T =$ Reactancia del

transformador

(1) $Z_{base} = ((13.8 \text{ kV})^2 / 27\text{MVA}) * (R_c/R_v)$

donde : $R_c = 2000/5$

$R_v = 14.4 / .12\text{kV}$

tal que : $R_c =$ relación de transformación de corriente

$R_v =$ relación de transformación de voltaje

$Z_{base} = 23.5$ ohms

El esquema 6 muestra como se obtiene las zonas de protección del relé en el plano R-X.

Rangos para calcular la unidad de distancia:

T_a (largo alcance):

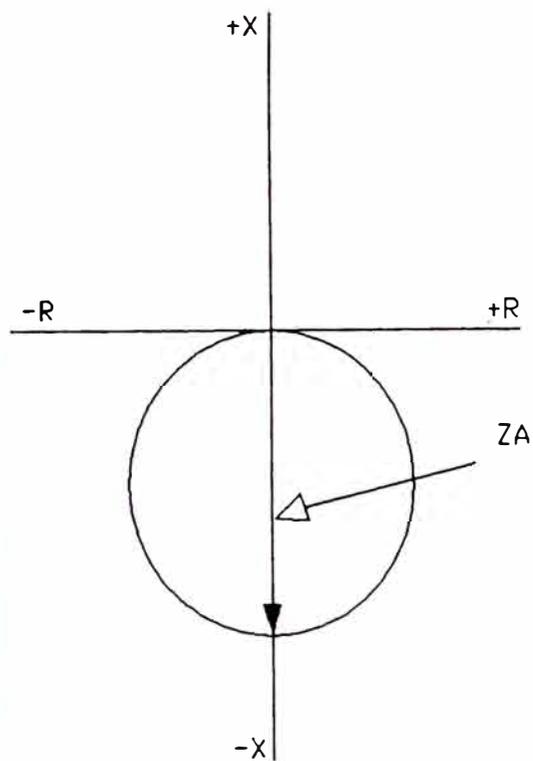
2.4/3.16/4.35/5.93/8.3/11.5/15.8

T_c (corto alcance):

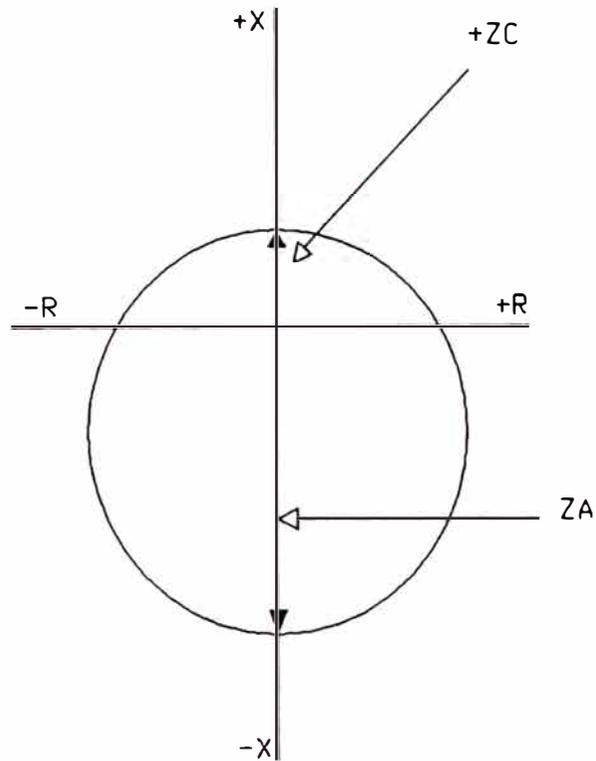
0.0/0.91/1.27/1.82/2.55/3.64/5.1

SA , SC : 1 , 2 , 3

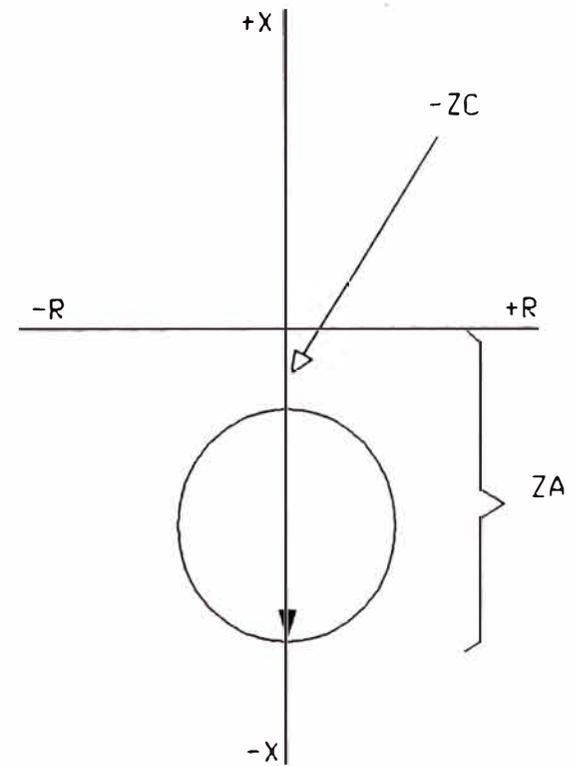
Ma , Mc +(-) 0.03/0.06/0.09/0.12/0.15



(a) CON $ZC=0$



(b) CON $ZC>0$



(c) CON $ZC<0$

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA C.H. DEL CANON DEL PATO
DIAGRAMA CARACTERISTICO CON VARIOS
 ZC (AJUSTES DE COMPENSACION)

RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS

ESQUEMA : 06

(-) si $R > L$; (+) si $R < L$

$$X_d(\text{real}) = Z_a = X_d(\text{p.u.}) * Z_{\text{base}} = 21.73 \text{ ohms}$$

$$X_d'(\text{real}) = Z_c = X_d'(\text{p.u.}) * Z_{\text{base}} = 5.463 \text{ ohms}$$

Para fijar $Z_a = 21.73$

- (1) Escogemos un valor de SA tal que el producto $18.6(SA)$ sea mayor que Z_a . O sea $SA=2$

$$\text{De la formula : } Z_a(\text{ó } Z_c) = TS / 1 + M$$

donde : T = valor del compensador del tap

S = valor del tap auto-transformador primario

M = valor del tap auto-transformador secundario.

- (2) Ta deberá estar aproximado a: Z_a / SA , osea 11.45, entonces se fijará $T_a = 11.5$

- (3) De la fórmula $M_a = (T_a * S_a / Z_a) - 1 = (11.5 * 2 / 21.73) - 1$

$$M_a = 0.058$$

- (4) Calculamos la Z_a actual, de la formula $Z_a = 21.74$

Para fijar $Z_c = 5.463$

Procediendo de la misma forma tenemos:

- (1) $6(SC) > Z_c$, entonces $SC=1$

- (2) Se fijará $T_c = 5.1$

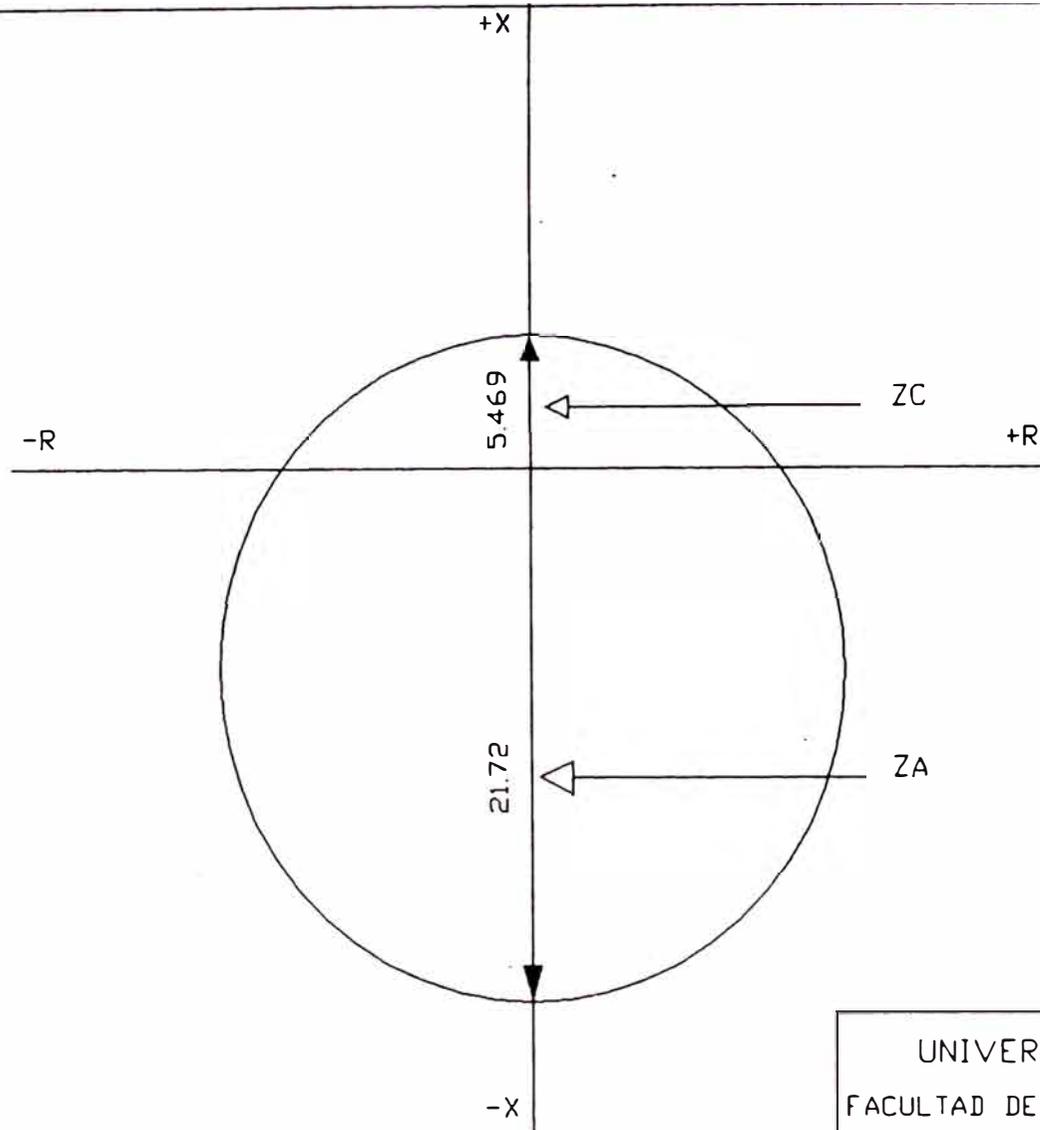
- (3) $M_c = (T_c * S_c / Z_c) - 1 = (5.1 * 1 / 5.41) - 1$

$$M_c = -0.066$$

seleccionamos $M_c = -0.09$

- (4) Calculamos la Z_c actual, de la formula $Z_c = 5.604$

Por lo tanto fijamos el relé de la siguiente forma:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION DE LA C.H. DEL CANON DEL PATO VALORES DE LA IMPEDANCIA REFLEJADOS AL LADO SECUNDARIO	
RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA	TESIS
	ESQUEMA: 07

$$T_a = 11.5$$

$$T_c = 5.1$$

$$S_A = 2$$

$$S_C = 1$$

$$M_a = +0.06$$

$$M_c = -0.09$$

El ajuste final se observará en el esquema: (07).

La tercera etapa de la central tiene relés marca ABB, tipo PUM 21-110 YP / WUX101, el símbolo utilizado en esta etapa es el 71.

El catálogo de este relé no existe por lo que nos limitaremos a ratificar sus ajustes actuales (ver Capítulo : 4.1.1 - cuadro E).

4.4 Coordinación de transformadores

La protección del transformador consta de un termometro de contacto tipo KIHSTROMS, cuyo objetivo es evitar el exceso de temperatura en el aceite y en el devanado. Así también se tiene un relé BUCHHOLZ que protege al transformador contra el bajo nivel del aceite, contra el aumento instantaneo de presión, y fallas internas.

Contra fallas internas de fase a fase, de fase a tierra, cortocircuito trifásico, etc, se tiene al relé diferencial.

En el capítulo 2 (cuadro 2.2-1 y 2.2-2) se muestra mayor detalle del sistema de protección del transformador.

4.5 Coordinación de barras

Como ya se mencionó en el capítulo 2 (cuadro 2.3-1 y cuadro 2.3-3), las barras B y C se protegen mediante relés diferenciales 87, un relé protege la sección de barras entre B y C, frente a fallas propias, el otro relé protege a las barras B-C contra toda falla ocurrida entre los extremos limitados por los transformadores de corriente ubicados a la salida del

elemento G-T y después del interruptor de potencia de la línea.

Las barras también están protegidas en caso de que por algún defecto el disyuntor demore su apertura, por ello el relé 86BB/86BC utilizando el circuito del relé diferencial 87 procederá a abrir completamente la barra involucrada.

4.6 Coordinación de la línea de transmisión de 138 kV

4.6.1 Filosofía de la protección existente

En el capítulo 2, acápite 2,3 se mostró las filosofías utilizadas por las líneas de transmisión en forma general, así como los diagramas unifilares del sistema de protección de las tres ternas. Debido a que la central hidroeléctrica del Cañón del Pato se implementó en tres etapas, es que particularmente en las líneas de transmisión cada terna tiene su propia filosofía. Se muestra a continuación sus filosofías tanto antigua como actuales, así como también describimos el sistema de TELEPROTECCION usado.

A. TERNA 01 (FILOSOFIA ANTIGUA)

La terna posee en su totalidad relés tipo HZ de marca westinghouse.

El sistema de protección consta de tres relés de distancia, con características de impedancia; compuesto de 03 unidades monofásicas para proteger las tres zonas. Con relés direccionales para primera y segunda zona, la tercera zona no será direccional, por lo tanto su ajuste será hacia adelante y atrás del relé.

La primera zona del relé tiene disparo directo; que permite eliminar la falla rápidamente, actúa principalmente para fallas cerca al relé.

La segunda zona del relé utiliza la onda portadora para el disparo instantáneo cuando ocurre una falla en la línea, así mismo se energiza un relé temporizado para respaldar fallas que ocurran fuera de la línea pero dentro de la segunda zona.

La tercera zona del relé arranca la onda portadora y energiza un relé temporizado que pueda respaldar las fallas que ocurran en su ajuste.

Debido a que los relés son de tipo impedancia, estos no son direccionales, entonces para poder discriminar las fallas que ocurran en la primera y segunda zona, se hace uso de un relé direccional.

El sistema de protección además posee un relé direccional de tierra (67 N), que trabaja con la onda portadora de la misma forma como lo hace la segunda zona del relé de distancia; el relé es del tipo producto corriente - corriente, trabaja con la corriente homopolar producida en la línea y el neutro de los transformadores de potencia, durante las fallas monofásicas y bifásicas a tierra, también arranca la onda portadora en el momento de falla. Como respaldo se usa un relé de respaldo de tierra, tipo sobrecorriente de tiempo

inverso.

La terna cuenta además con un relé supervisor de back-up del tipo sobrecorriente de tiempo definido.

B. TERNA 02 (FILOSOFIA ACTUAL)

La terna n°2, posee en su totalidad relés marca westinghouse.

Su sistema de protección consta de dos relés de distancia tipo KD-4, y uno tipo KD-41 con características de admitancia y direccionalidad.

Está compuesto de dos unidades, una para proteger contra fallas trifásicas y otra para fallas bifásicas. En fallas bifásicas - tierra, ambas unidades se complementan.

Las características de admitancia son la de círculo que pasa por el origen para la primera y segunda zona, y de círculo desplazado para la tercera zona.

El relé de la primera zona tiene disparo directo.

El relé de la segunda zona trabaja con la onda portadora para poder realizar el disparo inmediato en el caso de tener una falla en la línea protegida, así mismo alimenta a un relé temporizado para que éste respalde las fallas ocurridas fuera de la línea pero dentro de su zona de ajuste.

El relé de la tercera zona sirve para arrancar la onda portadora y alimentar a un relé temporizado que actuará como respaldo frente a fallas que ocurran dentro de su

ajuste. Para este caso el relé de la tercera zona mira hacia atrás.

También se posee un relé direccional de tierra del tipo tensión-corriente homopolar, de tiempo inverso; y como respaldo un relé de tierra del tipo sobrecorriente de tiempo definido, tipo CWP; ver fig: 4.1.

C. TERNA 03 (FILOSOFIA ACTUAL)

La terna posee en su totalidad relés marca ABB.

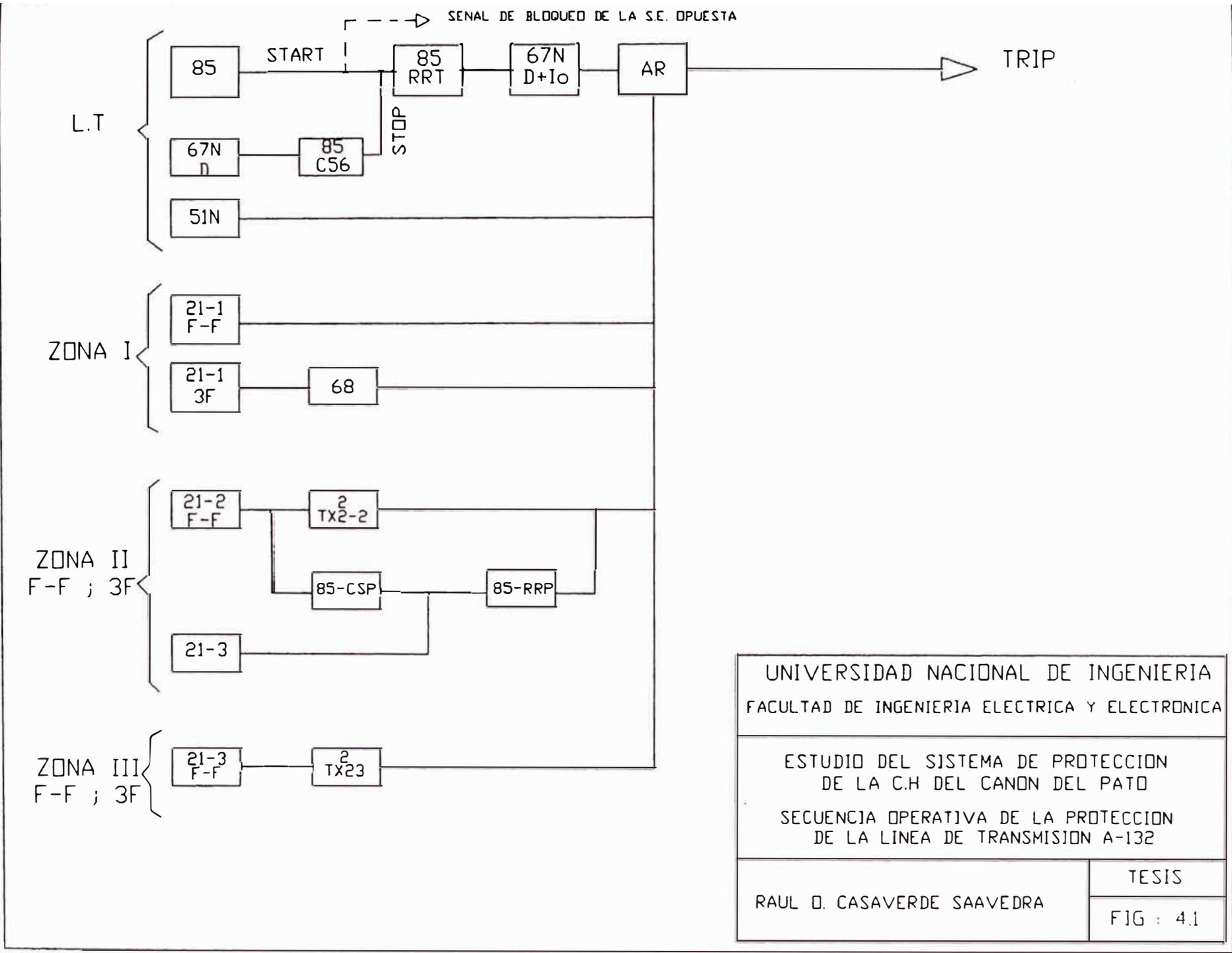
Su sistema de protección consta del relé de distancia tipo LZ 32, con características de admitancia desplazado (off set - mho) y el relé auxiliar de mínima impedancia tipo YZ/L24; ambos trabajan coordinadamente para proteger la línea frente a fallas trifásicas, bifásicas y monofásicas - tierra.

Ambos relés junto con los interruptores de suministro y recepción trabajan coordinadamente.

El relé de distancia tiene un alcance que va mucho más allá de la línea, también por sus características proporciona respaldo detrás de si mismo, permitiendo con ello la protección a las barras y patio de llaves inclusive.

El relé auxiliar por tener características de muy baja impedancia también posee un alcance que va más allá de la línea.

La línea cuenta también con un relé diréccional de sobrecorriente de tipo inverso, tipo PCM 2g 90 - 102



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
 DE LA C.H DEL CANON DEL PATO
 SECUENCIA OPERATIVA DE LA PROTECCION
 DE LA LINEA DE TRANSMISJON A-132

RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS

FIG : 4.1

/BBC/(67 N), utilizado como respaldo del relé de distancia.

Sin embargo se usa fundamentalmente como respaldo contra fallas a tierra (monofásico - tierra y bifásica - tierra) debido a un retorno de potencia, cuyo tiempo de disparo depende del producto I_0 y V_0 .

Este relé direccional (67 N), actuará después de 2.5 seg, pués al tener un relé temporizado, éste es energizado por el relé de distancia al percibir este último una falla.

La línea posee además un relé de sobrecorriente tipo IM3/BBC (50) no temporizado, pero que está provisto de un relé temporizado, o sea la temporización es independiente de la corriente.

Este relé actuará si por algún motivo el interruptor involucrado no abriese la línea con falla; el relé temporizado actuará eliminando la falla después de 250 mseg.

También se tiene un relé direccional de falla a tierra, tipo PM 2gn 0/90, utilizado como protección direccional de potencia (32).

Trabaja coordinadamente a través de la onda portadora con el relé de distancia de mínima impedancia y otro relé direccional de potencia tipo PM 2gh 0/90, ubicado en SECHIM1.

El relé se utiliza como relé de potencia reactiva (mas no como potencia activa), el cual opera con una corriente de

falla a tierra capacitiva; el relé se caracteriza por ser muy sensible y podrá detectar por lo tanto corriente mínima de fallas.

Se usa generalmente para detectar fallas a tierra en líneas de alta tensión.

Para fallas transitorias se cuenta con un relé de reconexión automática tipo CW3 / BBC, que actuará por una única vez. (actualmente no está en servicio).

Este se activa por el funcionamiento del relé de distancia (21), relé auxiliar (28), el relé de potencia reactiva (32), y la señal enviada por el relé de distancia del lado de SECHIM 1.

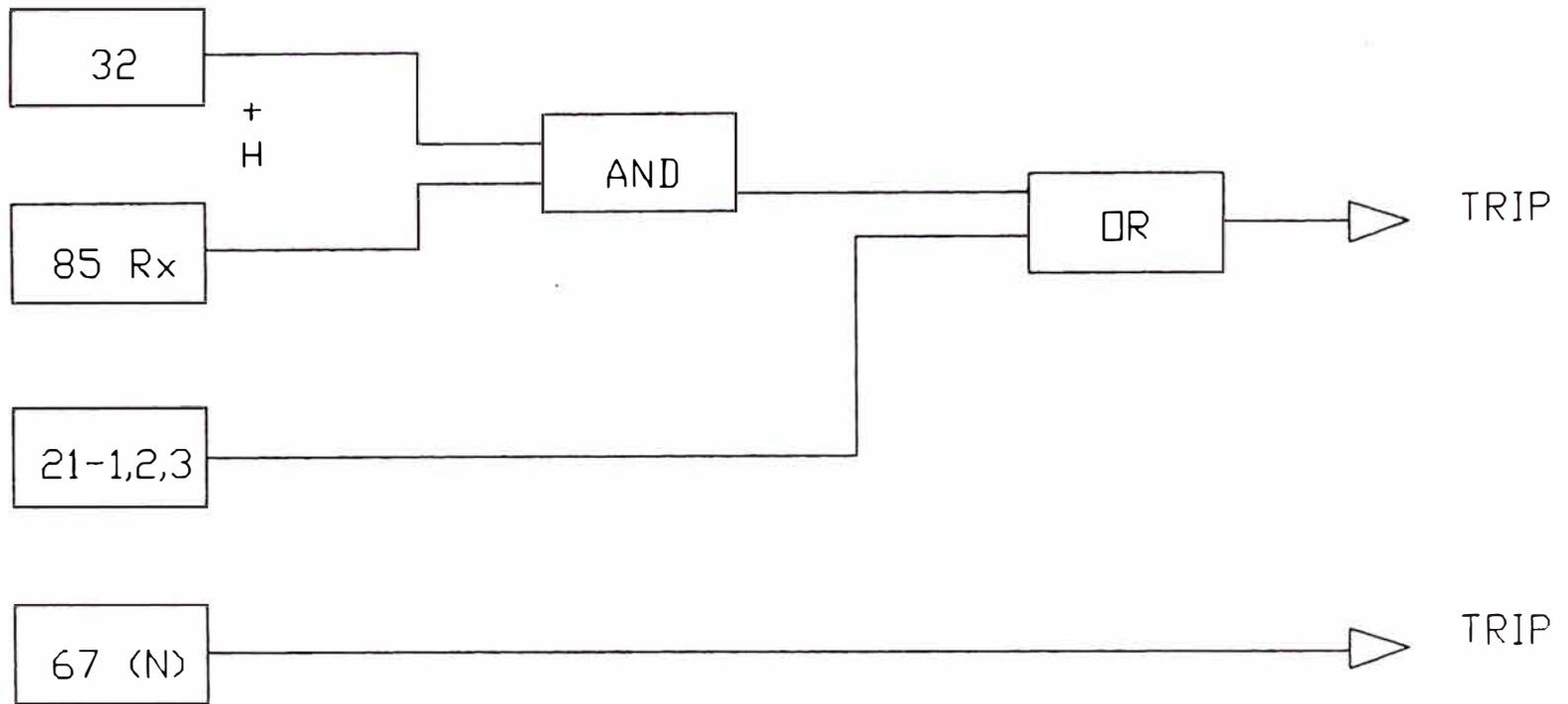
Actualmente la terna 1 también tiene la filosofía descrita en la terna 3. fig: 4.2.

4.6.2 Teleprotección

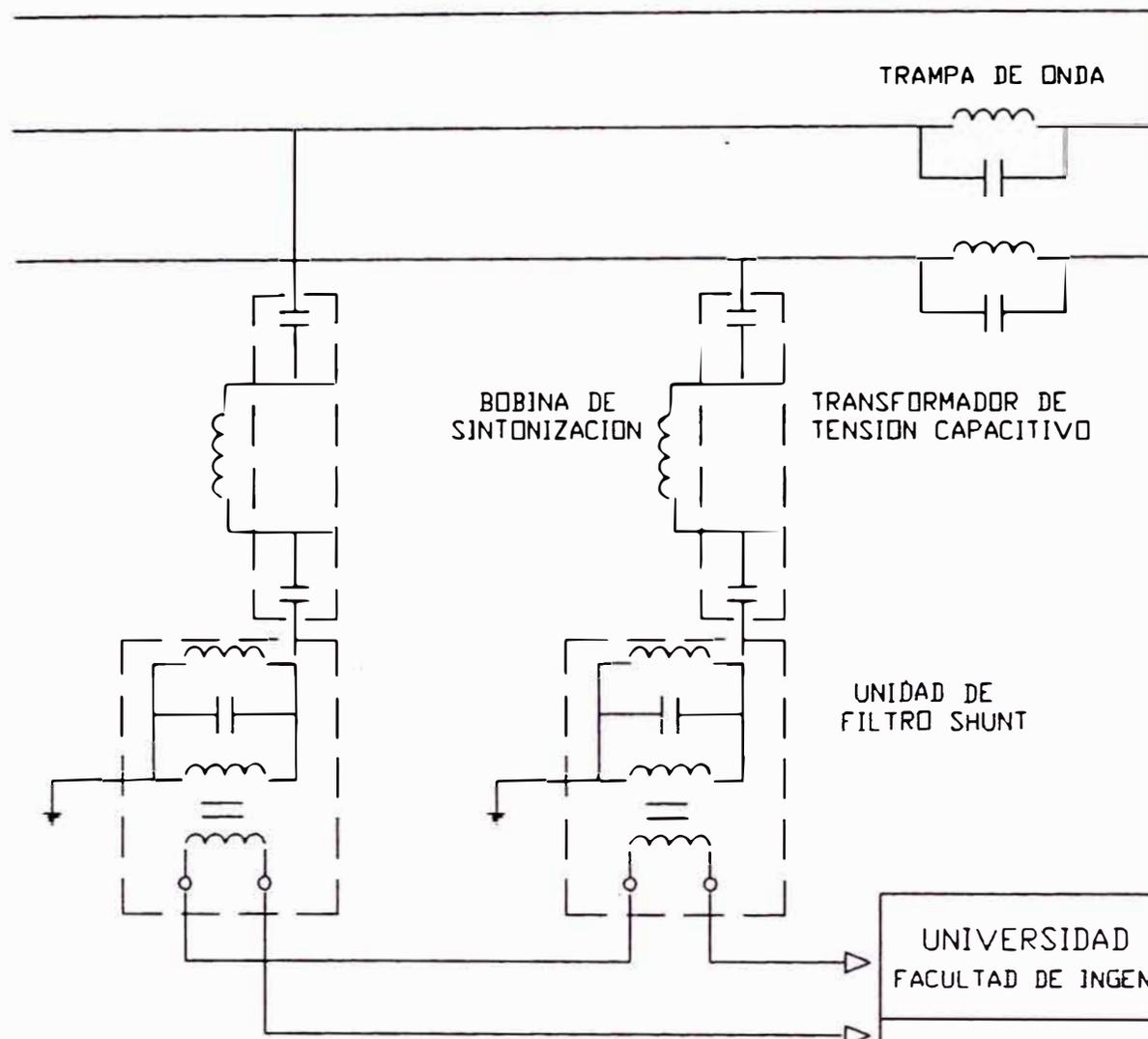
Para obtener una rápida apertura de los interruptores de potencia frente a las fallas en los sistemas de potencia es necesario enviar señales entre los puntos donde la protección está instalada .

El medio de transmisión puede ser microondas o la onda portadora (Fig: 4.3, sistema usado actualmente) a través de la línea de transmisión (POWER LINE CARRIER), transmitiendo una señal de alta frecuencia a lo largo de la línea.

El propósito del canal de señalización es transmitir información de un extremo al otro y puede ser arreglado de



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION DE LA C.H. DEL CANON DEL PATO SECUENCIA OPERATIVA DE LA PROTECCION DE LA L.T A-133 y A-131 (SECHIM1)	
RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA	TESIS
	FIG : 4.2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION DE LA C.H DEL CANON DEL PATO	
TELEPROTECCION	
RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA	TESIS
	FIG ; 4.3

manera que inicie o evite un disparo.

Capacitores y bobinas son utilizados para inyectar y extraer señales de la línea. La inyección de la frecuencia puede efectuarse entre fase y tierra o fase - fase dependiendo de la configuración de la línea, de la resistividad del terreno del sistema de puesta a tierra.

La trampa de onda presenta una alta impedancia a la señal de carrier, mientras que su impedancia es baja a la frecuencia industrial.

Los transformadores capacitivos presentan una baja impedancia a la frecuencia del carrier mientras que su impedancia es alta a la frecuencia industrial.

Los rangos de frecuencia oscilan entre 70 a 500 KHz. El ruido que viene de los sistemas de potencia pueden tener un ancho de banda entre 10 KHz y 1 MHz.

Para transmitir la señal se usa un envío codificado con dos o más tonos de alta frecuencia con un tiempo de operación de 15 mseg para disparo permisivo, 30 ms para transferencia de disparo. Esta transmisión usa un código multi-bit que es prácticamente insensible al ruido y tiene un alto grado de seguridad en los esquemas de transferencia de disparo.

El propósito de la HF es transmitir la información.

Si ocurriese una falla en la area que no esta siendo protegida en primera zona (10 al 20 % de la linea) por un relé ubicado en

uno de los extremos, se presentará serios inconvenientes, esto es porque la permisividad de la falla en el tiempo de la zona 2 puede causar inestabilidad al sistema.

Cuando es usado alta velocidad en el recierre, la no simultaneidad de la apertura entre fallas, origina que no extingan el arco ya que existe la desionización.

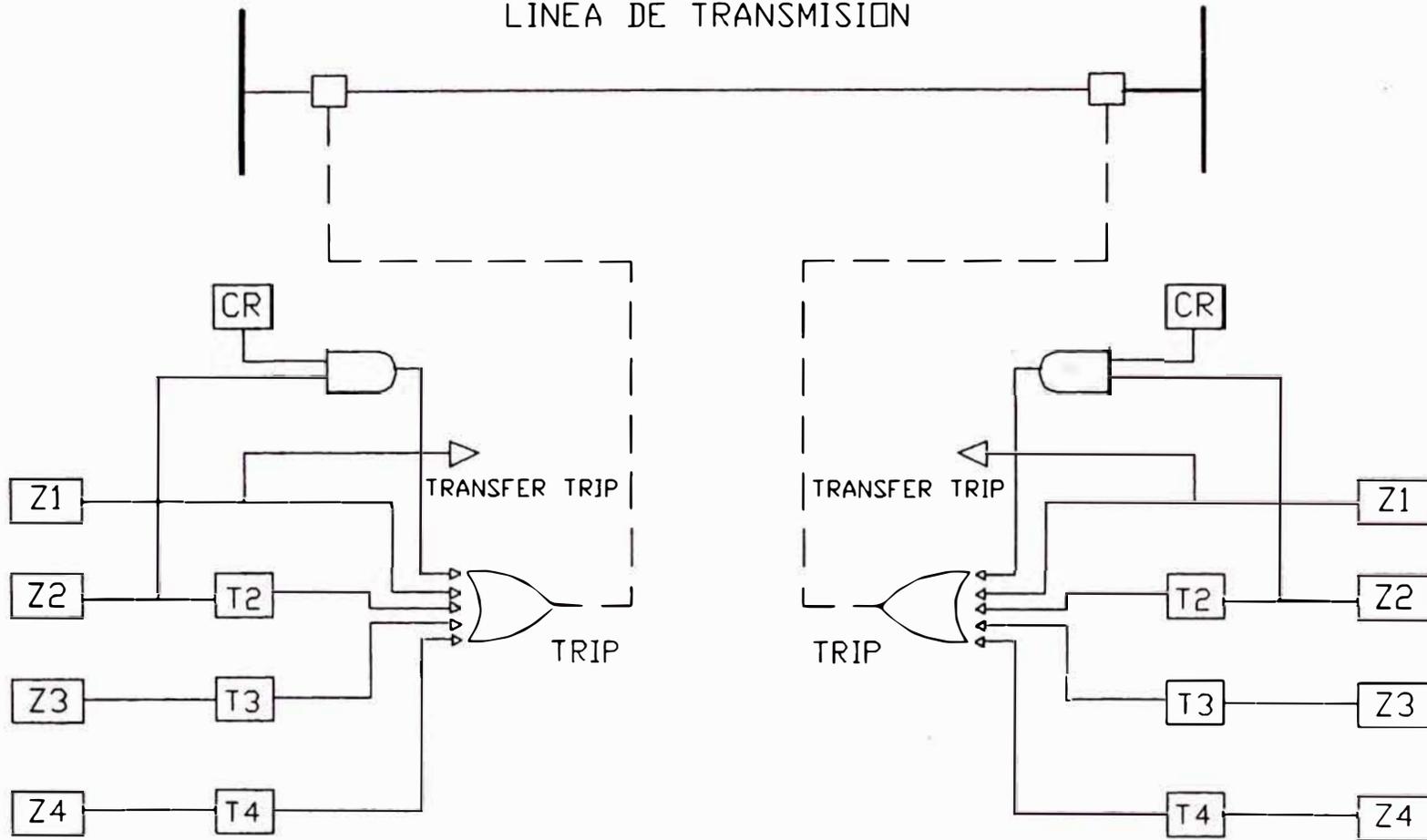
Esto se corrige interconectando los relé de distancia a ambos extremos a través de un canal de señalización (O.P), cuyo propósito es transmitir información de un extremo al otro y pueden ser arreglado de manera que se inicie o evite un disparo del interruptor remoto.

El relé que capta la falla en la primera zona activa al transformador de HF enviando una señal de manera que al otro extremo es recibida la señal y efectúa el disparo.

En la fig: 4.4, se muestra el esquema de Teleprotección de la protección de distancia (DLP1), la actuación de la primera zona (Z1) además de disparar el interruptor, origina la transmisión de la señal a la protección del extremo remoto de la línea donde la permisividad la proporciona solamente el arranque de la segunda zona Z2.

La protección de respaldo para fallas a tierra de alta impedancia 67n, operará bajo el esquema de comparación direccional, es decir, el disparo del interruptor por actuación del relé 67n está condicionado a la recepción de la señal de

LINEA DE TRANSMISION



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
 DE LA C.H DEL CAÑON DEL PATO
 DISPARO TRANSFERIDO CON SUBALCANCE
 PERMISIVO (PUTT)

RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS
 FIG : 4.4

onda portadora enviada por el relé 67n del extremo remoto de la línea.

4.6.3 Consideraciones previas a la coordinación

El alcance del estudio será efectuar los cálculos de ajuste de protección de las líneas de transmisión de 138Kv en el área del Cañón del Pato del sistema interconectado centro - norte (SICN).

Para continuar con la política de Eléctro Perú que es la de ir reemplazando paulatinamente los relés electromecánicos (por obsolescencia) existentes casi en la totalidad del SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA , consideramos al relé de distancia digital DLP1 (Descrito detalladamente más adelante), que nos trae beneficios considerables respecto a los relés electromecánicos.

Se aprovechará mejor las bondades del relé de distancia digital cuantos más equipos de la misma tecnología existan en la totalidad o parte del sistema.

Las ventajas más importantes son

- Espacio muy reducido
- Compuesto por paneles que se pueden instalar y probar facilmente.
- Registran totalmente las 5 últimas fallas, teniendo la capacidad de analizar y evaluar los gráficos y datos de fallas.

- El acceso de datos podrá realizarse localmente o en forma remota, esto permite trabajar en combinación con equipos de telediagnóstico y comunicaciones.
- Localiza fallas.

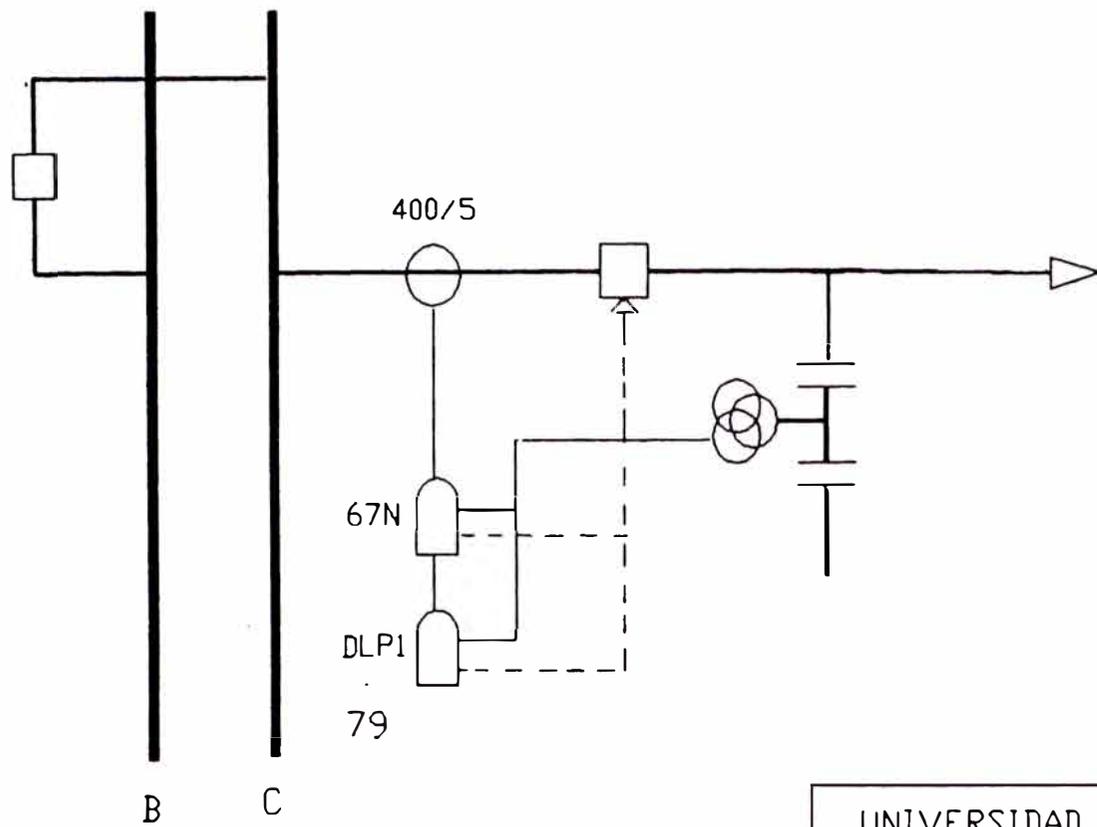
El diagrama unifilar del sistema de protección de las líneas de transmisión a utilizar será equivalente al de la línea A-132.

La fig : 4.5, muestra parte de la red del SICN donde se implementará relés General Eléctric reemplazando a los relés electromecánicos actualmente existentes.

La protección consta de un relé de distancia denominado protección principal.

Para respaldar fallas con contacto a tierra de alta impedancia donde pueden no actuar los relés de distancia, se tiene al relé de sobrecorriente homopolar direccional 67N, que operará bajo el esquema de comparación direccional, es decir el disparo del interruptor por actuación del relé 67N está condicionado a la recepción de la señal de onda portadora enviada por el relé 67N del extremo remoto de la línea.

Ante fallas transitorias se tienen los relés de recierre (79) que actuarán sólo cuando las fallas sean monofásicas, es decir, enviarán una orden de cierre del polo abierto del interruptor por una sola vez. Cuando la falla afecte más de una fase monofásica y persista luego del recierre monopolar, el relé de recierre quedará bloqueado y la apertura de los interruptores



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
 DE LA C.H DEL CANON DEL PATO
 SISTEMA DE PROTECCION ALTERNATIVO
 EN LA LINEA DE TRANSMISION 138kV

RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS

FIG : 4.5

será en forma trifásica y definitiva.

El relé 21P estará ligado al mismo relé de recierre (79) y todo este conjunto operará bajo el esquema de protección de disparo transferido con subalcance permisivo (PUTT) con apoyo de la onda portadora. La Fig: 4.4, muestra el esquema simplificado de teleprotección del 21P. La actuación de la primera zona además de disparar el interruptor, originan la transmisión de la señal a la protección del extremo remoto de la línea, donde la permisividad la proporciona el arranque de la segunda zona (Z2).

Se tendrá también una protección contra falla de los interruptores de línea (50/4) compuesto por un relé de sobrecorriente instantáneo y temporizado. Su actuación está condicionada a la operación de los relés de protección de línea, si éstos actúan y el interruptor no abre, el relé 50/4 debe actuar ordenando la apertura de los interruptores de los otros equipos conectados a la misma barra y mediante onda portadora ordenará también la apertura del otro extremo de la línea.

La descripción completa de cada uno de los relés señalados en el esquema anterior se dan en los manuales del fabricante, sin embargo indicaremos brevemente algunas características básicas del relé de distancia DLP1, así también la del relé de sobrecorriente homopolar direccional 67N. (Cap.4.6.9).

4.6.4 Descripción del relé de distancia DLP1

El módulo DLP1 es un relé digital basado en un microprocesador que utiliza la forma de onda como una muestra y junto con un algoritmo apropiado brindan la protección a la línea de transmisión y localización de fallas.

El DLP1 tiene 4 zonas de distancia a proteger y 6 formas o esquemas para lograrlo. Con una interfase hombre-máquina (MMI) se permite localmente ingresar a todos los ajustes, e inclusive a la selección de los esquemas.

El control a distancia, se realiza a través de PC's junto con una interfase RS232 y el software de comunicación GE'S DLP-LINK respectivo. Con este método a distancia también se podrá acceder localmente a todo el ajuste e información de fallas.

El DLP1 tiene la capacidad de analizar y evaluar las gráficas y datos de fallas, para ello se utilizará el GE'S DLP-DATA software.

Para proceder a los ajustes se seleccionará inicialmente uno de los seis esquemas con el cual protegemos a nuestra línea de transmisión bajo una forma en particular. Cada esquema tiene 24 ajustes designados como categorías, donde cada uno de ellos tiene su propio menú.

Las 24 categorías con sus respectivos submenús son las mismas para los 06 diferentes esquemas.

Los esquemas son:

- 1) Distancia mediante escalonamiento
- 2) Extension de la zona I
- 3) Disparo transferido con sobrealcance permisivo (POTT)
- 4) Disparo transferido con subalcance permisivo (PUTT)
- 5) Bloqueo
- 6) Hibrido

Las categorías o ajustes son

- 1) Función de distancia zona I (Z1DIST)
- 2) Zona 2 / zona piloto (Z2DIST)
- 3) Funciones de distancia zona 3 (Z3DIST)
- 4) Funciones de distancia zona 4 (Z4DIST)
- 5) Supervisión de sobrecorriente (CURSUPVIS)
- 6) Respaldo de sobrecorriente (OVERCUR)
- 7) Bloqueo de unidad de recierre (BLKRECLOS)
- 8) Unidad bloqueo de oscilación de pot (osb) (OUTOFSTEP)
- 9) Opción de cierre sobrefalla (LINEPU)
- 10) Detector de apertura remota(ROD) (REMOTEOOPEN)
- 11) Opción de sobrecarga de línea (LINEOVRD)
- 12) Selección de esquema (SCHEMESEL)
- 13) Temporizador lógico esquema de protección (SCHEMETIM)
- 14) Parámetros de la línea de transmisión (LINEQTY)
- 15) Ajustes configuración sistema de protección

(CONFIG)

- 16) Interfase de datos sistema scada (SCADA)
- 17) Entradas configurables (CNFGINPUTS)
- 18) Salida #1 configurable (BKR1CLSOUT)
- 19) Salida #2 configurable (BKR2CLSOUT)
- 20) Salida #3 configurable (BKR3CLSOUT)
- 21) Salida #4 configurable (BKR4CLSOUT)
- 22) Salida #5 configurable (BKR5CLSOUT)
- 23) Salida #6 configurable (BKR6CLSOUT)
- 24) Ajustes de recierre (RECLOSER)

✈ 4.6.5 Criterios adoptados para el ajuste del relé de distancia 21P

Para los cálculos de los ajustes de las protecciones mencionados anteriormente, se ha tomado como referencia los manuales de instrucción de los fabricantes de los relés.

En el cuadro 4.4, se muestran los valores de la impedancia de las líneas de transmisión dados en el cuadro 3.G (cap 3), pero reflejados al lado secundario de los transformadores de medida.

En base a estos parámetros y las intensidades de cortocircuito (cuadro 3.I y la Fig: 3,2-3-4-5), se han realizado los cálculos de los ajustes de los relés de distancia considerando los siguientes criterios :

CUADRO : 4.4

	PARAMETROS ELECTRICOS EN OHMS (LADO SECUNDARIO)								
	LONGITUD (KM)	R+	X+	R0	X0	Z+	<Z+	Z0	<Z0
L103(131)	84.00	0.6498	2.674	1.577	8.51	2.7518	76.34	8.712	79.5
L104(132)	84.00	0.677	2.80	1.650	8.926	2.88	76.40	9.078	79.5
L105(133)	84.00	0.677	2.80	1.64	8.872	2.88	76.40	9.076	79.5
L111(E132)	13.82	0.111	0.46	0.78	2.115	0.473	76.43	2.254	69.75
L106(C-131)	8.50	0.0635	0.292	0.16	0.91	0.299	77.31	0.924	80.00
L107(C-132)	8.50	0.0635	0.292	0.16	0.91	0.299	77.31	0.924	80.00

DESDE HUALLANCA

$$Z1 = 90\% ZLP \qquad T1 = \text{INST. (directo)}$$

$$Z2 = ZLP + 50\% ZLC \qquad T2 = 0.4 \text{ s (directo)}$$

$$Z3 = ZLP + ZLC \qquad T3 = 0.9 \text{ s (directo)}$$

$$Z4 = XT \qquad T4 = 1.0 \text{ s (inverso)}$$

DESDE CHIMBOTE

$$Z1 = 90\% ZLP \qquad T1 = \text{INST. (directo)}$$

$$Z2 = 130\% ZLP \qquad T2 = 0.4 \text{ s (directo)}$$

$$Z3 = ZLP + XT/2 \qquad T3 = 0.9 \text{ s (directo)}$$

$$Z4 = ZLC \qquad T4 = 1.5 \text{ s (inverso)}$$

donde :

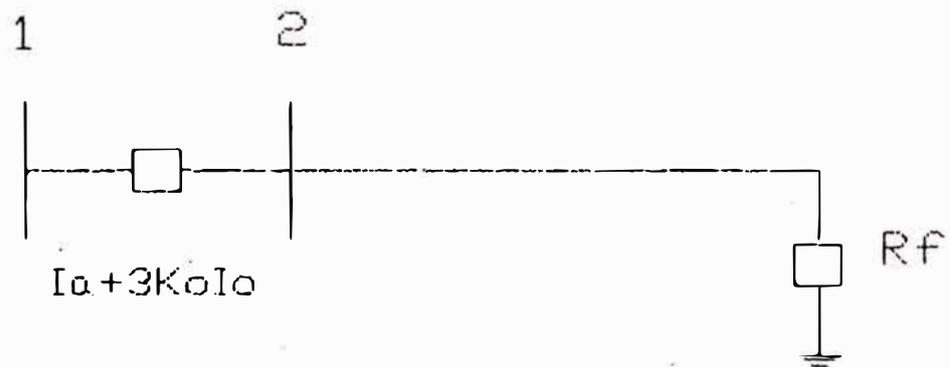
ZLP = Impedancia de la línea principal

ZLC = Impedancia de la línea más corta

XT = Impedancia del transformador

Como se menciona en el capítulo 3 (3.3) se comprueba el alcance de las zonas de los relés de distancia calculando la impedancia aparente presentada a los relés para fallas trifásicas y monofásicas en las barras cercanas a la red comprendida en el siguiente estudio, (cuadro 4.5).

El procedimiento es como sigue:



CUADRO 4.5

LINEA DE TRANSMISION	TIPO DE FALLA		
	IMPEDANCIA VISTA POR EL RELE (FALLA MONOFASICA)		
	Rf = 0.0 ohm	Rf = 10 ohm	Rf = 20 ohm
HIDRO138 - SCHIM1138	0.7258 / 83.2	0.7608 / 68.145	0.836 / -55.129
SCHIM1138 - SCHIM2B138	0.2456 / 81.48	0.2563 / 71.49	0.2737 / 62.52
SCHIM2B138 - SENE138	0.142 / 78.1	0.14712 / 70.94	0.1543 / 64.37
SCHIM1138 - HIDRO138	1.425 / 85.17	1.542 / 68.68	1.8 / 56.448
HIDRO138 - SCHIM1138	IMPEDANCIA VISTA POR EL RELE (FALLA TRIFASICA)		
	Rf = 0.0 ohm		
SCHIM1138 - SCHIM2B138	0.6873 / 85.92		
SCHIM2B138 - SENE138	-----		

Falla monofásica:

$$Z = V_{\text{pre-falla}} / (I_a + 3K_o I_a)$$

donde :

$$V_{\text{pre-falla}} = \text{Tensión de pre-falla (1 } \phi \text{)}$$

K_o = Factor de corrección de la impedancia

I_a = Corriente a través de la fase "a" dañada.

Falla trifásica:

$$Z = V_{\text{pre-falla}} / I_r$$

El alcance de la zona tres (Z3) visto desde huallanca se modifica (aumenta) por las contribuciones intermedias que existen.

El alcance de la Z3 visto desde chimbote no cubre todo el transformador, por lo tanto las fallas en el lado de baja tensión de los transformadores no serán detectados por los relés de distancia.

La zona cuatro (Z4) para ambos lados tendrá una dirección inversa a las otras tres zonas.

La impedancia de falla vista por un relé de distancia se ve siempre afectada por los efectos de la resistencia de falla, el acoplamiento mutuo entre líneas paralelas y el sentido del flujo de carga; los que originan un aumento o disminución, aparente de la impedancia de falla que podrían ocasionar la no operación de estos relés.

En líneas de transmisión cortas y con bajos valores de impedancia (de 20 a 50 ohm aprox.), como es el caso de las líneas de transmisión de Huallanca, la resistencia de falla tiene una gran incidencia en la impedancia total de falla, ya que la aumenta y la desplaza hacia el eje R, pudiendo sacarla del alcance del relé.

En las líneas de doble terna, y para los casos de fallas monofásicas, el efecto de la impedancia de acoplamiento mutuo en secuencia homopolar entre líneas paralelas, igualmente aumenta y distorsiona la variación de la impedancia de falla que es vista por el relé a lo largo de la línea.

La variación de la impedancia de falla, es también afectada por el sentido de flujo de carga, lo que hace que la impedancia aparente vista por el relé para el caso de fallas bifásicas y trifásicas, sea menor o mayor, según el sentido del flujo, que en el caso de fallas monofásicas.

En el cuadro 4.6 se dan los ajustes del relé de distancia DLP1.

El desarrollo del procedimiento para el ajuste del relé de distancia DLP1 basados en los criterios descritos en el 4.6.5 es el siguiente:

ZONA 1

S.S.E.E HIDRO1138

Cubrimos solamente el 90 % de la línea, esto es para compensar los sobrealcances que se puedan presentar debido a la impedancia mutua de secuencia cero para fallas a tierra.

Como la protección tiene por separado el ajuste para el factor KO, se tiene la debida flexibilidad en el rango.

Debido a que las unidades MHOS no tiene direccionabilidad se tiene la unidad Z1SU que representa al mínimo alcance para supervisar a la unidad del MHOS. Este ajuste se calcula facilmente si la máxima carga que fluye por la línea es conocida.

Mediante las siguiente expresiones procedemos a calcularlo:

El factor KO (Z1KO)

$$0.95 (ZOL) / (Z1L) = 0.95 (8.712) / (2.7518)$$

$$KO = 3.00$$

donde: ZOL=Impedancia de sec. cero de la linea.

Z1L=Impedancia de sec. positiva de la linea.

Z1SU

Hallando la máxima potencia que puede soportar el T.C

$$SL = 1.2(5)(115)1.7372 = 1195$$

de $ZL = V^2 / SL$ entoces

$$ZL = 11.0658 = Z1SU$$

Una falla localizada en este sector será de apertura instantanea.

S.S.E.E SCHIM1138

Los criterios son los mismos o sea :

$$Z1 = 90 \% Z1L$$

t = instantaneo.

ZONA 2

S.S.E.E HIDRO1138

Protegeremos además de la línea principal (HIDRO1138 -SCHIM1138), el 50 % de la línea adyacente más corta . El objetivo será para brindar una protección de respaldo a el último 10% de la línea principal a proteger aún no cubierta en la zona 1.

Inicialmente ajustaremos nuestro tiempo de operación en 0.4 seg.

S.S.E.E SCHIM1138

La impedancia de la zona 2 será igual al 130 % de la impedancia (+) de la línea principal.

t = 0.4 seg.

ZONA 3

S.S.E.E HIDRO1138

En esta zona terminamos de cubrir incluyendo la línea principal la línea adyacente.

El ajuste en tercera zona considerará las contribuciones intermedias modificandose (ampliandose) las impedancias aparentes medidas por el relé de distancia.

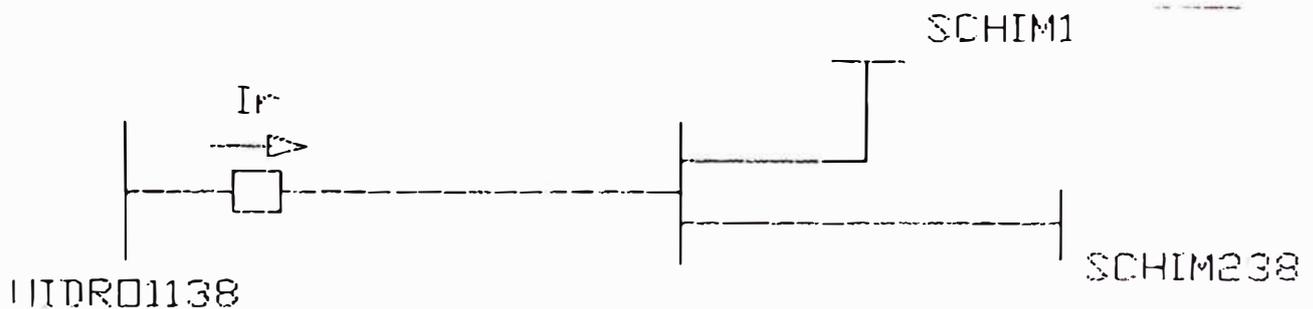
El tiempo de operación para esta zona es de 0.9 seg.

La contribución se considera como sigue : (ver fig. adjunta)

$$Z_R = V_R / I_R = (Z_{2F} * (I_2 + I_R) + Z_{12} I_R) / I_R$$

simplificando:

$$Z_R = Z_{2F} + Z_{12} + (I_2 / I_R) * Z_{2F}$$



S.S.E.E SCHIM1138

La impedancia de la zona 3 la hallamos hasta el 50 % del transformador.

$$\text{Esto es : } Z_3 = Z_{1L} + X_T / 2$$

donde X_T = impedancia del transformador

CUADRO 4.6

AJUSTES DEL RELE DLP1

USTE	CODIGO	DESCRIPCION	S.S.E.E			SCHI1138		
			L-103	L-104	L-105	L-103	L-104	L-105
	ZIDIST	FUNCIONES DE DISTANCIA ZONA1						
01	SELZI6	SELECCION DE ZONA1 DE TIERRA	YES	YES	YES	YES	YES	YES
02	SELZI6	SELECCION DE ZONA1 DE FASE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
03	ZIR	AJUSTE ALCANCE (M1) ZONA1 DE FASE	2.477	2.592	2.592	2.477	2.592	2.592
04	ZIR	AJUSTE ALCANCE (M16) ZONA1 DE TIERRA	2.477	2.592	2.592	2.477	2.592	2.592
05	SELZIU	SELECCION CARACTERISTICA ZONA1 DE TIERRA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06	ZISU	AJUSTE DEL ALC. UNID.MHO (SI SELZIU 1)	11.065	11.065	11.065	11.065	11.065	11.065
07	ZIKO	COMPENSACION CORRIENTE SECUENCIA CERO	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
08	ZIERST	TEMPORIZADOR CANCELAC. ALC. ZONA1 EXT.	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

Z	Z2DIST	ZONA2 / ZONA PILOTO						
001	SELZ26	SELECCION DE ZONA 2 DE TIERRA	YES	YES	YES	YES	YES	YES
002	SELZ2P	SELECCION DE ZONA 2 DE FASE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
003	Z2R	AJUSTE ALCANCE (MT) ZONA2 DE FASE	2.9	2.9	2.9	3.577	3.577	3.577
004	Z26R	AJUSTE ALCANCE (MT6) ZONA2 DE FASE	2.9	2.9	2.9	3.577	3.577	3.577
005	SELZ2U	SEL.CARACT.ZONA2 UNID. GROUND.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
006	SELZ2T	SELECCION TEMPORIZADORES ZONA2	YES	YES	YES	YES	YES	YES
007	PUTL2P	AJUSTE TEMPORIZADOR ZONA2 DE FASE	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
008	PUTL26	AJUSTE TEMPORIZADOR ZONA2 DE TIERRA	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
009	Z2PAN6	ANGULO DE CARACTERIST. ZONA2 DE FASE	90	90	90	90	90	90
010	Z26AN6	ANGULO DE CARACTERIST. ZONA2 DE TIERRA	90	90	90	90	90	90

Z3	Z3DIST	FUNCIONES DE DISTANCIA ZONA 3						
0301	SELZ36	SELECCION DE ZONA 3 DE TIERRA	YES	YES	YES	YES	YES	YES
0302	SELZ3P	SELECCION DE ZONA 3 DE FASE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
0303	Z3R	AJUSTE ALCANCE (M3) ZONA3 DE FASE	3.755	3.755	3.755	4.47	4.47	4.47
0304	Z36R	AJUSTE ALCANCE (M36) ZONA3 DE TIERRA	3.755	3.755	3.755	4.47	4.47	4.47
0305	PUTL3P	AJUSTE TEMPORIZADOR ZONA3 DE FASE	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
0306	PUTL36	AJUSTE TEMPORIZADOR ZONA3 DE TIERRA	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
0307	Z3PAN6	ANGULO DE CARACTERIST. ZONA3 DE FASE	90	90	90	90	90	90
0308	Z36AN6	ANGULO DE CARACTERIST. ZONA3 DE TIERRA	90	90	90	90	90	90

Z4	Z4DIST	FUNCIONES DE DISTANCIA ZONA 4						
0401	SELZ46	SELECCION DE ZONA 4 DE TIERRA	YES	YES	YES	YES	YES	YES
0402	SELZ4P	SELECCION DE ZONA 4 DE FASE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
0403	Z4R	AJUSTE ALCANCE (M4) ZONA4 DE FASE	1.714	1.714	0.514	0.299	0.299	0.299
0404	Z46R	AJUSTE ALCANCE (M46) ZONA4 DE TIERRA	1.714	1.714	0.514	0.299	0.299	0.299
0405	Z4OR	ALCANCE INVERSO DE ZONA4 DE FASE	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
0406	SELZ4T	SELECCION TEMPORIZADORES ZONA4	YES	YES	YES	YES	YES	YES
0407	PUTL4P	AJUSTE TEMPORIZADOR ZONA4 DE FASE	1	1	1	1.4	1.4	1.4
0408	PUTL46	AJUSTE TEMPORIZADOR ZONA4 DE TIERRA	1	1	1	1.4	1.4	1.4
0409	Z4PAN6	ANGULO DE CARACTERIST. ZONA4 DE FASE	90	90	90	90	90	90
0410	Z46AN6	ANGULO DE CARACTERIST. ZONA4 DE TIERRA	90	90	90	90	90	90
0411	SELZ4D	SELECCION DE DIRECCION	1	1	1	1	1	1

AJUSTES DEL RELE DLP1

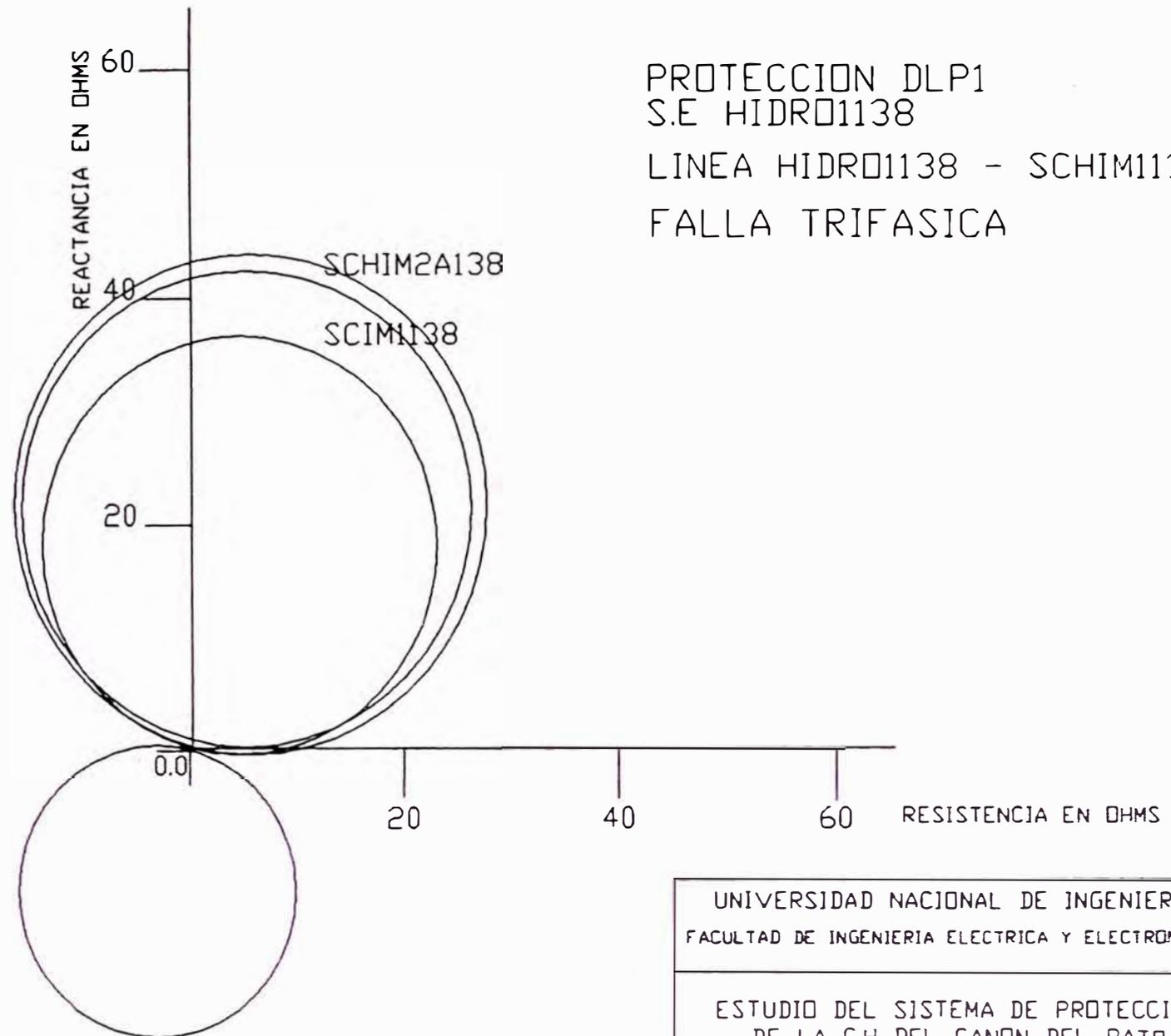
		S.S.E.E	HIDRO 138			SCH1138		
		LINEAS	L-103	L-104	L-105	L-103	L-104	L-105
AJUSTE	CODIGO	DESCRIPCION						
05	CURSUPVI	SUPERVISION DE CORRIENTE						
0501	PUIFT	DISPARO PILOTO (IPT) SOBREC A TIERRA	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
0502	PUIPE	BLOQUEO PILOTO (IPE) SOBREC A TIERRA	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
0503	PUIT	SUPERVISION DE DISPARO (IT) SOBRECORRIENTE	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
0504	PUIE	SUPERVISION DE BLOQUEO (IE) SOBRECORRIENTE	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
06	OVERCUR	RESPALDO DE SOBRECORRIENTE						
3601	SELPH4	SELEC.UNID SOBR DE FASE INSTANT (PH4)	YES	YES	YES	YES	YES	YES
3602	PUPH4	AJUSTE DE UNID DE SOBRECOR DE FASE INST.	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
3603	SELIDT	SEL UNID SOBR DE TIERRA INSTANT. (IDT)	YES	YES	YES	YES	YES	YES
3604	SELDIDT	CONTROL DIRECCIONAL DE (IDT)	YES	YES	YES	YES	YES	YES
3605	PUIDT	AJUSTE DE UNID DE SOBR DE TIERRA INSTANT	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
3606	SELTOC	SELEC. TIEMPO UNID SOBR DE TIERRA (TOC)	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3607	SELDTOC	CONTROL DIRECCIONAL DE (TOC)	YES	YES	YES	YES	YES	YES
3608	PUTOC	AJUSTE DE TIEMPO UNID SOBR DE TIERRA						
3609	TDTOC	DIAL DE TIEMPOS UNID DE SOBRE DE TIERRA						
3610	PUTTH	TEMPORIZACION DE LA OPCION TIEMPO FIJO	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
3611	SELCURV	SELECCION CURVA CARACTERISTICA (TOC)	4	4	4	4	4	4
3612	KDCONST	RESTRICCION SEC POSITIVA INST DE TIERRA						
17	BLKRECL0	BLOQUEO DE UNIDAD DE RECIERRE						
1701	SELALL	SELECCION TOTAL	YES	YES	YES	YES	YES	YES
1702	RB05B	BLOQUEO DE UNID. OSCILACION DE POTENCIA	YES	YES	YES	YES	YES	YES
1703	RB2PH	FUNCIONES TOTALES DE ZONA2 DE FASE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
1704	RBT0C	SOBRECORRIENTE A TIERRA TEMPORIZADO	YES	YES	YES	YES	YES	YES
1705	RBZ2T	TEMPORIZADORES ZONA2	YES	YES	YES	YES	YES	YES
1706	RBZ3T	TEMPORIZADORES ZONA3	YES	YES	YES	YES	YES	YES
1707	RBZ4T	TEMPORIZADORES ZONA4	YES	YES	YES	YES	YES	YES
1708	RBZ1PH	CUALQUIER FUNCION DE ZONA1 DE FASE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
1709	RBZ2PH	CUALQUIER FUNCION DE ZONA2 DE FASE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
8	OUTOFSTE	UNID.DE BLOQUEO DE OSC.DE POTENCIA(OSB)						
801	SELPTZ	SEL. UNID.DE FASE CON LA QUE COORDINARA						
802	MOBAN6	ANGULO CARACTERISTICO (POSAN6-20)	56	56	56	56	56	56
803	SELOSE	SELEC. ACCIONES DE BLOQUEO DE DISPARO						
	LINEPU	OPCION DE CIERRE SOBRE FALLA						
901	SELLPU	SELECCION DE OPCION C SERRE SOBRE FALLA						
902	SELTBP	SELECCION DE TEMPORIZADOR BYPASS (TL3)						
903	PUIT	AJUSTE DE SOBREC.SECUENCIA POSITIVA						
	REMTEOP	DETECTOR DE APERTURA REMOTA (ROD)						
001	SELROD	SELECCION DE DETECTOR DE APERTURA REMOTA						
002	PUTL20	AJUSTE DEL TEMPORIZADOR (TL20)						
003	SELFFB	BLOQUEO DE DISPARO DE FALLO FUSIBLE						

AJUSTES DEL RELE DLP1									
			S.S.E.E	HIDRO 138			SCH1138		
			LINEAS	L-103	L-104	L-105	L-103	L-104	L-105
AJUSTE	CODIGO	DESCRIPCION							
11	LINEOVR	OPCION DE SOBRECARGA DE LINEA							
1101	SELOVL	SELECCION DE OPCION DE SOBRECARGA DE LINEA							
1102	PULV1	AJUSTE DE SOBRECORRIENTE NIVEL 1							
1103	PULV2	AJUSTE DE SOBRECORRIENTE NIVEL 2							
1104	PULT31	TEMPORIZADOR NIVEL 1 (TL31)							
1105	PULT32	TEMPORIZADOR NIVEL 2 (TL32)							
12	SCHEMSE	SELECCION DE ESQUEMA							
1201	SELSCH	SEL. DE ESQUEMA DE PROTECCION	2	2	2	2	2	2	2
1202	NUMRCVR	NUMERO DE RECEPTORES	1	1	1	1	1	1	1
1203	TRPMODE	MODO DE DISPARO	1	1	1	1	1	1	1
13	SCHEMETI	TEMPORIZAD LOGICO ESQUEMA DE PROTECCION							
1301	PULT1	ENERGIZACION INTEGRADOR DE DISPARO (TL1)							
1302	PULT5	ENERGIZAC.DE CONTACTO DE COORD.52/B(TL5)							
1303	DOTL5	DESENERGIZAC.CONTAC DE COORD.52/B(TL5)							
1304	PULT6	ENERGIZAC.DE CONTACTO DE COORD.52/B(TL6)							
1305	DOTL6	DESENERGIZAC.CONTAC DE COORD.52/B(TL6)							
1306	PULT4	ENERGIZACION DE COORDINACION POTT (TL4)							
1307	DOTL40C	DESENERGIZACION DE COORDINAC POTT (TL4)							
1308	PULT16	ENERGIZAC DE DISPARO ALIMENT DEBIL(TL16)							
14	LINEQTY	PARAMETROS DE LINEA DE TRANSMISION							
1401	POSANG	ANGULO DE SEC POSITIVA DE MAX ALCANCE	76	76	76	76	76	76	76
1402	ZERANG	ANGULO DE SEC CERO DE MAX ALCANCE	79.5	79.5	79.5	79.5	79.5	79.5	79.5
1403	ZP	IMPEDANCIA DE SECUENCIA CERO	2.7518	2.88	2.88	2.7518	2.88	2.88	2.88
1404	KO	COMPENSACION DE CORRIENTE DE SEC CERO	3.145	3.15	3.15	3.145	3.15	3.15	3.15
1405	LINELIN	LONGITUD DE LINEA DE TRANSMISION	83	83	83	83	83	83	83
15	CONFIG	AJUSTES DE CONFIGURACION SIST. DE PROTEC							
1501	UNITED	NUMERO DE IDENTIFICACION DEL REL DLP	0	0	0	0	0	0	0
1502	SYSFREQ	FRECUENCIA DEL SISTEMA	60	60	60	60	60	60	60
1503	NUMBKRS	NUMERO DE INTERRUPTORES	1	1	1	1	1	1	1
1504	TRIPCIRC	MONITOREO DEL CIRCUITO DE DISPARO	1	1	1	1	1	1	1
1505	SELPRIM	SELEC.DE MAGNITUDES LADO PRIMAR/SECUND	0	0	0	0	0	0	0
1506	CTRATIO	RELACION DE TRANSFORMACION DE CORRIENTE	80	80	80	80	80	80	80
1507	PTRATIO	RELACION DE TRANSFORMACION DE TENSION	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
1508	DISTUNIT	UNIDAD DE LONGITUD	1	1	1	1	1	1	1
1509	COMMPORT	PUERTA DE COMUNICACIONES	2401	2401	2401	2401	2401	2401	2401
1510	PHASDES6	DESIGNACION DE SECUENCIA DE FASES	0	0	0	0	0	0	0
1511	SELTSYNC	SELECCION DE SINCRONIZACION DE TIEMPO							
1512	NUMFLTS	NUMERO DE FALLAS A ALMACENAR	4	4	4	4	4	4	4
1513	PREFLT	NUMERO DE CICLOS DE PRE-FALLA	6	6	6	6	6	6	6
1514	OSCTRIG	ARRANQUE DEL REGISTRADOR DE FALLAS							

PROTECCION DLP1
S.E. HIDRO1138

LINEA HIDRO1138 - SCHIM1138

FALLA TRIFASICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

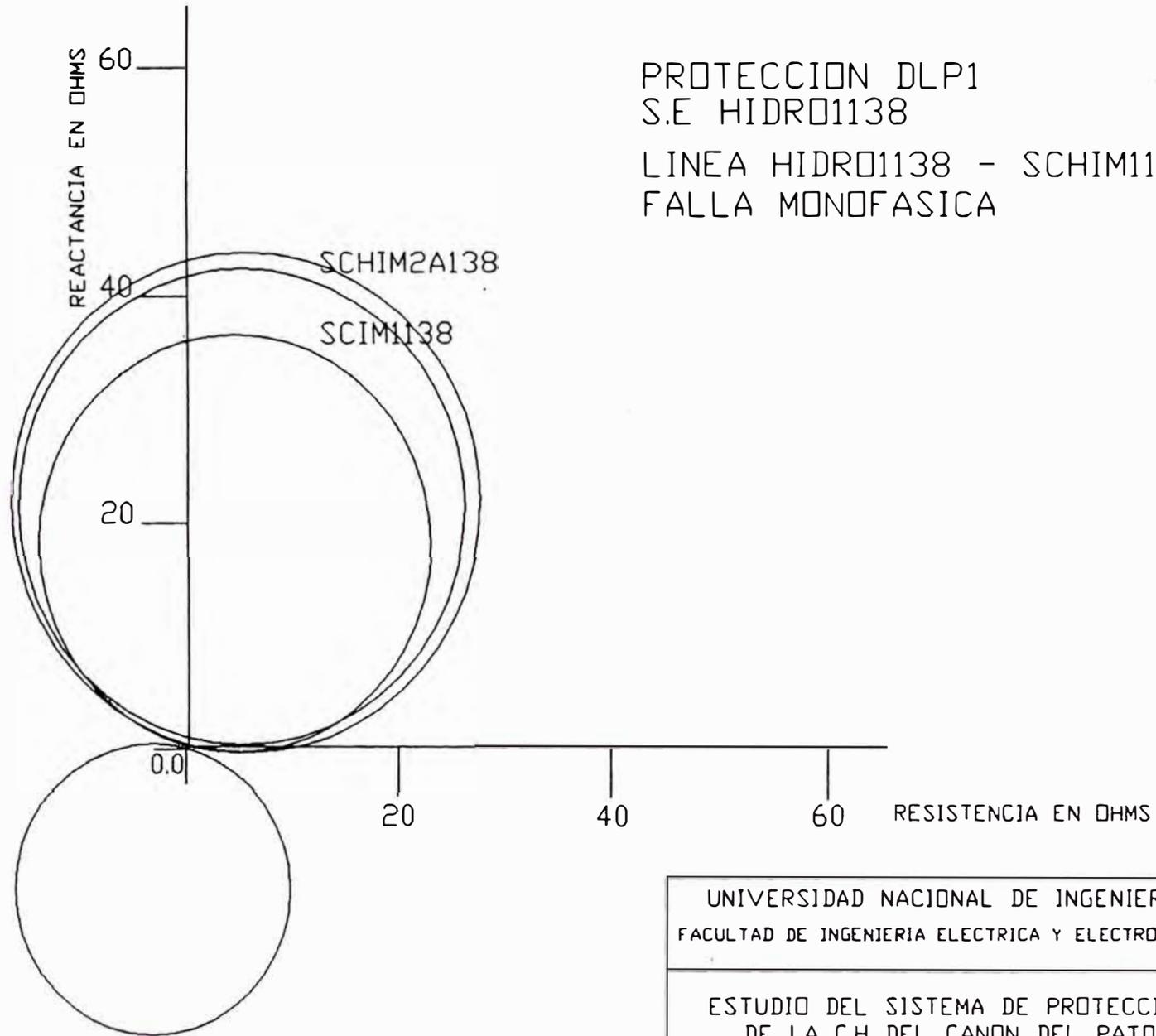
ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA C.H DEL CANON DEL PATO
ZONAS DE PROTECCION (RELE DLP1)

RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS

FIG : 4.6

PROTECCION DLP1
S.E. HIDRO1138
LINEA HIDRO1138 - SCHIM1138
FALLA MONOFASICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

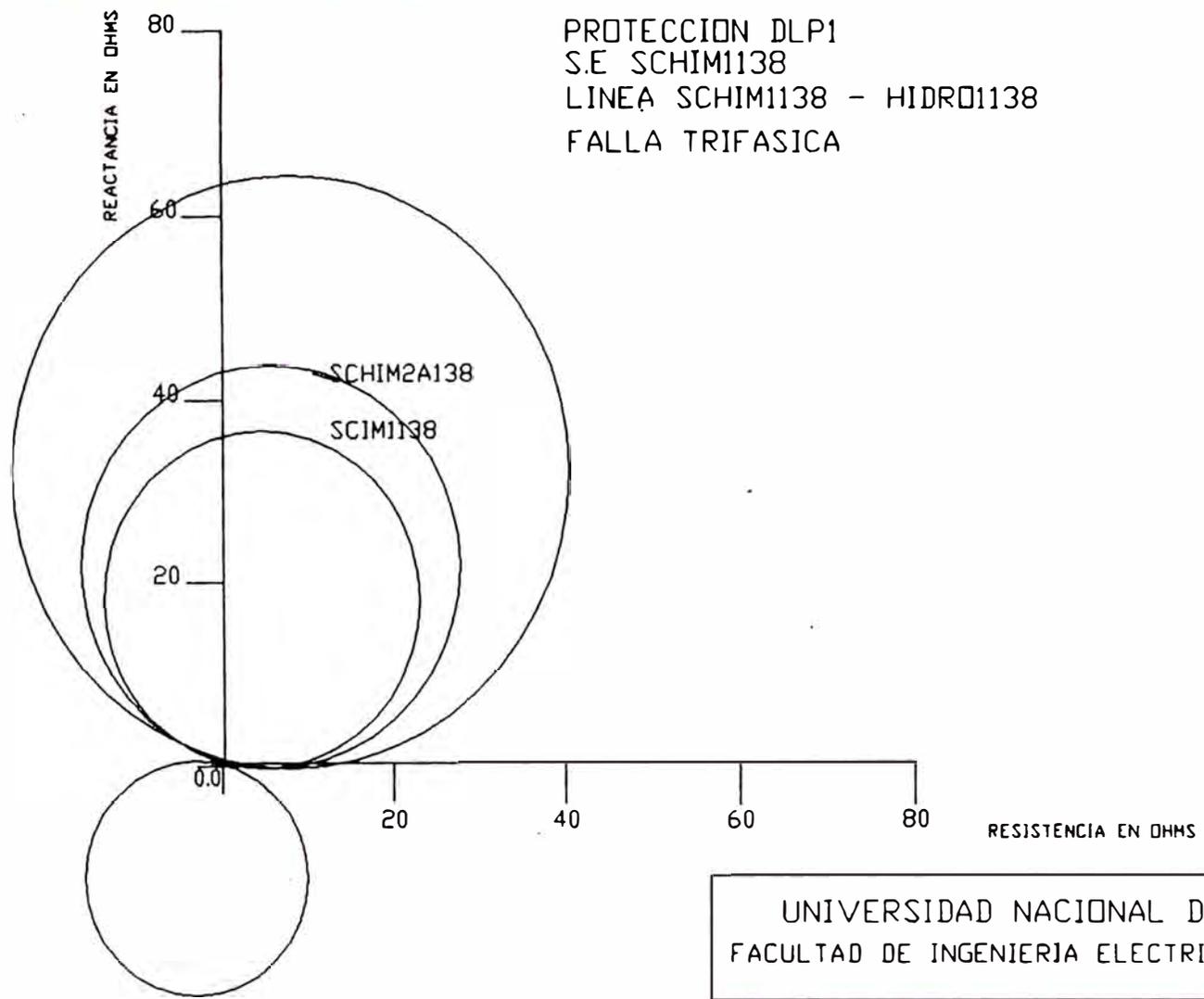
ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA C.H DEL CANON DEL PATO
ZONAS DE PROTECCION (RELE DLP1)

RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS

FIG : 4.7

PROTECCION DLP1
S.E SCHIM1138
LINEA SCHIM1138 - HIDRO1138
FALLA TRIFASICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

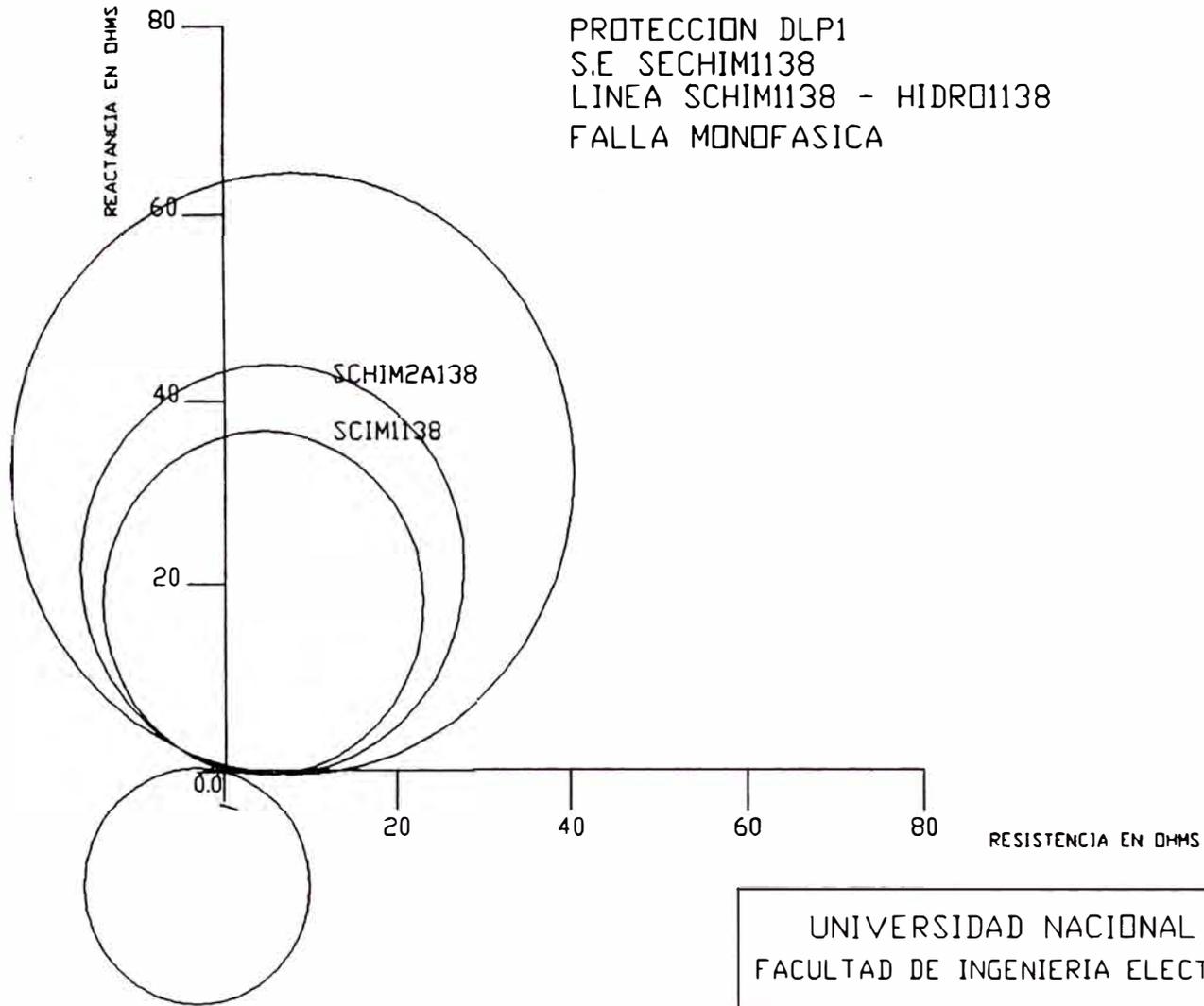
ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA C.H DEL CANON DEL PATO
ZONAS DE PROTECCION (RELE DLP1)

RAUL O. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS

FIG : 4.8

PROTECCION DLP1
S.E SECHIM1138
LINEA SCHIM1138 - HIDRO1138
FALLA MONOFASICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PROTECCION
DE LA C.H DEL CANON DEL PATO
ZONAS DE PROTECCION (RELE DLP)

RAUL D. CASAVARDE SAAVEDRA

TESIS

FIG : 4.9

ZONA 4

S.S.E.E HIDRO1138

El ajuste para la zona 4 es considerada en sentido inverso. Esto es para respaldar al transformador y barras.

Para el alcance de esta zona consideramos a toda la impedancia del transformador de huallanca

$$X_T = 1.714$$

S.S.E.E SCHIM1138

Consideramos la impedancia de la línea más corta. El sentido inverso respalda a la línea mas corta.

$$Z_4 = Z_L (L106-C131)$$

$$t = 1.5 \text{ seg.}$$

donde : L106-C131 = línea SCHIM1138 - SCH2A138

(línea adyacente mas corta)

Las fig: 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, esquematizan las zonas de protección através del relé de distancia DLP1.

4.6.6 Relé de recierre automático

Este relé de recierre automático de los interruptores ante fallas transitorias en líneas, actuará solo cuando las fallas sean monofásicas , o sea, la orden será cerrar el polo abierto (originado por el relé de distancia) del interruptor por una sola vez.

Cuando las fallas son bifásicas, trifásicas, o si persiste la falla descrita anteriormente, entonces el relé de recierre quedará bloqueado, aperturando el relé de distancia los interruptores en

forma trifásica y definitiva.

4.6.7 Relés de sobrecorriente

Los relés de sobrecorriente son empleados para proteger a los equipos principales contra daños por eventuales fallas entre fases o a tierra.

Por ser elementos conectados en serie su actuación debe coordinarse adecuadamente. Para ello se requiere lo siguiente :

- El diagrama unifilar del sistema con sus dispositivos de protección y transformadores de corriente asociados.
- Las impedancias de todos los elementos de la red (generador, transformador de potencia, líneas, etc).
- Las magnitudes máximas y mínimas de la corriente de cortocircuito, para cada dispositivo de protección.
- Las magnitudes de corriente de carga normal y sobre cargas temporales.

Para obtener una adecuada coordinación entre dos relés de sobrecorriente uno principal y el otro de respaldo utilizaremos para determinar el margen de seguridad " T " un intervalo variable, esto se consigue con la siguiente fórmula:

$$T = A + B*t \dots\dots\dots (1)$$

donde:

T = intervalo de coordinación

t = tiempo de operación del relé principal

A = 0.25 y B = 0.25 si el relé respalda a un relé

A = 0.15 y B = 0.4 si el relé respalda a un fusible.

El tiempo de operación del relé principal (t) se halla generalmente en base a una fórmula de la norma IEC - 225:

$$t = \frac{K * M}{(I/I_s)^n - 1}$$

Donde :

t = TIEMPO DE OPERACION DEL RELE (seg)

k = AJUSTE DEL MULTIPLICADOR DE TIEMPO

I = NIVEL ACTUAL DE LA CORRIENTE

I_s = NIVEL DE LA CORRIENTE DE AJUSTE

	M	N
CURVA NORMAL INVERSA	0.02	0.14
CURVA MUY INVERSA	1.0	13.5
CURVA EXTREMADAMENTE INVERSA	2.0	80.0

Las constantes " M " y " N " determinan los grados de inversión de las tres curvas características del relé.

4.6.8 Protección de sobrecorriente de la S.E HIDRO1138

A) PROTECCION DE SOBRECORRIENTE DE FASE

La coordinación entre los diversos elementos de protección de sobrecorriente se ha realizado mediante la definición de sus ajustes, tanto de corriente como de tiempo, logrando así una mejor selectividad. Para ello consideraremos lo siguiente

- Los elementos involucrados para la protección de sobrecorriente son los generadores y las líneas de transmisión HIDRO1138-SCHIM138.
- Se tomó un margen de coordinación entre relés de 0.475 seg. como mínimo, este tiempo obtenido de la fórmula 1 tomando en cuenta el tiempo de operación del relé principal en 0.9 seg considera el tiempo de actuación del interruptor mas la carrera inercial de los relés después de eliminada la falla y además un margen de seguridad para compensar los errores que pudiera haber en los valores estimados de corriente de falla, tiempo de operación de los relés y errores en los transformadores de corriente.
- El criterio para la selección de la corriente de arranque de la protección de fase es que asegure su operación para la corriente de falla mínima (fig:3.4) que es de 280 A que reflejado a su secundario es $(280/400)*5 = 3.5$ A; esta corriente representa una potencia de 67 MVA, potencia mayor de la que nominalmente soporta la línea aún considerando un margen del 20 % adicional osea 60 MVA, por lo que seleccionamos como corriente de arranque el de 3.5A.

B) PROTECCION DIRECCIONAL DE SOBRECORRIENTE DE TIERRA 67N

El relé de sobrecorriente homopolar direccional es un relé de respaldo contra la no actuación del relé de distancia por presencia de altos valores de resistencia de falla, por lo tanto la corriente de arranque de la protección de tierra debe ser lo suficientemente sensible.

La temporización de la protección de fase y tierra se ha seleccionado teniendo en cuenta que las fallas en la línea principal, inclusive las que se produzcan en barras de la S.E. de SCHIM1 138 sean eliminadas por el relé de distancia hasta en un tiempo del segundo escalón.

Las curvas de coordinación de la protección de fase se muestra en la fig : 4.10, conjuntamente con las curvas de las protecciones del generador; los ajustes se encuentran en la categoría 6 del cuadro de ajuste del DLP1 (cuadro 4.6).

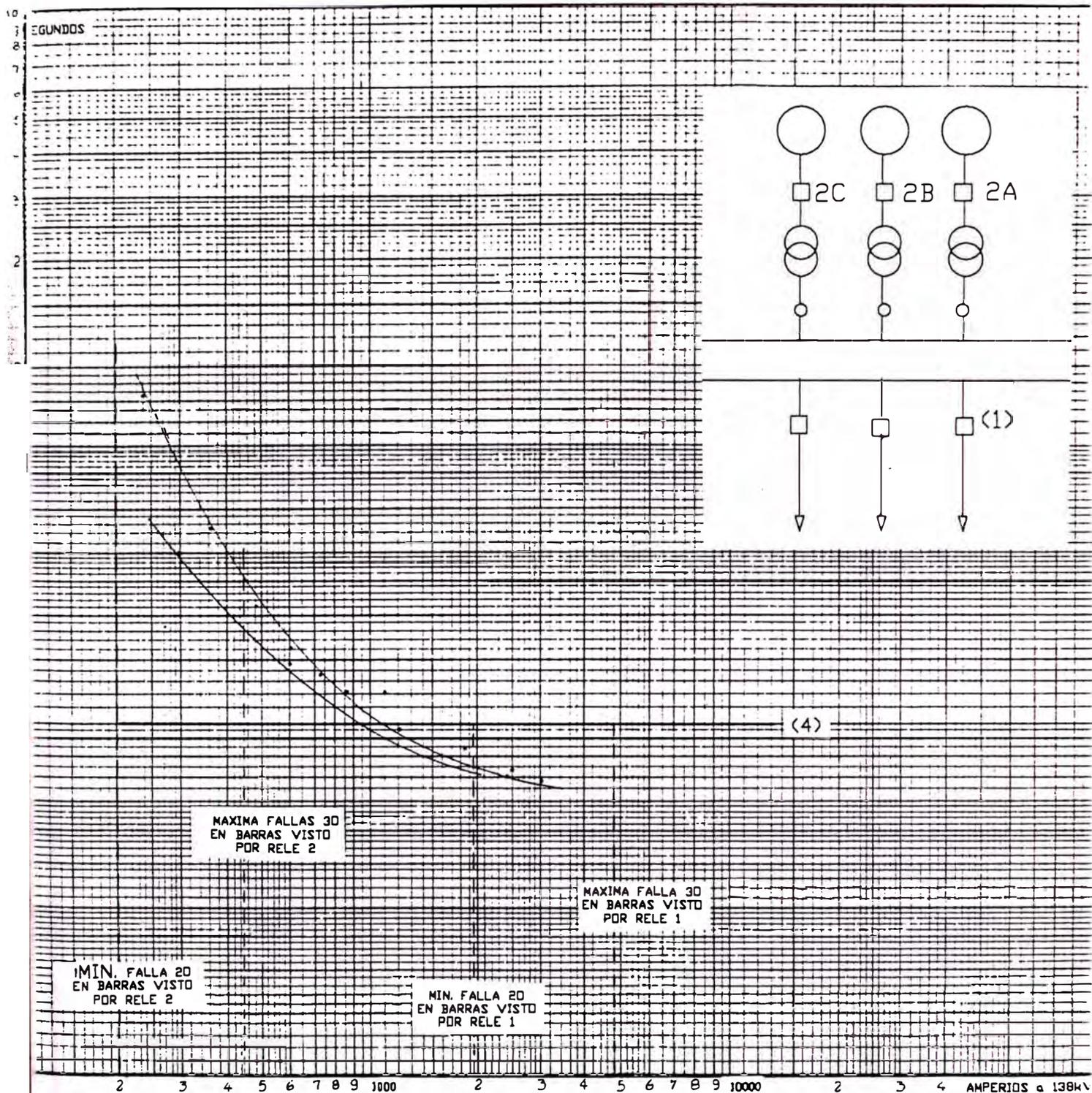
En la fig : 4.11, se muestra la curva del relé de sobrecorriente de tierra; sus ajustes se dan en el cuadro 4.9.

Para los ajustes del relé MLCG se ha considerado la características de operación de tiempo fijo con la finalidad de una mejor coordinación con el relé de distancia.

En ambas curvas de coordinación las corrientes estan referidas a 138 kv; y la curva característica de los generadores de la segunda etapa se modificó del TMS = 1.5

PROTECCION DE FASES

FIG : 4.10

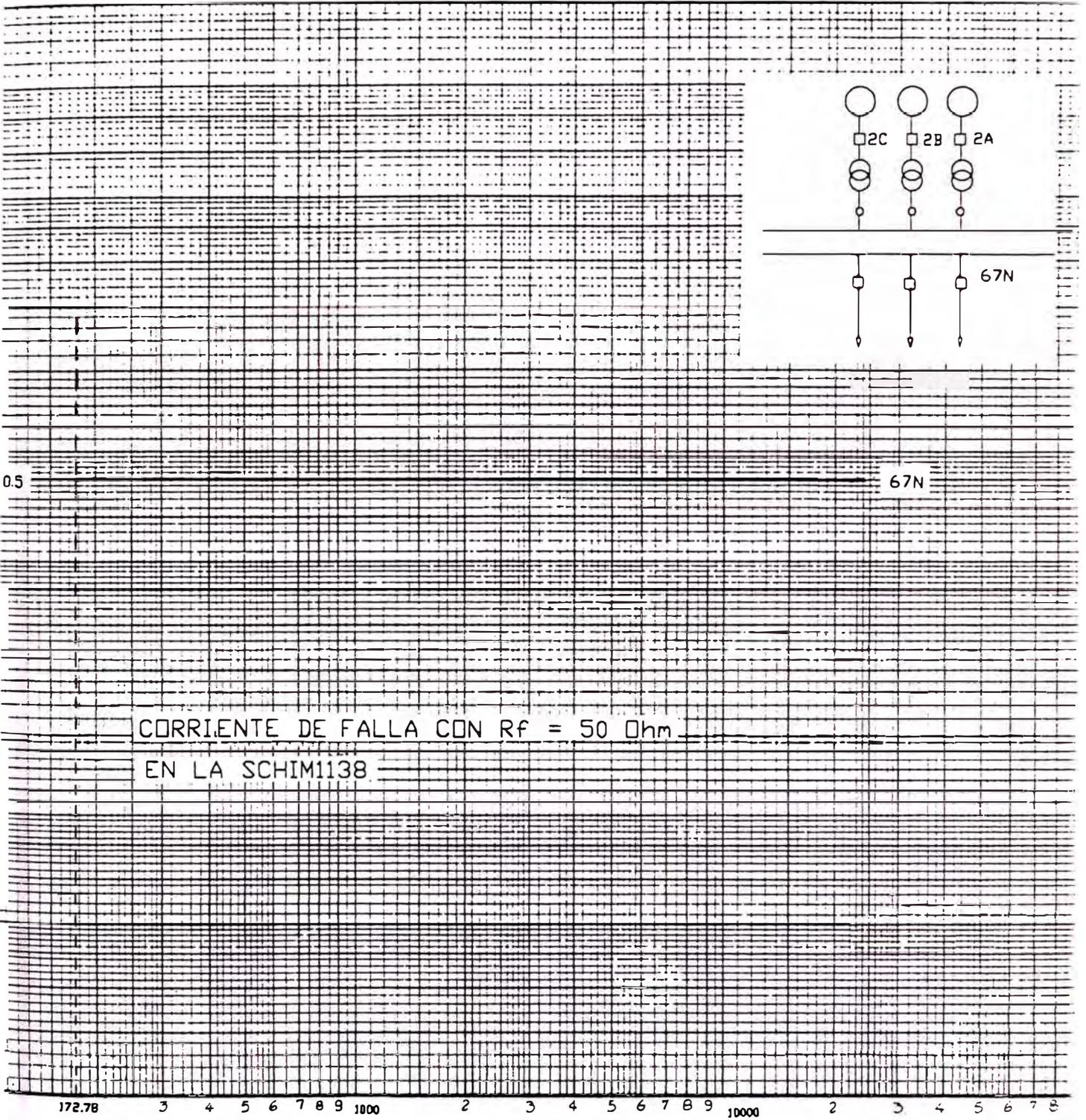


CIRCUITO		RELE						
UBIC.	I_n (A)	I_p / I_s (A)	FABRIC.	TIPO	FASES	I_n (A)	I_{op}	TMS
1	209	400/5	G.S.USA	DLP	RST	5	5	
2A	1130	2000/5	FRANC	CDC	RST	5	5	4
2B	1130	2000/5	WHEST.USA	COV-8	RST	5	5	
2C	1130	1250/5	BBC	ICM-2	RST	5	5	0.3

PROTECCION DE SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL A TIERRA (MLCG)

FIG :4.11

SEGUNDOS



al TMS = 4, esto es para poder uniformizar y con ello coordinar de la mejor forma (cuadro 4.7 y 4.8).

SEGUNDA ETAPA (G : 3/4 - COV 8)

<u>PSM</u>	<u>IF (lop 3)</u>	<u>TMS=1.5</u>	<u>TMS=4</u>
1.5	80	1.7	
2.0	240	1.1	8.5
3.0	360	0.7	3.5
4.0	480	0.57	2.1
5.0	600	0.5	1.6
6.0	720	0.46	1.32
7.0	840	0.44	1.2
8.0	960	0.425	1.1
9.0	1080	0.41	1.0
10.0	1120	0.39	0.95
12.0	1440	0.37	0.87
14.0	1680	0.35	0.80
16.0	1920	0.33	0.76
18.0	2160	0.31	0.70

FIG 4.7

TERCERA ETAPA (G : 5/6 - ICM-20)

<u>PSM</u>	<u>IF (lop=6)</u>	<u>TMS=0.3</u>
2.0	300	3.0
4.0	600	1.47
8.0	1200	0.99
12.0	1800	0.84
16.0	2400	0.735
20.0	3000	0.675

FIG: 4.8

PROCEDIMIENTO

Para TC = 2000/5 : cuadro 4.6

$$PSM = If/lop \quad (\text{lado primario})$$

$$PSM = If*5/2000*lop \quad (\text{lado secundario})$$

Entonces :

$$I_f = PSM * 2000 * I_{op} / 5 \quad \text{(a 13.8 Kv)} \\ \dots 2$$

$$I_f = PSM * 2000 * I_{op} * 13.8 / 5 * 138 \quad \text{(a 138 Kv)} \\ \dots 3$$

de la relación 3 :

$$I_f = PSM * 40 * I_{op} , \text{ entonces para } I_{op} = 3$$

$$I_f = PSM * 120$$

Para TC = 1250/5 : cuadro 4.7

$$PSM = I_f / I_{op} \quad \text{(lado primario)}$$

$$PSM = I_f * 5 / 1250 * I_{op} \quad \text{(lado secundario)}$$

Entonces :

$$I_f = PSM * 1250 * I_{op} / 5 \quad \text{(a 13.8 Kv)} \\ \dots 4$$

$$I_f = PSM * 1250 * I_{op} * 13.8 / 5 * 138 \quad \text{(a 138 Kv)} \\ \dots 5$$

de la relación 5 :

$$I_f = PSM * 25 * I_{op} , \text{ entonces para } I_{op} = 6$$

$$I_f = PSM * 150$$

I_{op} : Corriente de operación de ajuste del relé (Tap multiplicador de corriente).

I_f : Corriente de falla.

PSM : Multiplicador de corriente de ajuste (MCA).

B.1 AJUSTE DEL RELE DE SOBREINTENSIDAD

DIRECCIONAL DE TIERRA (67N).

Los ajustes de los relés, se han calculado bajo la premisa de que deben operar para fallas resistentes. Consideramos que el peor caso es una falla en la barra

remota de la línea protegida con una resistencia de falla igual a 50 ohm.

Del gráfico 3.7 (cap 03), observamos que con una corriente homopolar de $3I_0 = 461 \text{ amp.}$ (5.76 amp. reflejados al secundario) protegemos toda la línea HIDRO1138 - SCHI1138 contra fallas a tierra, por lo tanto la corriente de arranque (TOC) puede tener una magnitud máxima de 0.576 amp; sin embargo para que el relé sea más sensible escogeremos el mismo valor del rango que es del orden de 0.5 amp.

Del mismo modo del gráfico 3.8, para cubrir toda la línea debería como mínimo tener una corriente de $3I_0 = 50 \text{ amp.}$ (0.625, referido al lado secundario) por lo tanto el TOC mínimo será de 0.625 amp; como el rango del relé tiene un ajuste mínimo de 0.5 tomaremos un TOC = 0.5 amp.

Si los relés actúan para estos tipos de intensidades de cortocircuito, con mayor razón actuarán para intensidades de cortocircuito de menores resistencias de falla y sobre todo si las mismas se producen a lo largo de la línea protegida.

En consecuencia, los ajustes de la unidad de sobreintensidad deben ser lo suficientemente sensible como para detectar las intensidades de cortocircuito

mostradas.

Debido a que la actuación de los relés 67N son bloqueados por actuación de los relés de recierre que a su vez son accionados por la actuación de los relés de distancia en caso de fallas monofásicas dentro de la línea protegida, consideramos que con una temporización de 0.5 seg, no existirá interferencia alguna con la protección principal y secundaria.

Para fallas monofásicas fuera de la línea protegida, la selectividad también esta asegurada por su característica direccional y porque su operación está condicionada a la recepción de la señal de onda portadora del extremo remoto de la línea.

En el cuadro 4.9 se dan los ajustes del relé 67N MLCG, en el cual se ha considerado la característica de operación de **TIEMPO FIJO** con la finalidad de una mejor coordinación con los relés de distancia.

4.6.9 Descripción breve del relé 67N (MLCG201)

El relé MLCG201 es un microprocesador basado en un relé de sobrecorriente direccional a tierra que contiene funciones direccionales y funciones de sobrecorriente instantaneas y de tiempo.

FUNCIONES DIRECCIONALES

- Función direccional de secuencia cero (ZD).

- Polarización de corriente.
- Polarización de voltaje.
- Polarización Dual (I/V).
- Función direccional de secuencia negativa (ND).

FUNCIONES DE SOBRECORRIENTE

- Instantanea : IOC, IPT
- Tiempo : (TOC)
- Características de tiempo inverso
- Características de tiempo muy inverso
- Características de tiempo extrem. inverso.
- Característica de tiempo B3142
- Característica de tiempo definido.

Los pasos a seguir para el ajuste son los siguientes:

- 1) Seleccionar la función direccional (ZD)
- 2) Angulo aproximado de la impedancia de sec. cero o de la fuente.
- 3) Selección del TOC
- 4) Selección del IPT (si éste no se usa, cualquier ajuste puede ser usado.
- 5) Hallar IOC.

CUADRO 4.9

RELE MLCG201							
S.S.E.E		HIDRO138			SCH1138		
L.T		L-103	L-104	L-105	L-103	L-104	L-105
1	DIRECCIONAL CONTROL/POLARI	ZD/VPOL	ZD/VPOL	ZD/VPOL	ZD/VPOL	ZD/VPOL	ZD/VPOL
2	SELECCION DE CURVA	DEF.TIME	DEF.TIME	DEF.TIME	DEF.TIME	DEF.TIME	DEF.TIME
3	AJUSTE						
	3.1 TOC	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	3.2 IOC	80	80	80	80	80	80
	3.3 IPT	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9
	3.4 KD	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	TIEMPO						
	4.1 TIEMPO DIAL	---	---	---	---	---	---
	4.2 DEFINITE TIME DELAY	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
5	REPLICA IMPEDANCIA ANGLE						
	5.1 NEGATIVE SEQUENCE	75	75	75	75	75	75
	5.2 ZERO SEQUENCE	75	75	75	75	75	75

CAPITULO V EVALUACION ECONOMICA

En este capítulo se hará un análisis económico de remplazo de los equipos de protección.

Generalmente los activos nuevos tienen unos costos de capital altos y unos costos de operación y mantenimiento bajos. Lo contrario, por lo general es cierto, en el caso de activos que están siendo considerados para retiro potencial; por lo tanto los costos de capital de un activo que va a ser remplazado serán bajos y decrecientes, mientras que los costos de operación y mantenimiento serán por lo general altos y crecientes.

Existen dos razones básicas para considerar el remplazo de un activo fijo:

- a) Por deterioro físico; esto conduce a una declinación en el valor del servicio prestada, costo de operación mayores y/o aumento en los costos de mantenimiento.
- b) Por obsolescencia; esto se presenta como resultado del mejoramiento continuo de la herramienta de producción. La tasa de mejoramiento es a menudo tan grande que es económico remplazar un activo físico por una unidad nueva, aún en el caso en el cual esté en condiciones de operar. En consecuencia la obsolescencia está caracterizada por cambios externos al activo.

5.1 Cálculos de costo

Los costos de la alternativa propuesta incluyen suministro en el lugar de la obra, instalación, pruebas y stock de repuestos, así como mantenimiento.

5.2 Cálculos de beneficios

El beneficio del proyecto lo constituyen la mejora del nivel de confiabilidad y el porcentaje de reducción de fallas que evitaríamos.

Este ahorro en reducción de fallas se determina como sigue:

$$ARF = CR * EA$$

Donde : ARF = Ahorro de reducción de fallas (\$ mill)

CR = Costo de racionamiento (\$ mil u.s/gwh)

EA = Energía ahorrada anual (gwh)

Tal que:

$$EA = PRF * ENAFM * (12 \text{ meses})$$

Donde : PRF = Porcentaje de reducción de fallas (mensual)

ENAFM = Energía no atendida por falla mensual (mwh)

Tal que:

$$ENAFM = FFM * EPPF$$

Donde : FFM = Frecuencia de fallas mensual (fallas/mes)

EPPF = Energía promedio perdida por cada falla (mwh)

El otro beneficio lo constituye el ahorro por mantenimiento y reparación, ya que prácticamente ese rubro es cero, sin embargo consideramos el 1 % de la inversión.

Del cuadro 3.b (cap3), obtenemos para líneas de transmisión en

138kv (Huallanca) un promedio de 120 fallas anuales.

Considerando como fallas inadecuadas el 10% de las fallas anuales entonces tenemos 12 fallas inadecuadas anuales.

O sea $FFM = 1$ falla/mes, donde cada falla representa una pérdida promedio de $EPPF = 20$ mwh, por lo tanto $ENAFM = 20$ mwh/mes.

Con la propuesta de reemplazo de relés se pretende reducir la frecuencia de fallas inadecuadas en 75 %.

Entonces $PRF = 75\%$

$$EA = 0.75 (20 \text{ mwh/mes}) 12 \text{ meses} = 180 \text{ mwh} = 0.18 \text{ gwh.}$$

como el costo de racionamiento es 15 ctv \$/kwh entonces

$$ARF = 150 \text{ mill\$/kwh} * 0.18 \text{ gwh} = 27 \text{ miles de U.S.\$}.$$

COSTO DE RACIONAMIENTO 150.00 mills/kwh

% DE REDUCCION DE FALLAS 75.00%

OPERACION Y MANTENIMIENTO 1.00%

TASA DE DESCUENTO 12.00%

MILES DE U.S.\$

AÑO	ALTERNATIVA PROPUESTA						FN
	BENEFICIO			COSTO			
	ARF	VALOR RESIDUAL	TOTAL	INVERSION	OPER. Y MANTENIM.	TOTAL	
0				162.6		162.6	-162.6
1	27		27		1.6	1.6	25.4
2	27		27		1.6	1.6	25.4
3	27		27		1.6	1.6	25.4
4	27		27		1.6	1.6	25.4
5	27		27		1.6	1.6	25.4
6	27		27		1.6	1.6	25.4
7	27		27		1.6	1.6	25.4
8	27		27		1.6	1.6	25.4
9	27		27		1.6	1.6	25.4
10	27		27		1.6	1.6	25.4
11	27		27		1.6	1.6	25.4
12	27		27		1.6	1.6	25.4
13	27		27		1.6	1.6	25.4
14	27		27		1.6	1.6	25.4
15	27		27		1.6	1.6	25.4
16	27		27		1.6	1.6	25.4
17	27		27		1.6	1.6	25.4
18	27		27		1.6	1.6	25.4
19	27		27		1.6	1.6	25.4
20	27	16.3	27		1.6	1.6	25.4

RELACION B / C : 1.2

TASA INTERNA DE RETORNO : 15 %

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

- 1.- Con la finalidad de uniformizar y con ello lograr una mejor coordinación de la protección, es necesario modificar los ajustes de los relés de sobrecorriente de la segunda etapa; esto se logrará modificando los ajustes del "TMS" (multiplicador de tiempo) de la posición original $TMS = 1.5$ hacia el $TMS = 4$. Con esto las curvas características de los relés estarán prácticamente superpuestas.
- 2.- La protección de imagen térmica tiene en cuenta el calor producido por paso de la corriente nominal secundaria que circula a través del relé. Si se produjera una falla en el sistema de ventilación, el relé de imagen térmica no lo percibirá, esto es uno de los inconvenientes de este tipo de relés (Grupo 5 y 6).

Sin embargo en la protección de los grupos 1,2,3 y 4, donde existen termómetros tipo resistencias que sensan la temperatura directamente de los devanados toman en cuenta las fallas que puedan ocurrir en el sistema de ventilación, además tiene instalado un termómetro de aire caliente que dará la señal de alerta, así como también activará al CO₂, logrando diferenciar la causa de la sobretemperatura.

Se recomienda por lo dicho líneas arriba adicionar termómetros de aire caliente en los grupos 5 y 6.

3.- De acuerdo al análisis realizado en la presente tesis, el sistema de protección en general es el adecuado para proteger cada zona de la instalación, tanto de generación como transformación. Por lo tanto se recomienda mantener los ajustes teniendo en cuenta la recomendación en el punto N° 01.

En las líneas de transmisión debido a la obsolescencia de sus relés así como la necesidad de implementar la nueva tecnología es que se sugiere llevar a cabo la instalación de relés digitales de última tecnología en las tres temas (Huallanca-Chimbote 1), realizando para ello los cálculos de ajustes necesarios para su óptima operación.

4.- La Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato tiene actualmente un registrador de perturbaciones marca "ROCHESTER", este equipo permite que el usuario pueda analizar una falla después que esta haya ocurrido. El relé de distancia (DLP) almacena hasta 5 eventos (fallas) pudiendo acceder a ellos para analizarlos e imprimirlos ya que el DLP tiene un punto serie PL-2 donde se coloca la impresora respectiva.

5.- Un relé de distancia donde se pueda programar fácilmente diferentes esquemas de teleprotección alcances temporizaciones, etc, permite también su fácil explotación en situaciones de emergencia, que se puedan presentar.

6.- Respecto al esquema de teleprotección, con la finalidad de mantener la uniformización, se utilizará el esquema de protección del disparo por subalcance permisivo (PUTT).

- 7.- Se ha observado que frente a fallas a tierra en sistemas con puesta a tierra la impedancia mutua de secuencia cero afectará el alcance del relé de distancia de falla a tierra y este desvio de la medida no se puede ignorar ya que la impedancia vista por el relé puede ser mayor o menor con relación al alcance ajustado, originando entonces sobrealcance y subalcance.
- 8.- Parte de la renuencia a remplazar técnicamente satisfactorias pero económicamente débiles tienen sus raíces en que el temor de tomar una decisión para remplazar es mayor que la de continuar con lo viejo a las cuales se está acostumbrado.

El no tomar la decisión de remplazo de equipos a tiempo solo representa diferirlo, con el riesgo de tener pérdidas económicas que generalmente son mayores a los costos de los equipos nuevos.

ANEXO

MANUAL DEL PROGRAMA DE CALCULO DE FALLAS

El programa de cálculo de fallas (CF) es una poderosa herramienta de análisis de fallas en sistemas eléctricos trifásicos, con fines de planeamiento y protección.

El programa CF permite realizar cálculos sobre los siguientes tipos de fallas:

- Cortocircuito trifásicos
- Cortocircuito entre dos fases
- Cortocircuito entre dos fases y tierra
- Cortocircuito entre una fase y tierra
- Apertura de un conductor
- Apertura de dos conductores

Los cálculos de fallas implican la evaluación de los voltajes y corrientes de una red en estado de falla, a partir del estado previo a la falla. En el cálculo de los voltajes y corrientes de falla se usa el teorema de thevenin para determinar los cambios que ocurren en una red lineal, cuando una impedancia adicional es agregada entre dos nodos de la red.

El programa CF ha sido implementado bajo las siguientes consideraciones:

Las líneas se representan según el modelo PI.

Las impedancias shunt están representadas por su resistencia y reactancia en serie.

- Los transformadores se representan como una línea con el tap en el lado de envío.
- Los voltajes detrás de las impedancias de los generadores son calculados a partir del voltaje especificado en los terminales y de la potencia activa y reactiva entregada a la red. Si no se especifica voltaje en los voltajes de un generador se asume 1.0 pu.
- Las cargas son tratadas como admitancias equivalentes constantes, calculadas a partir del voltaje especificado en la barra y de la potencia activa y reactiva consumida por la carga. Si no se especifica voltaje en la barra de carga se asume 1.0 pu.
- Los voltajes iniciales dados en barras de generación y de carga son usados solamente para calcular los modelos de las cargas y generadores. A partir de los voltajes detrás de la impedancia de los generadores se calculan los valores de los voltajes pre falla de la red. Si se desea que no haya diferencia entre los voltajes iniciales, suministrados como datos de entrada, y los voltajes pre falla deben tomarse valores de una corrida de un flujo de carga.
- Se requiere un solución de flujo de carga de la red si el programa CF es usado para calcular valores de falla de circuito abierto.
- El programa asume que las impedancias de la red de secuencia negativa son iguales a las impedancias de la red de secuencia positiva, si la opción de cálculo de la red de secuencia negativa no es usada. Esta opción es seleccionada como dato de entrada al programa CF.

El programa CF puede ejecutarse en una microcomputadora personal IBM

PC/XT o compatible con 640k de memoria y una unidad de diskette de 360k, pero debido a que el archivo de salida para un sistema de 100 barras, si se calcula las fallas en todas las barras, puede superar largamente la capacidad de un diskette de 360k, se recomienda la ejecución en un disco duro para el estudio de grandes redes eléctricas.

Para la ejecución del programa CF debe llamarse a este programa introduciendo el comando CF y apretando la tecla ENTER. Una vez hecho esto el programa CF pide los nombres de los archivos de entrada y salida. Se introduce el nombre del archivo de entrada y se aprieta la tecla ENTER. Se procede de la misma manera con el nombre del archivo de salida. A continuación se muestra un ejemplo de ejecución del programa CF:

```
A>cf
DAR EL NOMBRE DEL ARCHIVO DE ENTRADA
EBASCO.DAT
DAR EL NOMBRE DEL ARCHIVO DE SALIDA
EBASCO.SAL
Stop programa terminated.
```

A>

En el ejemplo anterior el archivo ebasco.dat es el archivo de entrada, y el archivo ebasco.sal es el archivo de salida.

Se recomienda utilizar las extensiones "dat" y "sal", para diferenciar ambos archivos.

El archivo de entrada debe ser creado previamente a la ejecución del programa CF mediante un editor de texto, según el formato indicado en el numeral 07. Se recomienda el uso de un editor de textos superior al EDLIN, tal como el editor NORTON NE, que permita corregir rápida y fácilmente un archivo una vez creado. Esta forma de introducir los datos es factible de ser

mejorada creando una base de datos en DBASE III PLUS, y escribiendo un programa en este lenguaje que cree automáticamente el archivo de entrada para el programa CF.

Los datos de entrada para el programa CF deben disponerse en un archivo con formato ASCII según la siguiente estructura:

a) Título.- Consiste en dos líneas de caracteres alfanuméricos con una longitud de 80 caracteres por línea. Los tres primeros caracteres deben ser diferentes de END.

b) Líneas de información general.- Esto se compone de dos líneas en las que se especifica datos de toda la red en estudio, así como las opciones de impresión de los datos de entrada y salida.

c) Datos de barras.-

c1) Generadores síncronos

c2) Cargas estáticas

c3) Motores de inducción

d) Datos de ramas

e) Ubicación de fallas

f) Próximo sistema.- Una vez terminada la entrada de datos de un sistema se puede dar datos de otro sistema de acuerdo a los puntos (a), (b), (c), (d) y (e).

g) Fin de datos.- Después de los datos del último sistema, los datos del estudio son terminados por una línea de datos con los caracteres END en las primeras tres columnas.

La forma de los datos de salida es a discreción del usuario, de acuerdo

a la selección de las posibles opciones dadas en la primera y segunda línea de información general.

CUADROS DE AJUSTES DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DEL CAÑON DEL PATO

PRIMERA ETAPA

CUADRO A

N°	CODIGO	DENOMINACION	MARCA	TIPO	N°SERIE	In(A)	Vn(V)	RANGOS	AJUSTE
1.- GENERADOR									
1.1		TERMICO							
1.2	51	SOBRE CORRIENTE	RMA	CDC+RT5		5		TAP = 5 T = 0.5 - 5 seg	TAP = 5 T = 2.7s
1.3	87 G	DIFERENCIAL	W	CA	1251800 1251990 105187A	5		SENSIBILIDAD= 10% (S)	S = 10%
1.4		MINIMA TENSION							
1.5	59	MAXIMA TENSION	GANZ EAU	RMV + RT5			110	Volt ±00/120/140/160 Tiemp(RT5)=0.5-5 seg	Volt =140 T = 4.6
1.6	64S	TIERRA ESTATOR	W	CV	35265-L	460	60	Volt 46/62/86/102 /122/136	V = 69
1.7		TIERRA ROTOR							
.8	87 G-T	DIFERENCIAL	ABB	CA	252755 252655 252675			I = 5 - 10 SENSIBILIDAD= 50% (S)	TOP= 5 BOTTOM=0 S = 50 %
2.- SISTEMA DE EXCITACION									
2.1	40	DES - EXCITACION	W	KLF		5	120	ZA = 2.00 - 56 ZC = (0.79-18)	ZA=21.73 ZC=5.463
2.2		BAJA VELOCIDAD							
2.3		SOBRE VELOCIDAD							

CUADRO B

N°	CODIGO	DENOMINACION	MARCA	TIPO	N° SERIE	I _n (A)	V _n (V)	RANGOS	AJUSTE
3.- TRANSFORMADOR DE POTENCIA									
3.1	26TA1(A2) 26TB1(B2) 26TC1(C2) 26TA3(A4) 26TB3(B4) 26TC3(C4)	TERMICO		KIHLSTROMS				EN EL DEVANADO: TEMP = 0 - 150° C (0 - 150) EN EL ACEITE: TEMP = 0-150°C (0 - 150° C	TEMP=85 (100) TEMP=81 (86)
3.2	63TA1, B1, C1							NIVEL DE ACEITE:	
	63TA3, B3, C3							PRESION DE ACEITE: 10 PSI	
	63TA4, B4, C4 (A5, B5, C5)	BUCHHOLZ						FALLAS INTERNAS:	
4.- BARRAS Y LINEAS DE TRANSMISION									
4.1	21		BBC	LZ32		5	115		
4.2	67N	DIRECCIONAL DE SOBRECORRIEN TE HOMOPOLAR	BBC	PCM2g90		5	110	Xt=10-100	Xt = 10
4.3	32	DIRECCIONAL DE POTENCIA	BBC	PCM2gn 0/90		5	110	X _{Pn} = 0.5/1/2.5/5	P _n = 3.6 (X)
4.4	25	SOBRECORRIEN TE/ USO- SINCRONISMO	BBC	IM3X		2		I = 1-2(I _n)	I=(1)I _n
4.5	79	RECIERRE	BBC	PRLiQLIa				t = 0 - 1	t = 1
4.6	50/1/2/3	SOBRE CORRIENTE	BBC	IM3X		2		I = 1-2(I _n)	I=(1)I _n

SEGUNDA ETAPA

CUADRO C

N°	CODIGO	DENOMINACION	MARCA	TIPO	N°SERIE	In(A)	Vn(V)	RANGOS	AJUSTE
1.- GENERADOR									
1.1		TERMICO							
1.2	51	SOBRE CORRIENTE	W	COV-8		3	120	TAP=2/2.5/3/3.5/4/6 TDS=.5/1/2/3/5/7/ 10/11	TAP= 3 TDS= 1.5
1.3	87-6	DIFERENCIAL	W	CA		5		ESCALA=0-1 SENSIBILIDAD(S)=10Z	TMS = 1 S = 10Z
1.4	27	MINIMA TENSION	W	SVF-1				DROUPOUT=24,30,36	36
1.5	59	MAXIMA TENSION	W	CV-5			120	TDS = 0 - 10	TDS=6
1.6	64S	TIERRA ESTATOR	W	CV		460	60	V=46/62/86/102/122 /136/	V = 67
1.7		TIERRA ROTOR							
1.8	876-T	DIFERENCIAL	W	CA				ESCALA = 0 - 1 SENSIBILIDAD(S)=50Z	TMS=1 S=50Z
2.- SISTEMA DE EXCITACION									
2.1	40	DES - EXCITACION	W	KLF			80	Za = 2.08-56 Zc = 0.79-18	Za=21.73 Zc=5.463
2.2		BAJA VELOCIDAD							
2.3		SOBRE VELOCIDAD							

CUADRO D

N°	CODIGO	DENOMINACION	MARCA	TIPO	N°SERIE	In (A)	Vn (V)	RANGOS	AJUSTE
3.- TRANSFORMADOR DE POTENCIA									
3.1	26TA1(A2) 26TB1(B2) 26TC1(C2) 26TA3(A4) 26TB3(B4) 26TC3(C4)	TERMICO		KIHLSTROMS				EN EL DEVANADO: TEMP = 0 - 150° C (0 - 150) EN EL ACEITE: TEMP = 0-150° C (0 - 150° C	TEMP=85 (100) TEMP=81 (86)
3.2	63TA1.B1.C1							NIVEL DE ACEITE:	
3.3	63TA3.B3.C3							PRESION DE ACEITE: 10 PSI	
3.4	63TA4.B4.C4 (A5,B5.C5)	BUCHHOLZ						FALLAS INTERNAS:	
4.- BARRAS Y LINEAS DE TRANSMISION									
4.1	21	DISTANCIA	W	ED4		5		Z1:F-F(3F)/TA.TB. TC=2.9 Z2:F-F(3F)/TA.TB. TC=4.1 Z2:F-F(3F)/TA.TB. TC=5.8	2.9 4.1 5.8
4.2	67N	DIRECCIONAL DE SOBRECORRIEN TE HOMOPOLAR	W	KRD		1	208	I ₀ =0.5/0.75/1/ 1.25/1.5/2	I ₀ =.75
4.3	25	SOBRECORRIEN TE/USO SINCROMISMO	BBC	IM3X		2	250	I=1/1.2/1.4/1.6/ 1.8/2*I _n	1*I _n
4.4	79	RECIERRE	W	SGR-12			250 vdc		
4.5	50.1	SOBRECORRIEN TE	W	KC-2		30	250 vdc	I= 2-3-4-5-6-7-8	I=2
4.6	51N	SOBRECORRIEN TE	W	CO-8				UNIDAD DE SOBRECORRIENTE =0.5-2.5	1

TERCERA ETAPA

CUADRO E

N°	CODIGO	DENOMINACION	MARCA	TIPO	N°SERIE	In(A)	Vn(V)	RANGOS	AJUSTE
1.- GENERADOR									
1.1	49	TERMICO	ABB	ST		5		K=20-30-40-60-80-110 I 60°C = 4 - 5 T = 0 - 120°C	K= 30 I60 = 5 T = 65°C
1.2	51	SOBRE CORRIENTE	ABB	ICM2		6		I=4,5,6,8,10,12,16 TI= 10 - 100 %	I = 6 TI= 30 %
1.3	87 6	DIFERENCIAL	ABB	D2SE		5		G = 10 - 25 % V = 5 - 25 %	G = 20% V = 20%
1.4	27	MINIMA TENSION	ABB	PUM: 2g90-110				Volt = 30 - 110 Tiemp = 1 - 5	Volt=90 Tiemp=2
1.5	59	MAXIMA TENSION	ABB	UM3rKx			115	Volt = 110 - 140 (130 - 170) Tiemp = 1 - 5 seg (0.1 - 0.5)	Volt=138 (160) Tiemp=4 (0.1)
1.6	64S	TIERRA ESTATOR	ABB	PUM: 2gn90-100			115	Volt = 2.5-12.5Vn Tiemp = 0 - 1 seg	V = 2.5% T = 0.5
1.7	64R	TIERRA ROTOR	ABB	PUM: 201F:45-110			115	Tiemp = 1 - 5 seg	T = 1
1.8	87 G-T	DIFERENCIAL	ABB	D21SE3		5		G = 20 - 50 % V = 10 - 50 %	G= 30 % V= 50 %
2.- SISTEMA DE EXCITACION									
2.1	71	DES - EXCITACION	ABB	PUM 21-110 YP/WUX101+P ASCRX		5	115	TT = 0 - 100 % XYP = 0 - 5 ohm TT1 = 1 - 5 seg TT2 = 1 - 5 seg	TT = 45% XYP= 3.5 TT1= 3 TT2= 2
2.2	27E	BAJA VELOCIDAD	ABB	UM3ry			110 DC	VDC = 110 - 140 Tiemp = 1 - 5 seg	VDC=128 T = 1
2.3	59E	SOBRE VELOCIDAD	ABB	UM3rKx	250 DC			VDC = 240 - 300 Tiemp = 1 - 5 seg	VDC=318 T= minimo

CUADRO F

N°	CODIGO	DENOMINACION	MARCA	TIPO	N° SERIE	I _n (A)	V _n (V)	RANGOS	AJUSTE
3.- TRANSFORMADOR DE POTENCIA									
3.1	26TA1(A2) 26TB1(B2) 26TC1(C2) 26TA3(A4) 26TB3(B4) 26TC3(C4)	TERMICO		KIHLSTROMS				EN EL DEVANADO: TEMP = 0 - 150° C (0 - 150) EN EL ACEITE: TEMP = 0-150°C (0 - 150° C	TEMP=85 (100) TEMP=81 (86)
3.2	63TA1, B1, C1							NIVEL DE ACEITE:	
	63TA3, B3, C3							PRESION DE ACEITE: 10 PSI	
	63TA4, B4, C4 (A5, B5, C5)	BOCHHOLZ						FALLAS INTERNAS:	
4.- BARRAS Y LINEAS DE TRANSMISION									
4.1	21		BBC	LZ32		5	115		
4.2	67N	DIRECCIONAL DE SOBRECORRIEN TE HOMOPOLAR	BBC	PCM2g90 /102		5	110	%t=10-100	%t = 10
4.3	32	DIRECCIONAL DE POTENCIA	BBC	PCM2gn 0/90		5	115	%Pn =0.5/1/2.5/5	Pn =3.6 (%)
4.4	25	SOBRECORRIEN TE/ USO- SINCRONISMO	BBC	IM3X		2		I = 1-2(I _n)	I=(1)I _n
4.5	79	RECIERRE	BBC	PRL1QLIa				t = 0 - 1	t = 1
4.6	50/1/2/3	SOBRE CORRIENTE	BBC	IM3X		2		I = 1-2(I _n)	I=(1)I _n

**CARACTERISTICAS TECNICAS DE
LOS RELES DE LA CENTRAL
HIDROELECTRICA DEL CAÑON DEL
PATO**

PRIMERA ETAPA

GENERADOR

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	PROTECCION A TIERRA
TIPO	:	CV / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	:	64S
RANGO DE TENSION	:	42-62-86-102-122-138
AJUSTE DE TENSION	:	69 volt.
FRECUENCIA	:	60 Hz
ESQUEMA	:	

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	PERDIDA DE EXCITACION
TIPO	:	KLF / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	:	40
TENSION	:	120
CORRIENTE	:	5 amp.
RANGO DE TA (LARGO ALCANCE)	:	2.4/3.16/4.35/5.93/8.3/11.5/15.8
RANGO DE TC (CORTO ALCANCE)	:	0.0/0.91/1.27/1.82/2.55/3.64/5.1
AJUSTE DE TA	:	11.5
AJUSTE DE TC	:	2.55
FRECUENCIA	:	60 Hz
ESQUEMA	:	

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: SOBRETENSION
TIPO	: RMV / 3 : GAZ-EAU ELECTRICITE
SIMBOLO	: 59
RANGO DE TENSION	: 100 - 120 - 140 160 volt
AJUSTE DE TENSION	: 140 volt.
FRECUENCIA	: 60 Hz
ESQUEMA	:

DESIGNACION	: RELE DE RETARDO
TIPO	: RT5 / 3 : GAZ-EAU ELECTRICITE
SIMBOLO	: 2
RANGO DE TIEMPO	: 0.5 - 5 seg.
AJUSTE DE TIEMPO	: 4.3 seg.
FRECUENCIA	: 60 Hz
ESQUEMA	:

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	SOBRECORRIENTE
TIPO	:	CDC : RMA / 3 / GAZ-EAU ELECTRICITE
SIMBOLO	:	51
AJUSTE DE CORRIENTE	:	SEC = 5 : PRI = 10 amp.
ESQUEMA	:	

DESIGNACION	:	RELE DE RETARDO
TIPO	:	RT5 / 3 : GAZ-EAU ELECTRICITE
SIMBOLO	:	2
RANGO DE TIEMPO	:	0.5 - 5 seg.
AJUSTE DE TIEMPO	:	2.7 seg.
FRECUENCIA	:	60 Hz
ESQUEMA	:	

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: RELE DIFERENCIAL
TIPO	: CA / 3 : WESTINGHOUSE
SIMBOLO	: 87-G
RANGO DE CORRIENTE	: 5 - 10 amp.
AJUSTE DE CORRIENTE	: $I_n = 5 \text{ amp}$
SENSIBILIDAD	: 10 %
RANGO DE FRECUENCIA	: 25 - 60 Hz
AJUSTE DE FRECUENCIA	: 60 Hz
ESQUEMA	:

TRANSFORMADOR

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: RELE DIFERENCIAL
TIPO	: CA / 3 : WESTINGHOUSE
SIMBOLO	: 87-GT
RANGO DE CORRIENTE	: 5 - 10 amp.
AJUSTE DE CORRIENTE	: $I_n = 5 \text{ amp}$
SENSIBILIDAD	: 50 %
RANGO DE FRECUENCIA	: 50 - 60 Hz
AJUSTE DE FRECUENCIA	: 60 Hz
ESQUEMA	:

BARRAS

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	RELE DIFERENCIAL
TIPO	:	CA - 16 / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	:	87 / B-C
RANGO DE CORRIENTE	:	5 - 10 amp.
AJUSTE DE CORRIENTE	:	$I_n = 5$ amp
SENSIBILIDAD	:	
RANGO DE FRECUENCIA	:	50 - 60 Hz
AJUSTE DE FRECUENCIA	:	60 Hz
ESQUEMA	:	

DESIGNACION	:	RELE DE RETARDO
TIPO	:	TD-5 / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	:	2
VOLTAJE	:	250 VDC
RANGO DE TIEMPO	:	0.05 - 0.4 seg.
AJUSTE DE TIEMPO	:	0.25 seg.
FRECUENCIA	:	60 Hz
ESQUEMA	:	

LINEAS DE TRANSMISION

Las características técnicas de los relés son idénticas al de la tercera etapa

SEGUNDA ETAPA

GENERADOR

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: PROTECCION NEUTRO A TIERRA
TIPO	: CV - 8 / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	: 64S
RANGO DE TENSION	: 42-62-86-102-122-138
AJUSTE DE TENSION	: 67 volt.
FRECUENCIA	: 60 Hz
TDS	: 1
ESQUEMA	:

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	MINIMA TENSION
TIPO	:	SVF-1 / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	:	59
RANGO DE TENSION	:	36 - 30 - 24 volt
AJUSTE DE TENSION	:	36
RANGO DE FRECUENCIA	:	20 - 60 Hz
AJUSTE DE FRECUENCIA	:	60 Hz.
ESQUEMA	:	

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: SOBRETENSION
TIPO	: CV - 5 / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	: 59
RANGO DE TENSION	: 55 - 64 - 70 - 82 - 93 - 105 - 120 - 140 volt
AJUSTE DE TENSION	: 120 volt.
FRECUENCIA	: 60 Hz
TDS	: 6
ESQUEMA	:

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: SOBRECORRIENTE
TIPO	: CØV - 8 / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	: 51
VOLTAJE NOMINAL	: 120 volt
RANGO DE CORRIENTE	: 2 - 2.5 - 3 - 3.5 - 4 - 5 - 6
AJUSTE DE CORRIENTE	: TAP = 3
RANGO DEL TMS	: 0 - 10
TMS	: 1.5
ESQUEMA	:

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	RELE DIFERENCIAL
TIPO	:	CA / 3 ; WESTINGHOUSE
SIMBOLO	:	87-G
RANGO DE CORRIENTE	:	5 - 10 amp.
AJUSTE DE CORRIENTE	:	$I_n = 5$ amp
SENSIBILIDAD	:	10 %
RANGO TMS	:	0 - 1
AJUSTE DEL TMS	:	1
RANGO DE FRECUENCIA	:	25 - 60 Hz
AJUSTE DE FRECUENCIA	:	60 Hz
ESQUEMA	:	

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	PERDIDA DE EXCITACION
TIPO	:	KLF / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	:	40
TENSION	:	120
CORRIENTE	:	5 amp.
RANGO DE TA (LARGO ALCANCE)	:	2.4/3.16/4.35/5.93/8.3/11.5/15.8
RANGO DE TC (CORTO ALCANCE)	:	0.0/0.91/1.27/1.82/2.55/3.64/5.1
AJUSTE DE TA	:	11.5
AJUSTE DE TC	:	2.55
FRECUENCIA	:	60 Hz
ESQUEMA	:	

CARACTERISTICAS TECNICAS

TRANSFORMADOR

DESIGNACION	: RELE DIFERENCIAL
TIPO	: CA / 3 : WESTINGHOUSE
SIMBOLO	: 87-GT
RANGO DE CORRIENTE	: 5 - 10 amp.
AJUSTE DE CORRIENTE	: $I_n = 5$ amp
SENSIBILIDAD	: 50 %
RANGO DE TAPS	: 5-5 / 5-5.5 / 5-6.6 / 5-7.3 / 5-8 / 5-9 / 5-10
AJUSTE DE TAP	: 5-7.3
RANGO TMS	: 0 - 1
AJUSTE DEL TMS	: 1
RANGO DE FRECUENCIA	: 50 - 60 Hz
AJUSTE DE FRECUENCIA	: 60 Hz
ESQUEMA	:

LINEAS DE TRANSMISION

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	RELE DIRECCIONAL DE SOBRECORRIENTE
TIPO	:	KRD / 3 ; WESTINGHOUSE
SIMBOLO	:	67N
VOLTAJE NOMINAL	:	200 volt
RANGO DE CORRIENTE	:	0.5 - 2 amp.
AJUSTE DE CORRIENTE	:	1 amp
RANGO DE IO	:	0.5 - 0.75 - 1 - 1.25 - 1.5 - 2
AJUSTE DE IO	:	0.75
ESQUEMA	:	

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	RELE AUXILIAR CARRIER
TIPO	:	KA-4 / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	:	85
VOLTAJE NOMINAL	:	250 VDC
CORRIENTE NOMINAL	:	0.5 amp.
INDICADOR DE CORRIENTE	:	1 amp
ESQUEMA	:	

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: RELE DE BLOQUEO
TIPO	: KS / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	: 68
VOLTAJE NOMINAL	: 250 VDC
CORRIENTE NOMINAL	: 5 amp.
RANGO OHM	: 0.75 - 20 ohm
RANGO DE TA	: 0.87 - 1.5 - 1.6 - 2.2 - 3.0 - 4.2 - 5.8
AJUSTE DE TA	: 5.8
RANGO DE TB	: 0.00 - 0.15 - 0.3 - 0.45 - 0.6 - 0.75 - 0.9
AJUSTE DE TB	: 0.9
RANGO DE TC	: 0.87 - 1.5 - 1.6 - 2.2 - 3.0 - 4.2 - 5.8
AJUSTE DE TC	: 5.8
ESQUEMA	:

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	SOBRECORRIENTE
TIPO	:	EC -2 / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	:	50 :1-2-3
RANGO DE CORRIENTE	:	2 - 8 amp
INDICADOR DE CORRIENTE	:	0.2 - 2 amp
ESQUEMA	:	

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: RELE RETARDO
TIPO	: TD - 4 / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	: 2
RANGO DE VOLTAJE	: 48 / 125 / 250 VDC
VOLTAJE NOMINAL	: 250 VDC
RANGO DE TIEMPO T2	: 0.1 - 0.2 - 0.4 - 0.6 - 0.8 - 1.0
AJUSTE DE TIEMPO T2	: 0.5 seg
RANGO DE TIEMPO T3	: 0.5 - 1.0 - 2.0 - 3.0
AJUSTE DE TIEMPO T3	: 2.45 seg
ESQUEMA	:

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	RELE DE RECIERRE
TIPO	:	SGR - 12 / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	:	79
VOLTAJE NOMINAL	:	250 VDC
RANGO DE VOLTAJE	:	120 - 240 volt
FRECUENCIA	:	60 Hz
ESQUEMA	:	

DESIGNACION	:	RELE AUXILIAR
TIPO	:	SG / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	:	62
VOLTAJE NOMINAL	:	250 VDC
ESQUEMA	:	

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:
TIPO	: EC - 4 / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	: 50.2
RANGO DE VOLTAJE	: 48 - 125 VDC
RANGO DE CORRIENTE	: 2 - 8 amp
AJUSTE DE CORRIENTE	: 2 amp
INDICADOR DE CORRIENTE	: 0.2 - 2 amp
ESQUEMA	:

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	RELE DE SOBRECORRIENTE
TIPO	:	CO - 8 / WESTINGHOUSE
SIMBOLO	:	51N
RANGO DE UNIDAD DE SOBRECORRIENTE	:	0.5 - 2.5 amp
INDICADOR DE CORRIENTE	:	0.2 - 2 amp
INSTANTANEO TRIPP	:	4 - 16 amp
ESQUEMA	:	

TERCERA ETAPA

GENERADOR

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	RELE TERMICO SECUNDARIO
TIPO	:	ST / BBC
SIMBOLO	:	49
CONSTANTE DE TIEMPO (RANGO)	:	20, 30, 40, 60, 80, 110 minutos
ESQUEMA	:	
CORRIENTE NOMINAL	:	5 amp
RANGO DE LA CORRIENTE A 60°C	:	4 - 5 amp
SELECCION VARIABLE DE TEMPERATURA	:	0 - 120° C
FRECUENCIA	:	60 Hz
CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO PARA UN TIEMPO < 0.3 seg	:	40xIe
LIMITE DE CORRIENTE	:	3 - 10xI-60°C

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	RELE DE SOBRECORRIENTE TIEMPO - INVERSO
TIPO	:	ICM2 / BBC
SIMBOLO	:	50
RANGO DE CORRIENTE	:	4.0, 5.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 16.0 amp
CONSUMO A 60 Hz	:	4.1, 4.2, 4.3, 4.6, 4.9, 5.2, 5.6 VA
FRECUENCIA	:	60 Hz
CORRIENTE PERMANENTE ADMITIDO	:	2 x CORRIENTE FIJADA
NIVEL DE CORTO CIRCUITO	:	térmico (para 1 seg) - 100 x corriente fijada mínimo dinámico - 500 x corriente fijada mínimo
CARACTERISTICAS DEL RANGO DEL TIEMPO	:	10 - 100 %
ESQUEMA	:	

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: RELE DE VOLTAJE
APLICADO	: COMO RELE DE FALLAS DEL ESTATOR A TIERRA
TIPO	: PUM 2gn 90-108 / BBC
SIMBOLO	: 64S
RANGO DEL VOLTAJE	: 2.5 - 12.5 % Vn
TIEMPO	: 0 - 1 seg
ESQUEMA	: A - 4

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	RELE DIFERENCIAL TRIFASICO
TIPO	:	D2se
APLICACION	:	GENERADOR
SIMBOLO	:	87
CORRIENTE NOMINAL	:	1 a 5 amp
FRECUENCIA NOMINAL	:	50 a 60 Hz
AJUSTE BASICO	:	g = 10, 15, 20, 25 %
INCLINACION DEL AJUSTE	:	v = 5, 10, 15, 20, 25 %
TIEMPO DE OPERACION	:	20 - 50 mseg
CONSUMO DURANTE EL SERVICIO NORMAL	:	CON 1 amp : 0.03 VA 5 amp : 0.1 VA
CONSUMO DURANTE FALLA	:	CON 1 amp : 0.1 VA 5 amp : 0.3 VA
NIVEL DE CORTOCIRCCUITO (PICO MAXIMO)	:	200 x I _n
LIMITE TERMICO	:	PARA 1 seg : 65 x I _n 2 seg : 65 x I _n 5 seg : 30 x I _n PERMANENTE : 2 x I _n
ESQUEMA	:	

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: RELE DE MINIMA TENSION
TIPO	: PUM 2g 90 - 110 / BBC
APLICACION	: EN LA PUESTA DE PARALELO
SIMBOLO	: 27
TENSION NOMINAL	: 110 (100), 220 (200)
FRECUENCIA NOMINAL	: 50. 60 Hz
RANGOS DE VOLTAJE	: PARA 110 volt / 30 - 110 volt 220 volt / 60 - 220 volt 380 volt / 110 - 380 volt
CONSUMO	: PARA 110 volt - 1.1 VA 220 volt - 1.5 VA 380 volt - 3.2 VA
RANGO DE TIEMPO	: 0 - 0.3; 0 - 0.5; 0 - 1; 0.5 - 2; 1 - 5 seg

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: RELE DE VOLTAJE
TIPO	: UM 3ry / BBC y UN CONTACTO AUXILIAR TEMPORIZADO TIPO PA
APLICACION	: PROTECCION DEL SISTEMA DE EXCITACION CONTRA BAJAS VELOCIDADES
SIMBOLO	: 27 E
VOLTAJE NOMINAL	: 110 volt DC
RANGO DEL VOLTAJE	: 110 - 140 volt
RANGO DE TIEMPO	: 1 - 5 seg
ESQUEMA	: HSG437159

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: RELE DE SOBRE VOLTAJE
TIPO	: UM 3rkx / BBC
APLICACION	: PROTECCION CONTRA SOBRE TENSIONES DEL GENERADOR (EN DOS ETAPAS)
SIMBOLO (PRIMERA ETAPA)	: 59 / 1
SIMBOLO (SEGUNDA ETAPA)	: 59 / 2
VOLTAJE NOMINAL	: 110 volt AC
FRECUENCIA	: 60 Hz
RANGO DEL VOLTAJE (PRIMERA ETAPA)	: 110 - 140 volt
RANGO DEL VOLTAJE (SEGUNDA ETAPA)	: 130 - 170 volt
RANGO DE TIEMPO (PRIMERA ETAPA)	: 1 - 5 seg
RANGO DE TIEMPO (SEGUNDA ETAPA)	: 0.1 - 0.5 seg
ESQUEMA	: HSG437159

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: RELE DE VOLTAJE
TIPO	: UM 3rkr / BBC
APLICACION	: PROTECCION DEL SISTEMA DE EXCITACION CONTRA SOBRE VELOCIDADES
SIMBOLO	: 59 E
VOLTAJE NOMINAL	: 250 volt DC
RANGO DEL VOLTAJE	: 240 - 300 volt
RANGO DE TIEMPO	: 1 - 5 seg
ESQUEMA	:

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION : RELE DE DESEXCITACION

TIPO : PUM 21-110, YP/WUX 101 / BBC

APLICACION : PROTECCION DEL GENERADOR CONTRA LAS
INTERRUPCIONES EN LOS CIRCUITOS DE
EXCITACION Y CONTRA LA AUTOEXITACION

SIMBOLO : 71-1 ; 71 -2 ; 71 -3

CORRIENTE NOMINAL : 5 amp

VOLTAJE NOMINAL : 115 volt AC

FRECUENCIA : 60 Hz

TAPS DEL TRANSFORMADOR DE YP / WUX + 101 : 0 - 100 %

REACTANCIA DE YP / WUX - 101 : 0 - 5 ohm

RANGO DE TIEMPO DE PUM 21 - 110 y PA5 : 1 - 5 seg

RANGO DE TIEMPO DE CRX3 : 1 - 5 seg

ESQUEMA :

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: RELE DE FALLA A MASA DEL ROTOR
TIPO	: POM 201 F45 - 110 / BBC
APLICACION	: PROTECCION DEL GENERADOR CONTRA FALLAS A MASA DEL ROTOR
SIMBOLO	: 64 R
VOLTAJE NOMINAL	: 115 volt AC
FRECUENCIA	: 60
RANGO DE TIEMPO	: 1 - 5 seg
ESQUEMA	:

RELE DEL TRANSFORMADOR

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	RELE DIFERENCIAL
TIPO	:	D21se3 / BBC
APLICACION	:	TRANSFORMADOR DE POTENCIA
SIMBOLO	:	87 - GT
CORRIENTE NOMINAL	:	5 amp
FRECUENCIA NOMINAL	:	60 Hz
AJUSTE BASICO	:	g = 20 - 30 - 40 - 50 %
INCLINACION DEL AJUSTE	:	v = 10 - 20 - 30 - 40 - 50 %
TIEMPO DE OPERACION	:	20 - 50 ms
CONSUMO DURANTE EL SERVICIO NORMAL:	CON	1 amp : 0.03 VA 5 amp : 0.1 VA
CONSUMO DURANTE FALLA	:	CON 1 amp : 0.1 VA 5 amp : 0.3 VA
NIVEL DE CORTOCIRCCUITO (PICO MAXIMO)	:	200 x In
LIMITE TERMICO	:	PARA 1 seg : 65 x In 2 seg : 65 x In 5 seg : 30 x In
		PERMANENTE : 2 x In
ESQUEMA	:	

RELES DE LINEA DE TRANSMISION (TERNA 03)

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	:	RELE DE DISTANCIA
TIPO	:	L232 / BBC
APLICACION	:	LINEA DE TRANSMISION
SIMBOLO	:	21
VOLTAJE NOMINAL	:	100 / 110 o 200 / 220 volt
CORRIENTE NOMINAL	:	1.2 o 5 amp
FRECUENCIA	:	50 o 60 Hz
CORRIENTE CONTINUA PERMITIDA	:	2 x In
TIEMPO DE APERTURA	:	30xIn durante 5 seg 50xIn durante 1 seg
CARGA DEL CIRCUITO DE CORRIENTE	:	X comp = 5.2 ohm/fase (cos ϕ = 0.6 - 0.7)
durante operación normal		6.0 VA
durante corto circuito		6.5 VA
bifásicos o trifásicos durante fallas monofásicos		16.0 VA
CARGA DEL CIRCUITO DE TENSION	:	
Taps del transformador :		
durante operación normal		2.2 VA
durante corto circuito		23.0 VA
durante fallas a tierra		9.0 VA
CONSUMO DEL CIRCUITO AUXILIAR DC :		
durante la condición normal		0 Watt
durante el alcance		2 Watt
durante corto circuito		110 Watt (máximo)



CONTINUA...

CARACTERISTICAS TECNICAS

MEDIDA :

Los valores indicados con " % ", se basan en niveles de 110 voltios, 5 amp, y 50 Hz. Además el valor de la impedancia debe estar multiplicado por 2 al nivel de tensión de 200 voltios; por 2.5 a niveles de corriente de 2 amp; y por 5 a niveles de corriente de 1 amp.

ELEMENTO DE ARRANQUE :

IMPEDANCIA DE ARRANQUE CON BAJO VALOR (%) 1 - 10 ohm / fase

CORRIENTE MINIMA DE OPERACION: 0.25 x In

RANGO DEL LIMITADOR COMPUESTO (%) 0 - 5.2 ohm / fase

RELE DE FALLA A TIERRA :

RANGO DE CORRIENTE PARA FALLA A TIERRA 0.2 - 2 x In

RANGO DE CORRIENTE DEL RELE DE RESERVA PARA FALLA A TIERRA : 0.1 - 1 x In

TIEMPO :

NUMERO DE ESCALONAMIENTOS DIRECCIONABLES : 3

NUMERO DE ESCALONAMIENTOS NO-DIRECCIONALES : 1

RANGO AJUSTABLE DE CADA ESCALONAMIENTO: 0.5 - 5 seg

PRECISION DEL TIMER : 0.1 seg

MEDICION DEL ELEMENTO :

IMPEDANCIA MEDIDA 0.075 ohm / fase

SENSIBILIDAD DIRECCIONAL :

PARA CORTO CIRCUITOS TRIFASICOS 0.1 % DEL VOLTAJE NOMINAL

PARA FALLA BIFASICA y A TIERRA ILIMITADO

COMPENSACION SECUENCIA - CERO (K₀) : 0 - 1.5 EN ESCALONAMIENTO

TIEMPO DE DESENGANCHE: 45 mseg

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION : RELE AUXILIAR DE MINIMA IMPEDANCIA

TIPO : YZ - L24 / BBC

APLICACION : LINEA DE TRANSMISION

SIMBOLO : 28

VOLTAJE NOMINAL : 100 / 110 / o 200 / 220 volt

CORRIENTE NOMINAL : 1.2 o 5 amp

FRECUENCIA NOMINAL : 50 o 60 Hz

CAPACIDAD DE SOBRECARGA :

CORRIENTE PERMANENTE 2.0 x In

CORRIENTE DURANTE 5 seg 30.0 x In

CORRIENTE DURANTE 1 seg 60.0 x In

VOLTAJE PERMANENTE 1.2 x In

CONSUMO DEL SERVICIO NORMAL :

FALLA DE DOS O TRES POLOS

CHOKES XK = 0 0.8 VA

CHOKES XK = 3.6 1.5 VA

CHOKES XK = 10.8 5.8 VA

FALLA DE UN SOLO POLO

CHOKES XK = 0 1.4 VA

CHOKES XK = 3.6 2.5 VA

CHOKES XK = 10.8 10.0 VA

Consumo del voltaje 1.1 VA con valor fijo de 1 ohm / fase

CARACTERISTICAS TECNICAS

MEDIDAS

RANGOS DE LOS RELES DE IMPEDANCIA ($Z_r - Z_s - Z_t$)

CUANDO	$V_n = 100/110$ volt ; $I_n = 1$ amp	5.0 - 50 ohm / fase, escalón
CUANDO	$V_n = 100/110$ volt ; $I_n = 2$ amp	2.5 - 25 ohm / fase, escalón
CUANDO	$V_n = 100/110$ volt ; $I_n = 5$ amp	1.0 - 10 ohm / fase, escalón
CUANDO	$V_n = 200/220$ volt ; $I_n = 1$ amp	10.0 - 100 ohm / fase, escalón
CUANDO	$V_n = 200/220$ volt ; $I_n = 2$ amp	5.0 - 50 ohm / fase, escalón
CUANDO	$V_n = 200/220$ volt ; $I_n = 5$ amp	2.0 - 20 ohm / fase, escalón

RANGOS DE CHOICES COMPUESTOS (TRANSFORMADOR - REDUCTOR) ($Z_r - Z_s - Z_t - Z_a$)

CUANDO	$V_n = 100/110$ volt ; $I_n = 1$ amp	0.0 - 54.0 ohm en escalonamiento de 2 ohm
CUANDO	$V_n = 100/110$ volt ; $I_n = 2$ amp	0.0 - 26.0 ohm en escalonamiento de 0.8 (ó 1.2) ohm
CUANDO	$V_n = 100/110$ volt ; $I_n = 5$ amp	0.0 - 10.0 ohm en escalonamiento de 0.4 ohm
CUANDO	$V_n = 200/220$ volt ; $I_n = 1$ amp	0.0 - 100.0 ohm en escalonamiento de 4.0 ohm
CUANDO	$V_n = 200/220$ volt ; $I_n = 2$ amp	0.0 - 53.6 ohm en escalonamiento de 1.6 (ó 2.4) ohm
CUANDO	$V_n = 200/220$ volt ; $I_n = 5$ amp	0.0 - 21.6 ohm en escalonamiento de 0.8 ohm

ANGULO AJUSTABLE ($\cos \phi$)

0.02, 0.2 y 0.35

CORRIENTE SELECCIONABLE A $V = 0$

aprox. $0.25 \times I_n \pm 10 \%$

TIEMPO DE OPERACION DE LOS CONTACTOS MOVILES

CUANDO	$Z = 0 - 0.4 \times Z$ set	20 useg
CUANDO	$Z = 0.75 \times Z$ set	30 useg
CUANDO	$Z = 0.95 \times Z$ set	50 useg

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: RELE DIRECCIONAL DE POTENCIA
TIPO	: PM 2gn 0 / 90 / BBC
APLICACION	: LINEA DE TRANSMISION
SIMBOLO	: 32
CORRIENTE NOMINAL	: 0.5 - 1 - 2.5 - 5 amp
VOLTAJE NOMINAL	: 100(110) o 200(220) volt AC
FRECUENCIA	: 50 o 60 Hz
CONSUMO DE LA CORRIENTE SELECCIONADA (SOLAMENTE DURANTE FALLAS A TIERRA)	: 2.5 - 3.2 VA
CONSUMO DE LA TENSION SELECCIONADA (SOLAMENTE DURANTE FALLAS A TIERRA)	: 10 - 15 VA
MEDIDA DEL ANGULO SELECCIONABLE	: 0 - 90°
CORRIENTE PERMITIDA DURANTE 1 seg	: 50 x In
TEMPERATURA AMBIENTE	: 0 - 40° C
ESQUEMA	:

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: APARATO DE RECONEXION AUTOMATICO
TIPO	: CW3 / BBC
APLICACION	: LINEA DE TRANSMISION
SIMBOLO	: 79
VOLTAJE NOMINAL	: 24 - 250 volt
TIEMPO DEL RECIERRE SIGUIENTE	: 1 - 5 seg
MAXIMA CORRIENTE DE LOS CONTACTOS	: 20 amp
CONSUMO	
EN SERVICIO NORMAL	: 0 watt
DURANTE RECIERRE	: aprox. 36 watt
ESQUEMA	:

CARACTERISTICAS TECNICAS

DESIGNACION	: RELE DE SOBRECORRIENTE
TIPO	: IM3x / BBC
SIMBOLO	: 50
RANGO DE CORRIENTE	: 4.0, 5.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 16.0 amp
CONSUMO A 60 Hz	: 4.1, 4.2, 4.3, 4.6, 4.9, 5.2, 5.6 VA
FRECUENCIA	: 60 Hz
CORRIENTE PERMANENTE ADMITIDO	: 2 x CORRIENTE FIJADA
NIVEL DE CORTO CIRCUITO	: térmico (para 1 seg) - 100 x corriente fijada mínimo dinámico - 500 x corriente fijada mínimo
CARACTERISTICAS DEL RANGO DEL TIEMPO	: 10 - 100 %
ESQUEMA	:

BIBLIOGRAFIA

1. EL ARTE Y LA CIENCIA DE LA PROTECCION, RUSSELL MASON.
2. FUNDAMENTOS DE PROTECCION DE SISTEMAS ELECTRICOS POR REVELADORES, ING. GILBERTO ENRIQUEZ HARPER.
3. PROTECCIONES EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS, PAULINO MONTANE SANGRA.
4. CURSO DE ENTRENAMIENTO TEORICO SOBRE PROTECCIONES, ASEA RELAYS.
5. PERTURBACIONES AÑO 1992-93, UNIDAD DE CONTROL DE OPERACIONES ELECTROPERU S.A.
6. APLIED PROTECTIVE RELAYING, WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION.
7. SELECTION AND SETTING OF DISTANCE RELAYS, BBC.
8. CATALOGO DEL RELE DIFERENCIAL TIPO D2, BBC.
9. CATALOGO DEL RELE DIFERENCIAL TIPO CA, WESTINGHOUSE.
10. CATALOGO DEL RELE DE SOBRECORRIENTE TIEMPO INVERSO TIPO ICM2, BBC.
11. CATALOGO DEL RELE TIPO PUM, BBC.
12. CATALOGO DEL RELE TIPO KLF-OF-FIELD, WESTINGHOUSE.
13. CATALOGO DEL RELE TERMICO TIPO ST, BBC.
14. CATALOGO DEL RELE DE UNDER VOLTAJE TIPO PUM2Y90, BBC.

15. CATALOGO DEL RELE DE RECIERRE AUTOMATICO TIPO CW3, BBC.
16. CATALOGO DEL RELE DE SOBRECORRIENTE TIPO IM3, BBC.
17. CATALOGO DEL RELE DE SOBRETENSION TIPO UM3, BBC.
18. CATALOGO DEL RELE DIRECTIONAL EARTH-FAULT RELAY TIPO PM2GNO/OG, BBC.
19. CATALOGO DEL RELE DE DISTANCIA ELECTROMECHANICO LZ32, BBC.
20. CATALOGO DEL RELE DE DISTANCIA DLP10 (DIGITAL LINE PROTECTION SYSTEM), GENERAL ELECTRIC.
21. CATALOGO DEL RELE "GROUND DIRECTIONAL OVER CURRENT RELAY", GENERAL ELECTRIC.