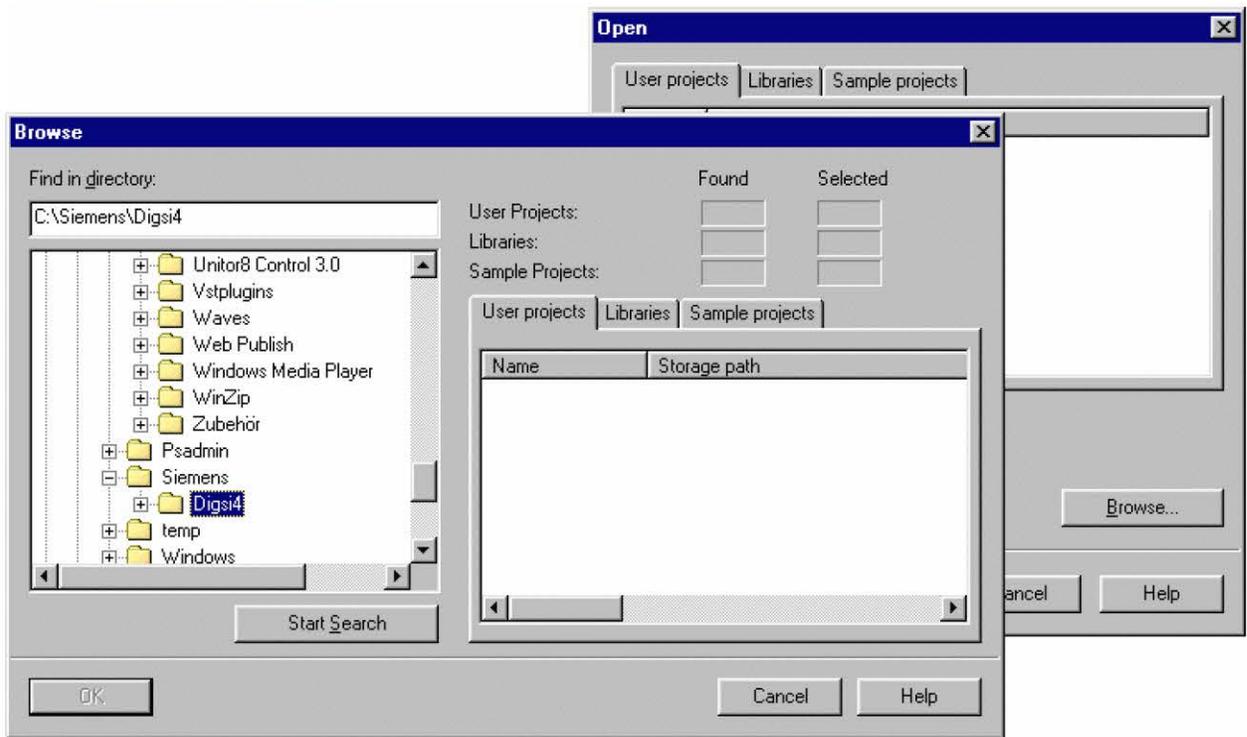
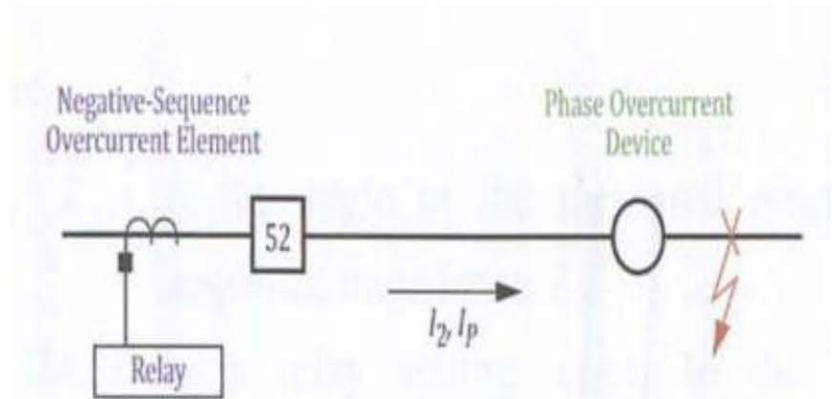


# Practical Protection Engineering Basics



Ing. Qazi Arsalan hamid

## Contenido

Capítulo 1	Transformadores de instrumentos: .....	6
1.1	Transformador de corriente: .....	6
1.1.1	Operación .....	7
1.1.2	Carga: .....	9
1.1.3	Errores: .....	11
1.1.4	Corriente de excitación o magnetización: .....	12
1.1.5	Tipos de TC según aplicaciones: .....	14
1.1.6	Factor límite de precisión: .....	14
1.1.7	Voltaje del punto de rodilla: .....	15
1.1.8	Diagrama de circuito de prueba de excitación / magnetización .....	17
1.1.7	Polaridad de CT: .....	21
1.1.9	Prueba de relación: .....	25
1.1.10	CT por ubicación se divide en dos tipos .....	27
1.1.11	CT por construcción se divide en tres tipos .....	28
1.1.13	Datos de la placa de identificación: .....	34
1.1.14	Tipo especial de TC (Clase X): .....	36
1.2	Transformador de potencial .....	39
1.2.1	Operación: .....	39
1.2.2	Errores .....	40
1.2.3	Transformadores de tensión para tensión extra alta .....	43
1.2.4	Transformador de voltaje capacitivo: .....	45
1.2.5	Protección del transformador de tensión: .....	47
1.2.6	La prueba debe realizarse en el transformador de voltaje .....	47
Capítulo 2	Relés auxiliares y circuitos de disparo .....	61
2.1	Relés auxiliares .....	61
2.2	Tipos de contactos .....	63
2.2.1	Hacer contacto .....	63
2.2.2	Romper contacto .....	63
2.2.3	Conmutador de cambio .....	64
2.2.4	Interruptores de retardo .....	64
2.3	Circuitos de disparo: .....	sesenta y cinco

2.3.1 Sellado en serie: .....	sesenta y cinco
2.3.2 Refuerzo de la derivación: .....	66
2.3.3 Refuerzo de la derivación con sellado: .....	67
2.4 Supervisión del circuito de disparo: .....	67
2.4.1 Esquema del circuito de disparo H4: .....	68
2.4.2 Esquema del circuito H5: .....	69
2.4.3 Esquema del circuito H7: .....	70
Capítulo 3 Dibujo de ingeniería.....	72
<b>Capítulo 4 Fallos simétricos y asimétricos.....</b>	<b>94</b>
4.1 Fallos de cortocircuito: .....	94
4.2 Fallo simétrico trifásico: .....	94
4.2.1 Componentes simétricos .....	96
4.3 Fase a tierra .....	98
4.4 Fallo de fase a fase .....	102
4.5 Doble fase (fase a fase) a fallas a tierra .....	104
4.6 Fallos trifásicos .....	106
Capítulo 5 Relé de protección .....	108
5.1 Operación .....	109
5.2 Terminologías utilizadas en el relé de protección: .....	110
5.2.1 Ajuste del multiplicador de enchufe .....	110
5.2.2 Ajuste del multiplicador de tiempo: .....	111
5.3.1 Relé de tiempo definido .....	111
5.3.2 Relé de tiempo inverso .....	112
5.3.3 Relé instantáneo: .....	118
5.3.4 Figura de conexión de relé .....	120
5.3.4 Relé de sobrecorriente direccional .....	121
5.3.5 Un caso de estudio (Relé de protección-Configuración OC) .....	134
5.3.5 Estudio de caso n. ° 2: .....	138
5.3.6 Estudio de caso n. ° 3: .....	140
5.4 Prueba de relés de protección: .....	143
5.4.1 Prueba de recogida: .....	143
5.4.2 Prueba de entrega: .....	154

5.4.3 Prueba de recogida / devolución: .....	154
5.4.4 Prueba de tiempo: .....	155
5.5 Funcionamiento de diferentes conjuntos de prueba: .....	166
5.5.1 Omicron CMC 356: .....	166
5.6 Relés de voltaje .....	175
5.6.1 Relé de sobretensión (59) .....	176
5.6.2 Relé de baja tensión (27): .....	179
5.7 Relé de frecuencia (81): .....	183
5.7.1 Relé de baja frecuencia: .....	184
5.7.2 Relé de sobrefrecuencia: .....	189
Capítulo 6 Relé de protección diferencial .....	193
6.1 Relé de protección diferencial: .....	194
6.2 Leyes básicas que siguen los relés diferenciales .....	195
6.3 Tipos de relés diferenciales .....	195
6.3.1 Relé diferencial de corriente: .....	195
6.3.2 Protección diferencial sesgada: .....	202
6.3.3 Caso 1: .....	204
6.3.4 Caso 2: .....	220
6.4 Protección restringida de falla a tierra (REF) .....	227
6.5 Un estudio de caso: .....	227
Capítulo 7           Ingeniería de condensadores .....	232
7.1 Energía .....	232
7.2 Factor de potencia .....	233
7.3 Estudio de caso: .....	235
7.4 Factor de potencia de retraso: .....	238
7.5 Factor de potencia líder .....	239
7.6 Condensador síncrono .....	242
7.7 Condensador de derivación .....	243
Capítulo 8           Recierre automático .....	245
8.1 Operación: .....	246
8.1.1 Ciclo de operación .....	247
8.1.2 Disparos .....	248

8.2	Términos de uso en esquemas de reenganche automático: .....	248
8.3	¿Qué entendemos por reenganche automático en cualquier circuito? .....	250
8.3.1	Relé de reconexión automática y disyuntor de reconexión automática .....	250
8.3.2	Disyuntor de recierre automático con microcontrolador .....	251
8.3.3	Entrenamiento sobre reenganche automático: .....	252
8.4	Método de prueba: .....	255
8.5	Reenganche automático en campo .....	260
8.6	Cómo probar el reenganche automático en el sitio: .....	260
Capítulo 9	Protección del motor.....	263
9.1	Condición anormal .....	264
9.2	Dispositivo de interrupción de línea .....	264
9.2.1	Contactador magnético .....	264
9.2.2	Controlador de motor de media tensión E1 .....	265
9.2.3	Controlador de motor de media tensión E2 .....	265
9.3	Tipos de control de aparamenta .....	265
9.3.1	Motores de clasificación de baja tensión hasta 100KW .....	266
9.3.2	Motores con clasificación de bajo voltaje más allá de 100KW .....	266
9.3.3	Motores con clasificación de alto voltaje .....	266
9.4	Protección de sobrecarga: Se proporciona mediante relé bimetálico, fusibles y relé de protección del motor con función de sobrecarga térmica. El relé bimetálico se conecta en serie con el circuito de carga, estos relés funcionan según el principio de expansión térmica, cuando la corriente de carga aumenta, el contacto metálico en el relé se expande para cerrar el circuito y enviar la señal al interruptor. Si la potencia nominal del motor es alta, el transformador de corriente se instala con un relé bimetálico. ....	268
9.4.1	Insertar ajuste en relé .....	271
9.5	Protección de rotor bloqueado .....	274
9.6	Protección contra cortocircuitos .....	275
9.7	Protección de secuencia negativa .....	276
9.8	Protección diferencial .....	278
9.9	Parada del motor .....	278
Bibliografía	.....	280

## **Capítulo 1      Transformadores de instrumentos:**

Estos transformadores se utilizan con fines de medición y protección, no podemos tener medidores de alto voltaje o alto valor de corriente que puedan operar en 11KV o 33KV directamente o soportar una corriente de 300A o 400A, por lo que utilizamos transformadores de instrumentos para usar la réplica exacta de bajo valor de voltaje y corriente de funcionamiento para fines de medición y protección.

El transformador de instrumentos por réplica de cantidades se puede dividir en dos tipos.

- Transformador de corriente
- Transformador de voltaje o potencial

### **1.1 Transformador de corriente:**

El transformador de corriente está produciendo una réplica de baja intensidad de alto valor de corriente, es igual que cualquier transformador con devanados primarios y secundarios, el devanado secundario siempre está presente en el transformador de corriente, pero el devanado primario sería el conductor / cable en el que se monta el CT con el propósito de Medición y protección.

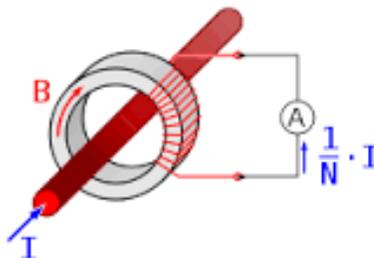
## 1.1.1 Operación:

El transformador de corriente actúa de la misma forma que el transformador elevador, en el que la tensión aumenta con la relación de giro mencionada.

$$= 4,44$$

Donde  $f$  es la frecuencia,  $B$  es la densidad del campo magnético,  $A$  es el área de la sección transversal y  $N$  es la relación de espiras.

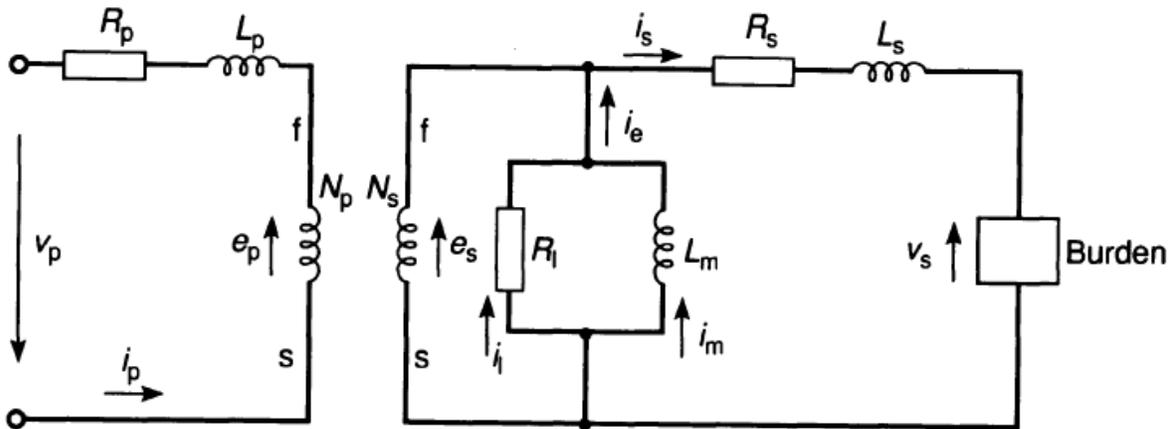
1st Necesitamos analizar a continuación, mencionar el dibujo simple o el diseño del transformador de corriente.



¿Qué sucedió cuando la corriente fluye en el primario, el flujo debido a ese flujo de corriente corta el número secundario de vueltas e induce voltaje en el secundario, debido a que induce el voltaje secundario el flujo de corriente en los devanados secundarios, pero recuerde que los transformadores están acoplados magnéticamente por lo que el núcleo de los transformadores deben ser magnetizados antes de cualquier flujo de corriente, la corriente requerida para magnetizar el núcleo del transformador es la corriente de excitación, ahora vea esta ecuación

$$= \left( \frac{\quad}{\quad} + \quad \right)$$

Muestra claramente la corriente primaria transformada no solo en corriente secundaria sino también en corriente de excitación, nuestra principal preocupación es la corriente secundaria pero la corriente de excitación está ahí, más corriente de excitación significa menos corriente secundaria, lo cual no es técnicamente deseable. Para mantener la corriente de magnetización o excitación lo más baja posible, es una práctica común utilizar un buen material de propiedades magnéticas para la fabricación de núcleos de transformadores de corriente, por lo que con menos corriente de magnetización nuestro CT se acoplará magnéticamente con el cable / conductor montado.



Es un dibujo operativo esquemático del transformador de corriente.

No se debe confundir con la magnetización separada y la corriente de excitación, porque la suma vectorial de la resistencia interna y la reactancia inductiva es la impedancia de magnetización.

$$= +$$

Ya que  $= 2 * * *$

También tenga en cuenta que  $\gg$ , es por eso que en algún momento en algunos dibujos esquemáticos solo se menciona. También es mucho más pequeño para que pueda descuidarse.

### 1.1.2 Carga:

La carga es la carga de cualquier transformador de corriente; medía en unidad de  $h$ , pero mencionar en Voltage Ampere

(VA) en TC, pero recuerde siempre que la carga siempre se calcula en términos de  $h$

Supongamos que tenemos 400 / 1A CT, con una carga de 10VA, entonces podemos decir,

$$= \frac{10}{1^2} = 10 \Omega$$

Ahora tome 400 / 5A CT, con una clasificación de 10VA, luego  $= 10 / 5^2 = 0.4 \Omega$

Veamos un problema más relacionado con el transformador de corriente, lo que sucedió cuando CT Secondary se mantuvo abierto durante el estado energizado. Ahora calcúlelo matemáticamente, cuando el secundario se abre, la corriente en el secundario se vuelve cero porque el circuito está incompleto

Disponemos de 200 / 1A, 10VA CT

$$= 10 / 0^2 = \infty$$

$$= \frac{\infty}{1} = \infty$$

$$= \frac{\infty}{1} = \infty$$

Cuando el voltaje es infinitamente grande, puede dañar a cualquier persona en contacto o cualquier equipo asociado con él, incluso ionizar el aire entre CT, todos los

La corriente es del transformador solo en la corriente de excitación, que en exceso puede dañar el acoplamiento magnético de CT o CT.

### 1.1.3 Errores:

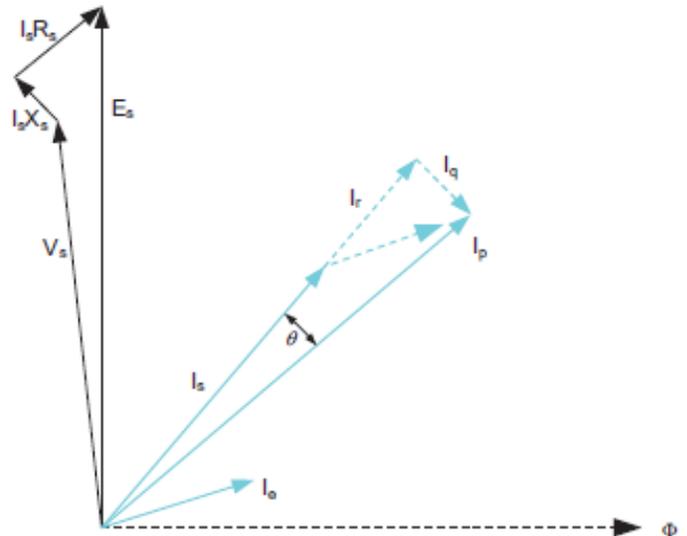
Hay dos tipos de errores en CT, CT está trabajando para la transformación actual, la corriente es cantidad vectorial, los errores se tipifican en términos de magnitud y ángulo de fase.

#### 1.1.3.1 Tipos

- Desplazamiento de fase  
Error
- Error de relación

El dibujo vectorial simple del transformador de corriente es mostrado a continuación

El error de desplazamiento de fase es la diferencia del ángulo de fase entre el primario y el Fases de corriente secundaria debido a la corriente de excitación. Aquí está representado por .



- $E_s$  = Secondary induced e.m.f.
- $V_s$  = Secondary output voltage
- $I_p$  = Primary current
- $I_s$  = Secondary current
- $\theta$  = Phase angle error
- $\Phi$  = Flux
- $I_s R_s$  = Secondary resistance voltage drop
- $I_s X_s$  = Secondary reactance voltage drop
- $I_0$  = Exciting current
- $I_r$  = Component of  $I_0$  in phase with  $I_s$
- $I_q$  = Component of  $I_0$  in quadrature with  $I_s$

El error de relación es la diferencia entre la corriente primaria y secundaria, en la figura se muestra mediante

$$= \frac{( \quad / \quad ) - \quad}{\quad}$$

Tomemos un CT de 200 / xA, la relación de giro es 5 / 200,5VA, clase 0.5 con un error de relación de 0.5, ahora necesitamos encontrar

$$0,5 = \frac{200 \left( \frac{5}{200} \right)}{\quad}$$

$$= 3.333$$

$$= 3.333$$

### 1.1.4 Corriente de excitación o magnetización:

La corriente de excitación se utiliza para magnetizar el núcleo del transformador, nuestra intención como fabricante es utilizar el material del núcleo de la mejor calidad, por el mejor material del núcleo nos referimos a utilizar un núcleo que pueda acoplar magnéticamente el primario y el secundario con la menor cantidad de corriente de excitación. Cuando la corriente de excitación aumentó, aumentó el error en los transformadores de corriente.

$$= \left( \frac{\quad}{\quad} \right) - \quad$$

Ahora supongamos que tenemos 200/1 A CT, pero CT secundario la corriente es 0,99 A pero no 1 A, significa

$$= 200 \left( \frac{1}{200} \right) - 0,99$$

$$= 0.01$$

Simplemente significa 0.01A que es  $0,01 * 100 = 1\%$  de

La corriente secundaria se utiliza para el acoplamiento magnético del transformador de corriente.

Tomemos un ejemplo más,

tome un CT de 200 / xA, la relación de giro es de 5 / 200,5VA, clase 0.5 con un error de relación de 0.5, ahora necesitamos encontrar

y

$$0,5 = \frac{200 \left( \frac{5}{200} \right) - \quad}{\quad}$$

$$= 3.333$$

$$= 3.333$$

$$= \left( \frac{\quad}{\quad} \right) - \quad$$

$$= 200 \left( \frac{5}{200} \right) - 3.333$$

$$= 1,667$$

Medio  $1,667 * 100 = 33,34\%$  de corriente secundaria se utiliza para magnetizar el núcleo con fines de inducción.

### **1.1.5 Tipos de TC según aplicaciones:**

Cuando se trata de errores en CT, combinamos tanto el desplazamiento de fase como el error de relación en el error compuesto. Subdividimos nuestros CT en clases según sus errores compuestos y con respecto a su aplicación.

Clases de TC de protección

- 5P
- 10P

Clases de TC de medición

- 0,1
- 0,2
- 0,5
- 1
- 3
- 5

### **1.1.6 Factor límite de precisión:**

El factor límite de precisión es la relación entre la corriente primaria máxima que puede soportar el TC sin exceder los errores definidos en la clase con la corriente primaria nominal

= /

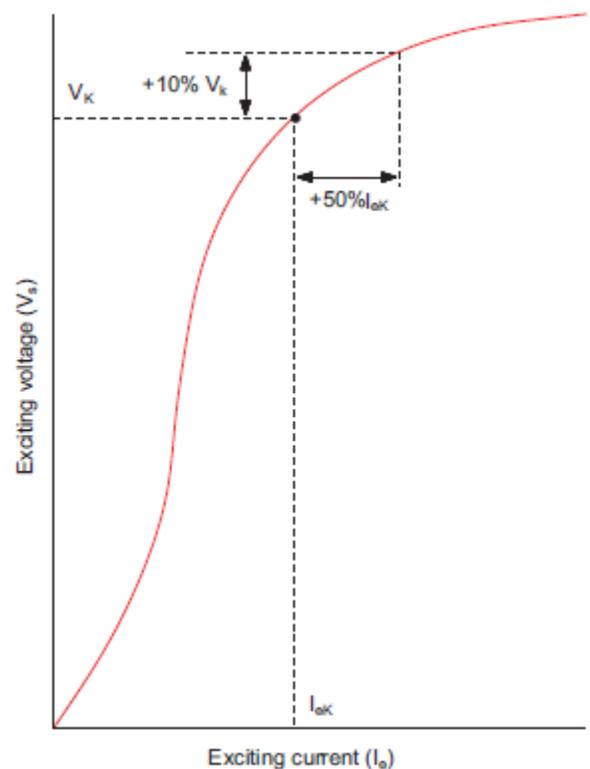
Por lo general, los TC tienen ALF de 5, 10, 15, 20, 30 y 40

Pero cuando usamos Metering CT, llamamos ALF como factor de seguridad.

### 1.1.7 Voltaje del punto de rodilla:

El voltaje del punto de rodilla es el voltaje al que el CT comienza a saturarse, por saturación significa que los errores aumentan, más corriente de excitación transformada de la salida de corriente primaria y secundaria se reduce.

Para fines de verificación o prueba, podemos decir que el punto de inflexión es el punto en el que el 10% El aumento de voltaje provocará un aumento del 50% en la corriente.



$$\begin{aligned}
 &= ( + \text{---} ) \\
 &= * ( + + ) \\
 &= = \\
 &= = \\
 &= \\
 &= h h \quad \text{Y a veces no se} \\
 &\text{considera en el cálculo.}
 \end{aligned}$$

Recuerde siempre que el punto de inflexión del CT de medición es siempre menor que el CT de protección.

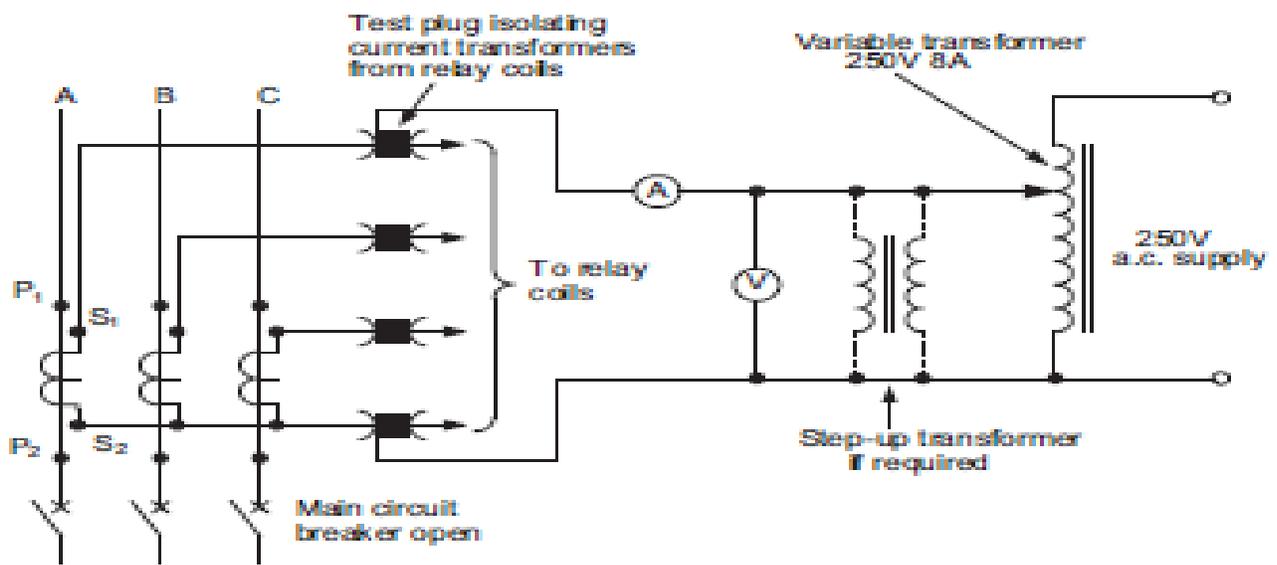
Antes de la puesta en servicio de cualquier prueba de corriente, una de las pruebas obligatorias es verificar el voltaje del punto de inflexión del transformador de corriente.

Para este propósito requerimos

- CT (cuyo punto de inflexión debe comprobarse, el fabricante siempre menciona el voltaje del punto de inflexión que debemos verificar en esta prueba)
- Voltímetro
- Amperímetro
- Suministro de salida 250v-VARIAC (1 fase)

- Transformador elevador (cuando tenemos CT con salida secundaria de 1A)

### 1.1.8 Diagrama de circuito de prueba de excitación / magnetización



#### 1.1.6.1 Método:

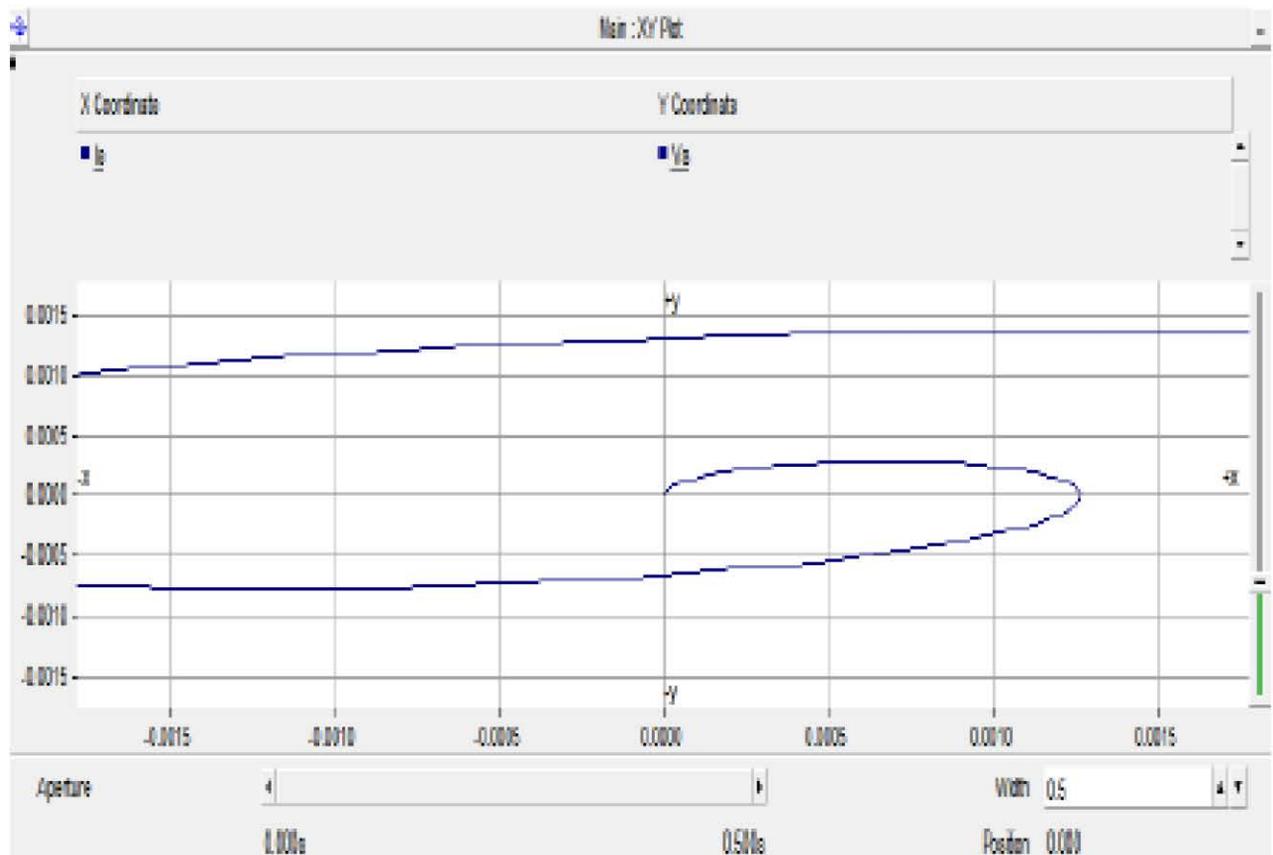
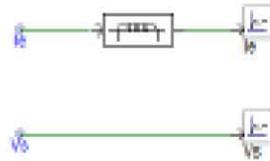
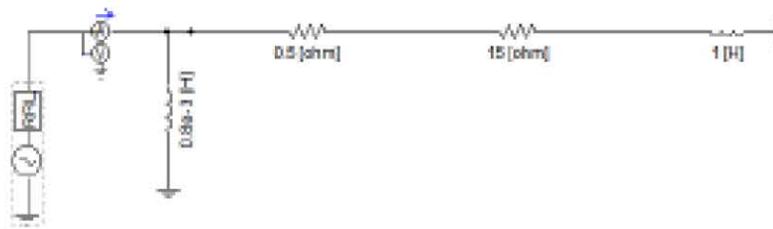
- 1st De todos los disyuntores pospuestos
- Luego retire la cubierta del bloque de prueba, nunca retire la cubierta cuando el circuito esté vivo, porque puso el secundario del TC en condición abierta, lo que induce un alto voltaje entre ambos contactos y el contacto a tierra, y si

usted es la persona que quita la cubierta, puede actuar como tierra.

- Verifique el voltaje en todas las salidas secundarias del bloque de prueba, debe ser cero. Luego tome CT uno de los contactos que necesita probar, el otro contacto es la ruta de retorno o el punto de estrella si tiene CT conectado en estrella.
- Ahora que su TC está en estado muerto, coloque su amperímetro en serie y el voltímetro en paralelo con su conexión de TC de prueba,
- Completa tu conexión conectándolos con fuente de alimentación de 250V (de Transformador variable-VARIAC) y tienen capacidad de inyectar corriente de 8A en circuito.
- Ahora comience a aumentar el voltaje lentamente y mantenga los ojos en el voltímetro y el amperímetro, el punto en el que observe el ligero aumento en el voltaje resultará en un pico en el valor actual, tenga en cuenta que el voltaje es el voltaje del punto de inflexión.
- Después de realizar la prueba y anotar los valores, reduzca el voltaje al nivel cero y observe la corriente en el valor cero, luego espere un tiempo, aumente esta duración cuando esté realizando la prueba en los TC de flujo remanente (TCX, TCY y TCZ)
- En caso de cualquier TC con corriente secundaria de 1A, debemos utilizar un transformador de un paso con nuestro VARIAC,

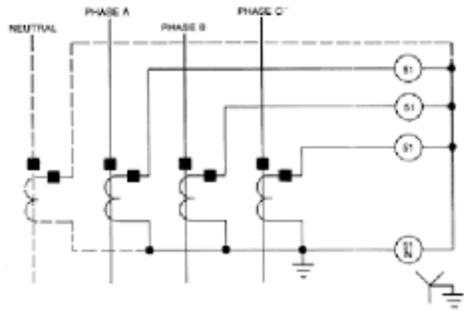
porque el voltaje del punto de inflexión de  $\phi = 1$  es mayor que  $\phi = 5$

## Magnetization Curve Test of CT in PSCAD Software



## 1.1.7 Polaridad de CT:

La polaridad es muy importante al conectar el TC en el circuito, la polaridad incorrecta resultó en una función incorrecta de la protección.



Usualmente usamos Primaria

punto conductor en el diagrama de circuito para mostrar la ruta de entrada actual y el punto en CT muestra la ruta de salida de corriente del CT. en algunos dibujos, las flechas se utilizan en lugar de los puntos.

En cualquier sistema de equilibrio,

$$+ + = 0$$

El signo positivo muestra las direcciones de toda la corriente, supongamos que cuando cambiamos la polaridad de un CT, digamos Fase B, ahora la ecuación se convierte

$$= - +$$

- Ve signos muestran que la dirección actual de B ahora es diferente de la corriente de fase A y C

$$= 0 + 1 + 2 - 0 - 2 1 - 2 + 0 + 1 + 2 2$$

$$= 0 + 1(1 - 2 + ) + 2(1 - + 2)$$

$$- + = 0 - 2 2 1 - 2 2$$

Ahora, solo ver una conexión de TC incorrecta dará como resultado la existencia de corriente de secuencia cero, corriente de secuencia positiva y negativa, lo que significa que el sistema no permanece más equilibrado.

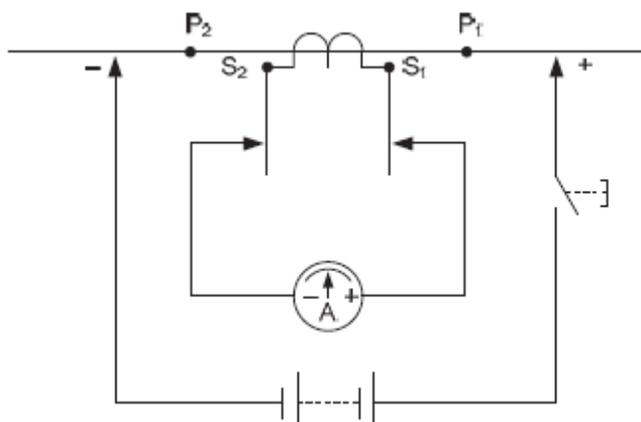
Entonces es necesario conectar el CT con la polaridad correcta y para eso necesitamos probar la polaridad del CT.

Ahora hay dos métodos para probar la polaridad de cualquier TC.

- Método de flick
- Método de inyección de corriente primaria

El método Flick se usa principalmente para CT de tipo bobinado y de anillo, el método de inyección de corriente primaria se usa principalmente para probar la polaridad de CT al aire libre o decimos CT de tipo barra.

Diagrama de circuito (método de movimiento rápido)



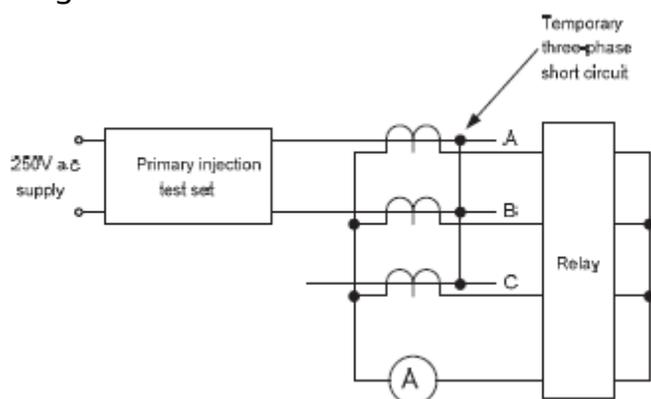
### **1.1.8.1 Método:**

- Toma un conductor
- Tomar CT necesita ser probado
- El CT no debe colocarse en ningún circuito, sino en su instalación de prueba o cerca del equipo de prueba
- Coloque su conductor en el espacio de aire de CT
- Tome una batería y en serie de batería conecte un botón, luego conecte los terminales al conductor
  
- Su amperímetro (tipo dínamo) se conectará con ambos terminales del secundario
- Mientras se completa este arreglo, presione el botón pulsador que sabía que permanece abierto hasta que lo presione, cuando presione el botón pulsador, el amperímetro tipo dinamo muestra el movimiento de la aguja desde el valor cero hasta el valor positivo, y cuando suelte el botón pulsador , la aguja se mueve hacia un valor negativo, entonces significa que la polaridad de su CT es correcta y en esa misma posición necesita conectar su CT al bloque de prueba, pero supongamos que cuando presiona el botón pulsador si las agujas no muestran ningún movimiento hacia el valor positivo o se mueven hacia el negativo. valor o permanecer atascado en la posición cero significa que la polaridad es incorrecta.

## 1.1.8.2 Método de inyección primaria:

Este método generalmente emplea a los empleados en CT de barra de conmutación y CT de exterior

Diagrama de circuito



## 1.1.7.2.1 Método:

- 1<sup>st</sup> de todos fuera del interruptor
- Verifique el estado de voltaje cero con el probador de alto voltaje, también conecte a tierra el circuito muerto
- Ahora haga un cortocircuito en el conductor primario de fase rojo, amarillo y azul del lado entrante
- Coloque un amperímetro (el digital será bueno) en el punto neutro o en estrella de los TC secundarios. Asegúrese de quitar la cubierta del bloque de prueba, para que pueda asegurarse de que el circuito se complete dentro del bucle de CT, sin necesidad de involucrar al relé en el circuito.

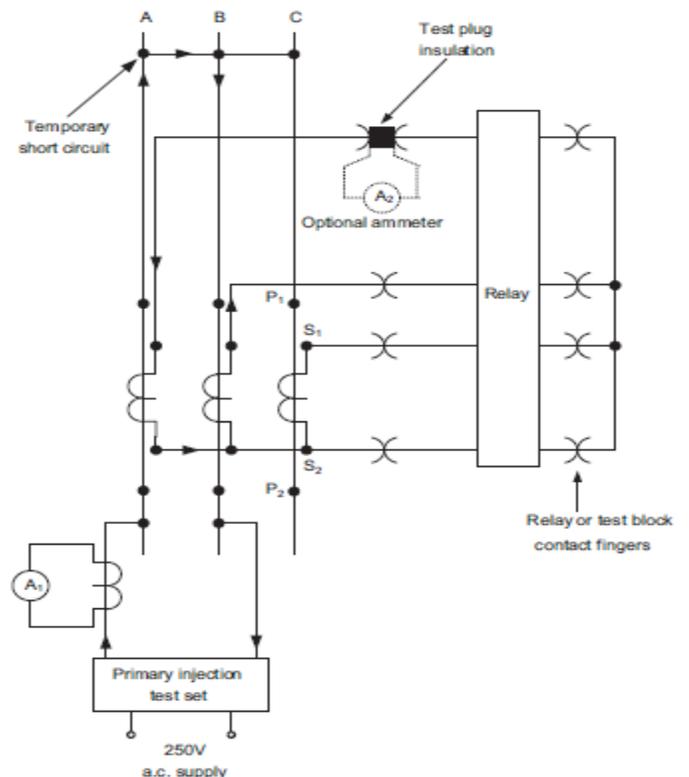
- Ahora tome su conjunto de inyectores de corriente primaria que puede funcionar con un voltaje de 250 ca y conéctelo a dos conductores primarios cualesquiera, lo conectamos en la fase roja y amarilla.
- Ahora comience a inyectar corriente, si inyectamos 10A y la lectura en su multímetro digital está en milésimas de amperios, entonces esto significa que su polaridad es correcta. Pero si la lectura en su multímetro es de 20 A o más, esto significa que su polaridad es incorrecta.

### 1.1.9 Prueba de relación:

Es necesario verificar la relación antes de poner en servicio cualquier TC nuevo en el circuito. En el cliente

Solicite también podemos probar la relación en el momento del mantenimiento.

Se da el diagrama de circuito.



### 1.1.9.1 Método:

- 1<sup>st</sup> fuera del interruptor
- Verifique el estado de voltaje cero con el probador de alto voltaje, también circuito muerto conectado a tierra
- Coloque un cortocircuito en el lado de entrada del conductor de fase primario rojo, amarillo y azul
- Coloque su conjunto de inyección primaria operado con suministro de 250 V y conéctelo con dos conductores primarios cualesquiera, y coloque su amperímetro opcional en la conexión en serie del CT de prueba de relación inferior a través del bloque de prueba. Dije que era opcional porque en los nuevos conjuntos de inyección, la medición del lado secundario y primario está disponible en los conjuntos de prueba.
- Ahora comience a inyectar corriente, si tiene CT de 400/1, necesita inyectar hasta el 25% de la corriente primaria significa 100A, y observe la lectura en el lado secundario. Si la lectura del lado secundario es de alrededor de 0.25A, si hay una ligera reducción en la lectura secundaria, es solo debido a errores compuestos. Pero supongamos que si obtiene una salida secundaria de 0.10A o 0.15A, significa que los devanados secundarios del CT se están deteriorando y es necesario reemplazar el CT.

## 1.1.10 CT por ubicación se divide en dos tipos

- CT interior (generalmente en rack de interruptores / apartamenta / subestación)
- CT al aire libre (generalmente en pórtico de cuadrícula)



es CT interior, ubicado dentro Tablero de distribución o disyuntor, generalmente se encuentra en la barra colectora inferior que luego se conecta al disyuntor con el fin de completar el circuito para que pueda conectarse fácilmente con el cable entrante o saliente.



Es TC al aire libre, ubicada generalmente en En el pórtico de Grid, la aplicación por ubicación afecta a muchos factores que se discutirán más adelante.

Algunas instantáneas de CT se dan a continuación para familiarizarse



### 1.1.11 CT por construcción se divide en tres tipos

Tipo de barra CT

Tipo de herida CT

Equilibrio central CT

### 1.1.11.1 Tipo de barra CT:

Como empleados de nombre, los CT de tipo barra tienen una barra incorporada para conexión externa

El secundario está completamente empaquetado en un cuerpo aislado; principalmente vemos este tipo de TC en la barra de bus inferior que luego se conecta a los interruptores o disyuntores con el fin de completar el circuito.



### 1.1.11.2 Tipo de herida CT:

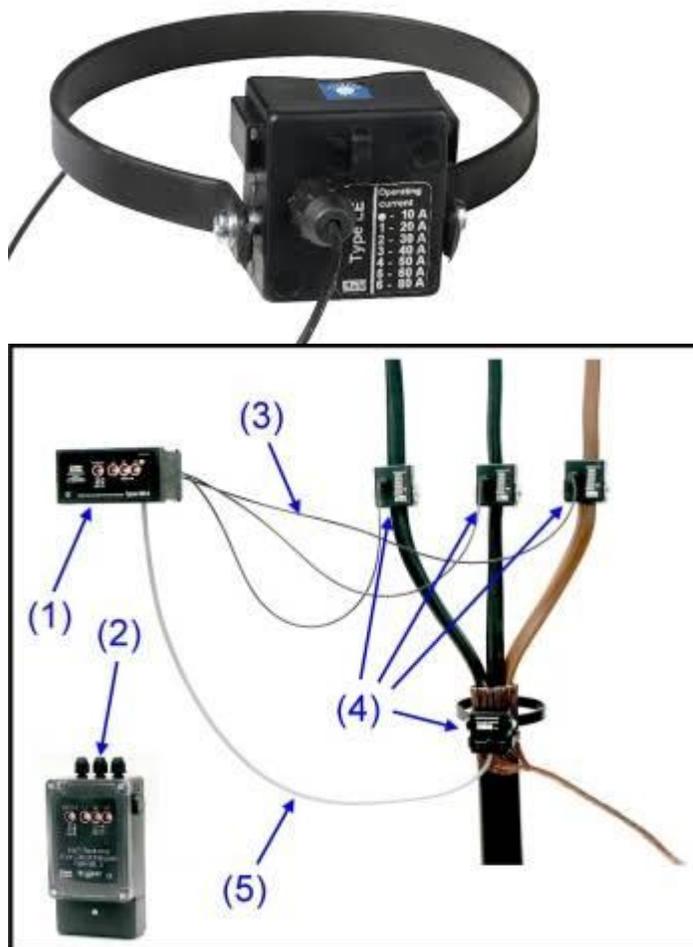
Como nombre empleado en este, el número secundario de vueltas está herido en el núcleo del secundario, el primario sería cualquier conductor o cable en el que se monta Wound CT. Por lo general, el secundario herido no se ve, sino que se cubre con un embalaje aislado sólido.



### 1.1.11.3 Equilibrio básico CT (CBCT):

Este tipo de TC es más aplicable cuando se requiere medición de tierra o protección contra fallas a tierra.

Veremos con circuito indicadores de falla a tierra o con relé de protección de falla a tierra, el CT se monta en los cables generalmente.



En este artículo # 4 está CBCT.

Recuerda en cualquier balance el sistema de energía eléctrica.

$$+ + = = 0$$

Entonces cada corriente tiene 3 componentes

$$= 1$$

$$= 2$$

$$= 0$$

Entonces,

$$= 1 + 2 + 0$$

$$= 2 + 1 + 2 + 0$$

$$= 1 + 2 + 2 +$$

$$= 0.5 - 0.866 \quad 2 =$$

$$-0.5 - 0.866$$

$$1 + + 2 = 0$$

Ahora bien, si el sistema es el equilibrio;

$$= + +$$

$$= 0 + 1 + 2 + 0 + 2 + 1 + 2 + 0 + 1$$

$$+ 2 + 2 - - - - - ( 1 )$$

PI recuerda;

$$0 = 0 = 0$$

Y a efectos de cálculo,

$$1 = 1 \quad 2 = 2$$

$$1 = 1 \qquad 2 = 2$$

$$1 = 1 \qquad 2 = 2$$

Ahora volvamos a la ecuación (1);

$$= 0 + 1 + 2 + 0 + 2 + 1 + 2 + 0 + 1 + 2 + 2$$

$$= 3 + 0 + 1(1 + 2 + ) + 2(1 + + 2)$$

$= 3 + 0 = = 0 - - - - - h$       Esta corriente de  
 secuencia cero es replicada por CBCT y las siguientes  
 condiciones cuentan la historia

Si  $= 0$

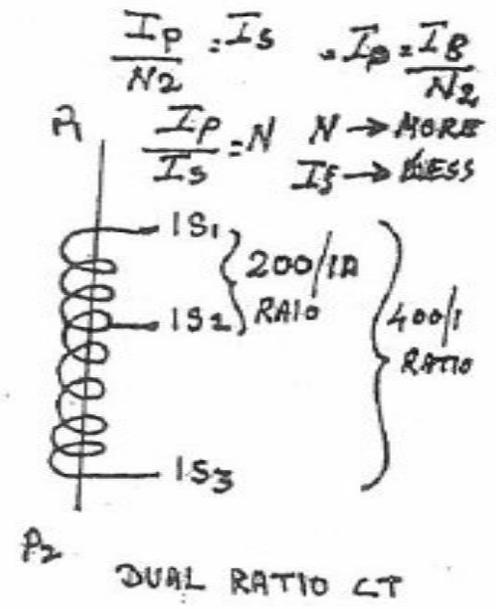
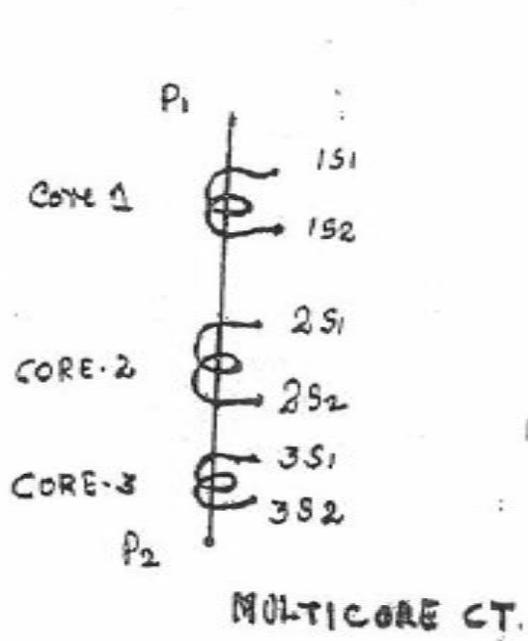
Entonces no hay operación, supongamos que tenemos EFI, entonces EFI no mostrará ninguna indicación

Si  $\neq 0$

Entonces EFI funcionó, y habrá una indicación de falla

### 1.1.12 CT multinúcleo y de relación múltiple:

CT se divide en dos tipos en términos de devanado secundario.



- Multinúcleo
- Relación múltiple o relación dual

### 1.1.12.1 Multinúcleo:

Este CT es CT con devanados secundarios separados, en el que si está utilizando un devanado secundario, debe acortar todos los demás secundarios, ya que cada núcleo actúa como CT separado, se representa en términos de primario como 4000/2000/1. En él, si está utilizando 4000/1, debe tener que acortar los contactos secundarios 2000/1.

### 1.1.12.2 Relación múltiple:

Este CT es CT con derivaciones en el primario, si está usando un contacto secundario, no es necesario acortar otros contactos secundarios, porque otros contactos secundarios están muertos mientras no se usan.

### 1.1.13 Datos de la placa de identificación:

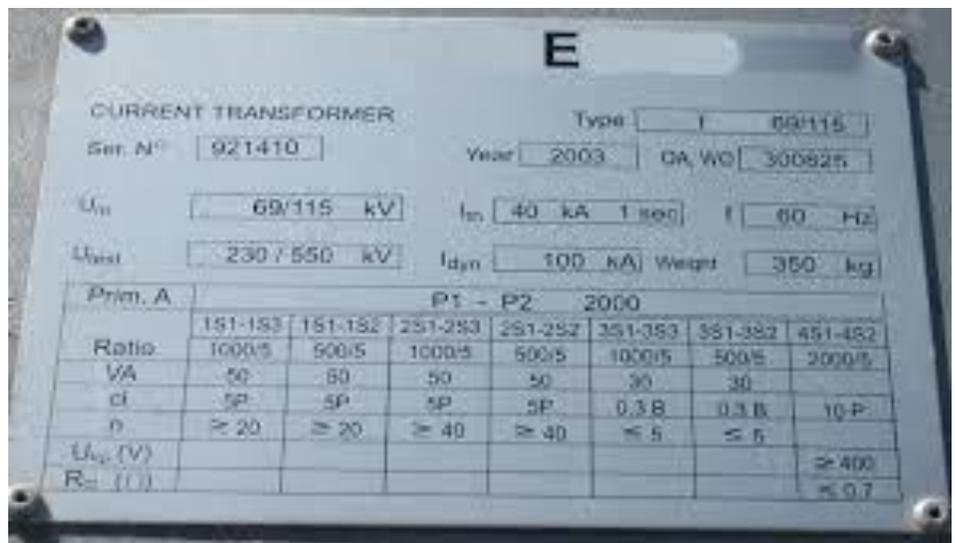
El mas  
punto importante  
que debemos  
considerar es  
viendo

datos de la placa de identificación

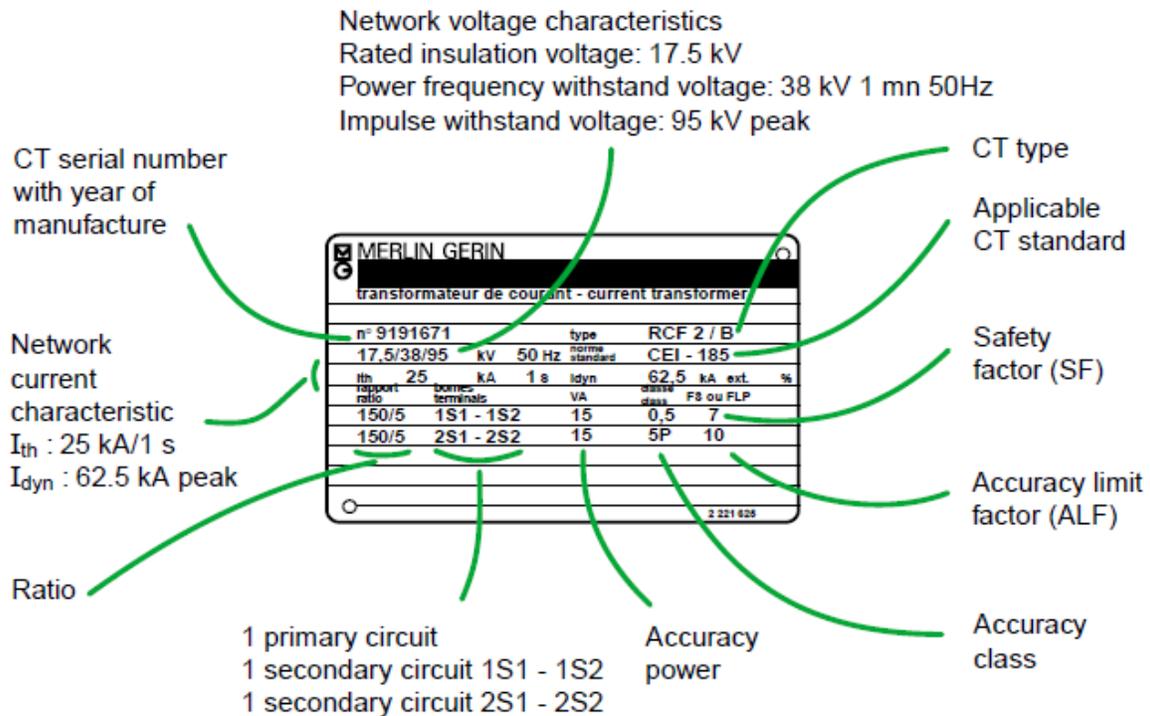
antes de hacer

cualquier trabajo en CT

o puesta en servicio de CT.



La placa de identificación define muchas cosas que ahora se ven frente a la clase de medición, mencionan el factor de seguridad y frente a la carga de protección, mencionan el factor límite de precisión. Hay voltajes de aislamiento como la frecuencia de alimentación.



Se mencionan las tensiones soportadas, las tensiones nominales de aislamiento y las tensiones de impulso. Otras cantidades importantes son la corriente de red que se subdivide en corriente térmica y corriente dinámica de corto tiempo.

El voltaje soportado a frecuencia industrial es el voltaje que indica, en caso de cualquier perturbación de frecuencia, que gran parte del voltaje máximo en el tiempo mencionado CT puede soportar sin dañarse a sí mismo.

El voltaje de aislamiento nominal es el nivel máximo de voltaje en el que el aislamiento del TC permanecerá seguro

El voltaje de impulso es el valor máximo de voltaje que puede enfrentar el CT sin dañar en caso de un rayo

La corriente térmica de corta duración es una corriente de corta duración en la que ct no puede dañar

La corriente dinámica es el valor máximo o 2,5 veces de  $I_n$

En el cual CT no puede ser dañado, pero recuerde que la duración de esta corriente debe ser menor que  $t_n$

### **1.1.14 Tipo especial de CT (Clase X):**

Esta es una clase única de TC que se define sobre la base del voltaje del punto de inflexión, la resistencia secundaria nominal y la corriente secundaria nominal.

Lo llamamos CT personalizado; los voltajes del punto de inflexión de este tipo de puntos suelen ser más altos que la clase de protección y la clase de medición CT.

Ver la placa de identificación a continuación

CURRENT TRANSFORMERS										
Part No		Sr No T155-CT / 28 / P791			Year of manufacture					
F53U30Z002-00		IEC 60044-1 : 2003/ IEC 60044-6 :1992			lth 63kA 1 s Idyn 163,8kA					
Total weight 670 Kg		fr 60Hz			420 / 650 - 3,0 / ,1425 / 1050 / kV			lcth 200%		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> </div> <div> <b>JOB ORDER : 564-C27</b>  <b>50-TMSS - 1 - Rev0.</b> </div> </div>										
Diagram	Terminal	Ratio	Burden	Class	Ual ≥	Rct ≤	Ial ≤	K	Rb	Kssc
F1 C1	1S1-1S5	3000 / 1 A		TPS	5550 V	4,7Ω	50 mA	18,74	9,4Ω	21
	1S1-1S4	2500 / 1 A		TPS	4667 V	3,9Ω	60 mA	15,97	7,7Ω	25,2
	1S2-1S5	2000 / 1 A		TPS	3700 V	3,1Ω	75 mA	12,63	6,2Ω	31,5
	1S2-1S4	1500 / 1 A		TPS	2800 V	2,3Ω	100 mA	9,66	4,6Ω	42
	1S2-1S3	1250 / 1 A		TPS	2333 V	1,9Ω	120 mA	7,98	3,9Ω	50,4
	1S1-1S2	1000 / 1 A		TPS	1867 V	1,5Ω	150 mA	6,44	3,1Ω	63
F1 C2	1S3-1S5	750 / 1 A		TPS	1400 V	1,1Ω	200 mA	4,87	2,32Ω	84
	2S1-2S5	3000 / 1 A		TPS	5550 V	4,7Ω	50 mA	18,74	9,4Ω	21
	2S1-2S4	2500 / 1 A		TPS	4667 V	3,9Ω	60 mA	15,97	7,7Ω	25,2
	2S2-2S5	2000 / 1 A		TPS	3700 V	3,1Ω	75 mA	12,63	6,2Ω	31,5
	2S2-2S4	1500 / 1 A		TPS	2800 V	2,3Ω	100 mA	9,66	4,6Ω	42
	2S2-2S3	1250 / 1 A		TPS	2333 V	1,9Ω	120 mA	7,98	3,9Ω	50,4
F1 C3	2S1-2S2	1000 / 1 A		TPS	1867 V	1,5Ω	150 mA	6,44	3,1Ω	63
	2S3-2S5	750 / 1 A		TPS	1400 V	1,1Ω	200 mA	4,87	2,32Ω	84
	3S1-3S5	3000 / 1 A		TPS	5550 V	4,7Ω	50 mA	18,74	9,4Ω	21
	3S1-3S4	2500 / 1 A		TPS	4667 V	3,9Ω	60 mA	15,97	7,7Ω	25,2
	3S2-3S5	2000 / 1 A		TPS	3700 V	3,1Ω	75 mA	12,63	6,2Ω	31,5
	3S2-3S4	1500 / 1 A		TPS	2800 V	2,3Ω	100 mA	9,66	4,6Ω	42
N2 C4	3S2-3S3	1250 / 1 A		TPS	2333 V	1,9Ω	120 mA	7,98	3,9Ω	50,4
	3S1-3S2	1000 / 1 A		TPS	1867 V	1,5Ω	150 mA	6,44	3,1Ω	63
	3S3-3S5	750 / 1 A		TPS	1400 V	1,1Ω	200 mA	4,87	2,32Ω	84
	4S1-4S5	3000 / 1 A	60VA	0,2FSS		15,5Ω				
	4S1-4S4	2500 / 1 A	50VA	0,2FSS		12,5Ω				
	4S2-4S5	2000 / 1 A	40VA	0,2FSS		10,5Ω				
N2 C4	4S2-4S4	1500 / 1 A	30VA	0,2FSS		8,5Ω				
	4S2-4S3	1250 / 1 A	25VA	0,2FSS		6,5Ω				
	4S1-4S2	1000 / 1 A	20VA	0,2FSS		5,5Ω				
	4S3-4S5	750 / 1 A	15VA	0,2FSS		4,5Ω				

Mirar,  $h = 63$

Ahora  $= 2,5 \quad h = 2,5 * 63 = 157,5$

Pero aquí la placa de identificación lo menciona 163.8KA, lo cual está bien, la corriente dinámica nunca será inferior a 2.5 veces la  $h$

Ahora, si quiero verificar el voltaje del punto de rodilla de este CT.

Como sabias  $= * ( + ) o$

$= ( + ) \quad \text{—}$

Pero en la placa de identificación no se menciona ALF, podemos calcular ALF con la ayuda del Factor de dimensionamiento (K) y la corriente simétrica de cortocircuito ( )

El factor de dimensionamiento es el múltiplo de la corriente secundaria durante condiciones de falla en la etapa transitoria y la corriente simétrica de cortocircuito es el múltiplo de la corriente secundaria durante la condición de falla en la corriente de estado estable

$$\text{Entonces } = * = 18,74 * 21 = 393,54$$

$$= 4.7\Omega$$

$$= 9.4\Omega$$

$$= = 1$$

$$= * * ( + )$$

$$= 393.54 * 1 * (4.7 + 9.4) = 5548.914 \text{ los mencionar}$$

en la placa de identificación es un poco más que eso, lo cual está bien.

Por carga,

$$= \text{—}$$

$$= \frac{9.4}{1} = 9,4$$

Ahora, si desea probar el punto de inflexión de la clase X CT, debe aumentar su voltaje hasta 6KV. El procedimiento de descanso es el mismo.

## 1.2 Transformador de potencial

El Transformador de Potencial es básicamente un transformador reductor, lo empleamos en línea con el propósito de medición y protección.

Siempre se conecta en paralelo en cualquier circuito, porque el voltaje permanece igual en las rutas paralelas de cualquier circuito.

### 1.2.1 Operación:

Este transformador de instrumento funciona totalmente como cualquier transformador reductor, cuando se posee un alto voltaje en el primario, inducirá un bajo voltaje en el secundario.

Desde que supimos

=

$$\frac{1}{2} = \frac{2}{1} = \frac{1}{2}$$

Podemos mantener abierto el secundario del transformador de potencial, porque en el secundario el voltaje será bajo, pero eso no significa que sea seguro trabajar en el secundario abierto de los PT. Mantenga una distancia segura en el trabajo mientras trabaja en el transportador PT y utilice siempre equipo de protección personal. Especialmente guantes de mano con voltaje nominal de al menos 600 voltios.

Al igual que el transformador de corriente, también se divide en dos tipos mediante aplicación.

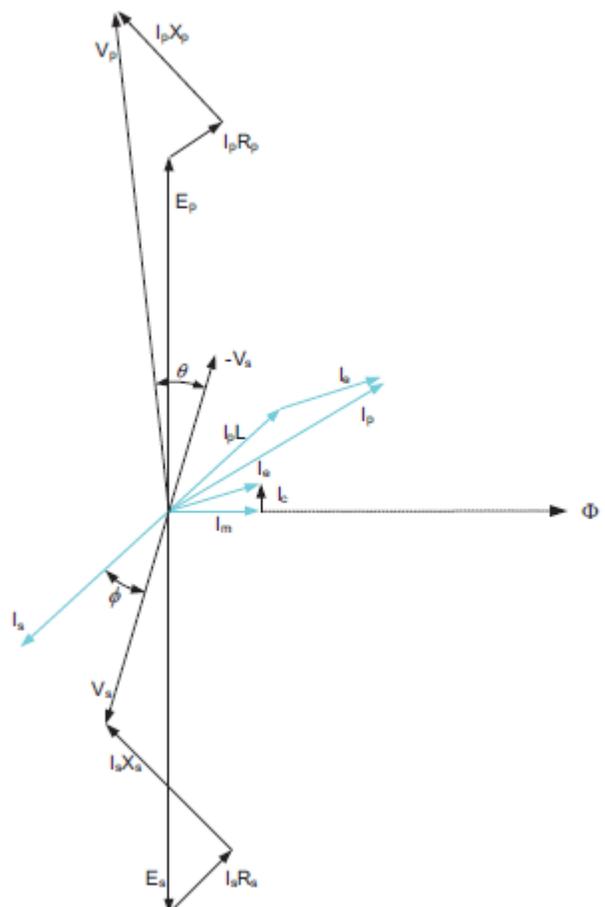
- PT de medición
- Protección PT

## 1.2.2 Errores

Los errores en cualquier PT son

- Error de desplazamiento de fase
- Error de relación

El error de desplazamiento de fase es la diferencia de fase entre los vectores de voltaje primario y el vector de voltaje secundario inverso.



El error de relación es la diferencia entre el vector de voltaje primario y secundario.

$$\begin{aligned} &= \frac{-}{\phantom{=}} \\ &= \phantom{=} \\ &= \phantom{=} \end{aligned}$$

Los errores de relación y desplazamiento de fase se combinan para formar un error compuesto y, sobre la base del error compuesto, definimos clases o clases de precisión de PT.

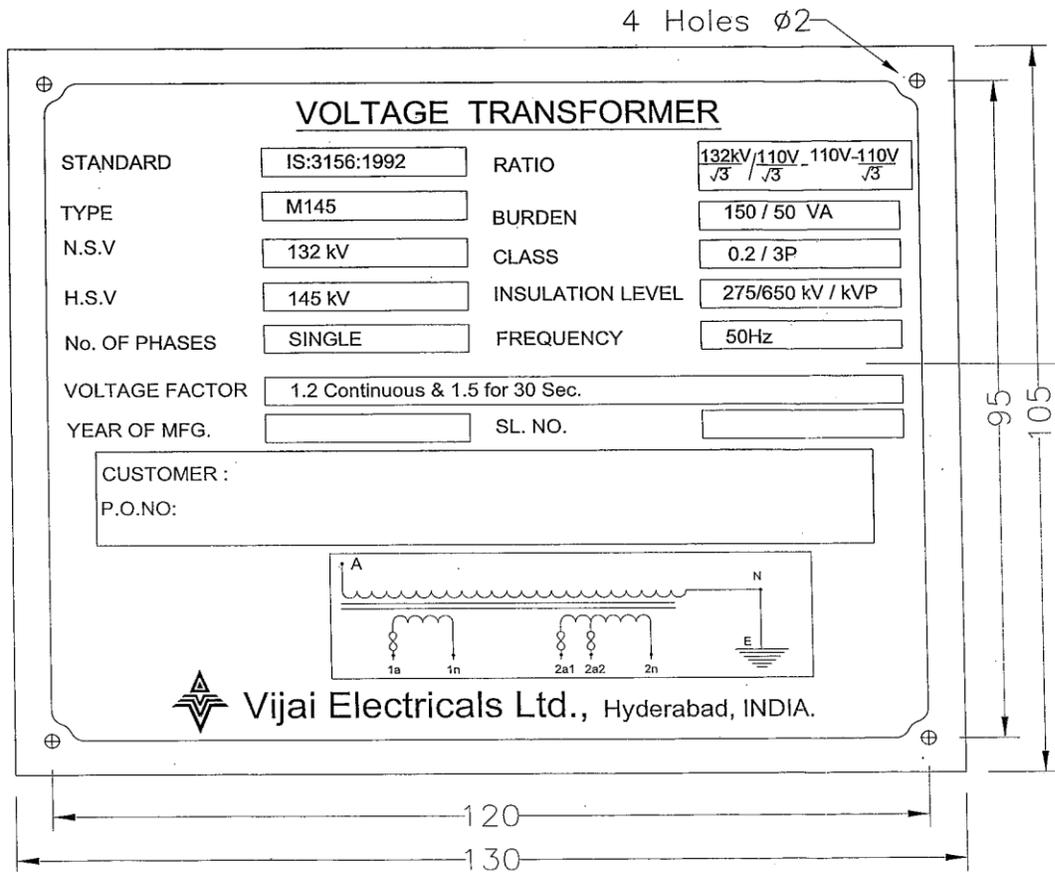
Clases de precisión de PT de medición:

- 0,1
- 0,2
- 0,5
- 1
- 3

Clases de precisión de protección PT

- 3p
- 6p

Siempre que use PT, lea los datos de la placa de identificación antes de usarlo



En cualquier placa de identificación se debe mencionar el estándar, también se menciona la relación de PT, se menciona la carga de PT que generalmente es mayor que CT hasta 400VA que vi, también se menciona el voltaje estándar neto, el voltaje estándar neto es el voltaje primario en el que se aplica PT , el voltaje estándar más alto es el medio de validez de la aplicación de voltaje hasta qué nivel de voltaje primario se puede aplicar, la clase muestra el nivel de aplicación de medición o protección. Los voltajes de nivel de aislamiento se mencionan igual, el primero es el aislamiento y el segundo es el voltaje de impulso, la frecuencia debe mencionarse y lo más importante es el factor de voltaje, el factor de voltaje

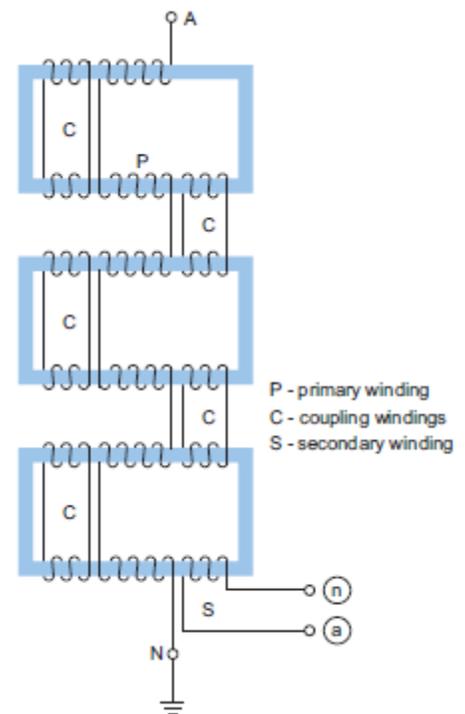
define el valor más alto de voltaje que PT puede soportar con cierta duración.

Si tengo un PT de 145KV / 110 V que tiene un factor de voltaje de 1.2 durante 30 segundos, eso significa que puede soportar 174KV / 132V hasta 30 segundos, pero se dañará si la duración aumenta de 30 segundos.

Nota No es necesario realizar una prueba de frecuencia de potencia soportada, una prueba de voltaje de impulso, una prueba de voltaje aislado nominal y una prueba de factor de voltaje en el momento del mantenimiento. Todos son pruebas de fábrica (FAT). A petición del cliente, el fabricante llevará a cabo estas pruebas en las instalaciones de prueba de fábrica.

### 1.2.3 Transformadores de tensión para tensión extra alta

Aumentamos el tamaño de PT cuando aumentan los voltajes, pero en ciertos altos voltajes no sigue siendo económico. Para voltajes altos o voltaje extra alto utilizamos transformador de voltaje en cascada o transformador de voltaje capacitivo



En cascada, tomamos varios PT y los combinamos en serie y de una manera en la que tenemos múltiples primarios en el lado opuesto de cada PT, al final de cada PT hay un devanado de acoplamiento que conecta un PT con otro PT, en el PT final en cascada tenemos un devanado secundario, del cual tomamos nuestra salida secundaria.

Supongamos que tenemos una línea de 500KV en la que necesitamos instalar nuestro PT con fines de protección y medición, lo que hacemos es tomar 4 PT de 132KV y conectar su primario en serie y conectar cada PT a través de un devanado de acoplamiento entre sí en serie, ahora lo que sucedió, en serie se sumarán todos los voltajes primarios

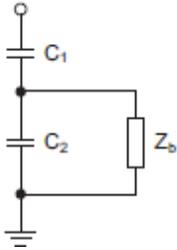
$132 + 132 + 132 + 132 = 528\text{KV}$ , podemos reducir 528KV usando la configuración Tap en los PT

Que, ahora podemos usar en la línea de 500KV.

Esta disposición la configuramos en un cilindro hueco, que se llenará con aceite aislado para mantener el aislamiento entre los PT.

## 1.2.4 Transformador de voltaje capacitivo:

Es un divisor de potencial simple y la solución más económica,



Es un circuito divisor de potencial simple, pero

Problema de perturbación en el voltaje de salida cuando conectamos carga / carga en el punto de derivación.

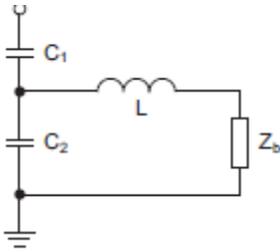
$$= \frac{1}{2 * * *}$$

En paralelo

$$= 1 + \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)$$

$$= ( ) \left( \frac{2}{2 +} \right)$$

Debido a el voltaje de salida puede ser perturbado, para compensar que empleamos reactancia en serie con carga y la conectamos entre el punto de derivación y la carga.



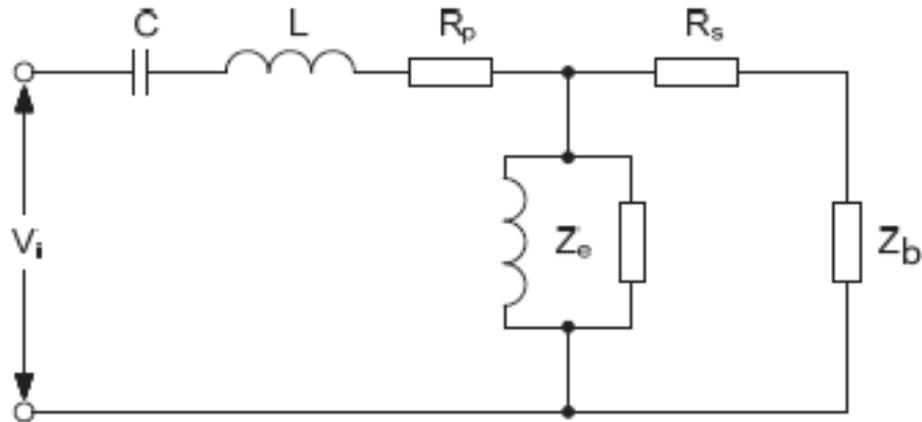
resistencia reactiva.

Ahora perturbación de será ajustado por

$$\begin{aligned}
 &= 1 + \left( \frac{2 ( + ) 2) (( + )}{2} \right) \\
 &= 1 + 2 \text{ ----- } (1) \\
 &= + \text{ ----- } (2) \\
 &= \left( \frac{2}{2 +} \right) \\
 &= + \\
 &+ = \left( \frac{2}{2 +} \right) \\
 &= \left( \frac{2}{2 + +} \right) \text{ ----- } (3)
 \end{aligned}$$

En esta ecuación, la tensión reactiva suprime la tensión de carga, que después de la supresión no perturba la tensión de salida.

### Circuito equivalente de CVT:



### 1.2.5 Protección del transformador de voltaje:

Hasta 66Kv no es necesario poner ninguna protección, pero por encima de 66Kv se colocan fusibles de alta ruptura en el lado primario, lo cual está bien.

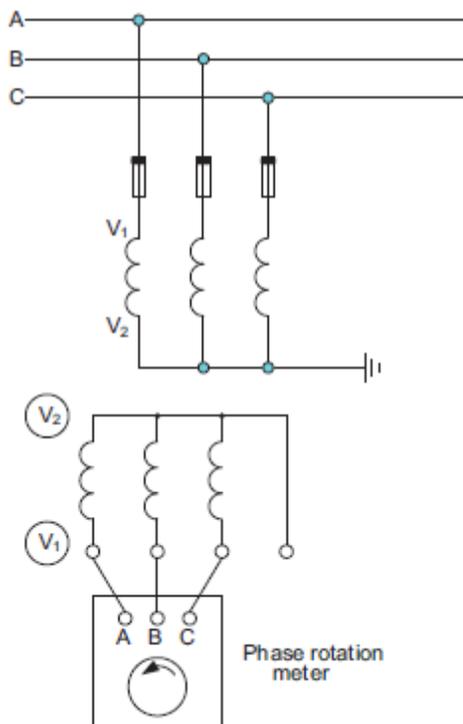
### 1.2.6 La prueba debe realizarse en el transformador de voltaje

- Comprobación de fase
- Prueba de razón
- Prueba de resistencia de aislamiento
- Verificación de polaridad (igual que CT)

### 1.2.6.1 Prueba de verificación de fase

No es el método exacto para verificar la secuencia de fases, pero es un método disponible.

#### Diagrama de circuito



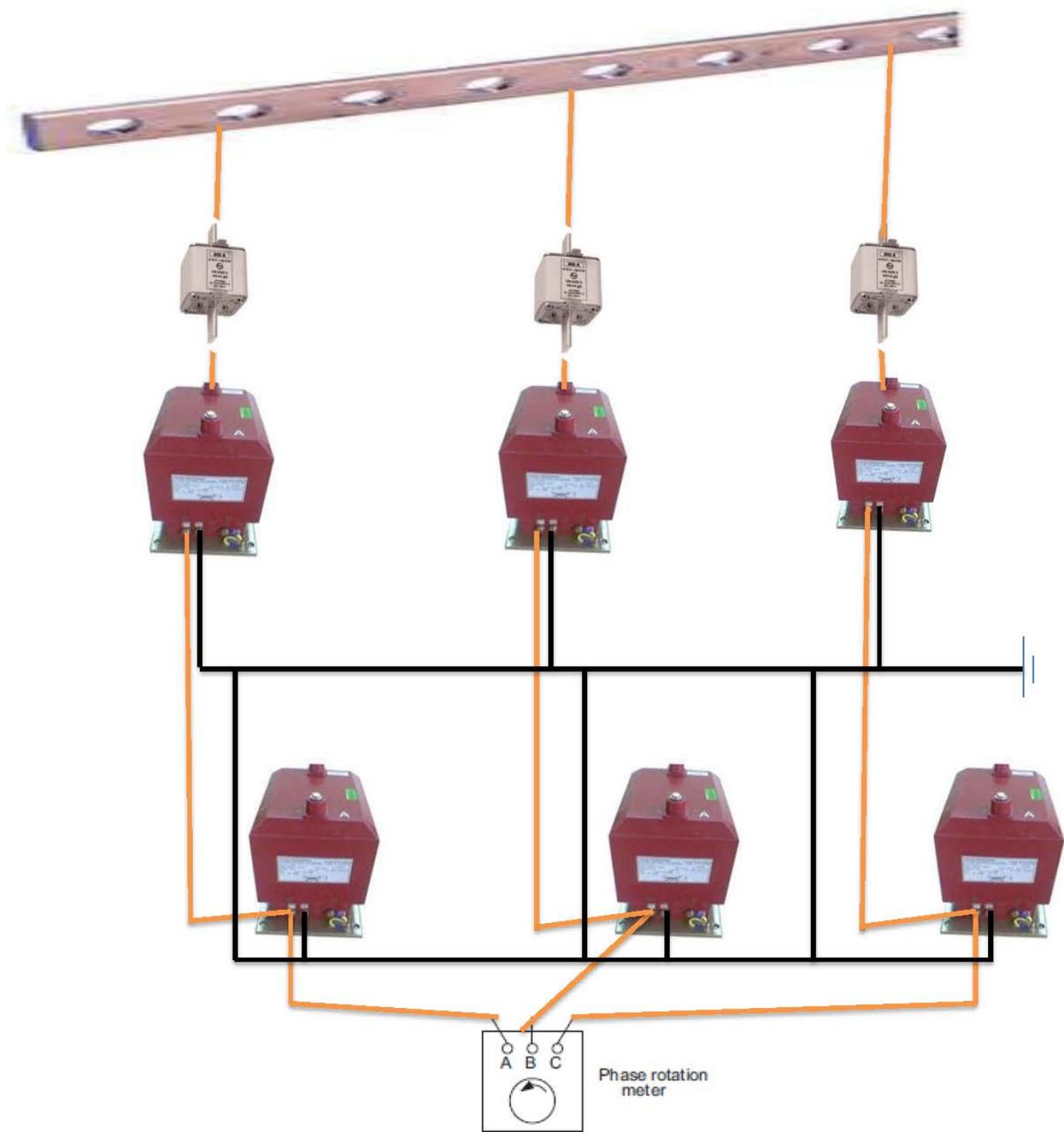
#### Método:

- Esto se puede hacer mientras el sistema está activo, pero tome todos los PPE antes de ejecutar esta prueba.
- Tome un medidor de rotación de fase, que debe estar correctamente calibrado
- Tome un transformador de voltaje probado, cuya secuencia de fase es  $<0^\circ, <-120^\circ <$

120v, Este PT debe estar conectado a tierra y colocado con el PT bajo prueba

- Conecte el TT Probado con su medidor de rotación de fase y coloque una fase del medidor de rotación de fase en la fase A del PT bajo prueba, si el medidor de polaridad correcta mostrará 0 lectura o una pequeña cantidad de presencia de voltaje, digamos 1-2% de la salida nominal secundaria Voltaje. Haga lo mismo con todas las demás fases. Esto no detectará exactamente la secuencia de fase correcta.
- También podemos hacerlo de otra manera, podemos quitar los fusibles HRC de las fases B y C, y luego verificar la fase A, si la secuencia de fase es correcta, entonces solo la fase muestra Voltaje, las fases B y C mostrarán voltaje cero o residual
- Recuerde que una vez que conectó su medidor de rotación de fase, solo tiene que mover su dial en la medición de voltaje de fase particular.

Puede ver el dibujo de conexión en tiempo real de esta prueba a continuación



### 1.2.6.2 Prueba de relación:

Es una prueba muy fácil y puede realizarse con cualquier multímetro / voltímetro con un rango de 0-1000 V; solo se puede realizar en un sistema en vivo. Para esto, debe tener el PPE adecuado, en caso de EHT, por favor use necesariamente un traje de arco eléctrico, no toque el PT sin usar guantes aislados a más de 1000V.



### 1.2.6.3 Prueba de IR:

Se realiza mediante un probador de aislamiento, usamos principalmente un dispositivo probador de aislamiento megger, medimos la resistencia nominal para nuestra propia seguridad y el aislamiento es el punto en el que podemos operar cualquier equipo con garantía de seguridad.

El dispositivo tiene 3 contactos

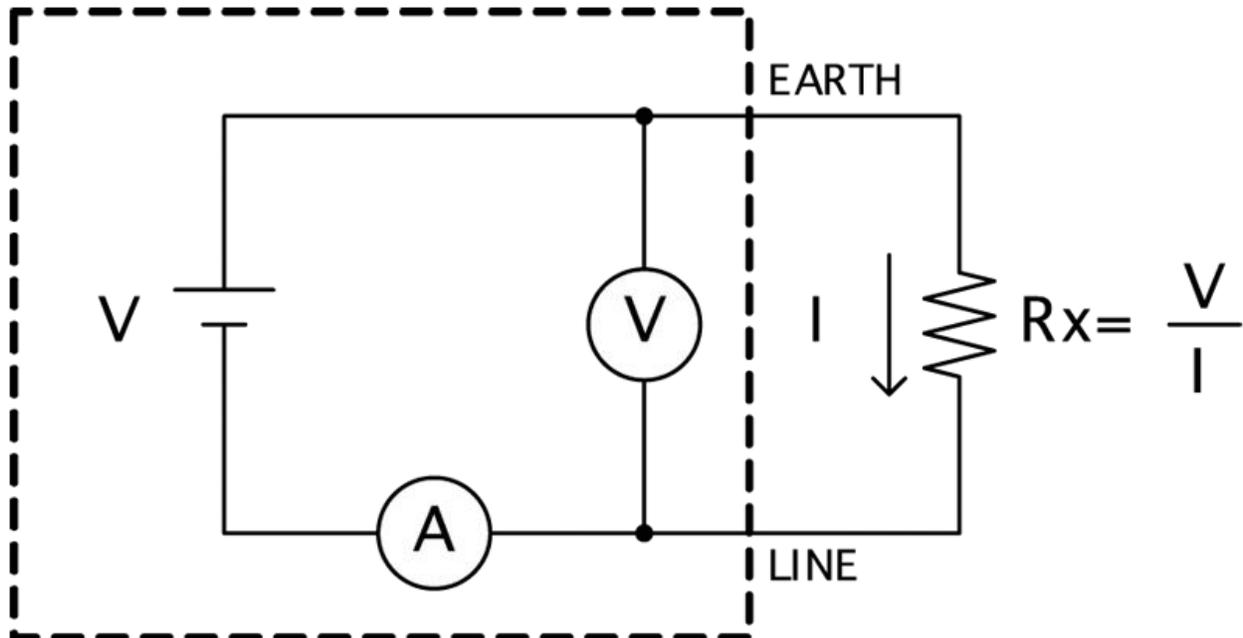
- Contacto de línea
- Contacto con la Tierra
- Guardia

#### 1.2.6.3.1 Probador de aislamiento Megger:

El probador IR de 2.5KV, 5KV y 10KV está disponible en el mercado para probar equipos eléctricos, inyecta corriente continua para medir Resistencia en cualquier circuito. En algunos equipos, el contacto se designa como



positivo, el contacto a tierra es negativo pero el contacto de la guarda sigue siendo el contacto de la guarda.



Operación muy simple, el equipo eléctrico conectado debe comprobarse la resistencia de aislamiento, V es el voltaje aplicado a través del probador de infrarrojos del megóhmetro, este voltaje es generado por un pequeño generador integrado en el megóhmetro, debido a y el flujo de corriente de voltaje aplicado en el circuito, y debido a esta corriente fluida y voltaje aplicado, podemos detectar fácilmente

$$= \quad -$$

Ahora supongamos que aplicamos 10Kv y obtenemos una lectura de 10T ohmios, significa que inyectamos

$$= \frac{10}{10 * 10^9} \quad h$$

$$= 0,000000009$$
$$= 9$$

Lo que significa que también es mucho más seguro para el operador.

Ahora tenemos que ver cuál es la necesidad de guardia.

Mira cuando probamos algún equipo, inyectamos 3 corrientes en circuito

- Corriente de carga
- Corriente de absorción
- Corriente de fuga o conducción

La corriente de carga es para la capacitancia del objeto de aislamiento bajo prueba

La corriente de absorción es el flujo en el material de aislamiento La corriente de conducción se divide en dos partes

- La corriente fluye en la superficie exterior del aislante.
- La corriente fluye en la ruta de conducción del aislador.

Cuando probamos cualquier equipo, nos preocupan más los flujos de corriente en la ruta de conducción del aislador, pero no los flujos de corriente en la superficie exterior del aislador.

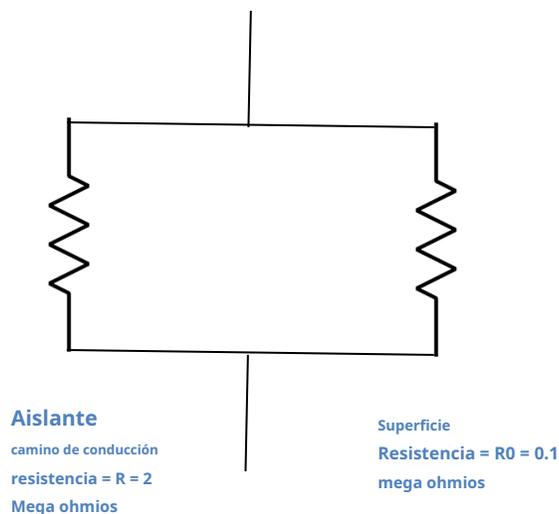
Ahora, ¿qué está haciendo el protector? El protector es en realidad un circuito de derivación, cuando conectamos nuestro probador de aisladores en nuestro circuito, el protector llevará a cabo esa corriente de superficie exterior y la aislará de la medición en la resistencia de aislamiento.

**medición, y obtendremos la lectura exacta de**

Resistencia en la ruta de conducción del aislante. Este es nuestro principal objetivo. Ahora la pregunta es por qué lo necesitamos, a veces debido a la humedad o la lluvia, la resistencia de la superficie exterior se reduce y puede afectar la resistencia del aislamiento del aislante que está bajo prueba y nos da una lectura incorrecta y en base a lo cual reemplazaremos nuestro aislante, lo cual es económicamente incorrecto.

Supongamos

Como comentamos anteriormente, la superficie exterior del aislante es una ruta paralela a la ruta de conducción del aislante.

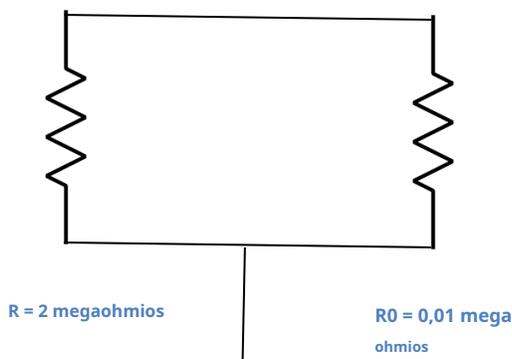


Cuando aplicamos el probador de infrarrojos sin protección, nuestra lectura será

$$= 2 * \frac{0,1}{2 + 0,1}$$

$$= 0.0952 \Omega$$

Ahora supongamos que después de los próximos dos o tres días necesitamos realizar esta prueba nuevamente, solicitada por el cliente debido al mantenimiento correctivo y durante estos últimos dos días, los cambios climáticos ocurren, ahora la resistencia de la superficie exterior se reduce, porque nuestro aislante ahora está húmedo y Recuerde siempre que la resistencia del aislante húmedo es siempre menor.



Ahora nuestro probador de infrarrojos nos da lectura

$$= 2 * \frac{0,01}{2 + 0.01} = 0,00995 \Omega$$

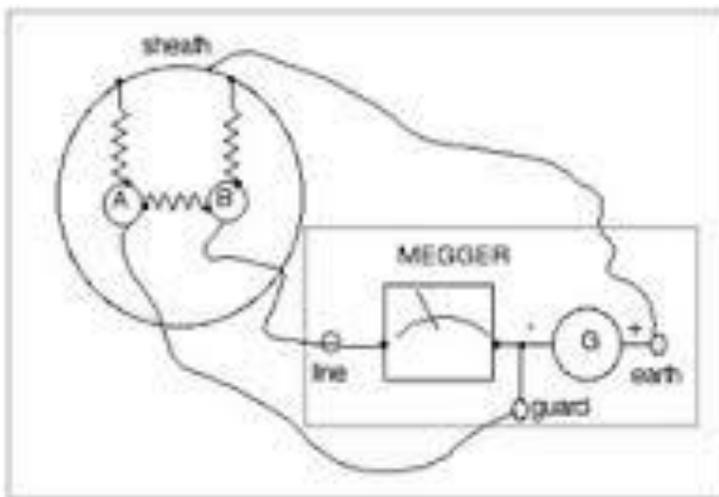
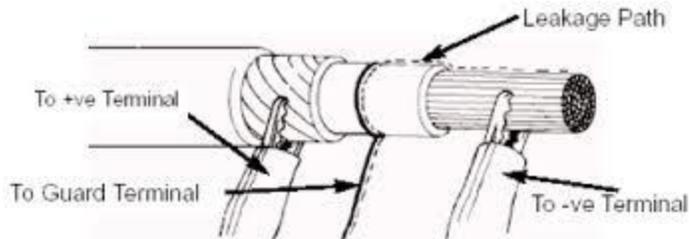
¿Qué pasó la resistencia reduce por porcentaje?

$$= \frac{0,00995}{.0952} = 10,45\%$$

Esto influirá en que el cliente reemplace el aislante a medida que la resistencia disminuya en un porcentaje significativo. Ahora, si empleamos al guardia en nuestras pruebas, nuestro probador de infrarrojos lee 2MegaΩ en

Ambas condiciones significan pre-lluvia / pre-humedad y post-lluvia / post-humedad.

## Dibujos de conexión



Pero como sabía que nuestros PT permanecen dentro de los disyuntores, podemos eliminar el contacto del protector en ellos, pero si PT está ubicado en la nobleza, debemos aplicar Guard mientras estamos probando la resistencia del aislamiento.

PT al aire libre



Para medir la resistencia de aislamiento entre contactos secundarios



### Nivel de aplicación

- Para el sistema de bajo voltaje, podemos usar el juego de prueba IR de 0.5-2.5KV Dc
- Para voltaje medio y alto, podemos usar el equipo de prueba IR de 2.5KV 5 KV DC
- Para voltaje extra alto, se recomienda un conjunto de prueba IR de 10 KV CC

### 1.4.2.7 Prueba de polaridad:

Es lo mismo que CT, pero en el caso de CVT también debe probar las polaridades de los condensadores asociados.

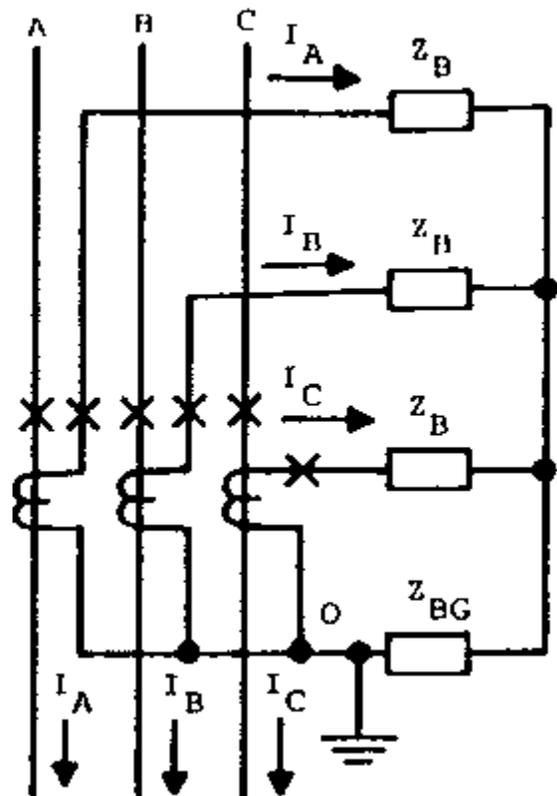
### Dibujos de conexión de TC y TP:

La conexión depende de la operación requerida para la protección.

En Star Connection of CTs, sabía que la corriente sigue siendo la misma en todas las fases excepto

$$I_n = \sqrt{3} I_f$$

El voltaje de línea es el voltaje de línea a línea o de fase a fase, el voltaje de fase es el voltaje de fase a tierra. En conexión en estrella, el flujo de corriente permanece igual entre línea a línea y línea a neutro (corriente de fase), la corriente neutra es cero en condición de equilibrio.



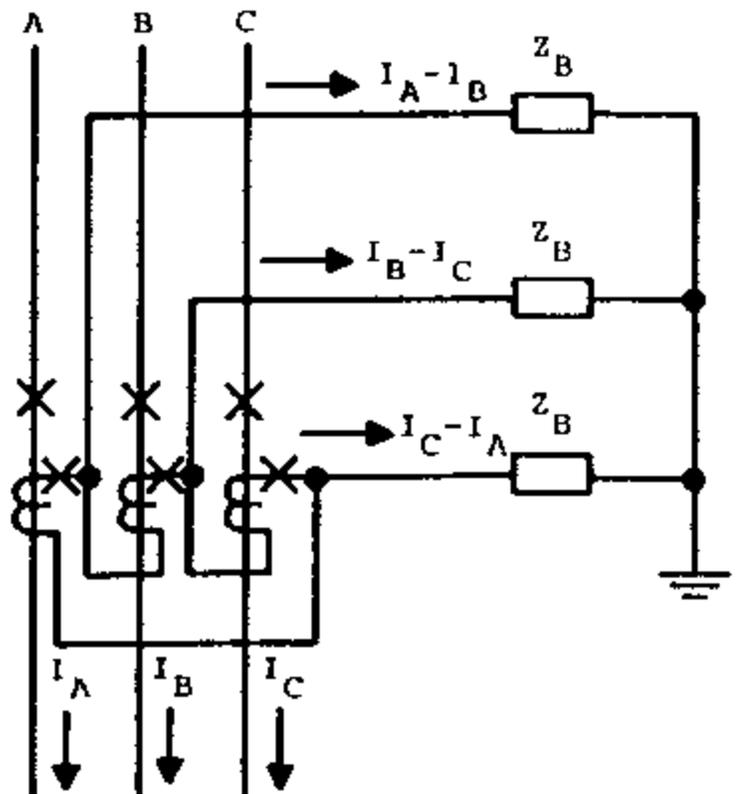
$$I_n = h$$

En la conexión delta, la corriente de línea a línea es 1.732 veces la corriente de línea o fase

$$= \sqrt{3}$$

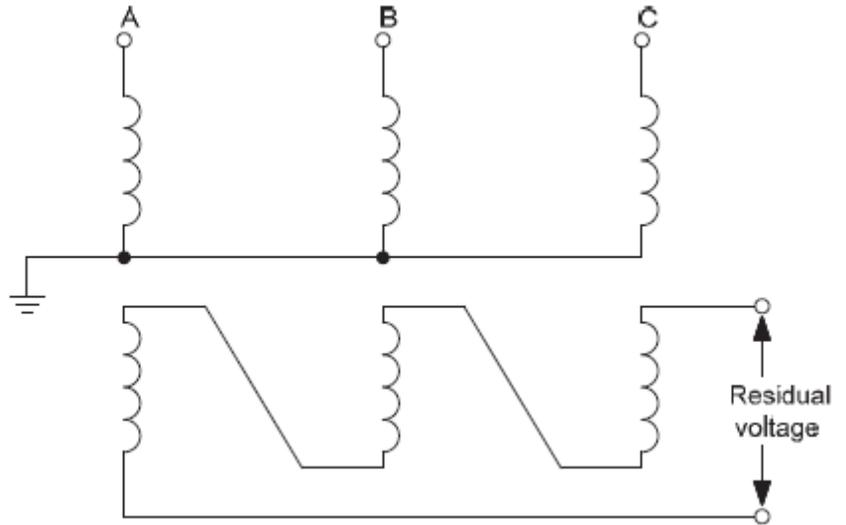
Para PT, utilizamos la conexión delta, ya que el voltaje de línea a línea y el voltaje de línea o fase siguen siendo los mismos.

=



En PT también usamos delta roto conexión para detectar residual

Voltaje(3 0)En el sistema, principalmente empleado en tierra direccional relés de falla.



## Capítulo 2 Relés auxiliares y circuitos de disparo

### 2.1 Relés auxiliares

Auxiliar significa ayuda asociada, relés auxiliares en asociación con relés de protección utilizados para señalización, alarmas, adición de contactos, asistencia de disparo y transferencia de datos al relé principal a través de larga distancia.

Por operación relés auxiliares divididos en 4 tipos

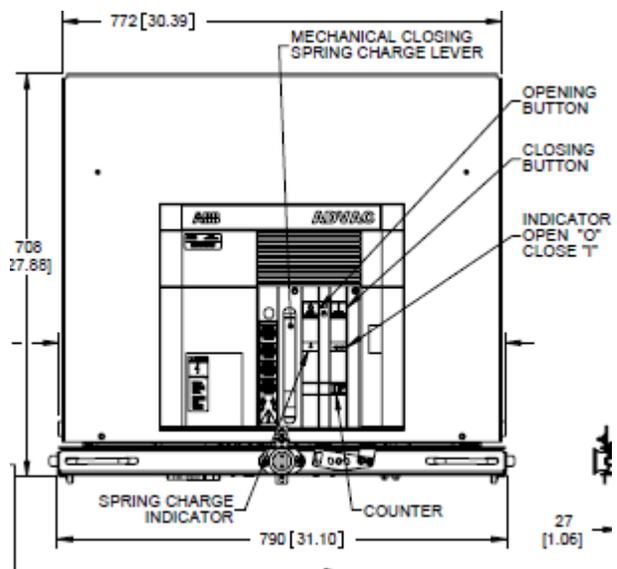
- Alarma
- Contactos de disparo (contacto de repetición)
- En líneas donde la distancia entre relés y elemento protegido asociado es mayor
- Adición de contactos

Estos relés se denominan relés de todo o nada.

Por lo general, estos relés están representados por K, M o letras definidas por el usuario en cualquier circuito.

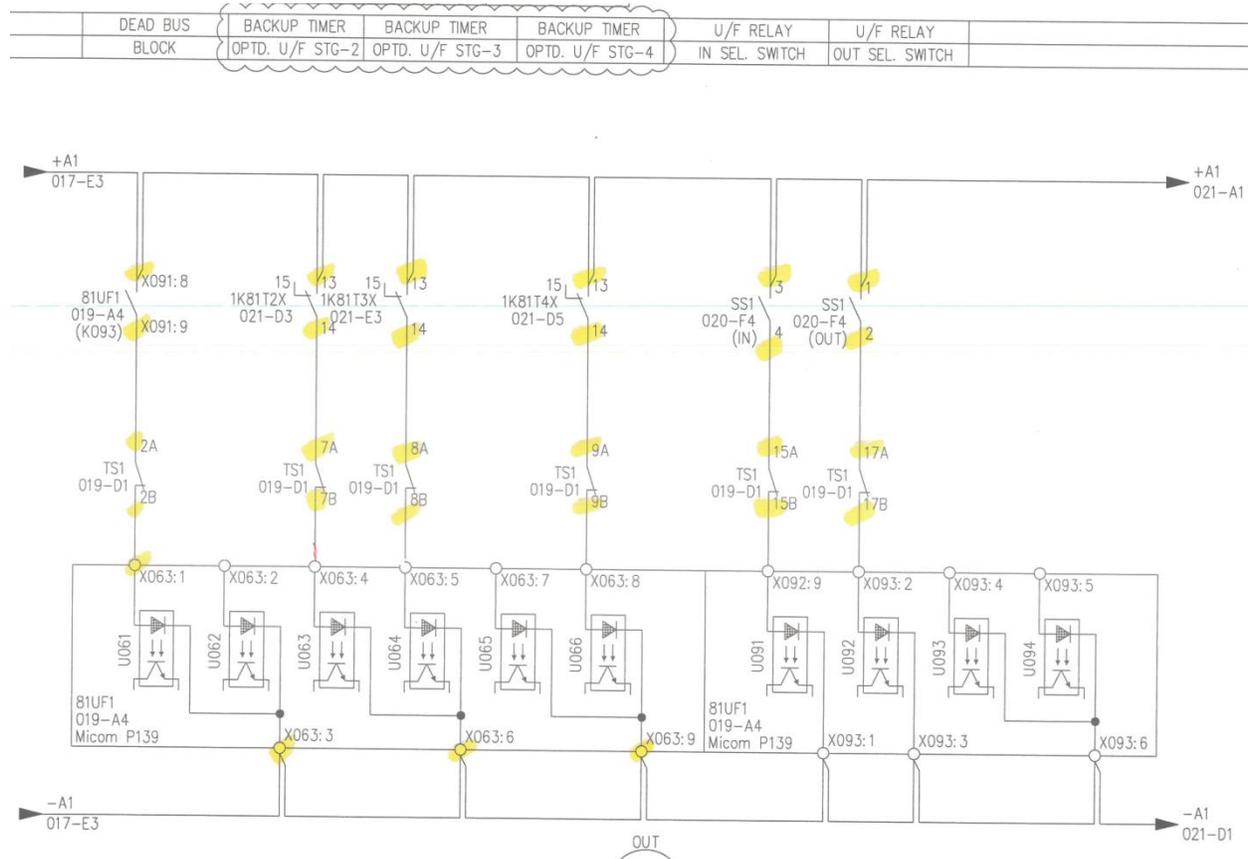
dibujo.

Puede observar un relé auxiliar simple en el interruptor de encendido y apagado del disyuntor (este es el tipo de contactor repetido y



tipo de larga distancia), el relé y los interruptores en cualquier tablero tienen una distancia significativa, y para facilitar el funcionamiento, utilizamos un relé auxiliar para activar y desactivar el interruptor.

En el dibujo de abajo puede ver varios relés auxiliares



Aquí puede ver, nombraron relés auxiliares por código particular (serie 1K), está conectado a través del interruptor de prueba (TS1), por lo que también es una tendencia, y este dibujo es un módulo binario del panel de relés de baja frecuencia. Puede ver el relé Micom P139, estos están conectados al terminal binario y dan el estado o toman la señal del relé en forma digital.

## 2.2 Tipos de contactos

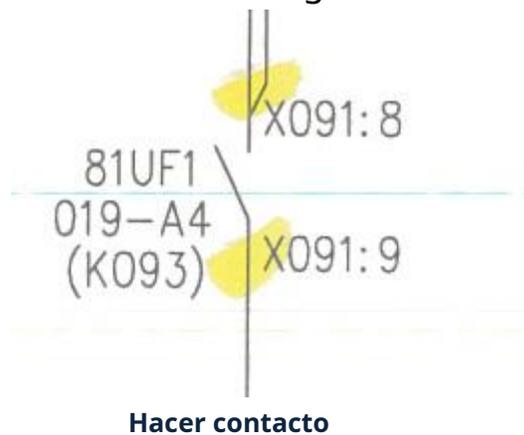
### Hacer contacto

Contacto de apertura

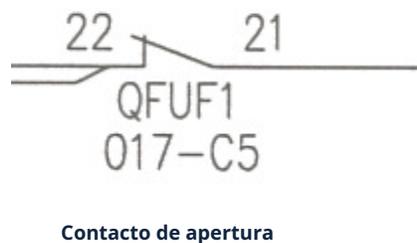
### Cambiar sobre Switch

Interruptores de retardo

**2.2.1 Hacer contacto** es contacto normalmente abierto y cerrado cuando está energizado

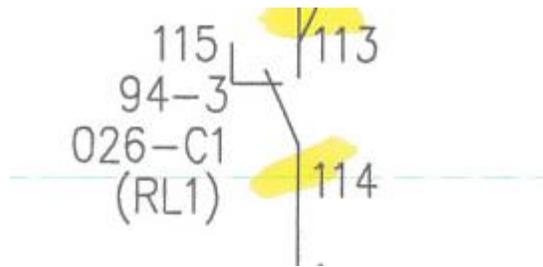


**2.2.2 Romper contacto** es contacto normalmente cerrado y abierto cuando está energizado



### 2.2.3 Conmutador de cambio

Es interruptor de cambio de posición. Básicamente es una combinación de posición de hacer y romper.



Cambiar sobre Switch

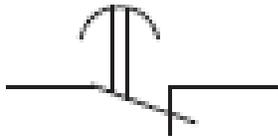
### 2.2.4 Interruptores de retardo

En este tipo de interruptores, se introduce un retardo de tiempo en estos interruptores, estos interruptores son necesarios donde necesitamos un retardo de tiempo para romper y completar los interruptores.



Time delay on  
pick-up

Como puede ver, el interruptor anterior es el interruptor de activación / activación de retardo de tiempo



## Time delay on drop-off

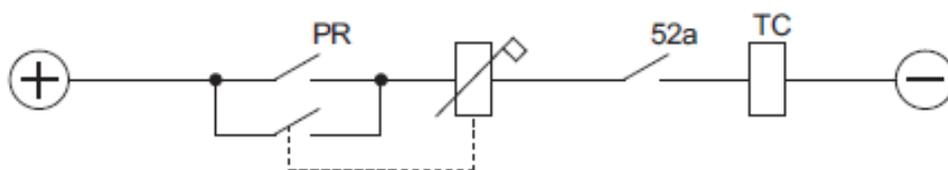
Como puede ver, el interruptor anterior es el interruptor de interrupción / caída de retardo de tiempo.

### 2.3 Circuitos de disparo:

Los circuitos de disparo se utilizan para el aislamiento de equipos protegidos. Son básicamente de tres tipos

- Sellado en serie
- Refuerzo de derivación
- Sellado en serie de refuerzo de derivación

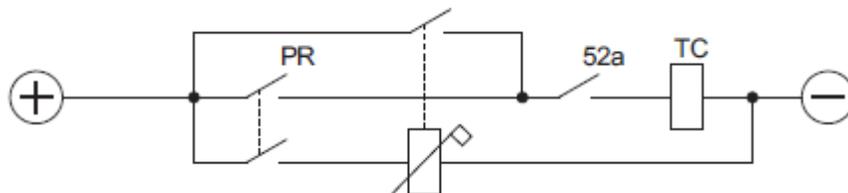
#### 2.3.1 Sellado en serie:



En él, a través del contacto del relé de protección (PR), conectamos un contacto auxiliar para el circuito de retención, cuando el relé de protección funciona / se activa, hace que los contactos de PR estén energizados y una pequeña cantidad de corriente también fluya en paralelo.

contactos de retención conectados. Después de que el contacto PR se desenergiza, esta disposición es para evitar vibraciones en el circuito, y de mantener el circuito la señal de corriente fluirá, esta corriente del circuito de retención primero enciende la indicación de bandera y luego fluye hacia los contactos auxiliares del interruptor (52a) y la cierra. para energizar la bobina de disparo del interruptor, disparar la bobina y luego tirar del émbolo o disparar el interruptor.

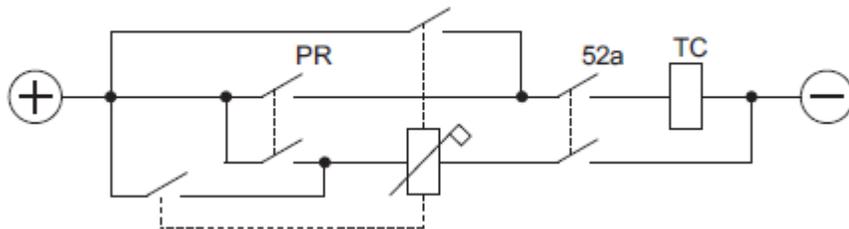
### 2.3.2 Refuerzo de derivación:



En este circuito de disparo, cuando los contactos del relé de protección (PR) (contacto de cierre) se cierran y los contactos auxiliares paralelos (contacto de cierre) con indicación de bandera se cierran simultáneamente, la indicación de bandera se muestra en la indicación, en esa indicación de ENCENDIDO el otro contacto de cierre paralelo (superior) se energiza después de lo cual el contacto PR y el contacto de cierre paralelo se desactivan para evitar que el contacto PR tenga un problema de vibración y la corriente fluya hacia el interruptor

auxiliar 52A hace contacto, debido a que la bobina de disparo se energiza y el disyuntor opera.

### 2.3.3 Refuerzo de la derivación con sellado:



En este circuito, cuando opera el relé de protección, el contacto de cierre PR y el contacto de cierre paralelo asociado se energizan, la corriente fluye hacia la indicación de la bandera, cuando la indicación de la bandera está encendida, el contacto de cierre superior y el contacto de cierre inferior más se energizan y la corriente a través de este circuito se mueve hacia el cierre auxiliar del disyuntor. contacto 52a y lo energiza también, desde esta bobina de disparo de circuito cerrado (TC) se energiza y el interruptor opera.

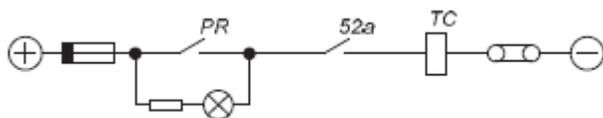
### 2.4 Supervisión del circuito de disparo:

Necesitamos verificar que alguno de los circuitos esté vivo en el que se ubicó nuestro esquema de protección; Tenga en cuenta que todos los contactos tienen diferencia de voltaje (en caso de contacto abierto / cerrado) y ruta de continuidad (en caso de contacto cerrado / abierto).

Discutiremos tres esquemas de Supervisión del circuito de disparo aquí

- H4
- H5
- H7

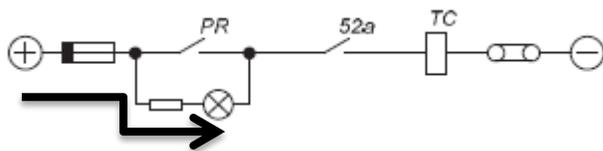
#### 2.4.1 Esquema del circuito de disparo H4:



Aquí estamos solo

monitoreando la salud del circuito, una lámpara y una resistencia de pequeño valor están conectadas en paralelo a los contactos del relé de protección.

**Operación H4:** aquí fluye una cantidad muy pequeña de corriente a través de la resistencia y la lámpara, pero este circuito de la lámpara y la resistencia transporta una pequeña cantidad de corriente y no puede energizar los contactos auxiliares 52A del disyuntor.



Esa corriente mínima a través de la lámpara de resistencia (relé de supervisión de disparo) se interrumpe cuando el circuito no permanece en buen estado y la indicación de la lámpara se apagará. Indicaciones significa que el circuito no se mantiene saludable o el relé funciona. Puede diferenciarlo viendo el estado del relé.

Usamos Resistor en relé de circuito de supervisión de disparo para evitar un mal funcionamiento, debido a esto, si hay alguna falla en la lámpara, no se cuenta como falla del circuito.

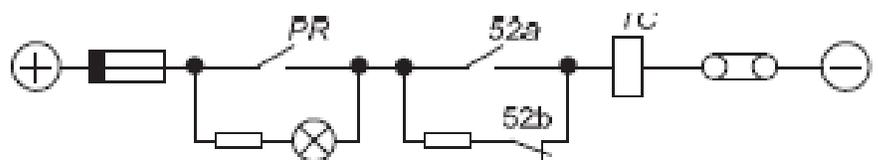
### 2.4.2 Esquema del circuito H5:

El esquema H4 está bien, pero incluimos interruptor y relé en la protección H5

esquema, entonces nosotros

Necesito poner el cheque no solo en relé de protección

sino también disyuntores. Mantenemos un circuito de contacto de ruptura de resistencia adicional a través del interruptor auxiliar 52a del disyuntor.



Supervision while circuit breaker is open or closed (scheme H5)

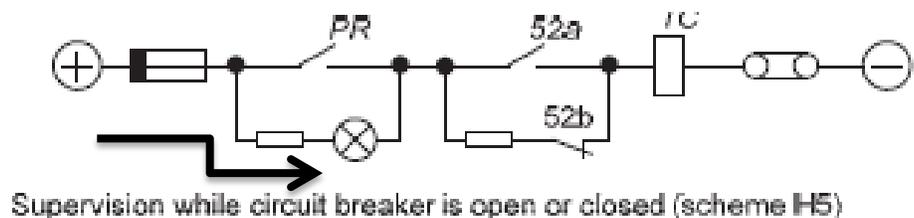
**Operación:** Ambos circuitos comprueban la salubridad de la protección.

circuito y cortacircuitos

circuito

respectivamente.

Ambos circuitos retienen la cantidad mínima de corriente del circuito del esquema de protección durante la condición normal.

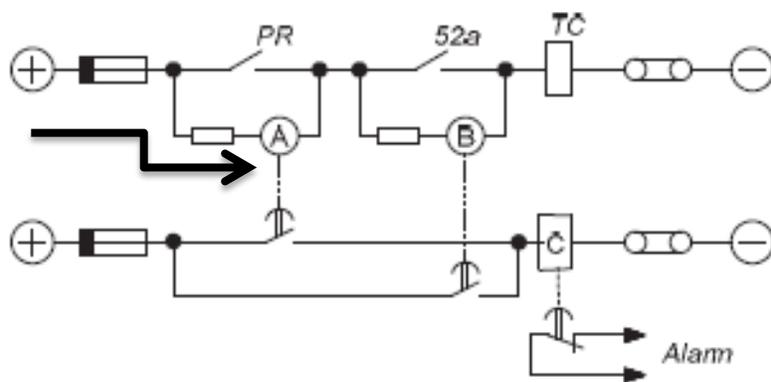


Supervision while circuit breaker is open or closed (scheme H5)

El propósito de la resistencia es el mismo en ambos circuitos es el mismo que se menciona en H4.

### 2.4.3 Esquema del circuito H7:

Hoy en día la tendencia es Scada. En este esquema utilizamos el scada en esquema de protección.



Aquí simplemente empleamos un circuito adicional en paralelo con relés e interruptores bajo protección, en el que hay 2 contactos de retardo de tiempo en su lugar, y se utiliza un contacto de retardo de tiempo más para la alarma Scada.

**Operación** : si el circuito permanece saludable, tanto la bobina A como la B permanecen energizadas y los contactos de cierre asociados permanecen abiertos, cuando el circuito tiene fallas, los contactos de cierre asociados se energizan y la bobina C se energiza y el contacto de ruptura asociado se abre y ocurre una situación de alarma. Los empleados retrasamos los interruptores en este circuito para evitar un mal funcionamiento en una interrupción de corta duración.



## Capítulo 3

## Dibujo de ingeniería

El dibujo es como una radiografía para los ingenieros de la red eléctrica. El ingeniero puede examinar los tres aspectos o clases diferentes de equipos de red, siempre que estemos trabajando en la red eléctrica o en cualquier subestación maestra en la que necesitemos concentrarnos.

- Equipos que deben protegerse
- Equipo que necesita ser detectado  
Condición anormal / normal
- El equipo debe tomar medidas en caso de una  
condición normal / anormal

Básicamente en cada subestación hay

- Panel de detección (relés)
- Paneles de control
- Paneles de acción (disyuntores, contactores, etc.)
- Circuitos auxiliares (relés de enclavamiento, relés de temporización, enchufes, etc.)

Todos estos están interconectados y los relés modernos facilitan las cosas para las personas de Grid, ya que brindan multifunción en un solo paquete.

La interconexión de relés y paneles se realiza mediante cables aislados de baja tensión de aproximadamente 6 mm<sup>2</sup>, ya que los relés modernos funcionan con baja tensión y tienen una carga muy baja.

Estoy tomando un ejemplo para el dibujo de ingeniería de protección del panel de condensadores, e intentaremos entender lo que ese dibujo nos informa.

GENERAL ARRANGEMENT FOR  
13.8kV CAPACITOR BANK-1 PROTN.  
PANEL(+CBP1)  
132/13.8kV SUBSTATION #8181

En todos los dibujos, primero le dan el contenido del dibujo y luego las leyendas, pero recuerde que algunas leyendas deben estar en la punta de los dedos de los ingenieros, el símbolo K es universalmente aceptado para los relés auxiliares, recuerde que los relés auxiliares son relés que se utilizan para aislamiento de circuitos, contactos múltiples y propósitos de indicación. El símbolo Q es para disyuntor, los relés se mostrarán por sus números ANSI como

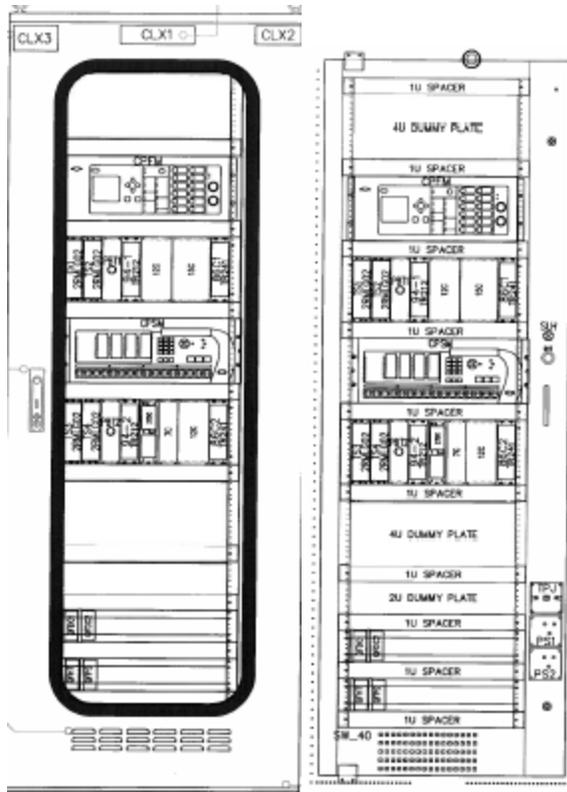
- 51 para OC
- 51N para relé de sobrecorriente de falla a tierra
- 64G para relé detector de tierra
- 74 para relé de supervisión de circuito de disparo

- 86 para disparo maestro o relé de bloqueo
- 96 para supervisión de suministro de CC
- 87 para relé diferencial
- 21 para relé de distancia
- 27 para relé de baja tensión
- 59 para relé de sobretensión
- 81 para relé de frecuencia
- El relé de falla del interruptor es un relé de interdisparo, pero se mostrará por el interruptor asociado

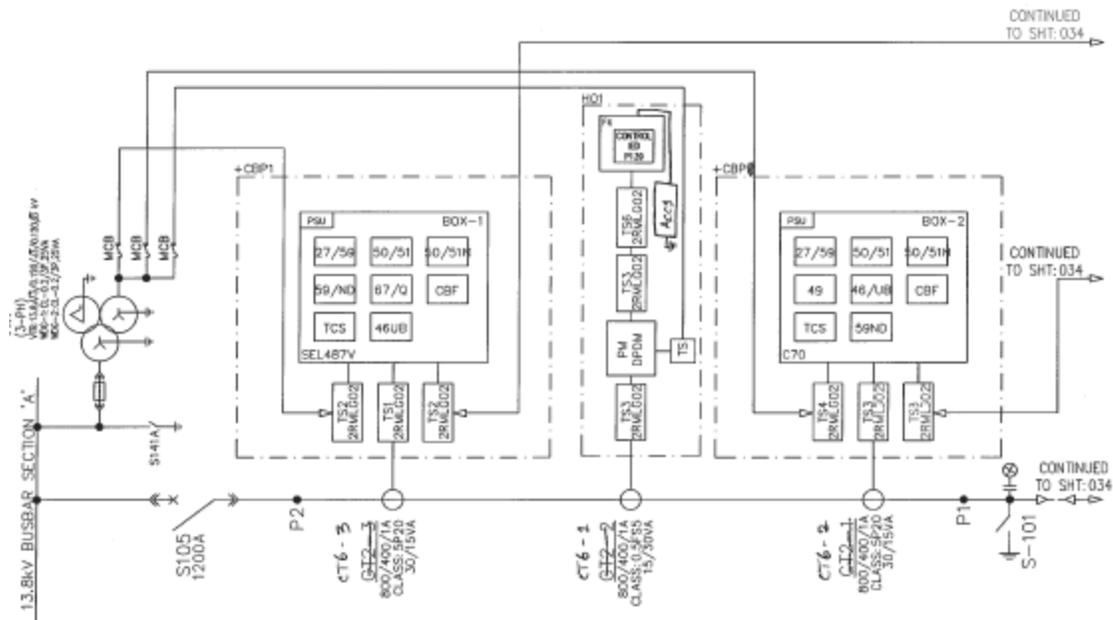
pero hoy en día en algunos dibujos se ve la marca y el número del relé en lugar del código así, como RET670, 7SJ512, P121, etc.

La mayoría de los dibujos muestran relés en formas inactivas, pero recuerde que cuando el relé que se muestra en el dibujo está activo, debe mencionarse en los dibujos.

En el dibujo, la primera página está dedicada a la vista frontal del panel donde se muestran los relés, los LED de indicación y el equipo de control de los relés y paneles.



Luego se proporciona el diseño de protección del circuito principal, en el que se muestran la fuente de energía, el conductor y la carga con dispositivos de protección. pero para fines directos, los diseños detallados de protección se mencionan en muchos dibujos, si está designado para el dibujo de una sección en particular, debe concentrarse en esa sección solo, no es necesario telecompletar el dibujo de la cuadrícula, pero es necesario dar una mirada atenta y detallada dibujos de sección asignados.



aquí puede ver el circuito de protección, que está vinculado con la barra colectora de 13.8KV, aquí un transformador de potencial está conectado línea a tierra con fines de protección. siempre que PT esté conectado línea a línea, entonces el voltaje de línea a línea sería el voltaje de salida del PT, pero cuando el VT conectado entre línea a tierra, el voltaje de salida se denominaría voltaje / sqrt (3)

aquí el voltaje nominal es 120V, por lo que la salida pt sería  $120 / \sqrt{3} = 69.282V$

aquí la línea debe protegerse es 13.8Kv, por lo que la relación de voltaje sería como  $\frac{13.8}{\sqrt{3}} : \frac{0.12}{\sqrt{3}}$

Aquí menciono dos salidas porque mi VT es multinúcleo, cada núcleo con doble clase de medición y protección, esto es un avance en la tecnología.

Las clases de medición de TT son 0.1, 0.2, 0.5, 1 y 3 y las clases de protección son 3p y 6p, aquí adopté 0.2 para medición y 3p para propósitos de protección. Las cargas son de 25VA en ambos casos de medida y protección. Protegimos el punto de salida mediante fusibles (HRC) del lado primario y los interruptores automáticos en miniatura (MCB) del lado secundario según las prácticas recomendadas.

tenemos relés multifunción SEL-487V y C-70 aquí para voltaje bajo / alto (27/59), relé de sobrecorriente instantáneo / inverso (50/51), relé de falla a tierra de sobrecorriente instantáneo / inverso (50 / 51N), no -Relé de sobrecorriente direccional (59ND), relé de sobrecorriente direccional (67), relé de disparo entre interruptores o de falla del disyuntor (CBF), relé de supervisión de circuito de disparo (TCS), relé de sobrecorriente de secuencia negativa (46). en C-70 también tiene función de protección de sobrecarga térmica 49.

Ahora vea que hay cinco enchufes de prueba, todos los enchufes se utilizan para verificar la protección del banco de condensadores. Estos enchufes deben estar conectados correctamente, también una cosa que debe mantenerse adentro durante la prueba es que nunca retire la tapa del enchufe de prueba mientras el sistema está vivo, no se recomienda.

Se instala otro relé micom P139, la disposición de medición también se muestra PM y DPDM.

TS2 tiene conexión PT y conexión SEL 487

TS1 tiene conexión CT y conexión SEL 487V

TS3 tiene conexión de medición, conexión de CT y conexión de relé C-70

TS4 tiene conexión PT y conexión de relé C-70.

TS6 tiene conexión de relé P139

El enchufe de prueba se usa para probar y medir el propósito de protección y equipo de medición, siempre use cuando el circuito está muerto, no se recomienda la prueba de línea viva. Con la ayuda de enchufes de prueba, podemos probar nuestros relés y otros equipos perturbando el cableado del equipo.

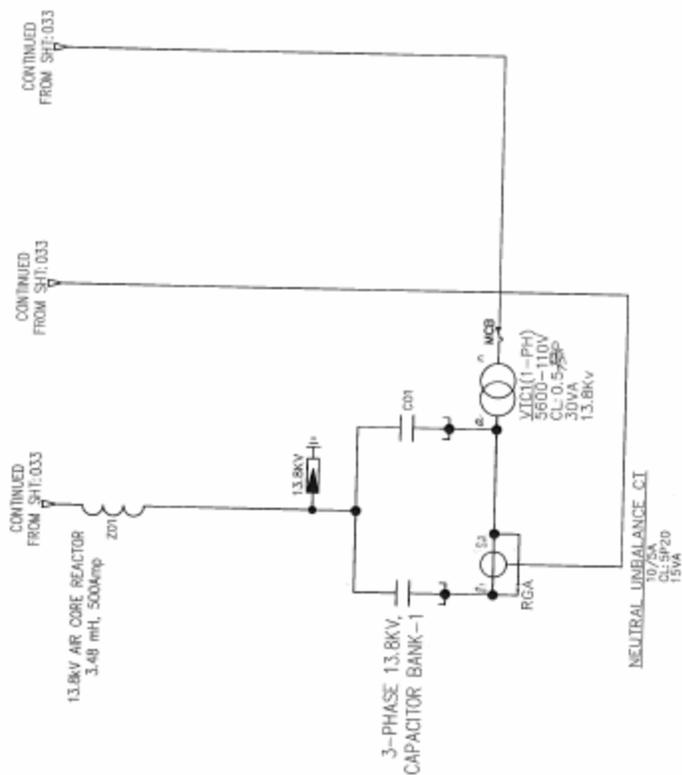
Aquí tenemos un transformador de corriente de múltiples núcleos y múltiples relaciones, la diferencia es simple, en múltiples núcleos

Puede utilizar todos los núcleos para fines de protección, medición y control, los núcleos CT no utilizados deben ser cortos. En CT de relación múltiple, puede usar solo una relación particular o requerida a la vez, es decir, si tiene 800: 400 / 1A, entonces usó este CT como 400/1 o 800/1, no ambos a la vez. Esta cosa de múltiples núcleos o múltiples relaciones se hace tocando en los núcleos secundarios de CT.

en los TC de relación múltiple, los lados secundarios ya son cortos, por lo que no es necesario acortar el TC secundario usado, pero en los TC de múltiples núcleos, los TC no utilizados deben ser cortos porque en los TC de múltiples núcleos cada núcleo representa un TC secundario abierto separado.

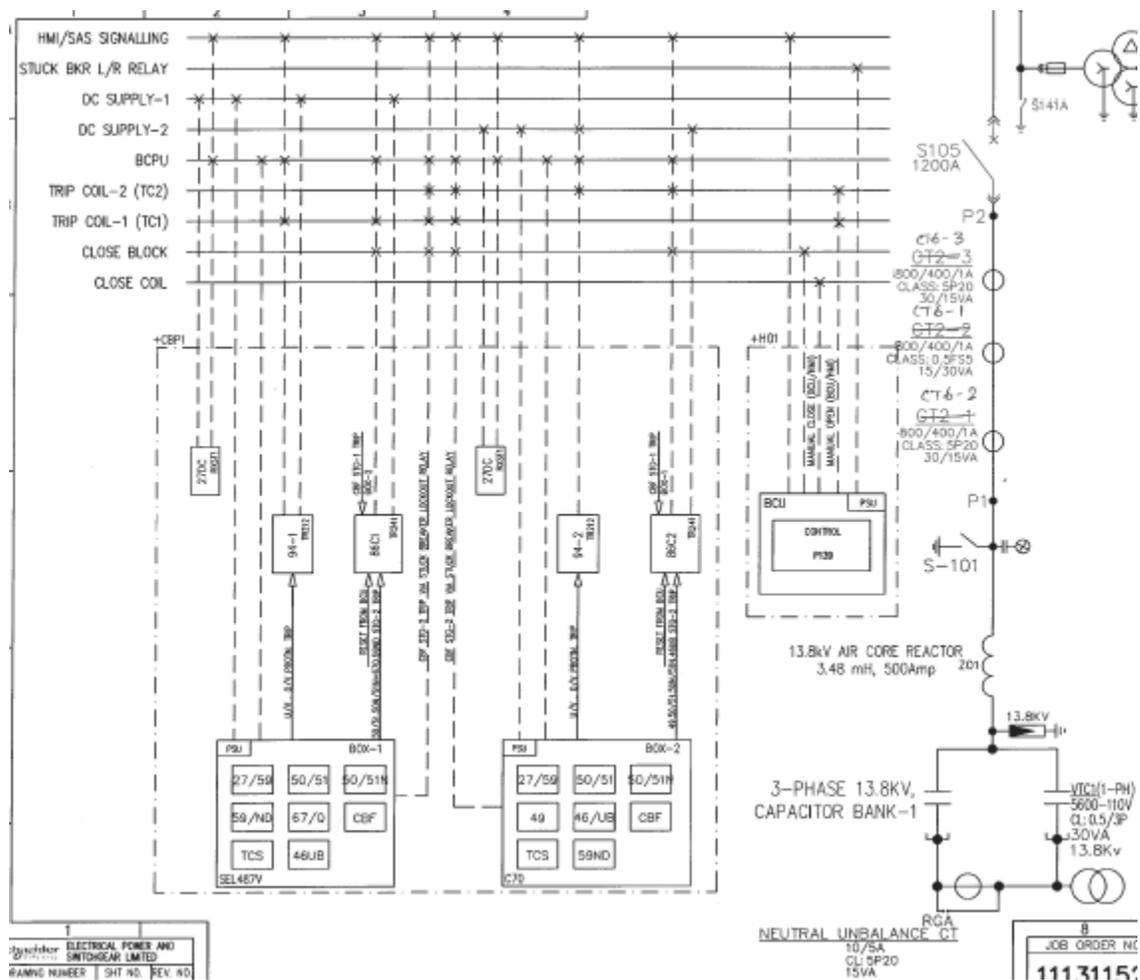
Ahora nos movemos a las siguientes páginas de dibujo.

tengo en mis dibujos el dibujo lógico de protección del circuito de CA



aquí puede ver que nuestro disyuntor de 13,8 Kv está acoplado con dos disyuntores y un reactor, el reactor es un dispositivo limitador de corriente y supresor de armónicos. El CT de equilibrio neutro es un CT de baja clasificación con una clasificación de 10 / 5A, la corriente en el neutro mientras el banco de capacitores está en buen estado será CERO, pero durante el desequilibrio, algo de flujo de corriente en este CT y el relé asociado con este CT indica que el interruptor se dispara. en este caso, la clase de CT es 5p con ALF de 20, lo que significa que este CT tendrá errores menores al 5% hasta 200A en el circuito primario neutro que serán accidentales pero no habituales.

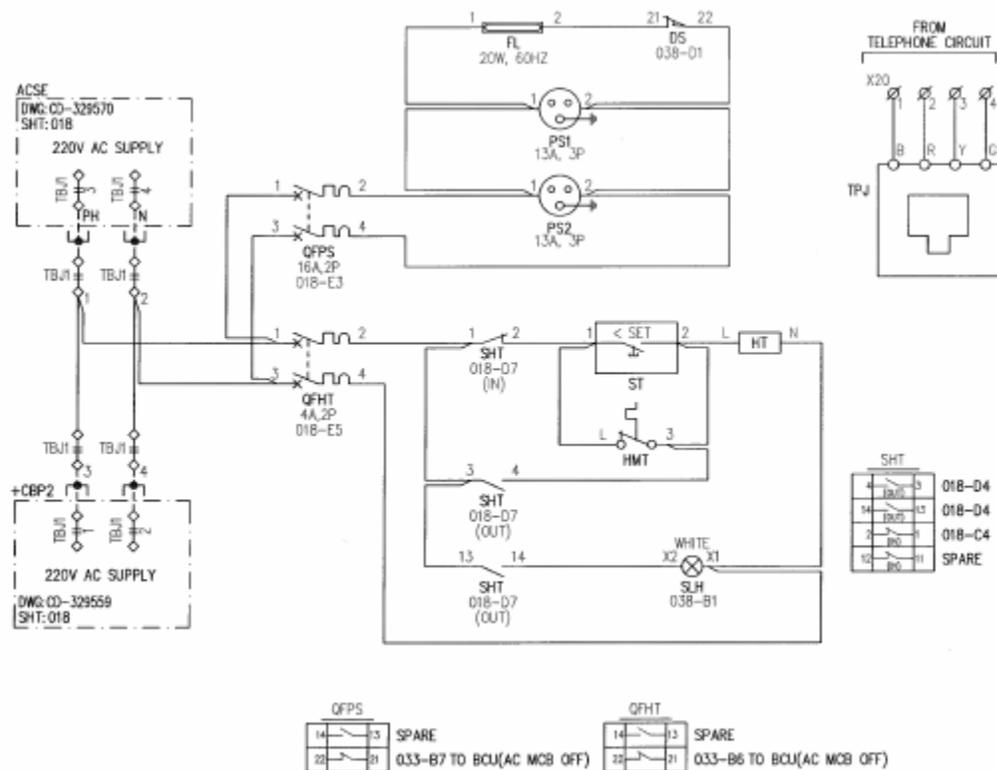
ahora estamos avanzando, ahora tenemos un dibujo lógico de CC, recuerde que siempre mantuvimos CC de respaldo en cualquier subestación, y también ejecutamos nuestro equipo más de control y protección a través de CC para que, en caso de falla de energía, podamos almacenar el suministro de CC para protección y panel de control.



aquí puede ver que los relés SEL 487V se alimentan de la fuente de CC 1, BCPU, bobina de disparo 1 a través del relé de disparo 94, BCPU a través del relé de disparo 94, señalización HMI / SAS a través del relé de disparo 94

y alimentación CC 1 mediante relé de disparo 94, bloqueo de cierre con relé de bloqueo 86, bobina de disparo -1 con relé de bloqueo 86, BCPU con relé de bloqueo 86, señalización HMI / SAS con relé de bloqueo 86, alimentación de CC con relé de bloqueo 86,

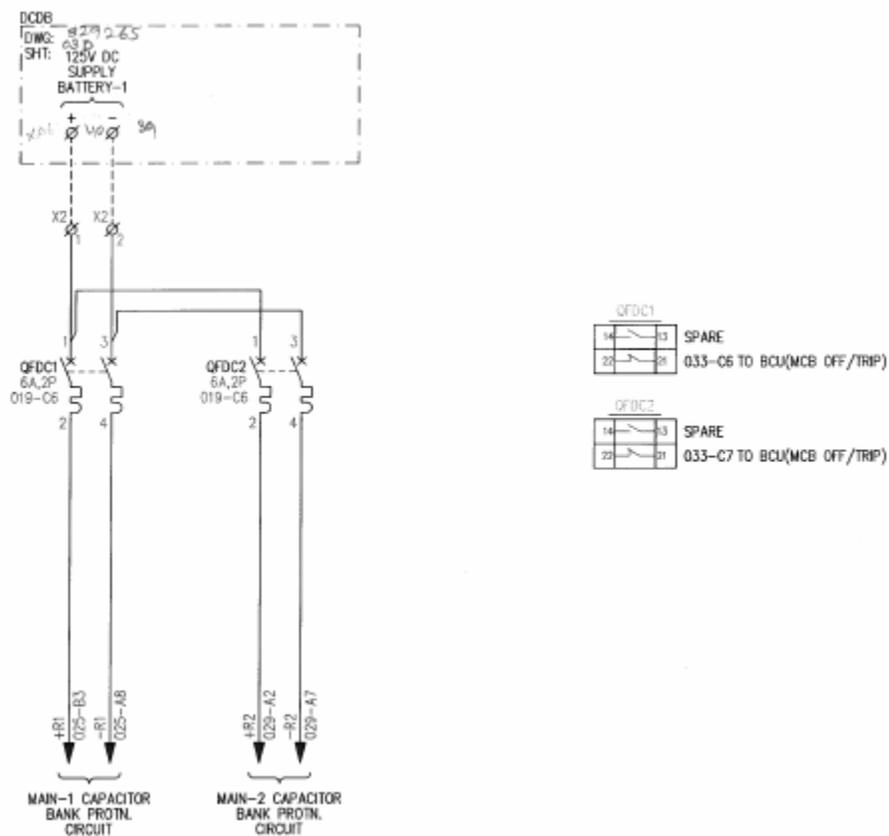
Ahora, en la siguiente página de dibujo, revisaremos la iluminación del panel y el circuito del calentador.



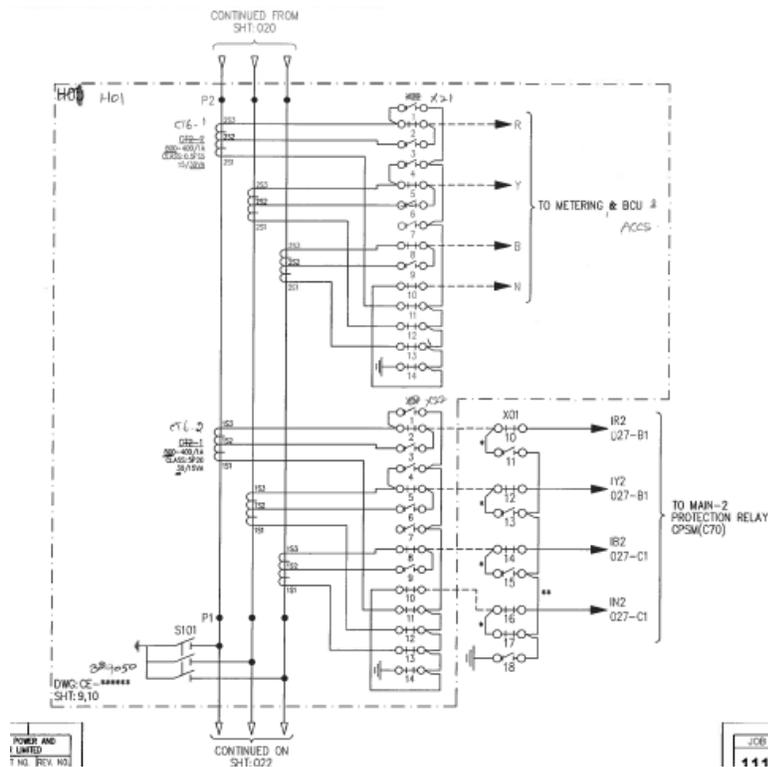
Tanto el calentador como el panel de iluminación se suministran a través de un suministro de 220 V CA, proporcionamos interruptores magnéticos térmicos, estos interruptores automáticos se dispararán cuando el efecto térmico aumente debido a una sobrecorriente, o cuando la corriente aumente por encima de la configuración actual de interruptores automáticos.

en el circuito de enchufes proporcionamos 1 luz fluorescente con enchufes. a través de los contactos 1, 2 y 3, 4 y 13, 14 se proporciona el interruptor selector, cuando el interruptor selector está en 1,2 su calentador está en la posición automática, el humidistato (HMT) detectará el cubículo de percepción de calor y apagará automáticamente el calentador cuando se establezca el límite de cruce . en 3,4 el calentador se puede apagar y encender manualmente, en 13,14 puede probar la salud del circuito de su calentador.

En la página siguiente estamos observando el circuito de distribución de suministro de CC,







luego tenemos la conexión de TC de medición, nuevamente a través del bloque de prueba, para que pueda verificar en cualquier momento la precisión del medidor y las características de los TC de medición, recuerde que el factor de seguridad es el margen por el cual su TC de medición es seguro, aquí es 5 lo que significa hasta 5 veces la corriente, el TC de medición será seguro para operar; para su conocimiento, recuerde que el punto de saturación de la medición es siempre menor que los TC de protección.

debajo de los TC de medición, tenemos TC de protección para el circuito de protección Main-2 a través del bloque de prueba. cuando el CT no se usa para protección o medición debe ser cortocircuito por cable o puentes metálicos, hoy en día muchos bloques de prueba son

equipado con puentes cortos interiores, significa que si quita la cubierta del bloque de prueba, el lado del TC debe cortocircuitarse automáticamente.

Pero aquí, si desea acortar su CT, se requiere la siguiente operación

CT de medición

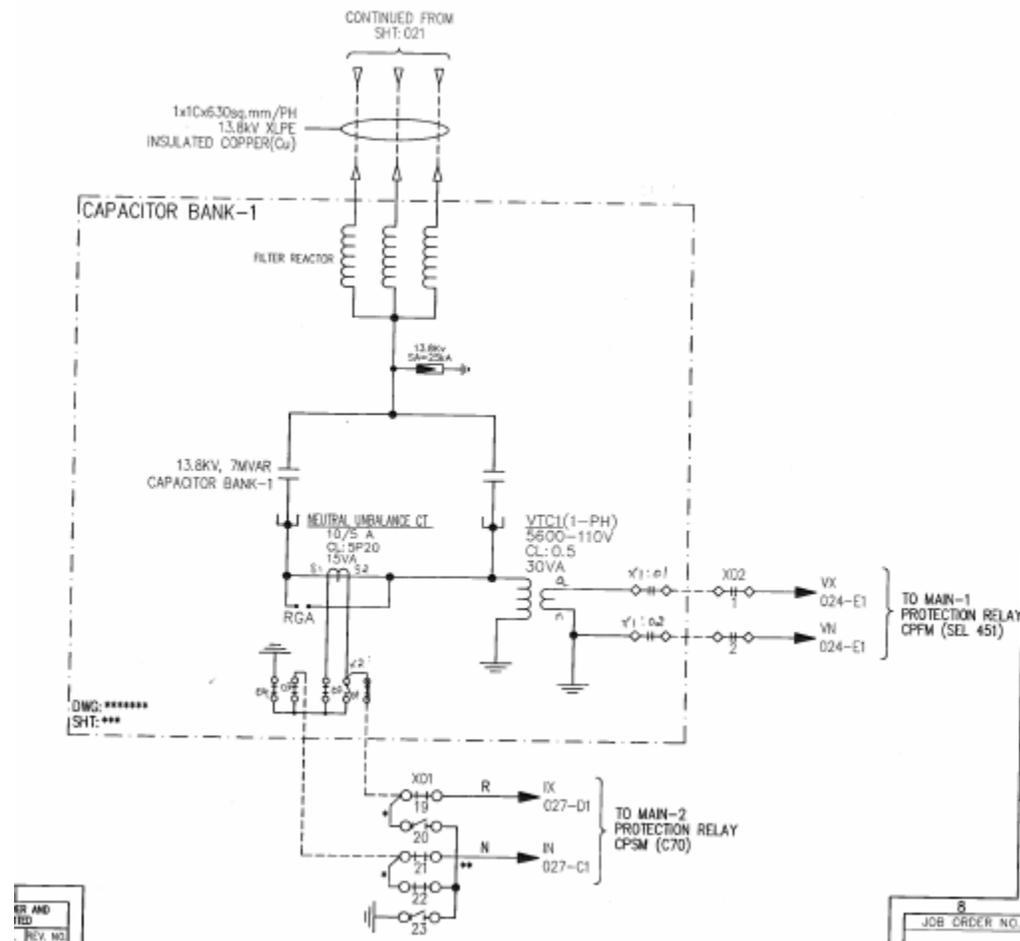
2, 5, 8 y 10 deben estar abiertos y 1,4,7,9 y 14 deben estar cerrados

CT de protección

10, 12, 14 y 16 estarán abiertos. 11, 13, 15 y 18 deben estar cerrados.

Entonces CT será corto con la puesta a tierra del sistema.

en el siguiente dibujo estamos observando el circuito de TC y TP de desequilibrio de neutro.



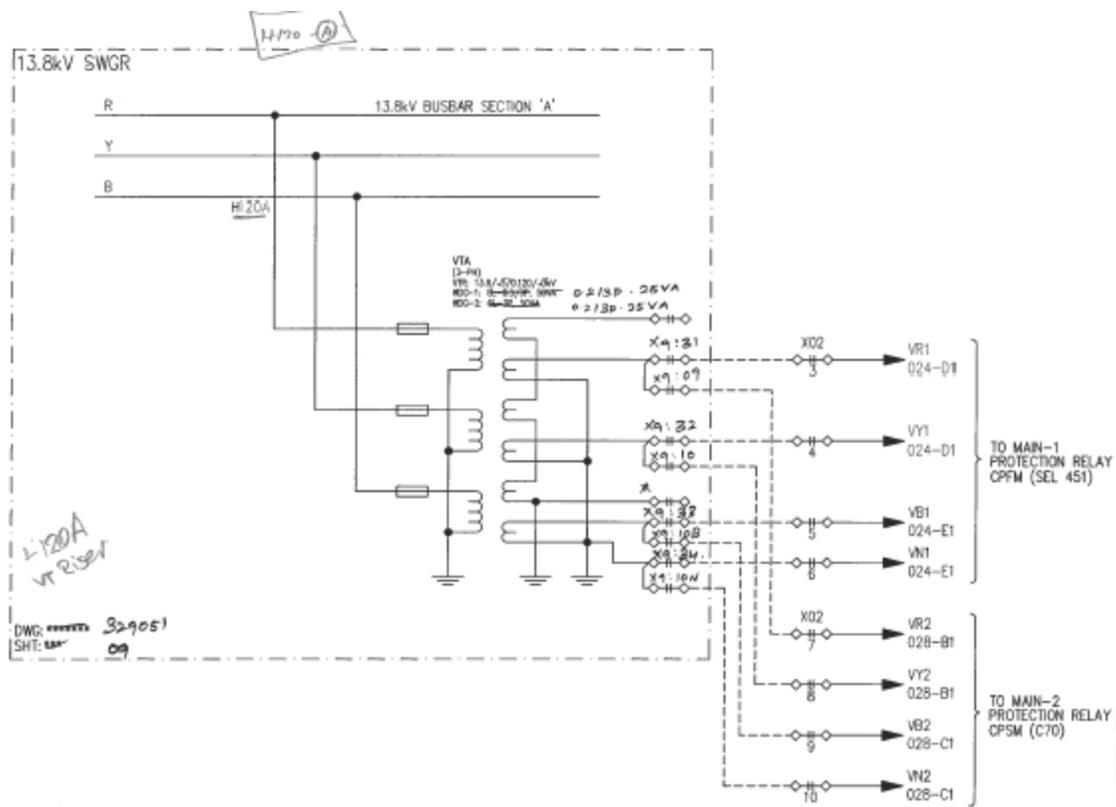
Un CT de desequilibrio neutro a través del bloque de prueba está conectado al relé C-70, en el relé C-70 hay una función denominada 46UB, que es un relé de detección de desequilibrio debido a la corriente de secuencia negativa.

Básicamente estos relés equipados con dos etapas de disparo, el primero se activa cuando el valor aumenta hasta

110% de la tensión nominal, en la segunda etapa se activará cuando el valor supere el 110% del valor nominal.

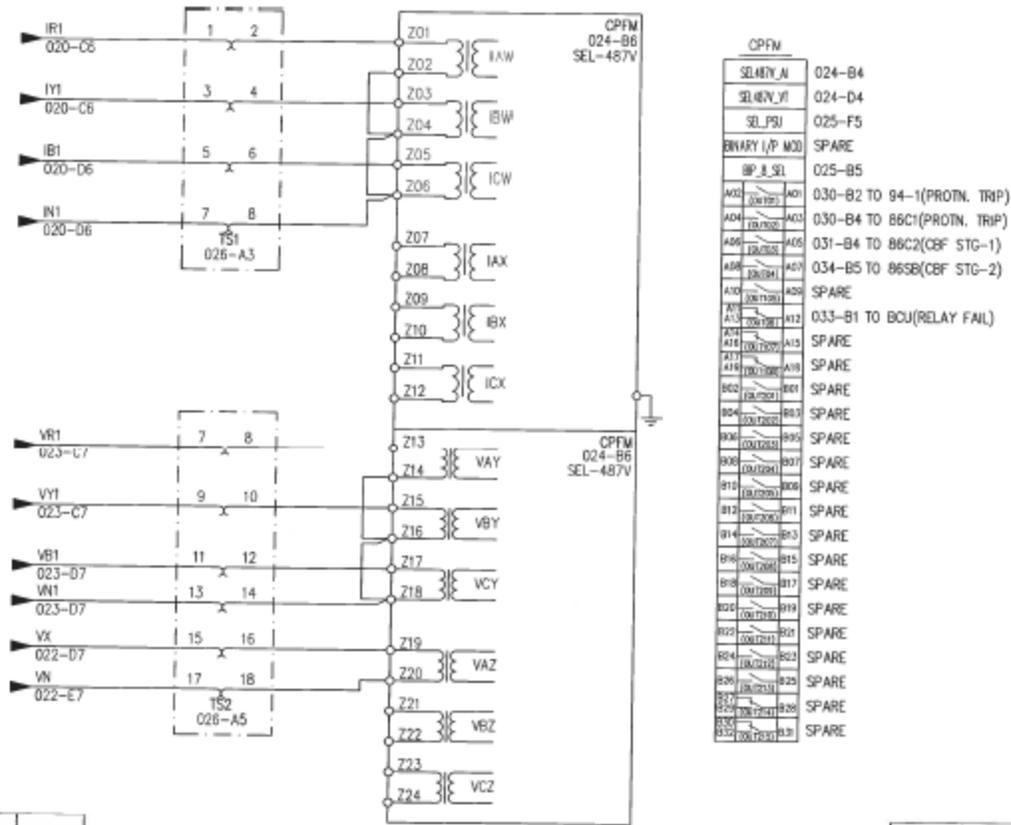
También se muestra aquí una conexión de PT a la protección Main-1.

En el siguiente dibujo tenemos dos diagramas de conexión PT para el circuito de protección Main-1 y Main-2.



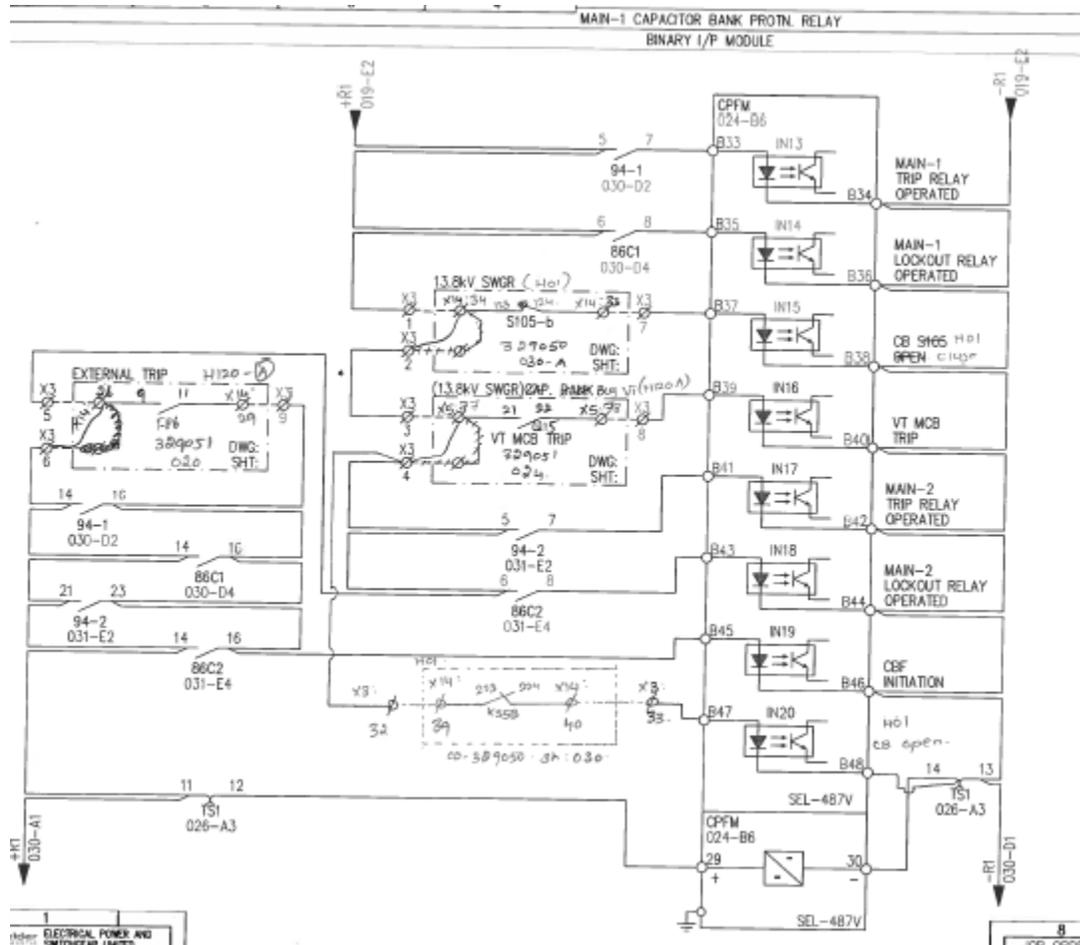
Estos son circuitos de TP de aparamenta de 13,8 KV, ambos TP son TP de protección de clase 3p.

en esto revisaremos la conexión de los relés con los bloques de prueba



A partir de este dibujo, puede probar fácilmente los relés simplemente quitando la cubierta del bloque e inyectando corriente. aquí el bloque de prueba TS1 es de la conexión del transformador de corriente y el bloque TS2 para la conexión del TT (TT de compensación de desequilibrio y fase)

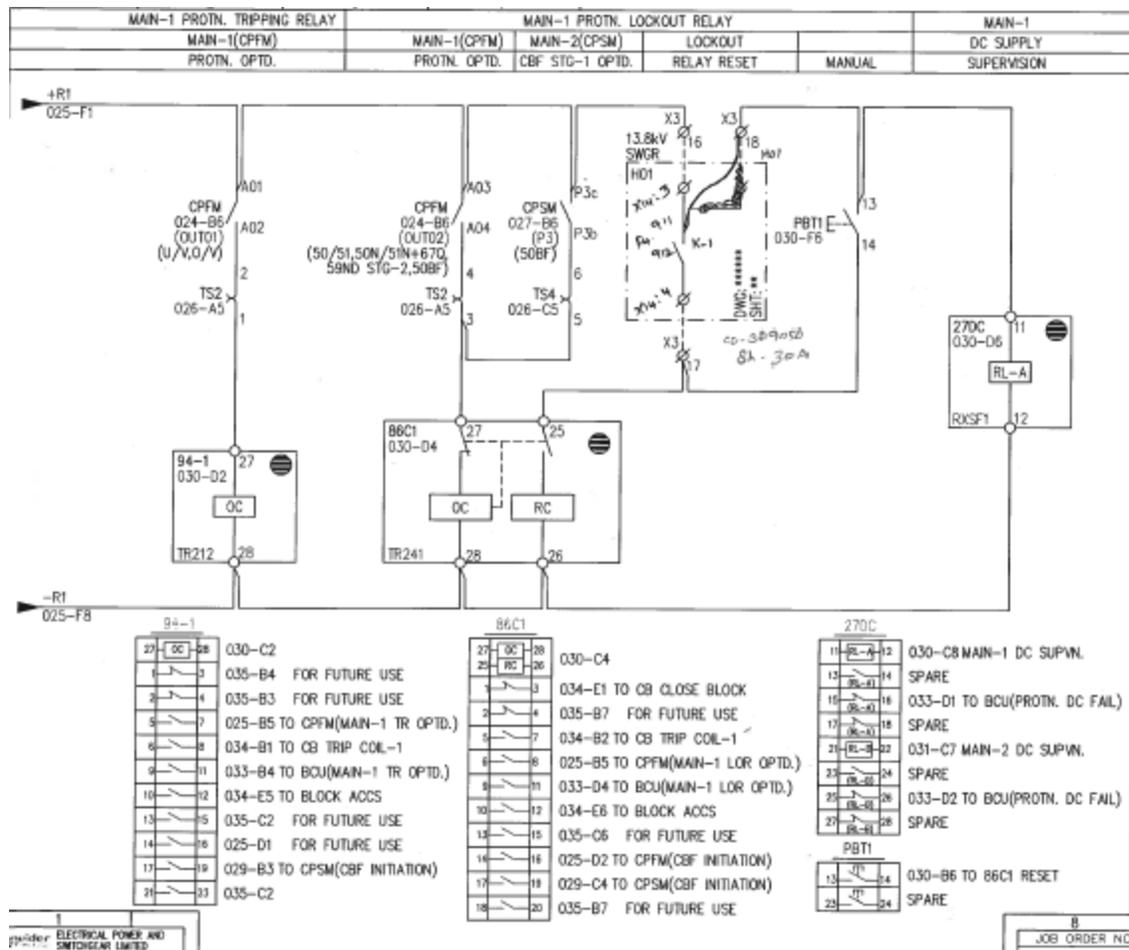
## En el siguiente dibujo vamos a examinar el módulo de entrada binaria Main -1 Cap Protection



desde la izquierda se ve una condición de relé diferente, después de la cual se activan 86 (relé de bloqueo) y 94 (relé de disparo del interruptor). El relé de bloqueo evitará que el disyuntor se active hasta que se bloquee el relé eléctricamente o mediante un reinicio manual.

El relé de disparo es un relé auxiliar del disyuntor que se monta dentro del conjunto del disyuntor.

ahora veamos el circuito de relé de disparo / bloqueo.



cuando en caso de falla, el relé de disparo 94 activado y el relé de bloqueo 86 operado al mismo tiempo, y el interruptor de ruptura 27 se cerrará y el interruptor de reinicio (interruptor de cierre) estará en la posición separada (apagado), el relé de bloqueo se puede restablecer eléctricamente o manualmente, el cableado muestra que la conexión manual está pasando por alto el circuito de reinicio eléctrico. Cuando reiniciamos eléctrica o manualmente, el interruptor de 25 marca se activará, pero la detección de 27 permanecerá intacta, si la falla aún en el circuito, el relé no se reiniciará y el circuito permanecerá apagado. Además, no 27 y 25 están acoplados, uno se encenderá a la vez.

Aquí proporcionamos un relé de suministro de suministro de CC que detecta bajo voltaje o ausencia de voltaje en este circuito de control. Pero esta provisión de suministro de CC solo alarma o indica el bajo voltaje o la ausencia de voltaje, ya que no se proporciona una provisión de disparo del interruptor.

## Capítulo 4 Fallos simétricos y asimétricos

### 4.1 Fallos de cortocircuito:

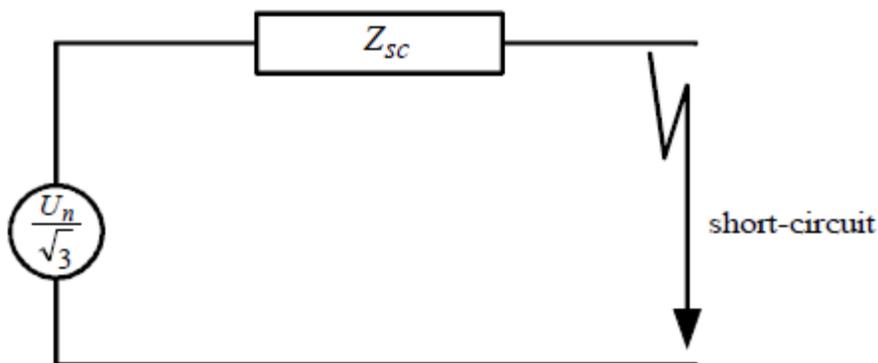
La magnitud de la corriente de cortocircuito, ya sea el valor máximo o mínimo en un sistema de CA trifásico, depende de la configuración de la red.

Las fallas de cortocircuito se clasifican en 4 tipos

- Trifásico simétrico
- Fase a tierra
- Fase a fase
- Fase a fase a tierra

### 4.2 Fallo simétrico trifásico:

Por favor, vea la figura a continuación.



Dónde,

$I_h$

Corriente de cortocircuito trifásica (  $3\phi$  )

Puede calcularse como

$$3\phi = \frac{S}{(\sqrt{3})}$$

En red de media y alta tensión, según norma IEC 60909,

$$3\phi = \frac{1,1}{(\sqrt{3})}$$

Impedancias:

En Transformers,

$$= ( \% / 100 ) * ( / )$$

Dónde,

$h$

,

%

$$= \sqrt{3} \ h \quad h$$

## 4.2.1 Componentes simétricos

Hay tres componentes de secuencia en cualquier sistema

- Positivo
- Negativo
- Cero

Supongamos que tenemos corriente trifásica, entonces los componentes de secuencia son,

$$= 0 + 1 + 2$$

$$= 0 + 2 + 1 + 2$$

$$= 0 + 1 + 2 + 2$$

Recordar,

$$0 = 0 = 0$$

$$1 = 2 + 1$$

$$2 = 2$$

Por componente,

$$0 = \frac{1}{3} ( \quad + \quad + \quad )$$

$$1 = \frac{1}{3} ( \quad + \quad + \quad )^2$$

$$2 = \frac{1}{3} ( \quad + \quad 2 \quad + \quad )$$

Similar para

Para voltajes,

$$= 0 + \quad 1 + \quad 2$$

$$= 0 + \quad 2 \quad 1 + \quad 2$$

$$= 0 + \quad 1 + \quad 2 \quad 2$$

Recordar,

$$0 = \quad 0 = \quad 0$$

$$1 = \quad 2 \quad 1$$

$$2 = \quad 2$$

Por componente,

$$0 = \frac{1}{3} ( + + )$$

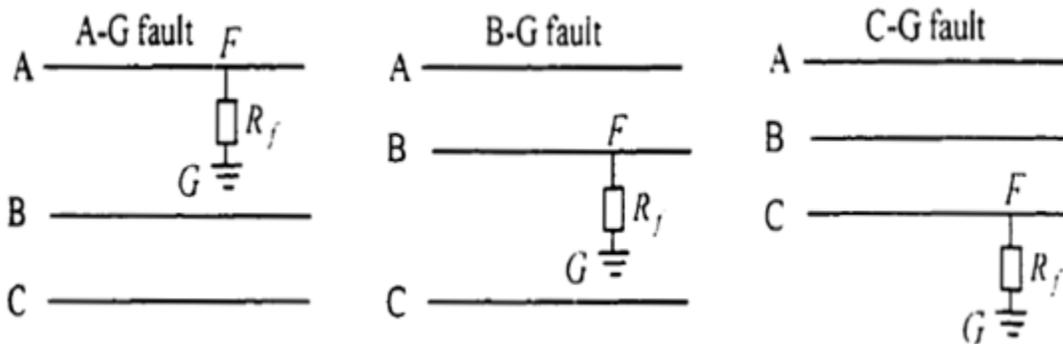
$$1 = \frac{1}{3} ( + + 2 )$$

$$2 = \frac{1}{3} ( + 2+ )$$

Similar para

En el sistema de equilibrio normal, existen componentes de secuencia positiva, en condiciones anormales también existen la secuencia negativa y el componente de secuencia cero.

### 4.3 Fase a tierra



Analicemos la falla AG, en

esta condición,

$$h = I_1 + I_2 + I_3 \dots \dots \dots (1)$$

Necesitamos encontrar valores de corrientes secuenciales, como

Es cero entonces

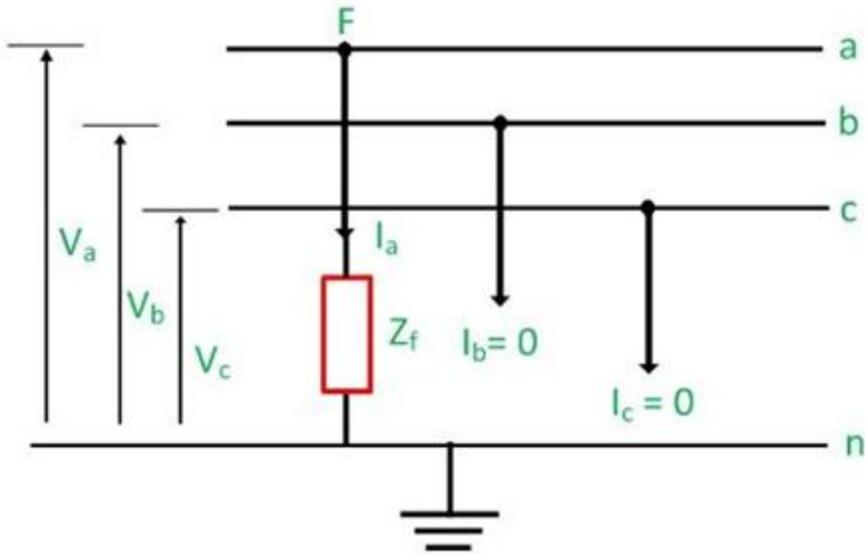
$$0 = \frac{1}{3} (I_1 + I_2 + I_3)$$

$$0 = \frac{1}{3} (I_1 + I_2 + I_3)$$

$$I_1 = \frac{1}{3} (I_2 + I_3)$$

$$I_2 = \frac{1}{3} (I_1 + I_3)$$

$$I_3 = \frac{1}{3} (I_1 + I_2)$$



$$0 = 0 - 0 \quad 0$$

$$1 = 1 - 1 \quad 1$$

$$2 = 2 - 2 \quad 2$$

En fase a tierra,  $0 \quad 2 \quad , \quad 1 =$

Ya que,

$$= 0 + 1 + 2$$

Entonces,

$$= - 0 \quad 0 + \quad - 1 \quad 1 - \quad 2 \quad 2 \dots\dots\dots ( 2 )$$

También sabíamos  $x_0 = x_1 = x_2 = 1$  (3) , así que

(SQ2) ahora se convierte,

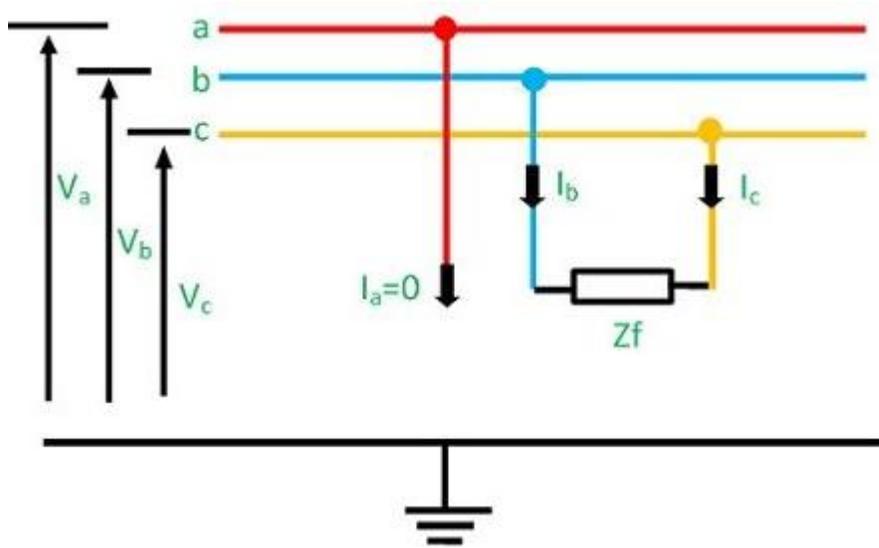
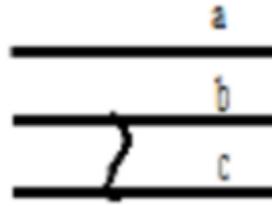
$$\begin{aligned}
 &= \left(-\frac{1}{3}\right) (x_0 + x_1 + x_2) + \\
 &= \left(+\frac{x_0 + x_1 + x_2}{3}\right) \\
 &= \frac{\quad}{\left(+\frac{\quad}{\quad}\right)}
 \end{aligned}$$

Ya que,  $x_0 = x_1 = x_2 = 1$  (3)

Luego,

$$= = = \frac{\quad}{\left(+\quad+\quad+\quad\right)}$$

## 4.4 Fallo de fase a fase



$$= 0$$

$$= -$$

$$=$$

$$0 = \frac{1}{3} ( + + )$$

$$0 = 0$$

$$= -$$

$$0 + 2 \quad 1 + \quad 2 = - \quad 0 - \quad 1 - \quad 2 \quad 2$$

$$2x + 1 = -2x - 2$$

Ya que  $2x + 1 = -1$      $-2x - 2 = 1$

$$1(-1) = 2()$$

$$1 = -2$$

$$= 0 + 2x + 1 + 2$$

$$= 1(2 - )$$

$$= 1(-2)$$

$$= 0$$

De la red,

$$- =$$

$$0 + 2x + 1 + 2 - 0 - 1 - 2x$$

$$= (0 + 2x + 1 + 1)$$

$$1(2 - ) + 2(-2) = (0 + 2x + 1 + 2)$$

Ya que  $1 = -2$      $0 = 0$

$$1(2 - ) - 2(2 - ) = (2 - ) 1$$

$$1 - 2 = 1$$

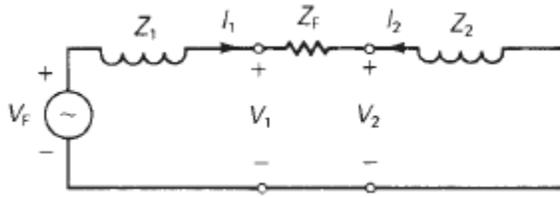
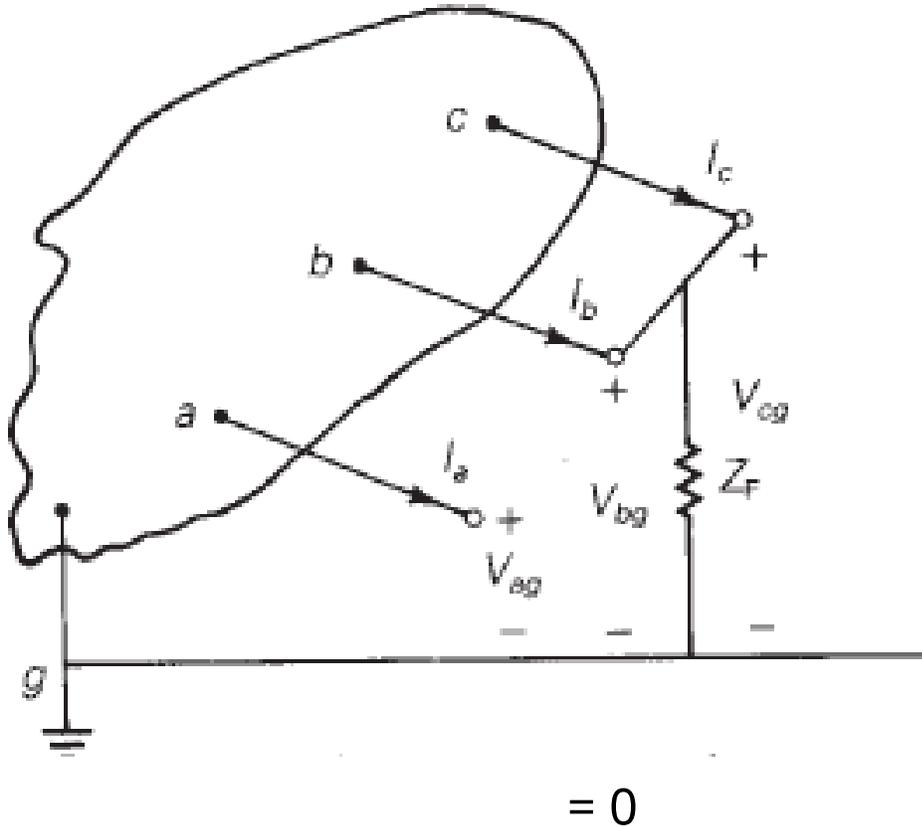


Figura 4X

De la figura 4X,

$$I_1 = - I_2 = \frac{V_f}{Z_1 + Z_f + Z_2}$$

## 4.5 Doble fase (fase a fase) a fallas a tierra



De ahora en adelante uso,

$$0 = 0, \quad 1 = 1, \quad 2 = 2, \quad 0 = 0, \quad 1 = 1, \quad 2 = 2$$

$$= = ( + )$$

$$= = 0 + 2 \quad 1 + 2$$

$$= = 0 + 1 + 2 \quad 2$$

$$0 + 2 \quad 1 + 2 = 0 + 1 + 2 \quad 2$$

$$(2 - ) \quad 1 = (2 - ) \quad 2$$

$$1 = 2$$

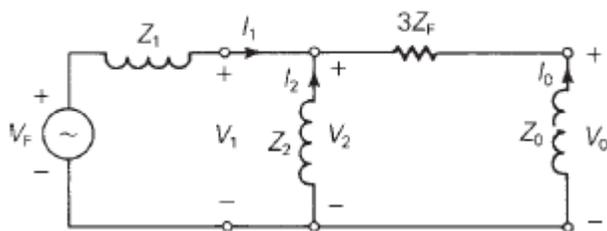
Ahora,

$$= = ( + )$$

$$0 + 1 + 2 \quad 2$$

$$= (0 + 2 \quad 1 + 2 + 0 + 1 + 2 \quad 2)$$

$$0 - 1 = 3 \quad 0$$



De esta figura,

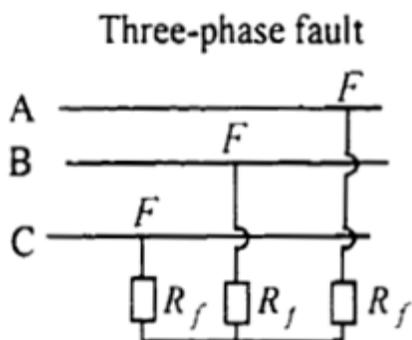
$$1 = \frac{V_F}{Z_1 + (Z_2 + Z_0 + 3Z_F)}$$

$$I_1 = \frac{V_F}{Z_1 + [Z_2 \parallel (Z_0 + 3Z_F)]} = \frac{V_F}{Z_1 + \left[ \frac{Z_2(Z_0 + 3Z_F)}{Z_2 + Z_0 + 3Z_F} \right]}$$

$$I_2 = (-I_1) \left( \frac{Z_0 + 3Z_F}{Z_0 + 3Z_F + Z_2} \right)$$

$$I_0 = (-I_1) \left( \frac{Z_2}{Z_0 + 3Z_F + Z_2} \right)$$

## 4.6 Fallos trifásicos



Es una falla asimétrica.

$$+ + = 0$$

$$+ + = 0$$

$$0 =$$

$$1 = 2 = 0$$

$$2 = 0$$

$$0 = 0$$

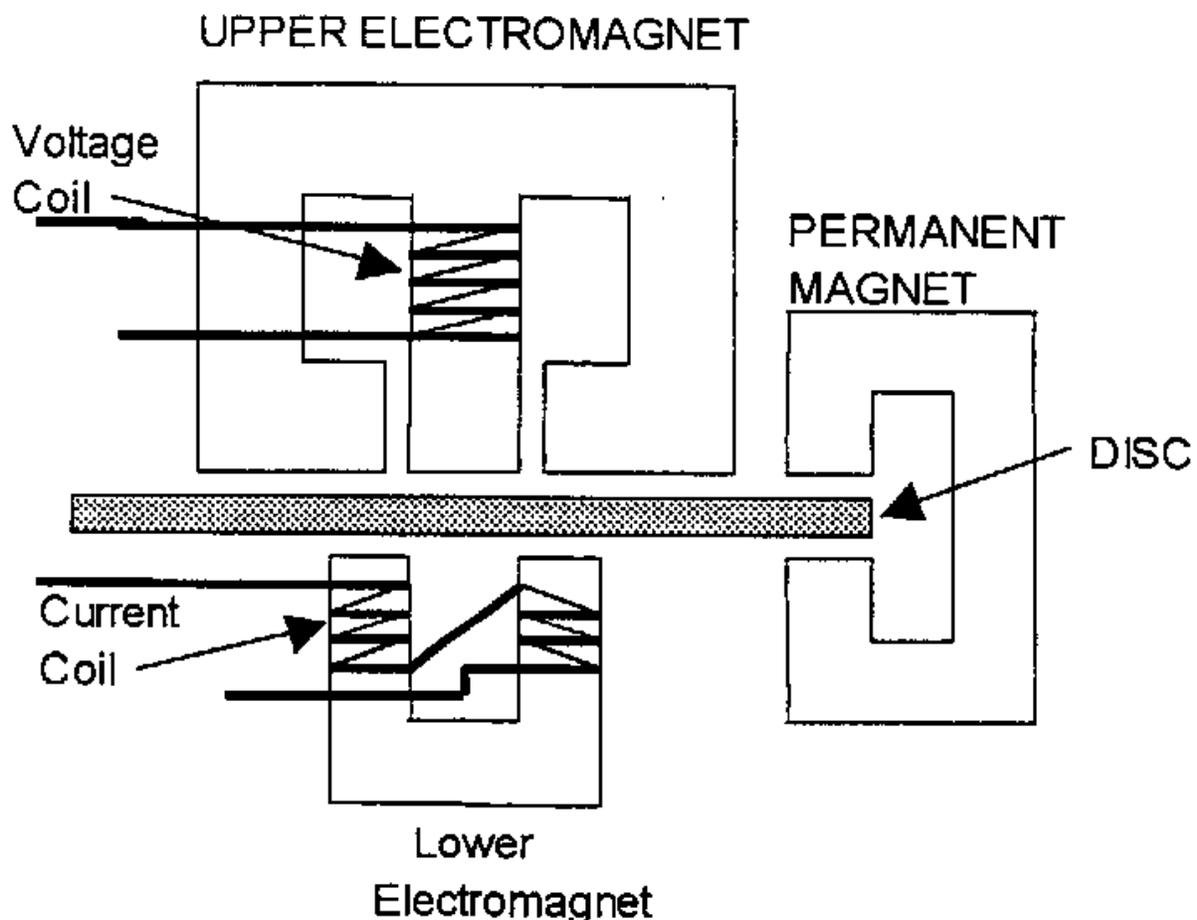
$$= 1 1$$

## Capítulo 5

## Relé de protección

El relé de protección es un dispositivo que se utiliza con fines de señalización solo en el momento de la falla. La falla se define como una condición anormal.

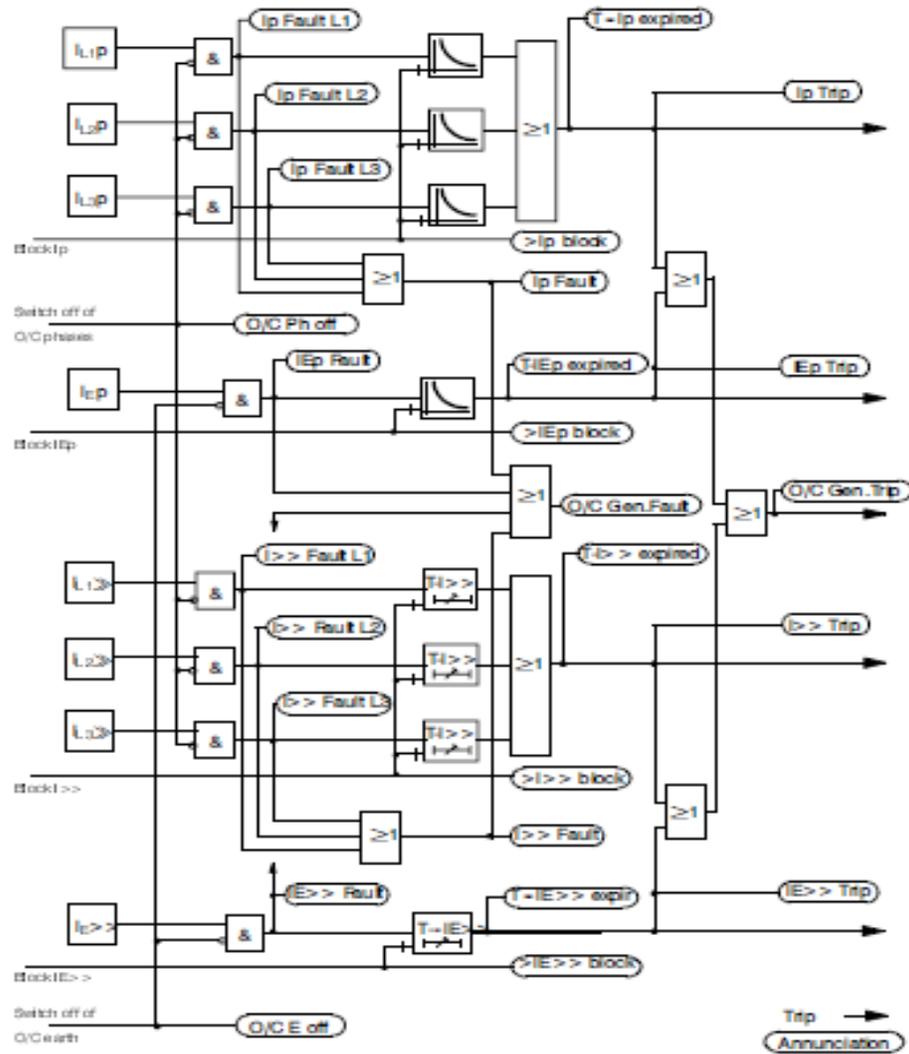
Los relés de protección antiguos funcionan según el principio de inducción, en el que tenemos un disco giratorio que se encuentra entre dos electroimanes.



**5.1 Operación:** en condiciones normales, los flujos generados por el electromagnético superior y el electromagnético inferior no son suficientes para la rotación del disco.

Cuando ocurre una condición anormal o de falla en cualquier cantidad eléctrica, digamos corriente, el flujo de la bobina de corriente aumenta y causa movimiento en el disco. Este movimiento depende del flujo de corriente anormal.

Actualmente utilizamos relés de sobrecorriente digitales; diagrama de lógica de Digital



El relé de sobrecorriente se menciona aquí.

## 5.2 Terminologías utilizadas en el relé de protección:

- Ajuste del multiplicador de enchufe
- Ajuste del multiplicador de tiempo

**5.2.1 Ajuste del multiplicador de enchufe:** En los relés electromecánicos, usamos enchufes para definir la corriente límite / corriente normal que fluye en el circuito / equipo protegido.



El multiplicador de ajuste del enchufe es el flujo de corriente de carga mínimo permitido a través del circuito. Si la corriente aumenta desde la corriente de carga mínima permitida

$$= \frac{\quad}{\quad}$$

**5.2.2 Configuración del multiplicador de tiempo:** es el tiempo mínimo requerido antes de que el relé se active en el momento de las fallas.

Necesitamos la característica de corriente de tiempo (TCC) para la coordinación del relé.

### 5.3 Tipos de relés

Relevo de tiempo definido

Relé de tiempo inverso

Relé de tiempo instantáneo

#### 5.3.1 Relé de tiempo definido

El relé que opera con retardo de tiempo definido es el relé de tiempo definido.

Usamos estos relés para protección de motores y protección aguas abajo.

En los motores, en el momento del arranque del motor, el motor consume más corriente que la corriente normal debido al par. Necesitamos introducir un retardo de tiempo en el arranque del motor.

### **5.3.2 Relé de tiempo inverso**

Estos relés se introducen según el principio de tiempo frente a intensidad de falla.

Seguimos una regla simple aquí, si la intensidad de la falla es alta, el tiempo de disparo del relé será bajo.

Lo llamamos Características actuales de tiempo (TCC), TCC nos ayuda en la coordinación de retransmisiones

Nosotros según IEC tenemos múltiples TCC

- Inverso normal o estándar
- Muy inverso
- Extremo inverso
- Mucho tiempo tierra
- Personalizado

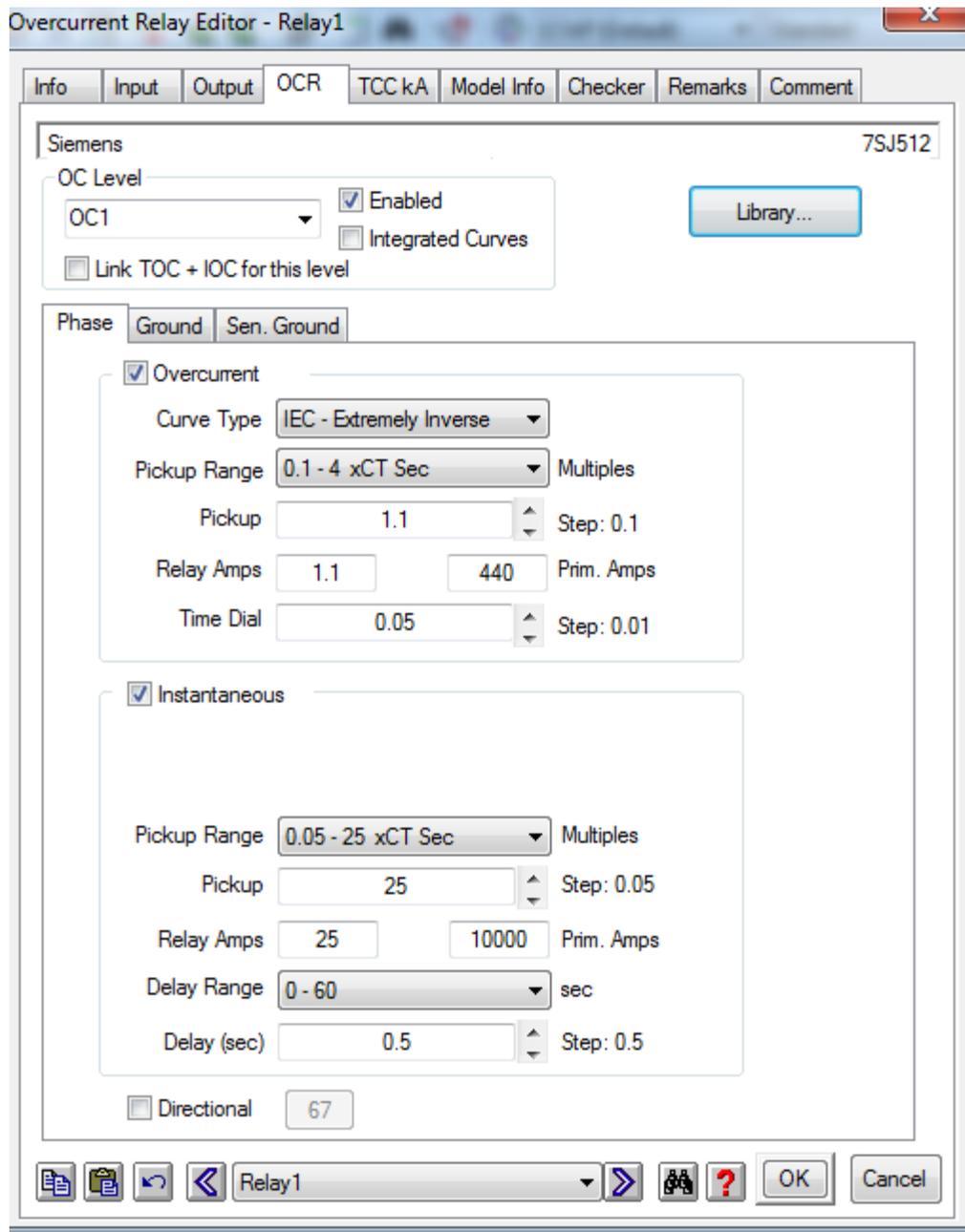
### 5.3.2.1 Relé TCC inverso normal o estándar:

Las características actuales de este tipo de tiempo siguen a continuación definen la fórmula para el tiempo de interrupción (tiempo de activación)

$$= \frac{0,14 *}{0,02 - 1}$$

PSM es la relación entre la corriente real y la corriente secundaria de CT.

,  $h$  1TMS es la configuración del multiplicador de tiempo, ahora en el relé digital moderno puede ser de un mínimo de 12,5 milisegundos, recuerde que el TMS es el tiempo mínimo que tarda un relé en iniciar la operación (activación)



Utilicé Etap 12.6 para demostrar los parámetros de entrada del relé TCC, aquí podemos ver que Time Dial (según IEEE, en los estándares IEC lo llamamos como Configuración de multiplicador de tiempo) se establece en 0.05sec o 50 milisegundos.

PSM aquí es 1.1; La relación CT es 400/1, por lo que el tiempo de disparo será

$$= 0,14 * \frac{0,05}{1.10,02 - 1}$$
$$= 3.66872$$

El tiempo de disparo disminuye a medida que aumenta el PSM, el TMS se fija una vez en el relé, no se puede cambiar como el PSM durante una condición de falla, el PSM está cambiando porque define la relación entre la corriente real y la corriente secundaria y la corriente real aumentará durante una condición anormal, pero nosotros podemos cambiar el TMS en cualquier momento, excepto en el momento de la falla, según el requisito de coordinación de relevos o clasificación de tiempo.

PSM	TMS
1.1	0,05
1.2	0,05
1.3	0,05
1.4	0,05
1,5	0,05
4	0,05
6	0,05

t	t (ms)
3.668722	3668.722
1.916187	1916.187
1.330526	1330.526
1.036709	1036.709
0.859711	859.7109
0.248988	248.9878
0.19186	191.8596

**Nota:** La clasificación de tiempo es en realidad la metodología mediante la cual escalamos el tiempo de recogida de protección de nuestros esquemas de protección, la clasificación de tiempo nos ayuda a evitar el aislamiento de carga innecesario, la ubicación incorrecta de fallas y la inspección de seguimiento de fallas de área amplia. La clasificación de tiempo también nos ayuda a limitar la falla en el equipo defectuoso / bucle más corriente de falla

fluirá a otros lazos normales y aumentará las posibilidades de daño del equipo o aislamiento del lazo normal.

Podemos ver un ejemplo de clasificación de tiempo aquí. La clasificación de tiempo se realiza básicamente principalmente por TMS y PSM.

Sección	Clasificación (MVA)	Recoger	Protección (TMS)	Hora de viajar
Red eléctrica	<b>20</b>	<b>1.137238435</b>	<b>0,14</b>	<b>7.610561231</b>
Transformador 1 (T1)	<b>20</b>	<b>1.137238435</b>	<b>0,12</b>	<b>6.523338198</b>
Transformador 1 (T1)	<b>20</b>	<b>1.137238435</b>	<b>0,1</b>	<b>5.436115165</b>
Transformador 2 (T2)	<b>1</b>	<b>1.137238435</b>	<b>0,09</b>	<b>4.892503648</b>
Transformador 3 (T3)	<b>1,5</b>	<b>1.180978375</b>	<b>0,035</b>	<b>1.47040965</b>
Transformador 4 (T4)	<b>0,5</b>	<b>1.137238435</b>	<b>0,025</b>	<b>1.359028791</b>

Aquí cambiamos el TMS y el PSM y obtenemos diferentes respuestas de tiempo de disparo de los relés en el esquema de protección, la regla de protección indicaba que el tiempo de disparo del equipo protegido aguas abajo (alimentadores, subestaciones, etc.) debe ser menor que el protegido aguas arriba  
Equipo (Red Eléctrica, Generador, etc.).

### 5.3.2.2 Relé TCC muy inverso:

Se requiere cuando se requieren características de corriente de disparo moderadas frente a tiempo, como se vio en el relé SI, la potencia en PSM es 0.02, aquí la potencia en PSM es 1.

$$= \frac{13,5}{-1}$$

### **5.3.2.3 Relé TCC inverso extremo:**

Se emplea principalmente en estaciones generadoras, donde la corriente de falla es moderadamente más alta que los sistemas de transmisión y distribución, también se recomienda para motores donde inicialmente se introducen demoras de tiempo pero después de la demora si la corriente permanece alta, el motor podría dañarse, para minimizar las posibilidades de daño TCC inverso extremo el relé se utiliza para el motor

$$= \frac{80}{2 - 1}$$

### **5.3.2.4: Relé TCC de falla a tierra de larga duración:**

Estos empleados principalmente como protección de falla a tierra de respaldo, el relé con estas características aseguran el funcionamiento cuando falla toda la protección de falla a tierra.

$$= \frac{120}{-1}$$

Se emplea principalmente en generadores y puntos neutros o de tierra de transformadores.

### **5.3.2.5: Relé TCC personalizado:**

Donde el usuario define las características del esquema de protección, principalmente empleados donde el sistema está aislado de la red principal / sistema de energía o se usa según el cliente requisito o utilizado en el sistema definido por el usuario.

### **5.3.3 Relé instantáneo:**

El relé sin factor de tiempo en el momento de la operación es instantáneo; Puede funcionar tan pronto como se produzca una falla en el sistema.

Por lo general, usamos relé instantáneo con relé de tiempo inverso, pero podemos usarlo por separado cuando sea necesario

#### **En la práctica:**

En los sistemas de energía, los ajustes de relés instantáneos son aproximadamente de 8 a 10 veces el tiempo de activación por lo general, pero no definitivamente, recuerde que el ajuste instantáneo debe cubrir

Nivel de corriente de cortocircuito de 3 fases, a continuación se proporciona un ejemplo de tales configuraciones

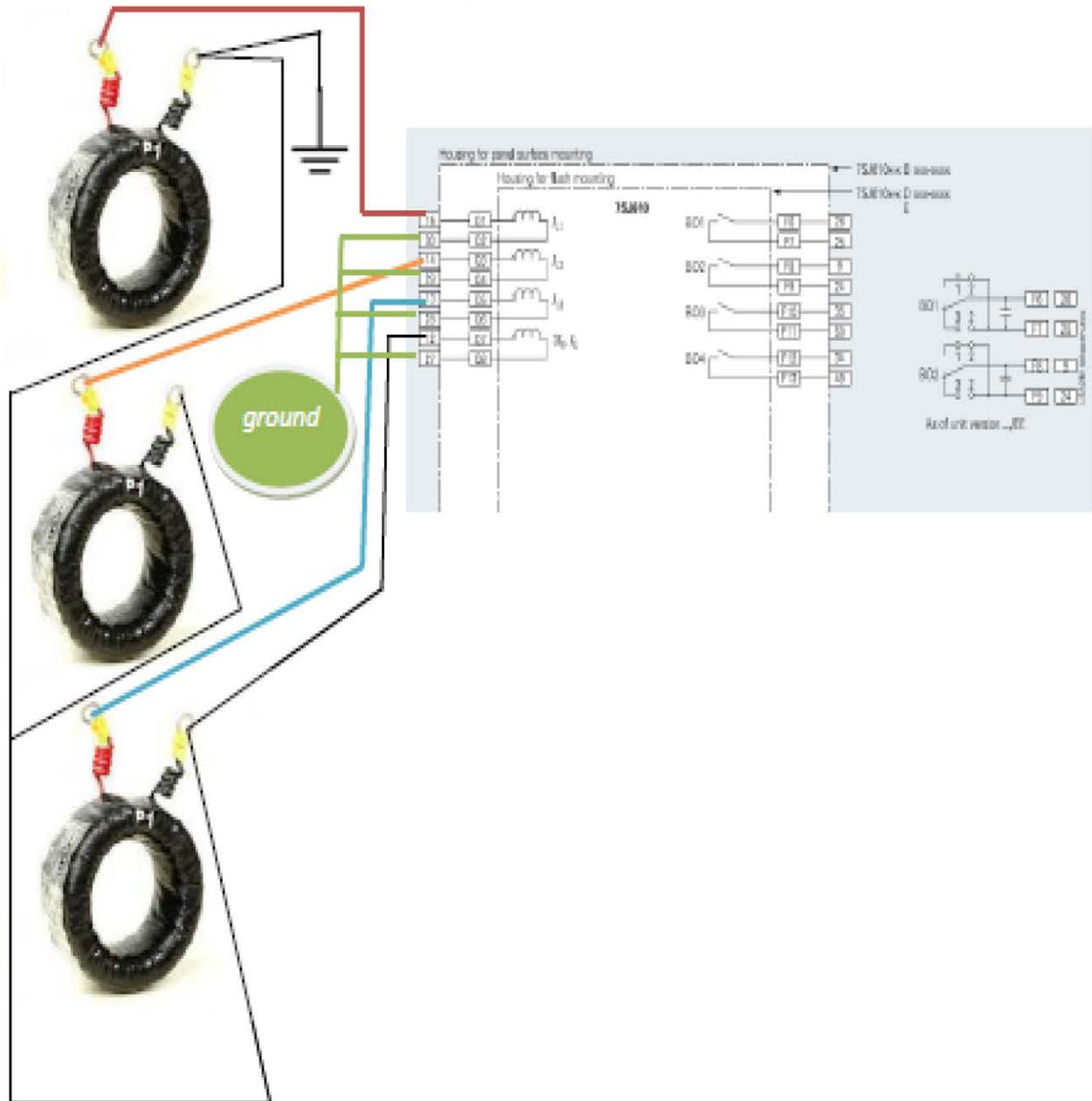
Sección	Clasificación (MVA)	Pequeño circuito MVA	Voltaje nivel (KV)	Carga completa corriente (Ir)	Pequeño Circuito Actual	Elegir hasta	Instante aneou S Configuración (8 * Imagen k arriba)	tierra Culpa Elegir hasta	Instante aneou s tierra Culpa Recoger
Poder Red	20	117.647 0588	33	349.9195	2058.350 044 109	1,15 2	35 185 39823	1.017 69911 5	8.1415 9292
Transformar mer 1-33KV	10	142.857 1429	33	174.9597	2499.425 181 132	1,18 8	45 593 45455	1.045 45454 5	8.3636 36364
Transformar mer 1-11KV	10	142.857 1429	11	524.8792	7498.275 181 397	1,18 8	45 778 45455	1.045 45454 5	8.3636 36364
Transformar mer 2-11KV	1	17.3913 0435	11	52.48792	912.8335 181 265	1,18 8	45 778 45455	1.045 45454 5	8.3636 36364

Otro ejemplo,

Feeder Nombre	Estatuto S	Feeder Éxitos a	Feeder Éxitos EN	Escribe de Relé	Connecticut Proporción	Relé Protección norte	Elegir- hasta corriente A	Corrent configuración A	Enchufar configuración multiplayer (PSM)	Tiempo- configuración multipli er
Estado XXY	Singl mi Cable	S / S	Estado XXY	CDG 31	400 / 5	A (O / C)		2,5		0,2
						E / F		1		0,1
						C (O / C)		2,5		0,2

### 5.3.4 Figura de conexión de relé

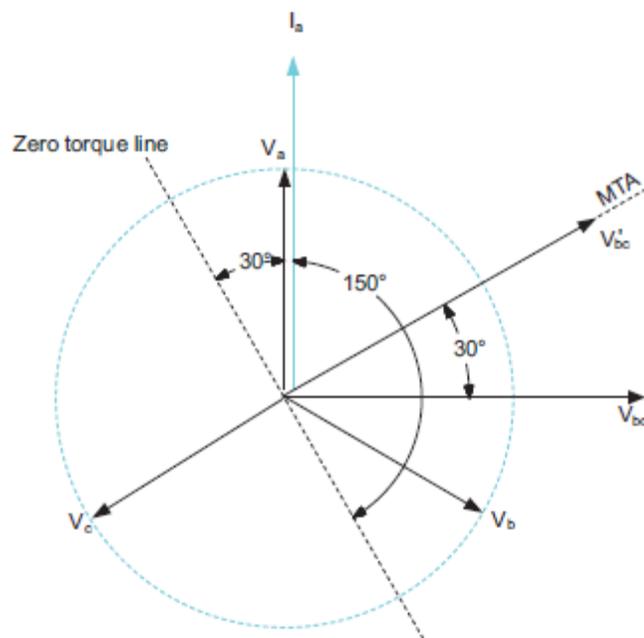
#### Over current Relay Connection-Non Directional



### 5.3.4 Relé de sobrecorriente direccional

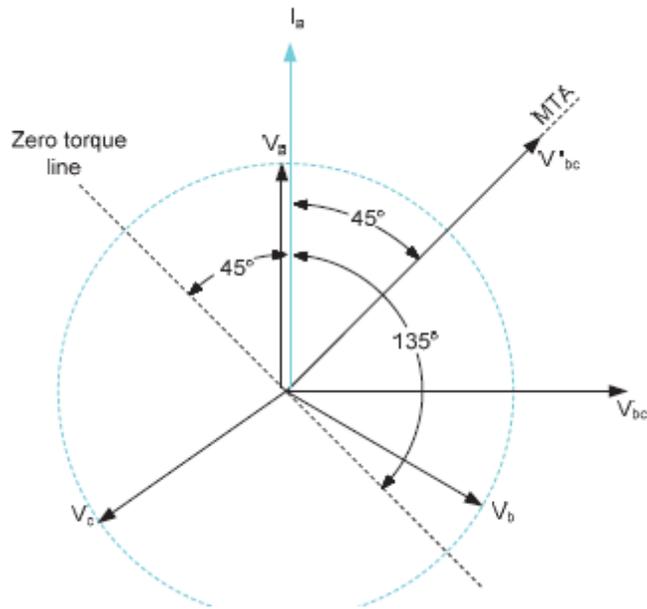
En el relé de sobrecorriente direccional, el ángulo entre dos cantidades diferentes se mide y el relé actúa cuando el ángulo entre las cantidades se alcanza en los valores de activación. La aplicación principal de estos relés es el sistema de anillo, donde múltiples fuentes de energía suministran energía a diferentes ramas de cargas.

Algunas conexiones posibles se muestran a continuación

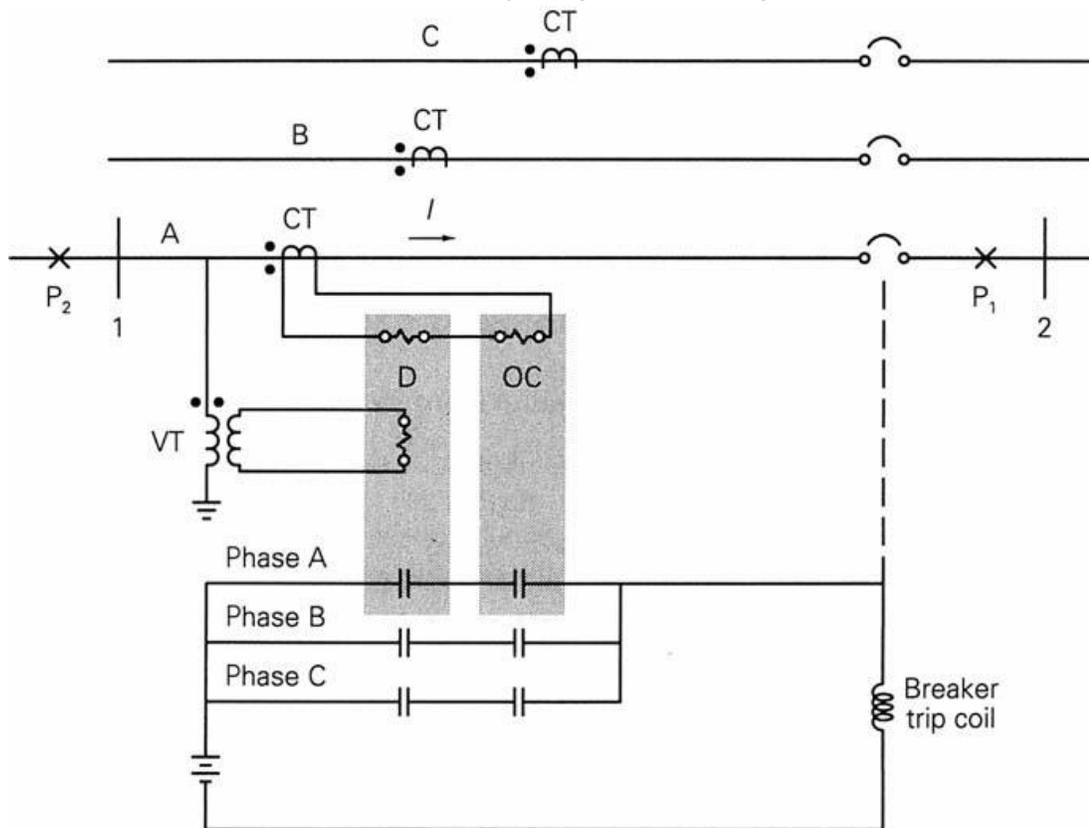


El relé se activará desde la región angular donde la corriente conduce el voltaje en 30 grados y el voltaje de retraso en 150 grados, es la zona de disparo de este tipo de conexión.

A continuación se proporciona un tipo de configuración más



**5.3.4.1 Un artículo de investigación que discutiremos aquí** El relé de sobrecorriente direccional define la dirección de la falla y ayuda a rastrear la falla con la mayor precisión posible.



Básicamente se le llama relé unidireccional o de dirección hacia adelante. Veamos la figura e intente comprender el fenómeno de funcionamiento del relé de sobrecorriente direccional.

Hay dos entradas de relé como voltaje y corriente, aquí se considerará voltaje como voltaje de referencia con ángulo cero grados.

Comúnmente, la impedancia de la línea es de naturaleza reactiva, cuando ocurre una falla en P1, luego el flujo de corriente de falla del bus 1 al bus 2, y como sabíamos que la impedancia es de naturaleza reactiva, el voltaje en el circuito conduce a la corriente en 90 grados.

Veamos también una figura, esta figura es una figura de bloqueo de disparo del relé de sobrecorriente direccional.

$\Phi$  Es el ángulo de la corriente con respecto al voltaje y es la diferencia de ángulo de 2 a 8 grados, esta diferencia de ángulo es la diferencia entre los estados de bloqueo y disparo del relé.

La condición de operación es

- 180 grados <  $\Phi - \Phi_1$  < 0 grados (viaje)

De lo contrario (Bloquear)

El contacto del relé direccional y de sobrecorriente está en serie, en el momento de la falla directa (cuando la corriente en el circuito secundario del CT se excede del

Recoger valor (PSM)). La bobina de disparo del interruptor se energiza y se dispara.

### **Si la construcción del relé es electromagnética**

En él hay dos bobinas en el estator, una es la bobina de corriente y la bobina de voltaje y hay un disco giratorio, nuestra referencia aquí es el voltaje y la corriente es  $I = I/\phi$  a y como vatios hora metro, el par en el disco giratorio es;

$$T = kVI \cos(\phi_1 - \phi - 90^\circ) = kVI \sin(\phi_1 - \phi)$$

Cuando la falla está en el punto P1 (figura 1), la corriente está retrasando el voltaje en 90 grados y el par es máximo, significa que el disco gira con el par máximo y

Disyuntor activado por relé activado.

$$T = kVI \cos(\phi_1 - \phi - 90^\circ) = kVI \sin(\phi_1 - \phi)$$

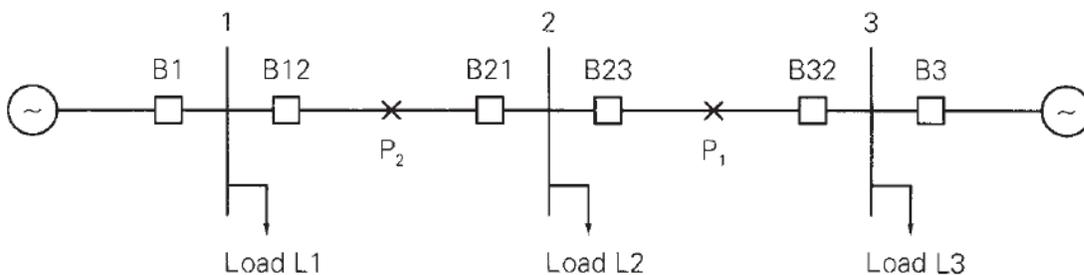
$$T = KVA \cos(90-90) = KVA \cos 0 = KVA$$

Pero si ocurrirá una falla en el punto P2 (figura 1), el voltaje de plomo actual en 90 grados y ángulo es -  
90 grados.

$$T = KVA \cos (-90-90) = KVA \cos (-180)$$

Esto da como resultado un par máximo negativo del disco giratorio (el disco gira en dirección inversa), el movimiento en dirección inversa será controlado por un tope mecánico.

## ¿Qué pasó cuando hay dos fuentes?



Los relés en B1 y B2 serán simplemente relés de sobrecorriente, pero los relés en B12, B21, B23 y B32 deben ser relés de sobrecorriente direccionales. Todos estos relés deben tener un retraso de tiempo para evitar un bucle excesivo.

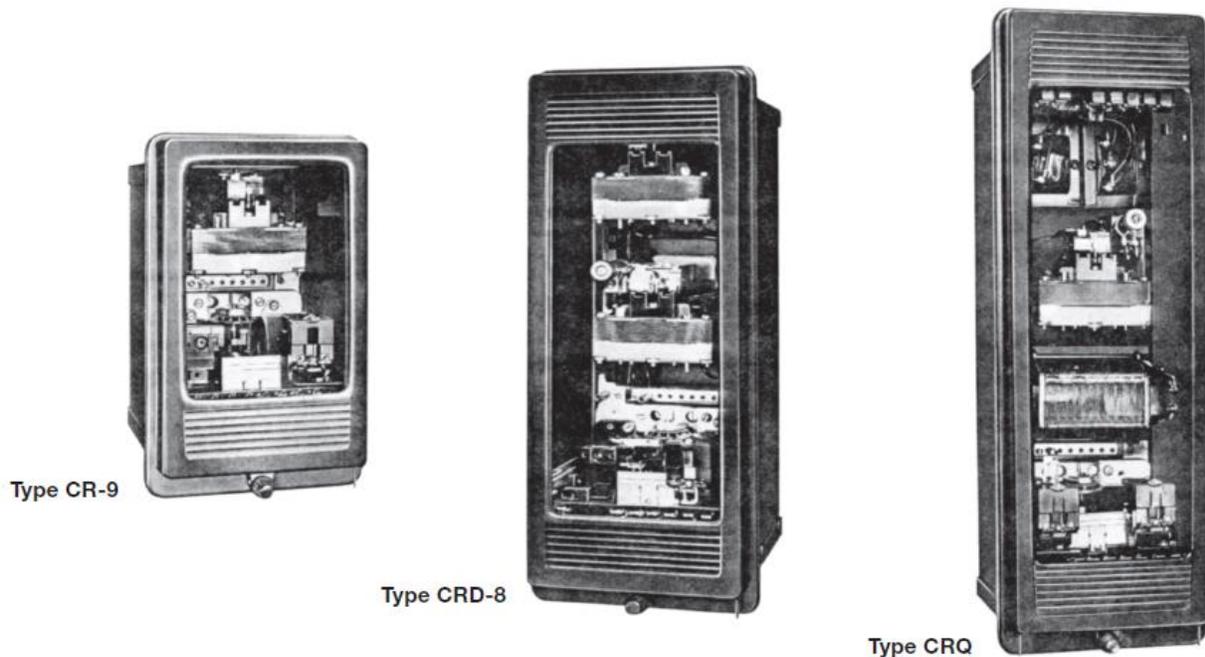
Configuración de hora:

culpa en	Relé OC direccional Funciona antes que cualquier otro relé en bucle
P1	B21 antes de B23
P2	B23 antes de B21
Autobús 1	B1 y B21
Autobús 2	B12 y B32
Autobús 3	B3 y B23

## Relés en uso (mercado de protección)

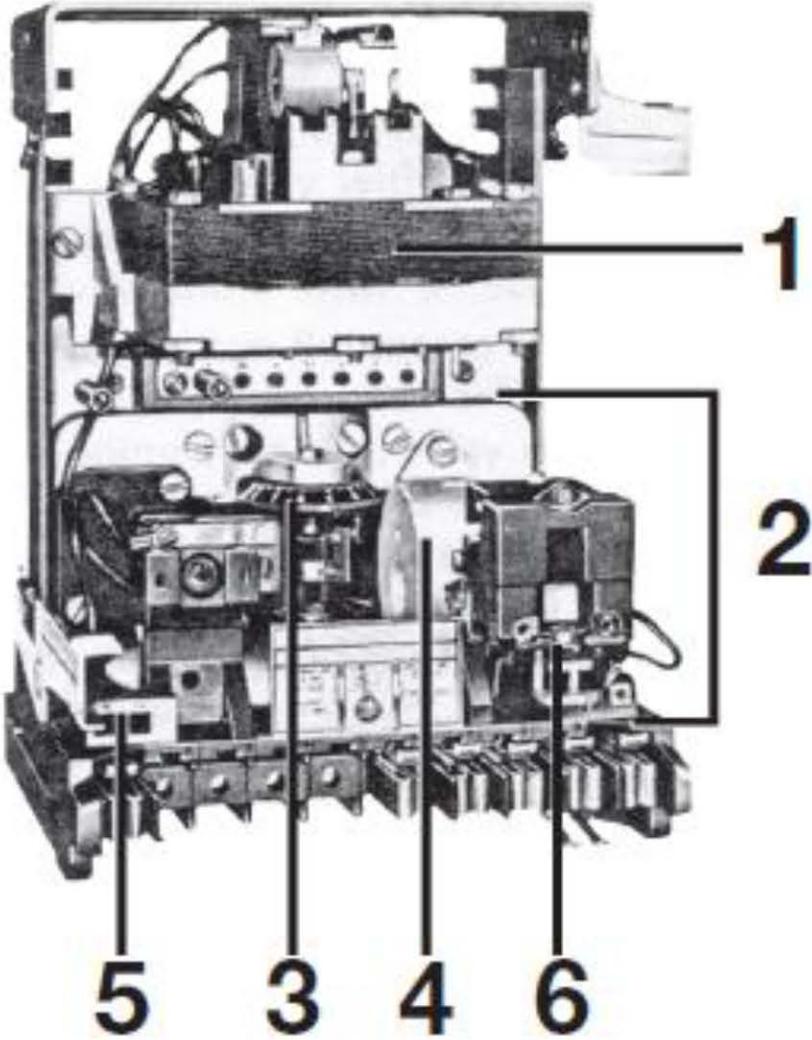
Estamos tomando un ejemplo de uno de los relés de sobrecorriente direccional fabricados por ABB para protección de alimentadores, cito algunos detalles de su manual de instrucciones.

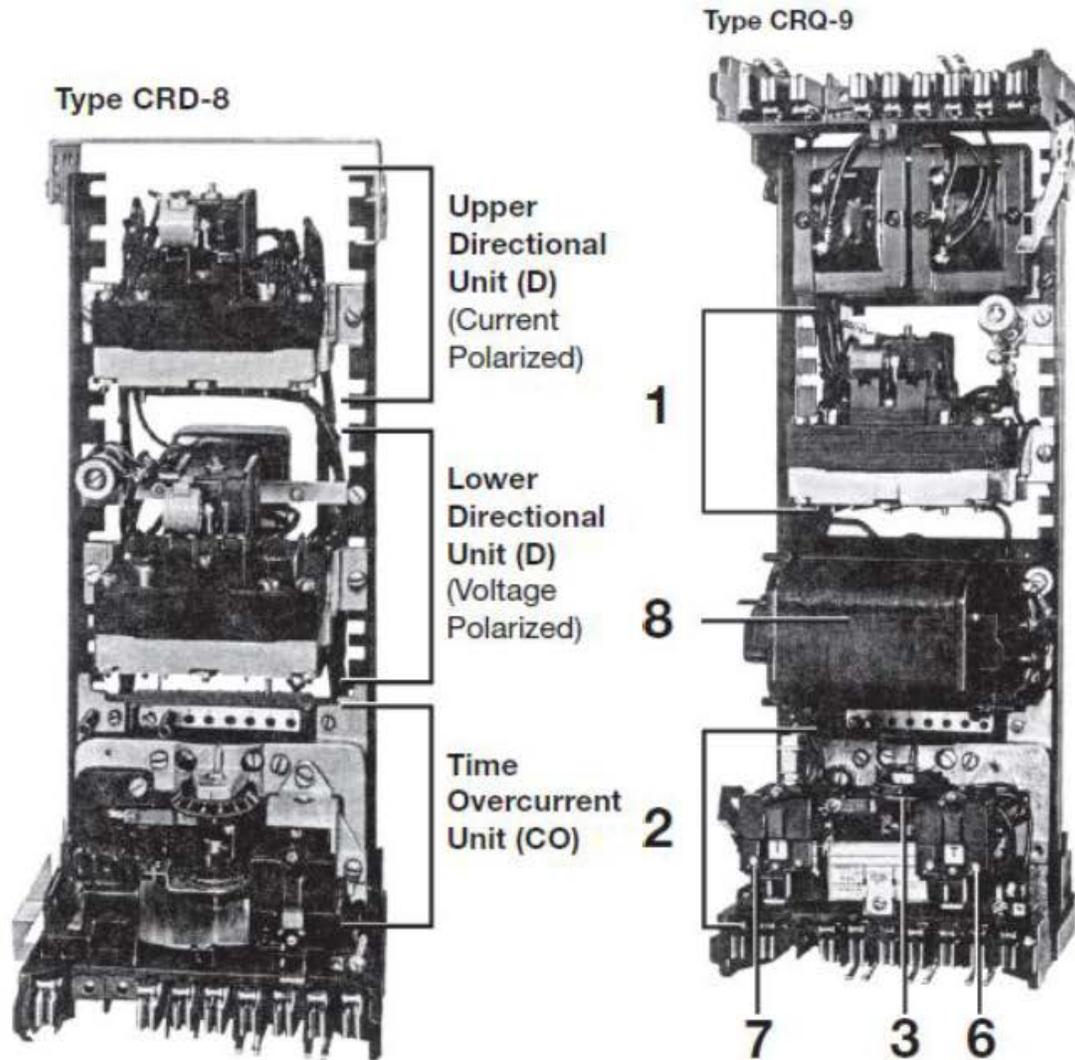
Estoy citando el relé direccional de sobrecorriente de ABB para la detección de fallas de fase y tierra en la línea de transmisión.



Los relés ABB de tipo CR, CP, CRC y CRD se utilizan para aislar el área defectuosa cuando la corriente en la dirección dada se excede del valor predeterminado (PMS), y el tipo CRQ se usa para el seguimiento de fallas a tierra. La unidad direccional opera con corriente de secuencia negativa y la sobrecorriente opera con corriente residual en tierra.

Type CR-9





**1 Directional Unit (D)**

Induction cylinder type unit. Operates on the interaction between the polarizing circuit flux and the operating circuit flux. At 20 amperes operating current with 120 volts, 60 hertz applied, the operate time of this unit is approximately 10 milliseconds.

**2 Overcurrent Unit (CO)**

The electromagnets for these relays have a main tapped coil located on the center leg of an "E" type laminated structure that produces a flux which divides and returns through the outer legs. A shading coil causes the flux through the left leg to lag the main pole flux. The out-of-phase fluxes produced in the air gap cause a contact closing torque.

**3 Time Dial**

Indicates initial position of the moving contact over a 270° range. It is indexed from position 1/2 (minimum time) to position 11 (maximum time).

**4 Damping Magnet**

**5 Induction Disc**

**6 Indicating Contactor Switch (ICS)**

Dc operated. A target drops to indicate a tripping operation. Taps on the front of the unit provide connection for either 0.2 (left) or 2.0 (right) amperes dc pickup operation. When using a 125 or 250 volt dc auxiliary WL switch, the 0.2 ampere tap is used. The 2.0 ampere tap is used on 24 or 48 volt dc circuits.

**7 Indicating Instantaneous Trip**

Ac operated and adjustable over a range of 1 to 4 times minimum pickup.

**8 Negative Sequence Filter**

The current and voltage filters consist of reactors and resistors connected together as shown in the figures 13 & 14.

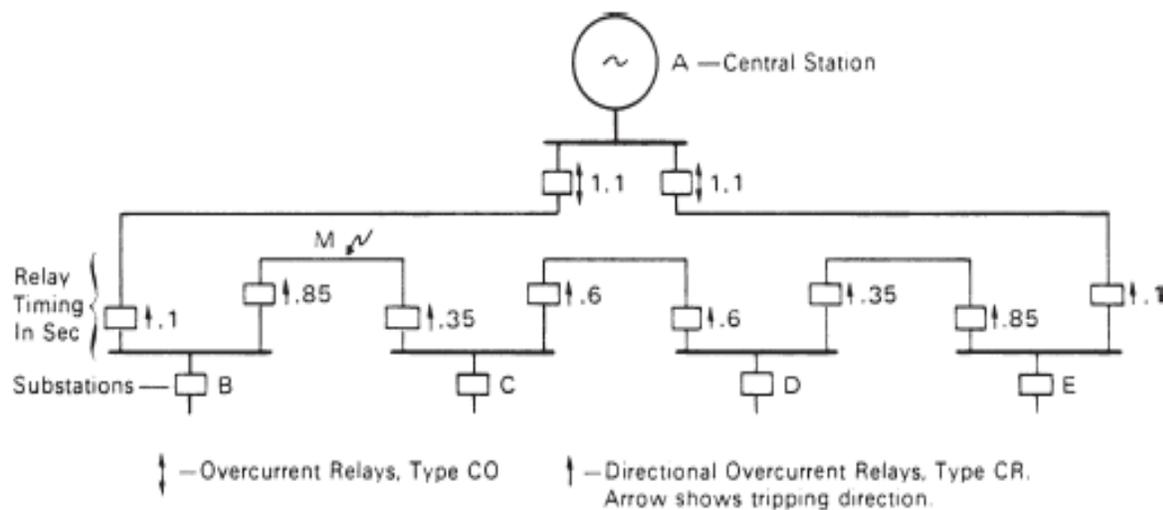
Cuando la generación es fija y la corriente de falla es grande o pequeña debido a la línea y la ubicación, se utilizan las características de tiempo inverso en el relé, pero con la generación fluctuada se utilizan las características del relé de tiempo definido.

En este relé se dan básicamente tres configuraciones de tap.

Inferior comienza de 0.5 a 2.5 amperios (fallas a tierra)

Medio (2-6A) y alto (4-12A) es para un valor alto de corriente de falla.

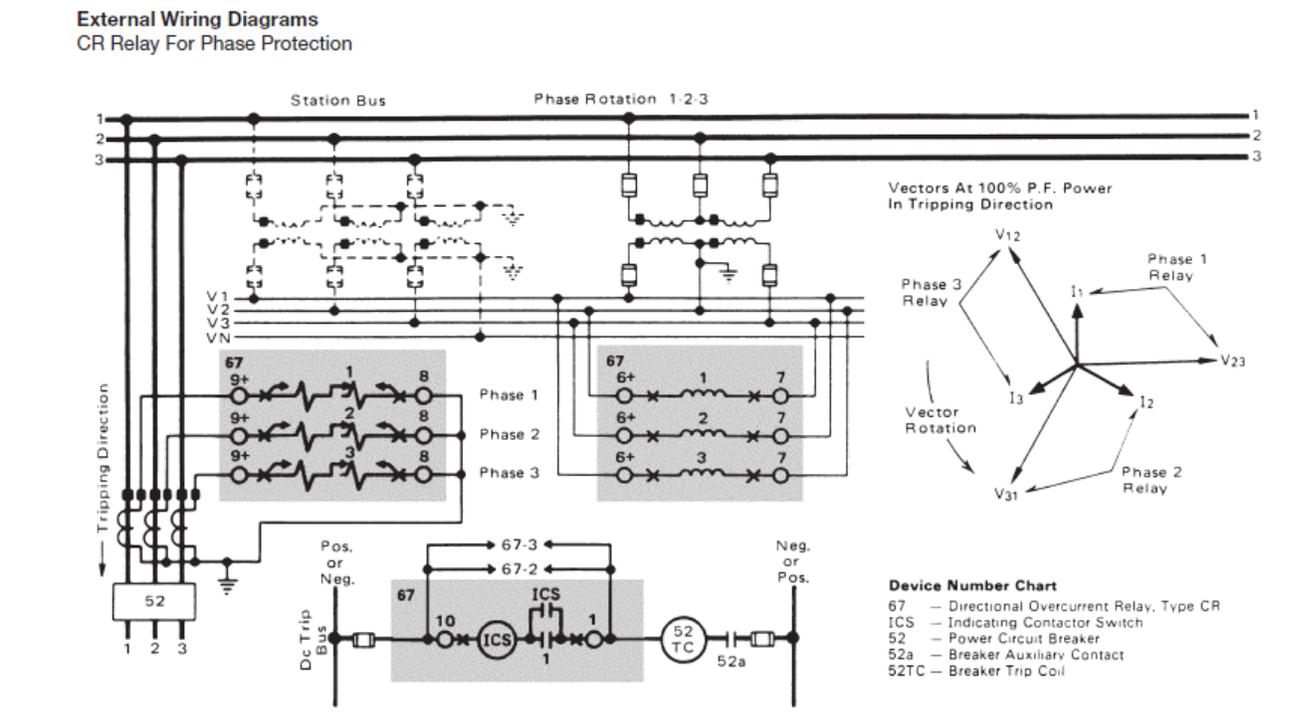
### **Ejemplo:**



En él, cuando ocurre una falla en M, el relé con 0.35 segundos operará antes que el relé TMS 0.85 y aislará la sección defectuosa del circuito.

Si ocurre una falla en la subestación C, el relé con TMS de 0.35 disparó el disyuntor antes del relé 0.6 TMS

**Diagrama de cableado externo:**



El 67 es una unidad de relé direccional conectada con PT (estrella con tierra) conectado en paralelo y conectado en serie con CT (estrella con tierra)

CR For Ground Fault Protection

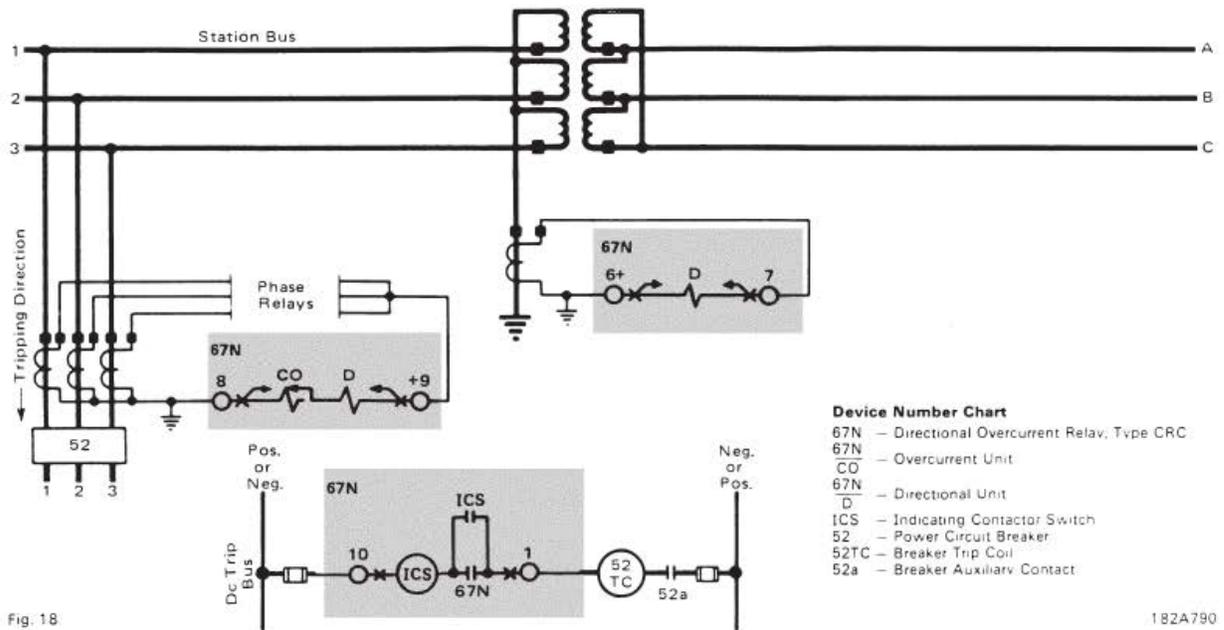


Fig. 18

182A790

CR For Ground Fault Protection

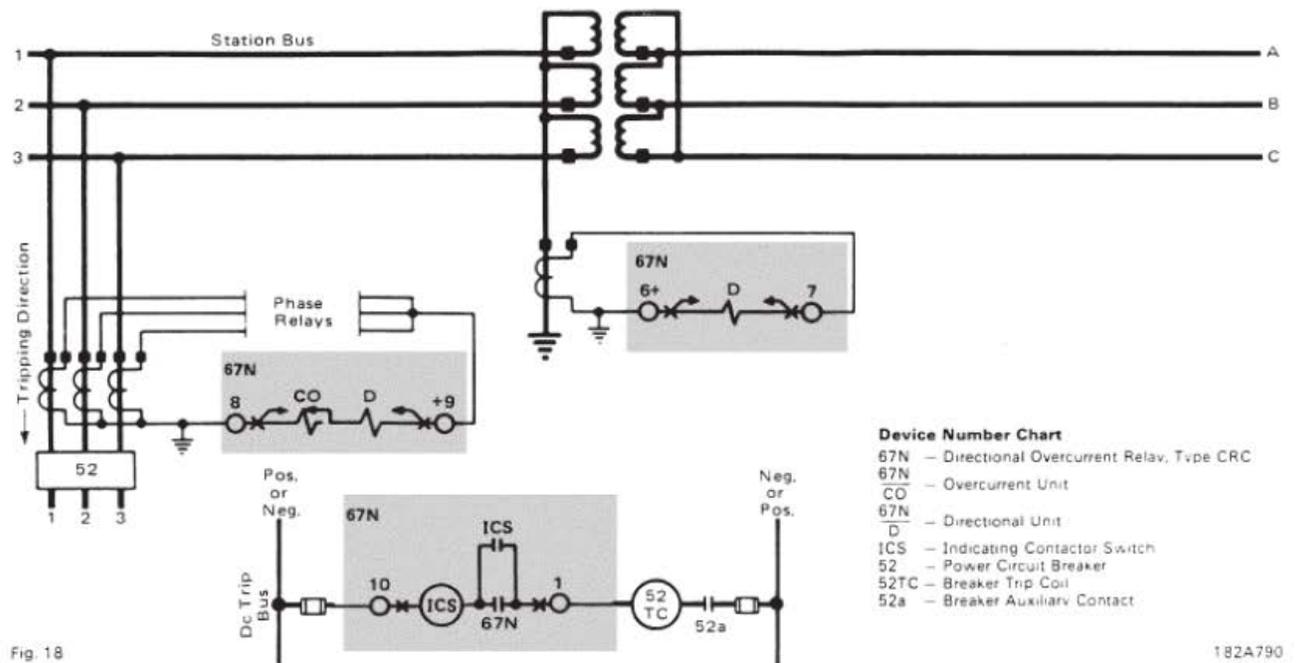


Fig. 18

182A790

CRD For Ground Fault Detection

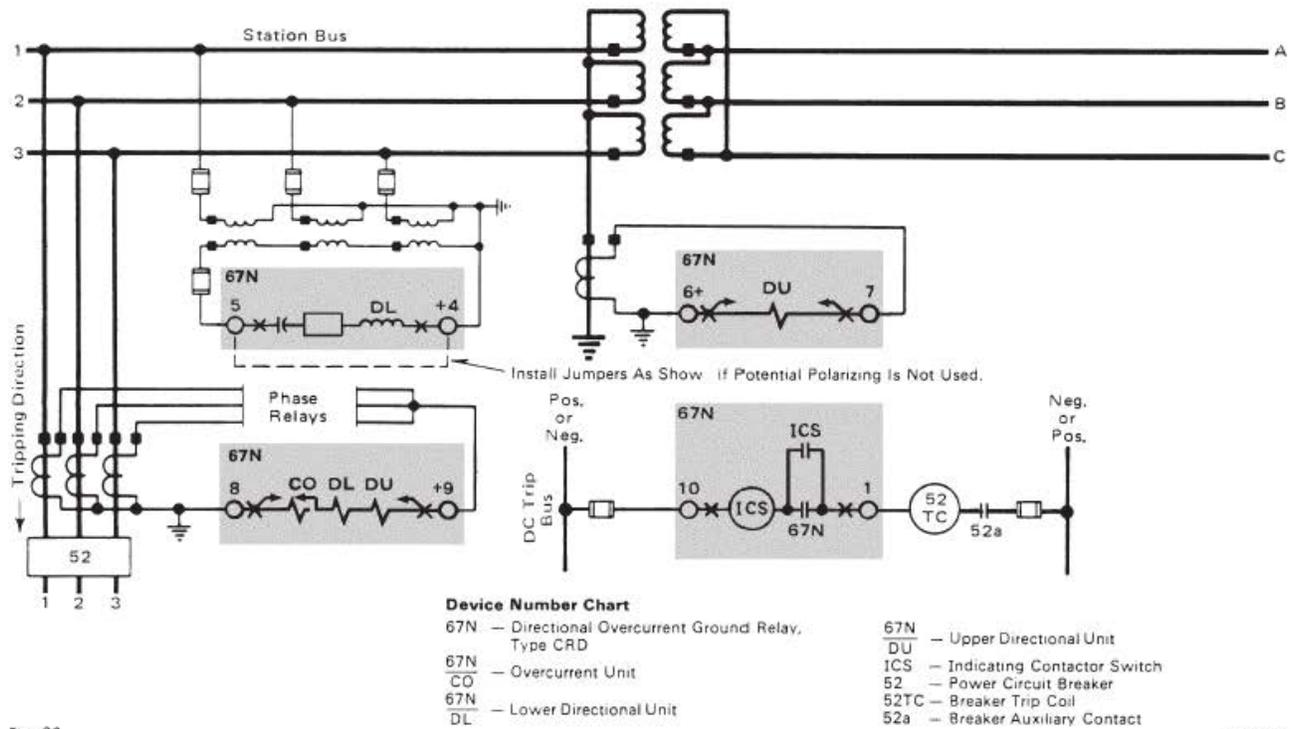
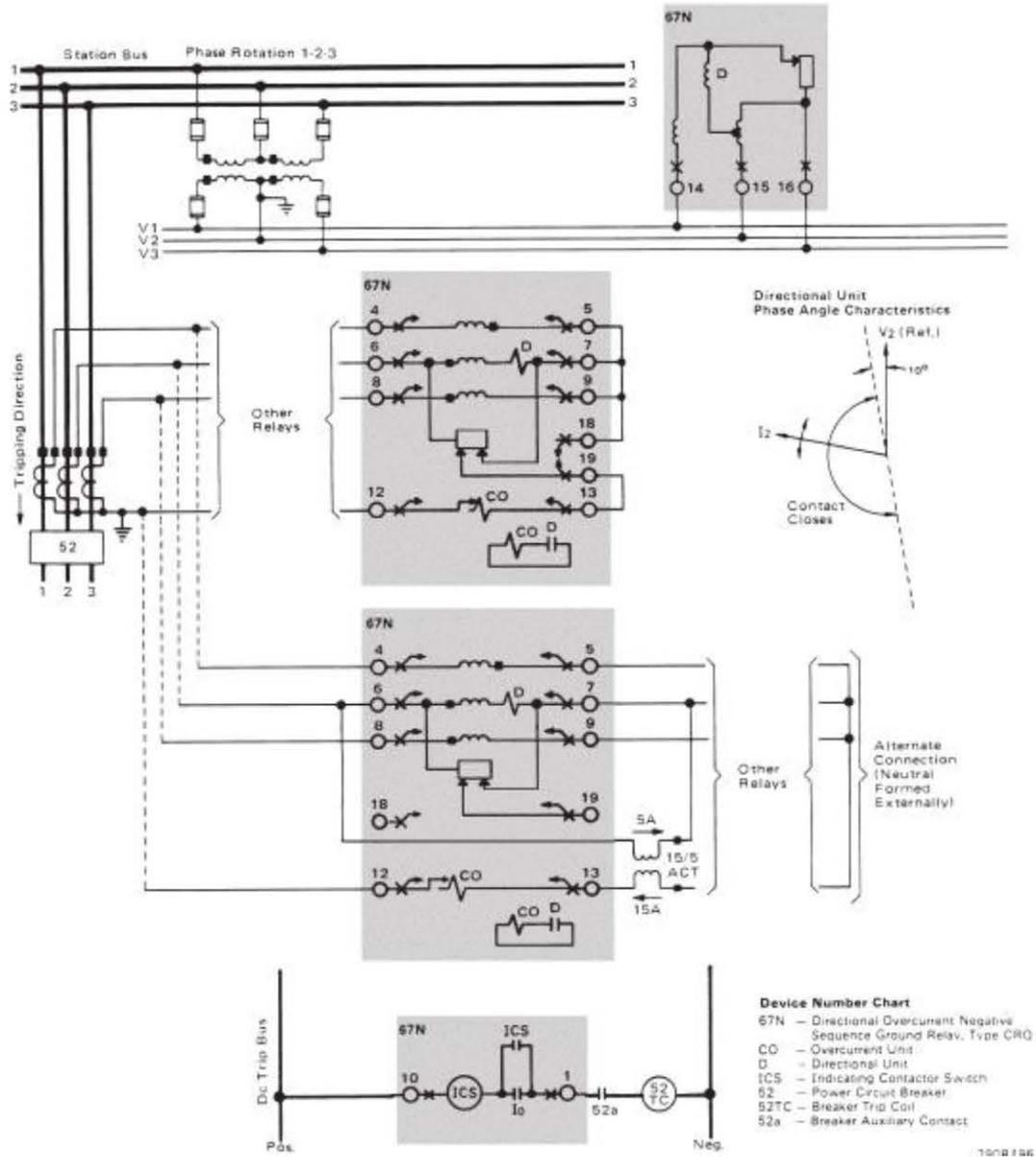


Fig. 20

182A791

# CRQ For Ground Fault Detection



### 5.3.5 Un caso de estudio (Relé de protección-Configuración OC)

Necesitamos establecer valores de toma de sobrecorriente (no direccional) y falla a tierra para el transformador de 500KVA (Dyn11) con % Z = 4.75, alimentador de transformador auxiliar de 11 / 0.433 KV.

$$h = 10,52632$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,5 * \frac{1000}{1,732 * 11} \\
 h &= \frac{1000}{1,732 * 11} \\
 &= 10,52632 * \frac{1000}{1,732 * 11} \\
 &= 0,5 * \frac{1000}{1,732 * 0,433}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h &= \\
 &= 10,52632 * \frac{1000}{1,732 * 0,433} \\
 &= .
 \end{aligned}$$

Relaciones de CT:

Podemos tomar TC con una relación mínima de 50/1. El factor de límite de precisión varía como mínimo de 10

Tomé 200/1 CT con clase 5P20

#### Ajuste del relé de sobrecorriente de tiempo (51);

Seleccionamos el 120% de la corriente de cortocircuito primario como nuestro valor de activación.

$$\begin{aligned}
 &= 26,24 \\
 h &= 120\% \quad 26,24 \\
 h &= 31,488
 \end{aligned}$$

La relación CT es 200/1, la activación en el relé será

$$\begin{aligned}
 > = &= \frac{\cdot}{\cdot} = . \cong . \\
 &= 552,5 \\
 = &= \frac{552,5}{120\%} = \frac{552,5}{31.488} = 17,5
 \end{aligned}$$

Si nuestro tiempo de calificación es 0,3 segundos, y nuestro tiempo de disparo esperado también es 0,3 segundos (lo que significa nuestro t = 0,6 segundos), nuestro

Las características de corriente de tiempo seleccionadas serán normales o estándar inversas de IEC, entonces,

$$= 0,14 * \frac{\quad}{0,02 - 1}$$

$$0,6 = 0,14 * \frac{\quad}{17,50,02 - 1}$$

$$= .$$

### Ajuste instantáneo del relé de sobrecorriente (50);

Seleccionaremos 130% de  $h$  como nuestra corriente instantánea.

$$= 130\% \quad = 130\% \quad 552,5$$

$$\gg = 718.25$$

Según la relación CT 200/1, el relé se disparará instantáneamente cuando  $\gg$ ,

$$\gg = \frac{\cdot}{\quad} = . \quad \cong$$

Naturaleza de disparo de  $\gg$  es el tiempo mínimo definido (t $\cong$  0 segundos)

### Configuración del relé de falla a tierra (51N):

$$h = 40\% \quad = 40\% \quad 26,24$$

$$= 10,496$$

En 200/1,

$$I_{a200/1} = \frac{I_{a200/1}}{I_{a200/1}}$$

$$= \frac{I_{a200/1}}{40\%}$$

$$= \frac{552,5}{40\% \cdot 26,24} = 52,639$$

$$= * \frac{0,14}{0,02 - 1}$$

$$0,6 = * \frac{52,639 \cdot 0,14}{0,02 - 1}$$

$$= 0.35355$$

El ajuste instantáneo de la falla a tierra será 5 veces mayor que el PSM

$$\gg = 5 * 52,639$$

$$\gg = 263.1955$$

La relación CT es 200/1,

$$\gg = \frac{I_{a200/1}}{I_{a200/1}}$$

Naturaleza de disparo de  $\gg$  es el tiempo mínimo definido

### 5.3.5 Estudio de caso n. ° 2:

Tenemos sistema de energía 132 / 13.8KV, Transformador DYn11 de 67 MVA, Z% es 29.48.

$$\begin{aligned} &= 67 * \frac{1000}{1,732 * 132} \\ &= 67 * \frac{1000}{1,732 * 132} \\ &= \\ &= 67 * \frac{1000}{1,732 * 29,48\% * 132} \\ &= \\ &= 67 * \frac{1000}{1,732 * 13,8} \\ &= 2803,16 \\ &= 67 * 1000 / (1,732 * 29,48\% * 13,8) \\ &= . \end{aligned}$$

La relación de CT para el primario es 400/1 y el secundario es 4000/1, para trabajar en el esquema de protección contra sobrecorriente del alimentador de 13.8KV. A continuación, mencionamos el cálculo.

$$\begin{aligned}
 & 2803.16 & \frac{4000}{1} \\
 & = 130\% \cdot 2803.16 \\
 & = 3644.108 \\
 & = \frac{130\% \cdot 9508.683}{3644.108} \\
 & = .
 \end{aligned}$$

Si TCC es **SI**, y nuestro disparo deseado es  $t = 0.3$  segundos después de incorporar todos los márgenes de calificación y otros valores, entonces

$$\begin{aligned}
 & = 0,14 * \frac{0,02 - 1}{2.60,02 - 1} \\
 & = 0,3 * \frac{0,14}{0,14} \\
 & = .
 \end{aligned}$$

Nuestro entorno es,

$$\begin{aligned}
 & = \\
 & = . \\
 & = . \\
 & = .
 \end{aligned}$$

### 5.3.6 Estudio de caso n. ° 3:

Necesitamos hacer la configuración de protección del relé a partir de los datos siguientes.

#### System Details :

System Voltage	110	kV
Frequency	60	Hz
Max. Load current	341.16	A
CT Primary Current	500	A
CT Sec. Current	1	A
CT Ratio	500	

#### Power Transformer Details :

H.V winding voltage	110	kV
L.V winding voltage	13.8	kV
Rating	65	MVA

#### Protection relay details :

Relay Type	REQ650	
Relay Ordering inf.		
Current input	1	A
DC supply	125	V DC
Frequency	60	Hz
Protocol option	IEC-61850	

$$\begin{aligned} & \% = 20,33\% \\ = & = \frac{* 1000}{1.732 * } \\ = & 65 * \frac{1000}{1.732 * 110} \end{aligned}$$

= .  
 En secundaria de 500/1 CT será;

$$= \frac{341.1715}{\frac{500}{1}}$$

= .

$$= = \frac{* 1000}{1,732 * \% *}$$

$$= 65 * \frac{1000}{1,732 * 20,33\% * 110}$$

= .

En secundaria de 500/1 CT será;

$$= \frac{1678.168}{\frac{500}{1}}$$

= .

Activación del relé si seleccionamos 1, y nuestro tiempo de disparo deseado para este relé es 1.60, entonces necesitamos encontrar TMS para esta configuración, nuestro TCC es SI.

$$= \frac{100\%}{\frac{1678.168}{341.175}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4.918789 \\
 &= \frac{0,14 *}{0,02 - 1} \\
 = & \frac{1,60 * (4,918789^{0,02} - 1)}{0,14} \\
 &= 0,37
 \end{aligned}$$

Entonces nuestro escenario será,

$$\begin{aligned}
 &= \\
 &= . \quad = . \\
 &= .
 \end{aligned}$$

Ahora supongamos que dije que el factor de sobrecarga es 1,46, por lo que nuestro

$$\begin{aligned}
 &= 1,46 \quad 0,68 \\
 &= . \\
 = & \frac{1678.168}{(1,46 \quad 341,175)} \\
 &= .
 \end{aligned}$$

Nuestro tiempo de disparo deseado es 1,60 segundos, y como hay un factor de sobrecarga y ya analizamos las características de corriente de tiempo inverso extremo, que es mejor para la carga con un factor de sobrecarga.

$$= \frac{80}{2 - 1}$$

$$1,60 = \frac{80}{3.3692 - 1}$$

$$= .$$

Entonces nuestro escenario será,

$$=$$

$$= . \quad = .$$

$$= .$$

## 5.4 Prueba de relés de protección:

- Prueba de recogida
- Prueba de entrega
- Prueba de recogida / devolución
- Prueba de tiempo

### 5.4.1 Prueba de recogida:

**Objetivo:** Para comprobar la salubridad y la configuración actual (configuración de recogida / multiplicadores de configuración de enchufe) de los relés.

$$= \text{-----} > 1$$

### Diagrama de circuito:

Es así, cuando está conectado para probar bloque, pero cuando está en el modo de prueba significa que la cubierta del bloque de prueba se retira y se inserta el enchufe, entonces el asociado normalmente

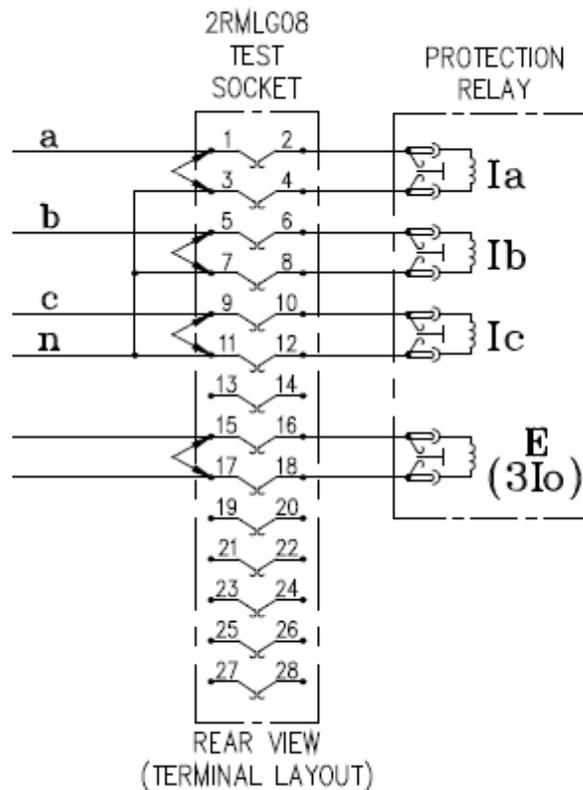
Los contactos cerrados del bloque de prueba estarán en posición de rotura / apertura.

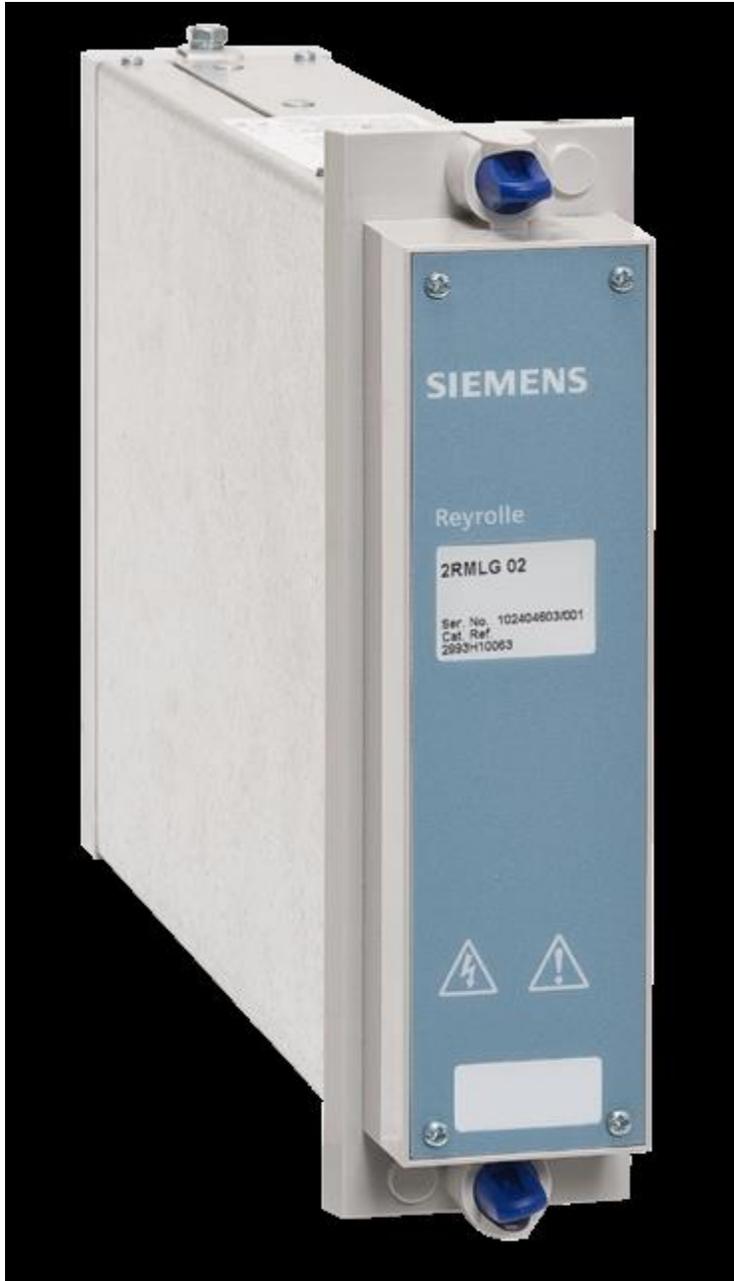
En este diagrama

conectamos nuestro relé con

bloque de prueba de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16 y 18 salidas de bloque de prueba, pero generalmente relé conectado a través de 22, 24, 26 y 28 en estilo de conexión en estrella.

Por lo general, los bloques de prueba están en el mercado con cubiertas,





cuando quitamos cubierta, los contactos normalmente cerrados del bloque se romperán, e insertamos nuestro enchufe de prueba donde queremos inyectar corriente, debemos recordar que nunca inyectar corriente o quitar la cubierta de prueba mientras el sistema está vivo, porque CT estará en circuito abierto por poco tiempo duración, y que

La duración de la apertura del contacto CT puede ser suficiente para causar daños al equipo o al operador (Persona en el trabajo).

Diagrama 1 (conexión con probador de relés monofásico)

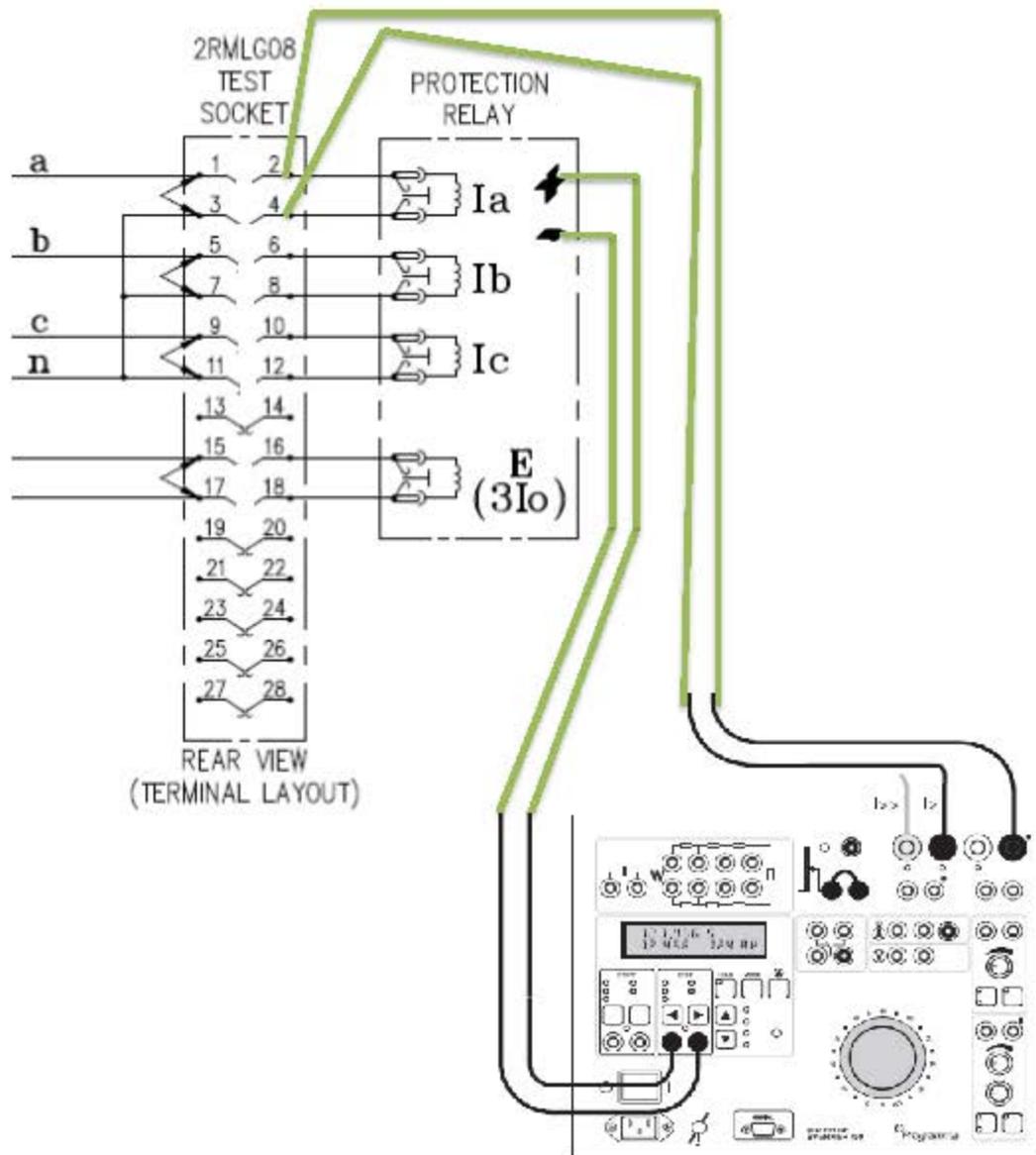
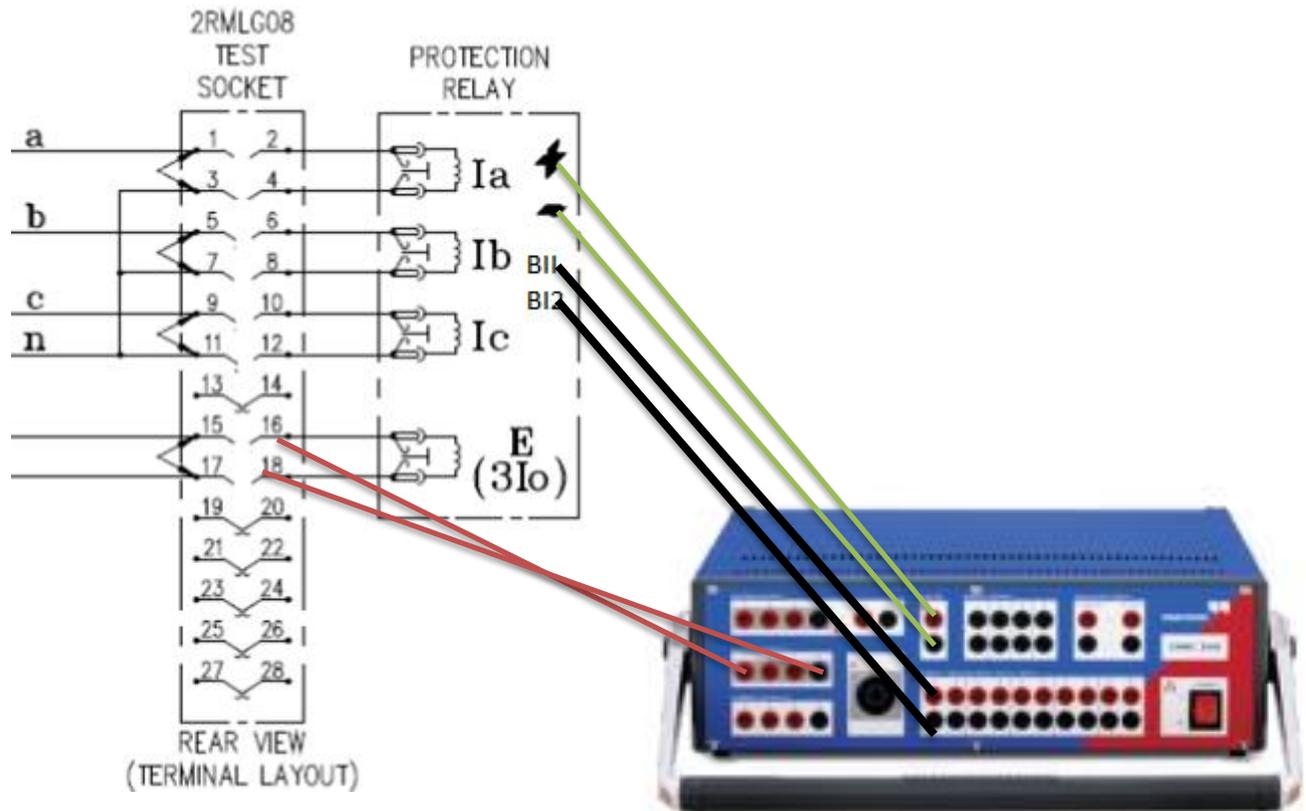


Diagrama 2 (Conexión con kit de prueba de relé trifásico)

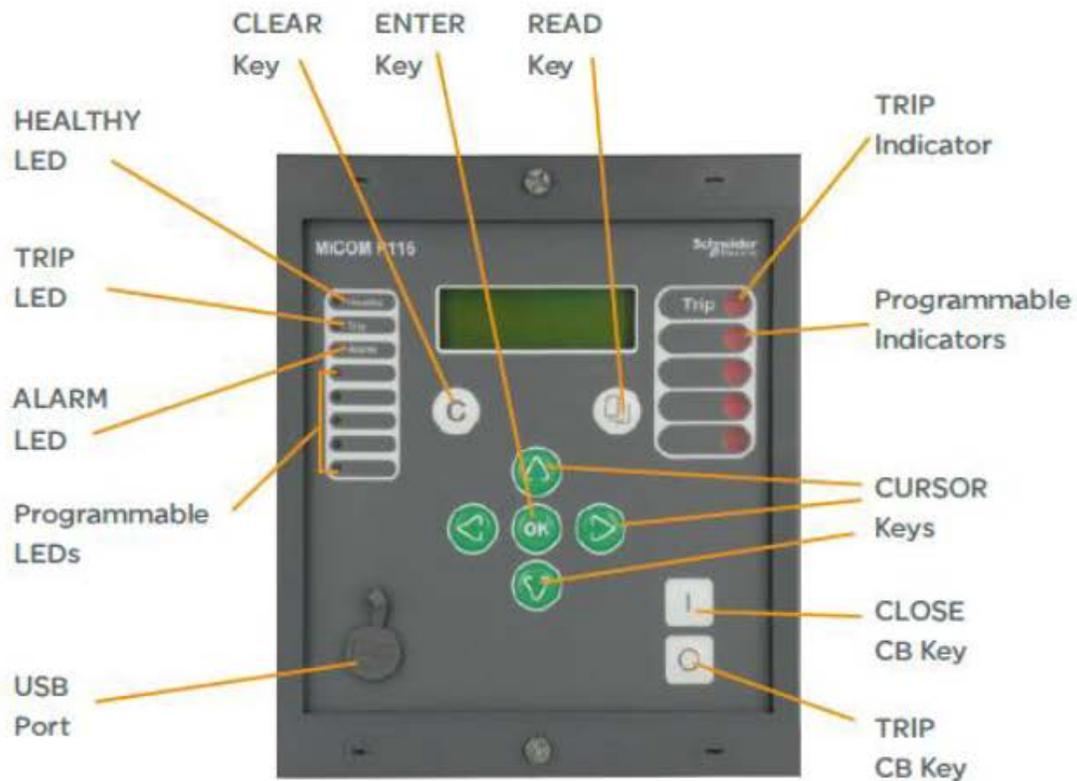


Aquí vemos dos conexiones de entrada binaria, la entrada binaria en cualquier relé detecta la señal del equipo asociado con relés, es decir, disyuntores, auxiliares, etc.

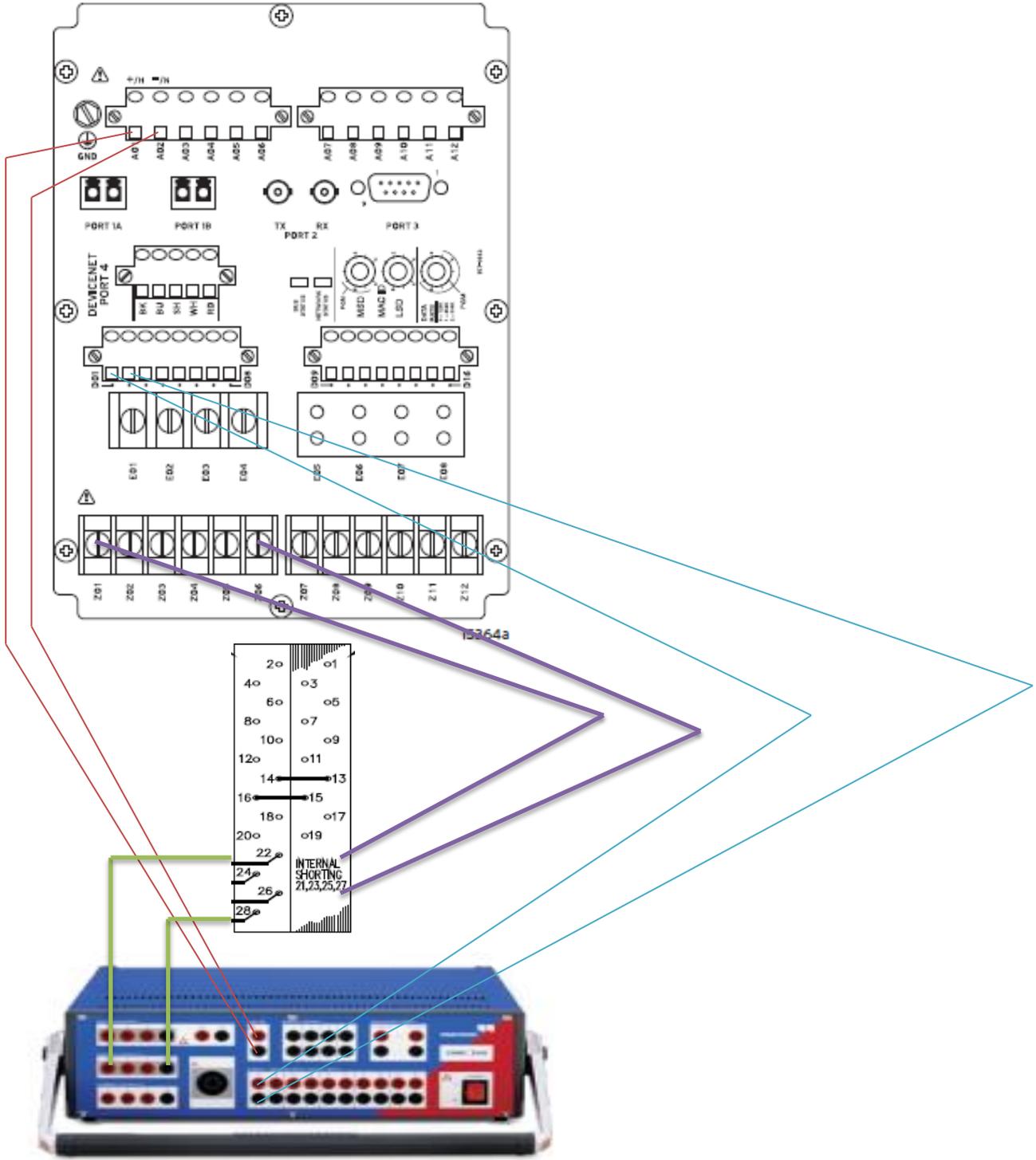
#### 5.4.1.1 Método de prueba:

- 1<sup>st</sup> aislar el relé necesita ser probado
- Apague ese disyuntor, en el que está montado el relé de prueba

- Fuera del disyuntor en miniatura del panel para apagar el suministro de relé (opcional), dije que era opcional porque a veces los ingenieros energizan los relés del suministro del panel.
  
- Siempre verifique si su panel está protegido contra arco o no, de lo contrario, asegúrese de que la distancia segura desde el panel de relés esté siempre en 45 ° con el panel, y permanezca al menos de 3 a 4 pies radialmente alejado del panel durante la inyección de corriente
- Ahora haga la conexión según el esquema del circuito a continuación, debe tener el esquema del circuito del relé con usted para identificar los contactos de fase y los contactos de suministro de CC
- Después de la posición de 0 amperios en el relé, puede verificarlo con un medidor de pinza si el relé no está energizado (el relé electromecánico tiene esta opción solo para evaluar el estado de 0 amperios), o puede verificarlo a través del panel frontal si el relé está energizado a través de CA / CC suministro de panel.
  
- Retire la cubierta del bloque de prueba, se proporcionan enchufes de prueba pero puede insertar los cables de prueba directamente en los contactos hembra del bloque de prueba
  
- Nuestro objetivo de esta prueba es verificar el estado del relé, en muchos relés se colocan LED de activación o LED de estado en los paneles frontales, en ocasiones se utilizan los mismos LED de disparo para la indicación de señal de activación y desactivación.



- Conecte el equipo de prueba según el diagrama de circuito



- Ahora, supongamos que es el mismo relé instalado en el lado de 11KV del Transformador 1, que debemos probar, como puede ver, la configuración de activación del relé de sobrecorriente del Transformador 1-11kv es 1.1818A, por lo que necesitamos inyectar corriente hasta 1.1818A o hasta el nivel donde se activa el relé.

Sección	Clasificación (MVA)	Pequeño circuito MVA	Voltaje nivel (KV)	Carga completa corriente (Ir )	Pequeño Circuito Actual	Elegir hasta	Instante aneou S Configuración (8 * Imagen k arriba)	tierra Culpa Elegir hasta	Instante aneou s tierra Culpa Recoger
Poder Red	20	117.647 0588	33	349.9195	2058.350 044 109	1,15 2	35 185 39823	1.017 69911 5	8.1415 9292
Transformar mer 1-33KV	10	142.857 1429	33	174.9597	2499.425 181 132	1,18 8	45 593 45455	1.045 45454 5	8.3636 36364
Transformar mer 1-11KV	10	142.857 1429	11	524.8792	7498.275 181 397	1,18 8	45 778 45455	1.045 45454 5	8.3636 36364
Transformar mer 2-11KV	1	17.3913 0435	11	52.48792	912.8335 181 265	1,18 8	45 778 45455	1.045 45454 5	8.3636 36364

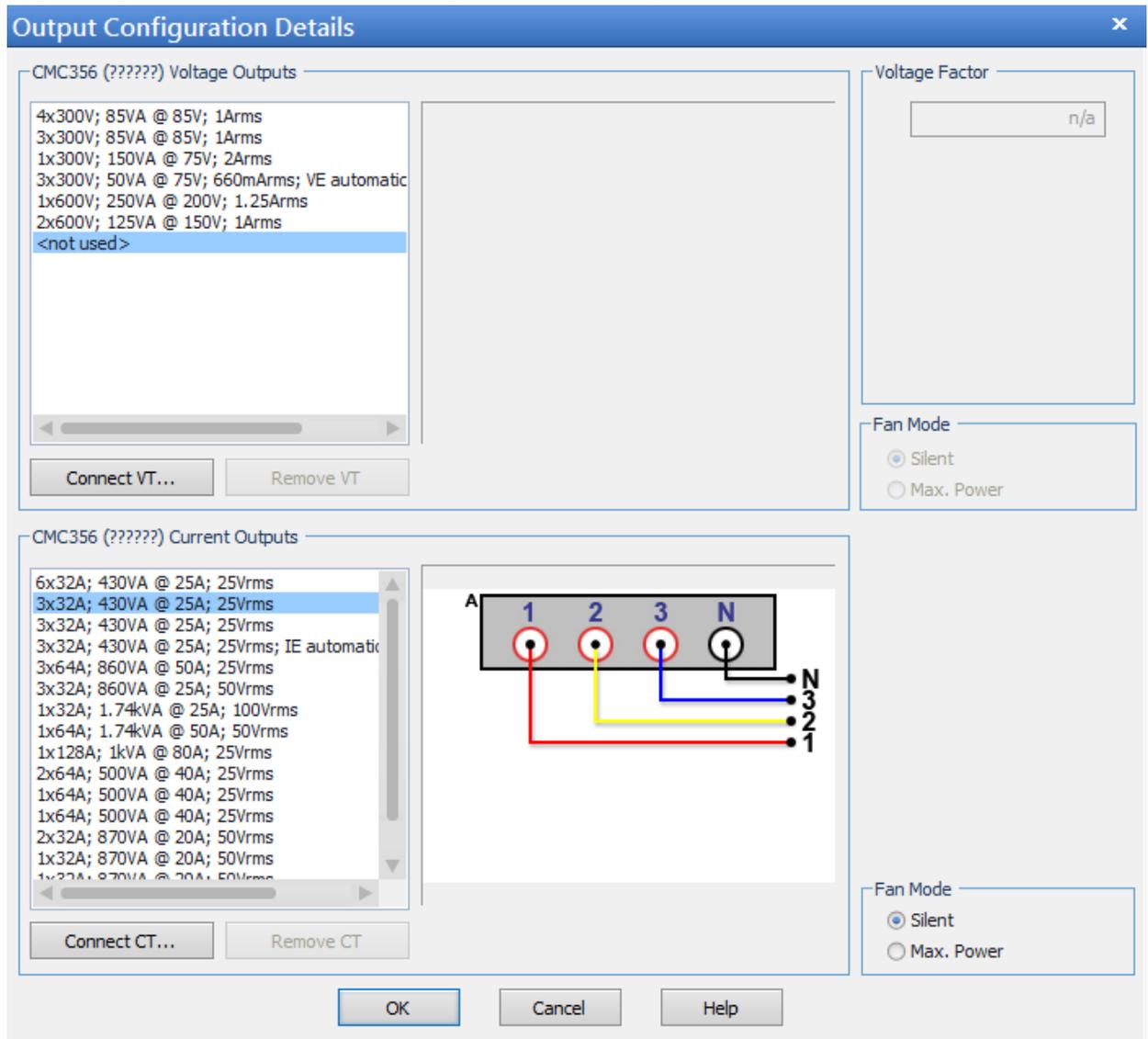
- Abra el software Test Set, 1<sup>st</sup> poner la configuración del dispositivo en él

The screenshot shows the 'Device Settings' dialog box with the following sections and fields:

- Device Settings** (Title bar)
- Device** (Section header)
  - Name/description:
  - Manufacturer:
  - Device type:
  - Device address:
  - Serial/model number:
  - Additional information 1:
  - Additional information 2:
- Nominal Values** (Section header)
  - Number of phases:  2  3
  - f nom:
  - V nom (secondary):
  - V primary:
  - I nom (secondary):
  - I primary:
- Substation** (Section header)
  - Name:
  - Address:
- Residual Voltage/Current Factors** (Section header)
  - VLN/ VN:
  - IN / I nom:
- Bay** (Section header)
  - Name:
  - Address:
- Limits** (Section header)
  - V max:
  - I max:
- Overload Detection Sensitivity** (Section header)
  - High  Custom
  - Low  Off
- Debounce/Deglint Filters** (Section header)
  - Debounce time:
  - Deglint time:

Buttons: OK, Cancel, Help

- Luego haga una prueba de configuración de inyección



- Cada conjunto tiene configuraciones de kit separadas y para otros detalles del conjunto, consulte el manual del usuario, después de realizar todos estos procedimientos, inyecte la corriente
- Cuando la corriente aumenta a 1,1818 A, puede escuchar un sonido de vibración y el relé se activa al mostrar una indicación en los LED saludables o al mostrar el color amarillo en la indicación de Disparo.

- También puede ver los valores de corriente inyectados en el panel frontal del relé

No es necesario que su kit de prueba se opere a través de software, como sverker 750/760 en el que solo necesita hacer la conexión y ejecutar la prueba directamente, pero recuerde que el software hace que el trabajo sea fácil, seguro y más eficiente.

#### **5.4.2 Prueba de entrega:**

- Cuando la prueba se realiza correctamente, puede DE energizar el relé con la ayuda del kit de prueba, volveremos a poner el valor de corriente de inyección del kit de prueba a cero manualmente o mediante software, puede observar la luz amarilla del relé la indicación de viaje / recogida desaparecerá
- Verifique el estado de voltaje cero, después de lo cual puede devolverlo al ingeniero o trabajador autorizado

#### **5.4.3 Prueba de recogida / devolución:**

Es la combinación de Prueba de recogida y devolución, ejecutada al mismo tiempo, y se anotan los valores. Se utilizarán las mismas conexiones de prueba de recogida.

### 5.4.4 Prueba de tiempo:

La prueba más importante de cualquier relé de protección contra sobrecorriente es la prueba de sincronización, la prueba de sincronización significa que debe acceder a las características de corriente de tiempo del relé

Supongamos que tiene el mismo sistema que menciona en la prueba de recogida

Sección	Clasificación (MVA)	Pequeño circuito MVA	Voltaje nivel (KV)	Carga completa corriente (Ir)	Pequeño Circuito Actual	Elegir hasta	Instante aneou S Configuración (8 * Imagen k arriba)	tierra Culpa Elegir hasta	Instante aneou s tierra Culpa Recoger
Poder Red	20	117.647 0588	33	349.9195	2058.350 044 109	1,15 9.2035 185 2	39823	1.017 69911 5	8.1415 9292
Transformar mer 1-33KV	10	142.857 1429	33	174.9597	2499.425 181 132	1,18 9.4545 593 8	45455	1.045 45454 5	8.3636 36364
Transformar mer 1-11KV	10	142.857 1429	11	524.8792	7498.275 181 397	1,18 9.4545 778 8	45455	1.045 45454 5	8.3636 36364
Transformar mer 2-11KV	1	17.3913 0435	11	52.48792	912.8335 181 265	1,18 9.4545 778 8	45455	1.045 45454 5	8.3636 36364

En el lado del transformador 1-11KV, el relé de sobrecorriente tiene una captación de 1.1818A, y su TCC de este relé es estándar inverso

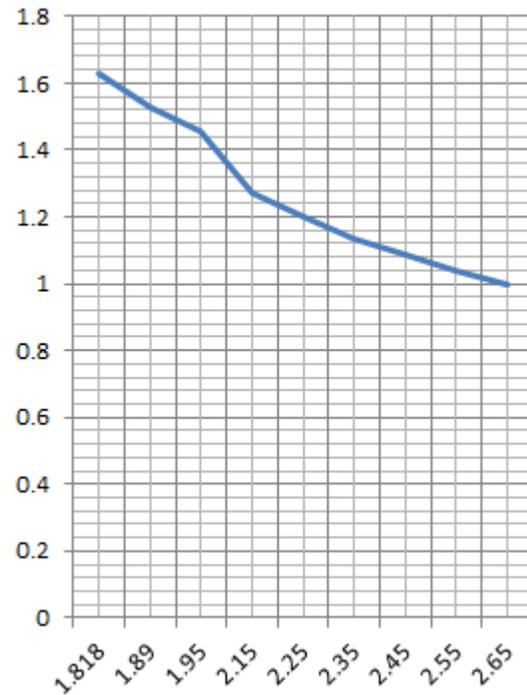
$$= \frac{0,14 *}{0,02 - 1}$$

Su TMS es de 0,14 segundos,

Cuando la corriente real > 1,1818, el tiempo de disparo se reduce

## Supongamos

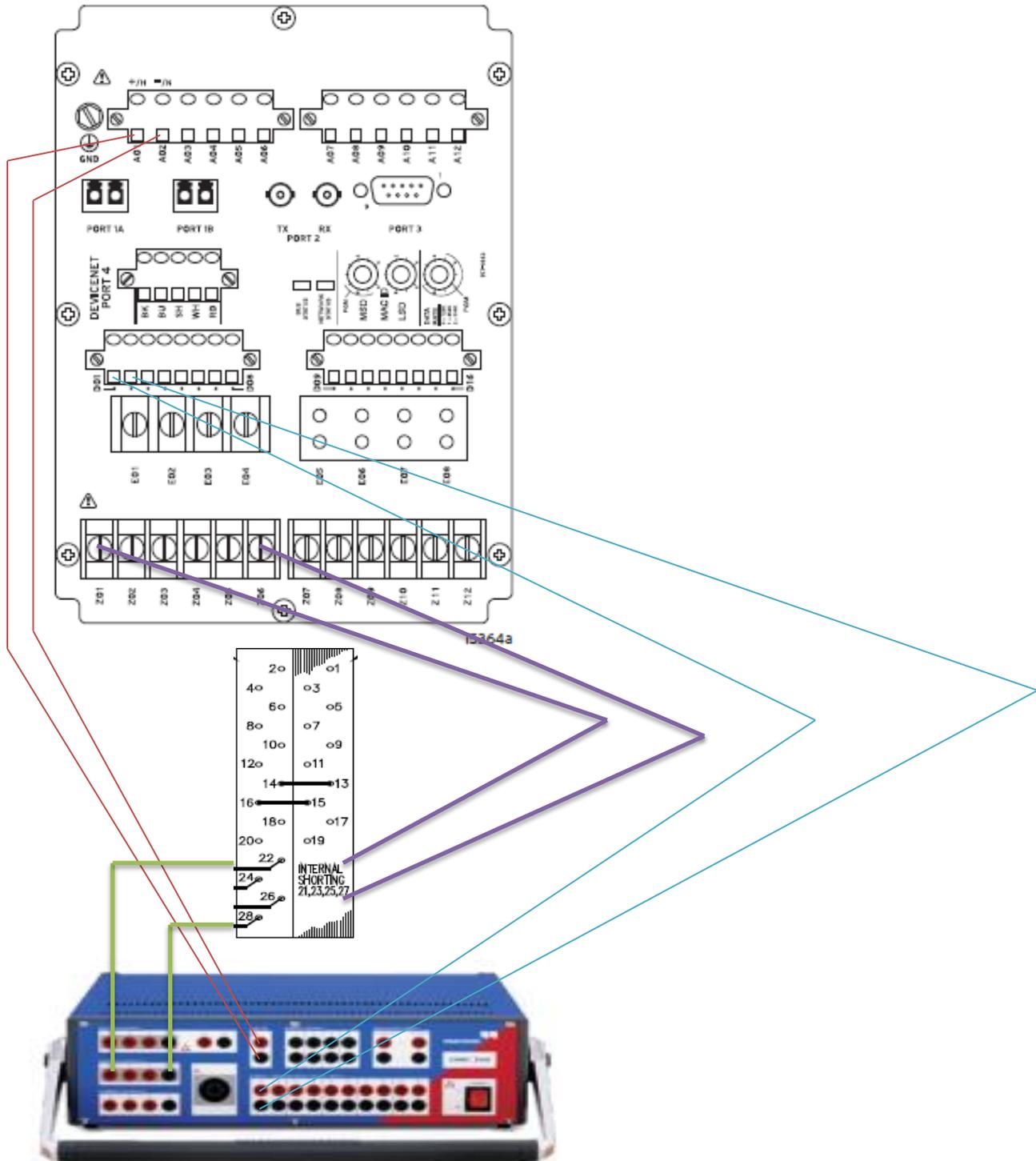
TMS	I	t
0,14	1.818	1.629737
0,14	1,89	1.529705
0,14	1,95	1.457663
0,14	2.15	1.270488
0,14	2,25	1.198715
0,14	2,35	1.137211
0,14	2,45	1.083872
0,14	2,55	1.037135
0,14	2,65	0,995814
0,14	2,75	0,958995
0,14	2,85	0,925957
0,14	2,95	0,896129



Como puede ver en un nivel más alto de reducción de la causa actual en la respuesta del tiempo de disparo , a partir de la prueba de sincronización, debemos obtener los resultados mencionados anteriormente, si colocamos el mismo PSM y TMS

## Diagrama de circuito:

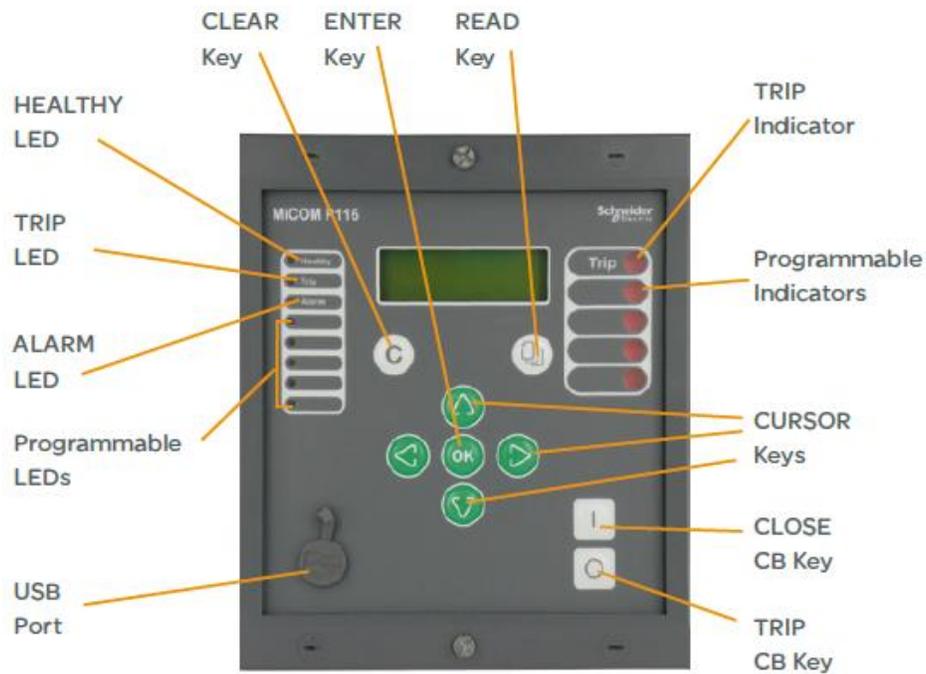
Es lo mismo que la prueba de recogida.



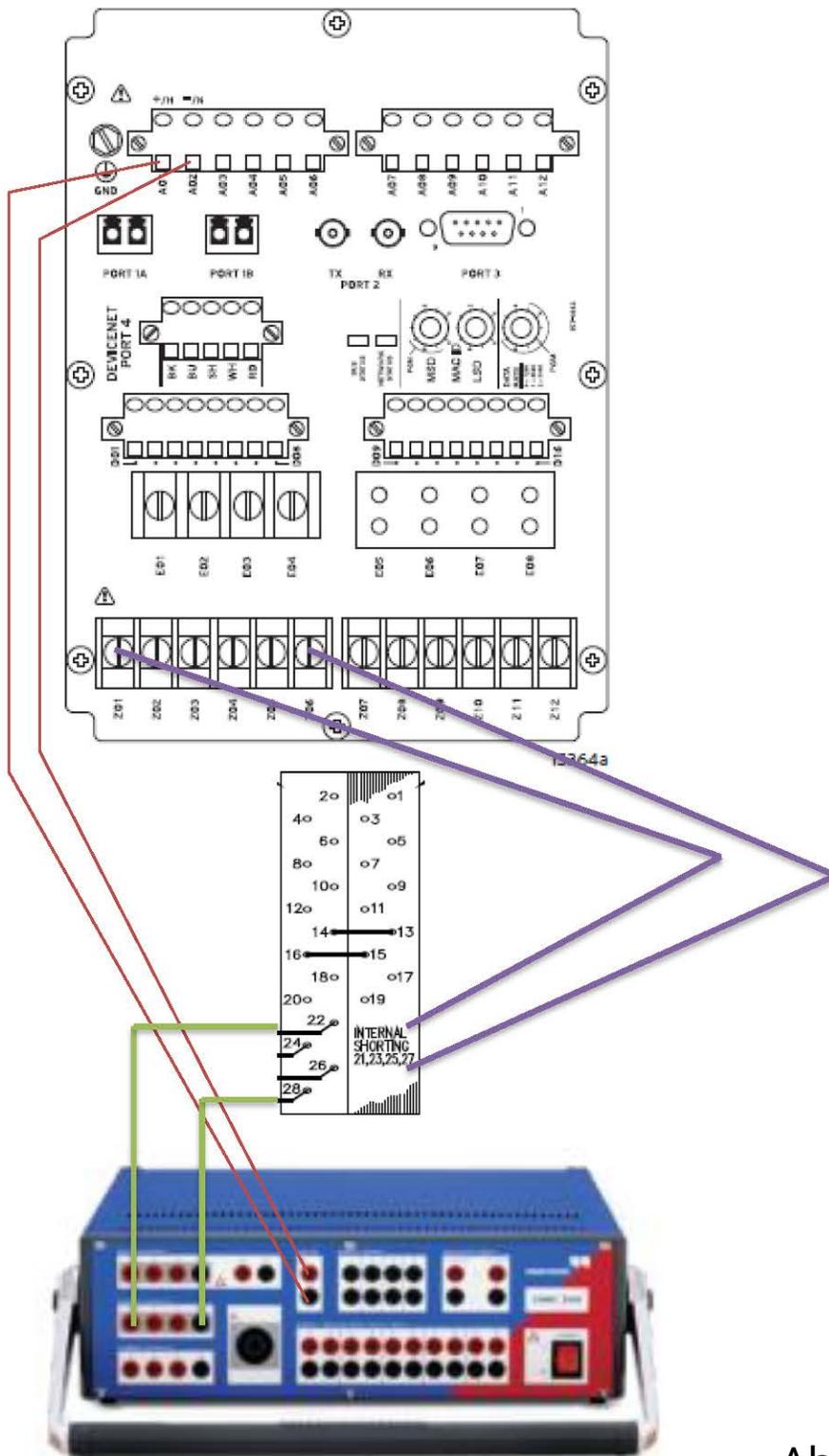
## Método:

- 1<sup>st</sup> aislar el relé necesita ser probado
- Apague ese disyuntor, en el que está montado el relé de prueba
- Fuera del disyuntor en miniatura del panel para apagar el suministro de relé (opcional), dije que era opcional porque a veces los ingenieros energizan los relés del suministro del panel.
  
- Siempre verifique si su panel está protegido contra arco o no, de lo contrario, asegúrese de que la distancia segura desde el panel de relés esté siempre en 45 ° con el panel, y permanezca al menos de 3 a 4 pies radialmente alejado del panel durante la inyección de corriente
- Ahora haga la conexión según el esquema del circuito a continuación, debe tener el esquema del circuito del relé con usted para identificar los contactos de fase y los contactos de suministro de CC
- Después de la posición de 0 amperios en el relé, puede verificarlo con un medidor de pinza si el relé no está energizado (el relé electromecánico tiene esta opción solo para evaluar el estado de 0 amperios), o puede verificarlo a través del panel frontal si el relé está energizado a través de CA / CC suministro de panel.
  
- Retire la cubierta del bloque de prueba, se proporcionan enchufes de prueba pero puede insertar los cables de prueba directamente en los contactos hembra del bloque de prueba

- Nuestro objetivo de esta prueba es verificar el estado del relé, en muchos relés se colocan LED de activación o LED de estado en los paneles frontales, en ocasiones se utilizan los mismos LED de disparo para la indicación de señal de activación y desactivación.



- Conecte el equipo de prueba según el diagrama de circuito



- Ahora supongamos

es el mismo relé instalado en el lado de 11KV del Transformador 1, que debemos probar, como puede ver, la configuración de activación del relé de sobrecorriente del Transformador 1-11kv es 1.1818A, por lo que necesitamos inyectar corriente hasta 1.1818A o hasta el nivel donde recogida de relé.

Sección	Clasificación (MVA)	Pequeño circuito MVA	Voltaje nivel (KV)	Carga completa corriente (Ir )	Pequeño Circuito Actual	Elegir hasta	Instante aneou S Configuración (8 * Imagen k arriba)	tierra Culpa Elegir hasta	Instante aneou s tierra Culpa Recoger
Poder Red	20	117.647 0588	33	349.9195	2058.350 044 109	1,15 2	35 185 39823	1.017 69911 5	8.1415 9292
Transformar mer 1-33KV	10	142.857 1429	33	174.9597	2499.425 181 132	1,18 8	45 593 45455	1.045 45454 5	8.3636 36364
Transformar mer 1-11KV	10	142.857 1429	11	524.8792	7498.275 181 397	1,18 8	45 778 45455	1.045 45454 5	8.3636 36364
Transformar mer 2-11KV	1	17.3913 0435	11	52.48792	912.8335 181 265	1,18 8	45 778 45455	1.045 45454 5	8.3636 36364

- Abra el software Test Set, 1<sup>st</sup> poner la configuración del dispositivo en él

**Device Settings**

Device Settings

**Device**

Name/description:

Manufacturer:

Device type:

Device address:

Serial/model number:

Additional information 1:

Additional information 2:

**Nominal Values**

Number of phases:  2  3

f nom:

V nom (secondary):

V primary:

I nom (secondary):

I primary:

**Substation**

Name:

Address:

**Bay**

Name:

Address:

**Overload Detection Sensitivity**

High  Custom   
 Low  Off

**Residual Voltage/Current Factors**

VLN/ VN:

IN / I nom:

**Limits**

V max:

I max:

**Debounce/Deglint Filters**

Debounce time:

Deglitch time:

OK Cancel Help

- Luego seleccione el parámetro de operación

Overcurrent Protection Parameters

Relay Parameters Elements

Selected element type: Phase (1 Element / 1 Active)

Add	Active	Element Name	Tripping Characteristic	I Pick-up	Absolute	Time	Reset Ratio	Direction
Copy To...	<input checked="" type="checkbox"/>	I #1 Phase	IEC Normal Inverse	1.182 Iref	1.182 A	0.140	0.950	Non Directional
Remove								
Move Up								
Move Down								

Define Element Characteristic View Resulting Characteristic

Characteristic Name: IEC Normal Inverse

$$t(s) = \frac{A \cdot Td + K1}{M^P - Q} + B \cdot Td + K2$$

M = Itest/Ipickup  
Td = Time Index

A: 140.0 ms B: 0.000 s  
P: 0.020 Q: 1.000  
K1: 0.000 s K2: 0.000 s

I pick-up: 1.182 Iref Time index: 0.140

Range limits

Active

I min: 0.000 Iref t min: 0.000 s  
I max: +∞ Iref t max: +∞ s

Reset characteristic

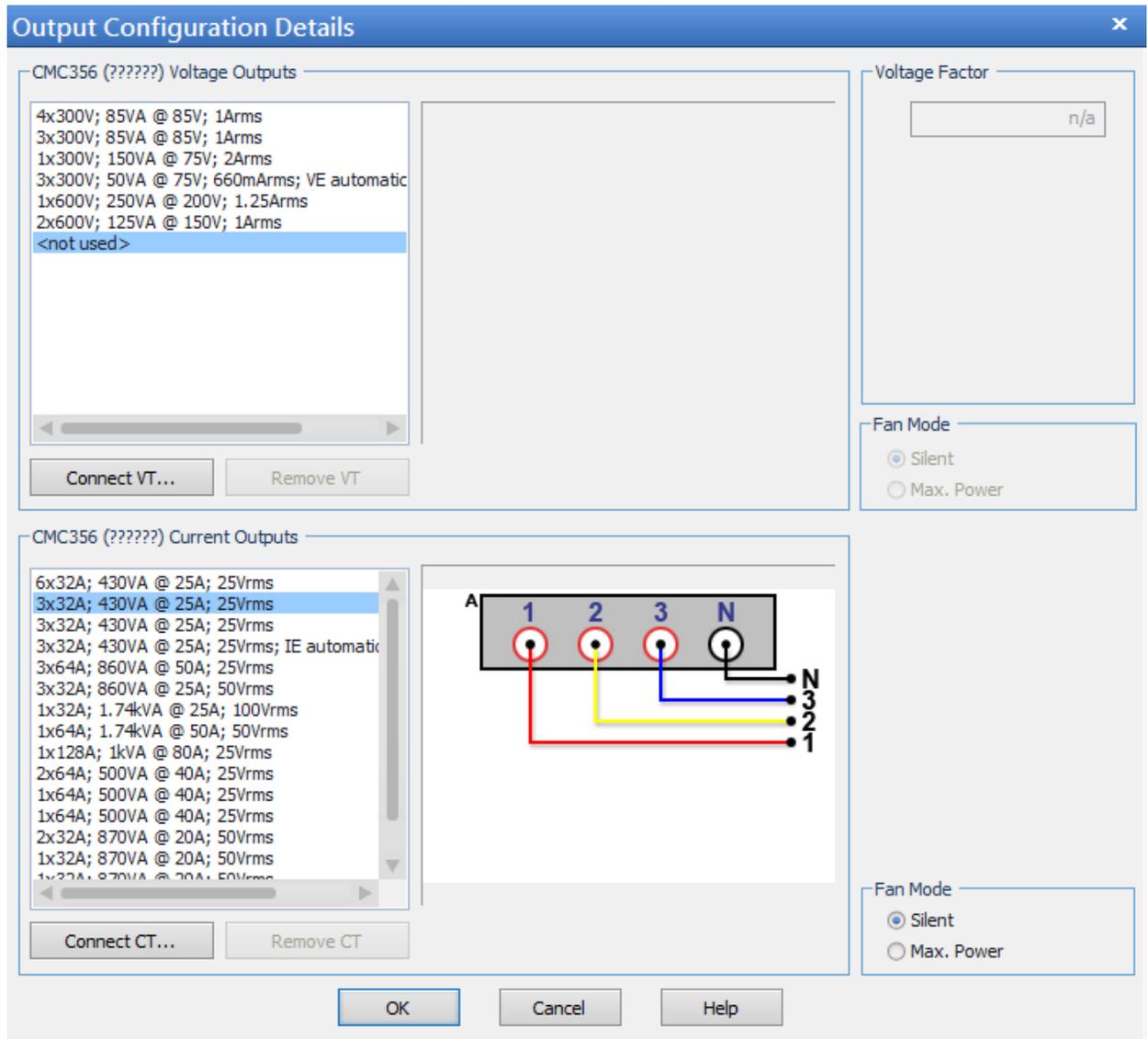
Off  
 Definite time tr: 1.000 s  
 Inverse time R: 1.000 s T: 2.000

$$tr(s) = \frac{R \cdot Td}{1 - M^T}$$

Save As User-defined

OK Cancel Help

- Luego haga una prueba de configuración de inyección



- Cada conjunto tiene configuraciones de kit separadas y para otros detalles del conjunto, consulte el manual del usuario, después de realizar todos estos procedimientos, inyecte la corriente

- En el software del kit de prueba, configure los valores de activación y los TCC relacionados (es decir, estándar inverso, extremo inverso y muy inverso)

The screenshot shows a software interface for configuring and viewing test results. The main window is titled "Test View: Overcurrent1". The interface is divided into several sections:

- Menu Bar:** File, Home, View.
- Toolbar:** Test Object Configuration, Hardware Configuration, More, Start/Continue, Stop, Pause, Clear, Single Test, Static Output, Report Settings, Comment, Manual Assessment.
- Configuration Panel (Left):**
  - Type: L1-L2
  - Relative to: (---)
  - Factor: n/a
  - Magnitude: 1.200 A
  - Angle: n/a
  - t<sub>nom</sub>: 64.11 s
  - t<sub>min</sub>: 14.52 s
  - t<sub>max</sub>: No trip
  - t<sub>act</sub>: 64.09 s
  - Assessment: OK
- Test Results Table (Center):**

State	Type	Relative To	Factor	Magnitude	Angle	t <sub>nom</sub>	t <sub>min</sub>	t <sub>max</sub>	t <sub>act</sub>
✓	L1-L2	(---)	n/a	1.200 A	n/a	64.11 s	14.52 s	No trip	64.09 s
- Graph (Bottom Left):** A plot of t/s (y-axis, logarithmic scale from 1.0 to 10000.0) versus I/A (x-axis, linear scale from 2 to 20). The curve shows a sharp initial drop followed by a gradual decay.
- Report View (Right):**
  - Binary Inputs: Trigger Logic: And

Name	Trigger State
Trip	1
Start	X

  - Shot Test Results:

Type	Relative To	Factor	Magnitude	Angle	t <sub>nom</sub>
L1-L2	(---)	n/a	1.200 A	n/a	64.11 s
  - State:
    - 1 out of 1 points tested.
    - 1 points passed.
    - 0 points failed.
  - Test performed offline: Test results are simulated!
  - General Assessment: Test passed!

- Después de todas estas configuraciones, solo tiene que inyectar corriente, el software se encargará de la curva y le presentará la curva TCC final según el conjunto de PSM y TMS
- Cuando la prueba se realiza correctamente, puede DE energizar el relé con la ayuda del kit de prueba, volveremos a poner el valor de corriente de inyección del kit de prueba a cero manualmente o mediante software
- Verifique el estado de voltaje cero, después de lo cual puede devolverlo al ingeniero o trabajador autorizado

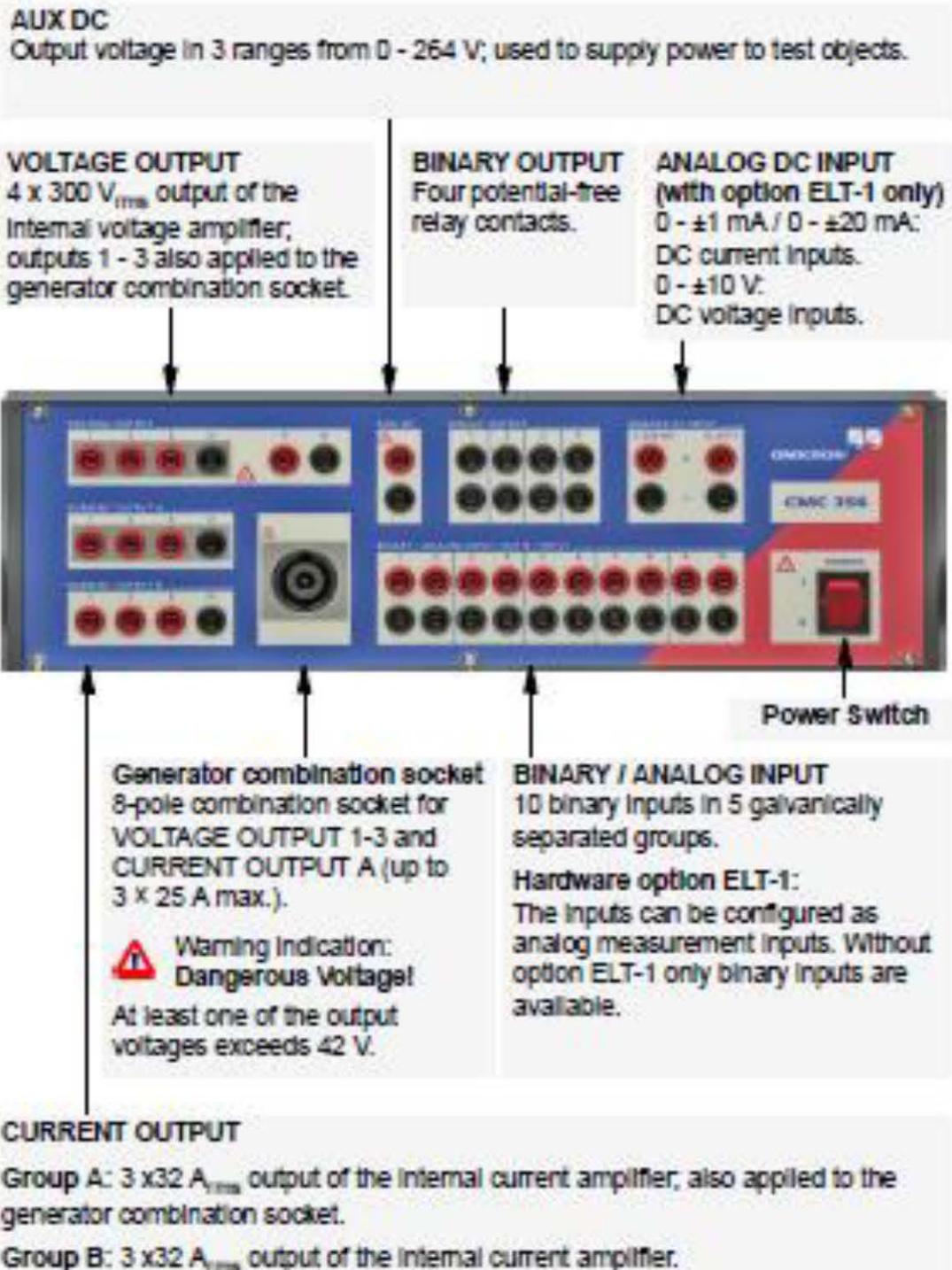
#### **5.5 Funcionamiento de diferentes conjuntos de prueba:**

Hoy en día, varios conjuntos de prueba para relés están disponibles aquí, discutiremos aquí los conjuntos de prueba Omicron.

#### **5.5.1 Omicrón CMC 356:**

Esta máquina y el software son una combinación de vanguardia en tecnología de relés.

Diagrama etiquetado general (hardware):



## 5.5.2 Software Test Universe:

CMC 356 es operado por el software TEST UNIVERSE.

# Test Universe 3.10

## Test Modules

Stand-alone Startup

-  QuickCMC
- ▼ Ramping...
-  State Sequencer
- Advanced TransPlay

-  Overcurrent
- ▼ Distance...
- Autoreclosure
- ▼ Differential...
-  Synchronizer
- Annunciation Checker

Network Simulation...

- Meter
- Transducer
- PQ Signal Generator

## IEC 61850

Testing power utility communication

- GOOSE Configuration
- Sampled Values Configuration
- IEC 61850 Client/Server
- IEDScout
- SVScout

## Control Center

Create Multifunctional Test Documents

-  Open Existing Test Document
-  Open Protection Testing Library
- ▼ Open Examples of Use...
-  Open Generic Template
-  New Test Document
-  OCC Batch

## Configuration Modules

Configures the CMC test set features

-  CB Configuration
-  AuxDC Configuration
-  ISIO Connect

## Test Tools

Additional Applications

-  TransPlay
-  EnerLyzer
- TransView
-  Harmonics
-  Binary I/O Monitor
-  Polarity Checker
-  O/C Characteristics Grabber
- Scheme Testing Tools...

## Custom

User-specific Tools



## Setup

Prepare Test Equipment

-  Test Set Association
-  System Settings
-  License Manager
-  Language Selection

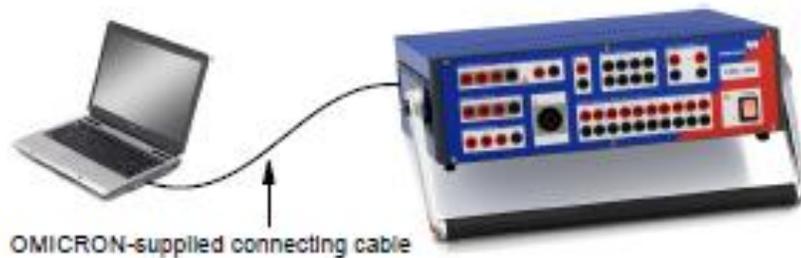
## Support

Documentation and Assistance

-  Getting Started
-  Tutorials
-  Manuals
-  Help
-  Tips & Tricks
-  Contacts
-  OMICRON Assist
- ▼ Diagnosis & Calibration...
-  What's New

Get Support  
Customer Area

Conecte la computadora portátil / PC con la máquina a través del cable de conexión, también realice el cableado de relé con CMC 356 (ya se mencionó en temas anteriores)



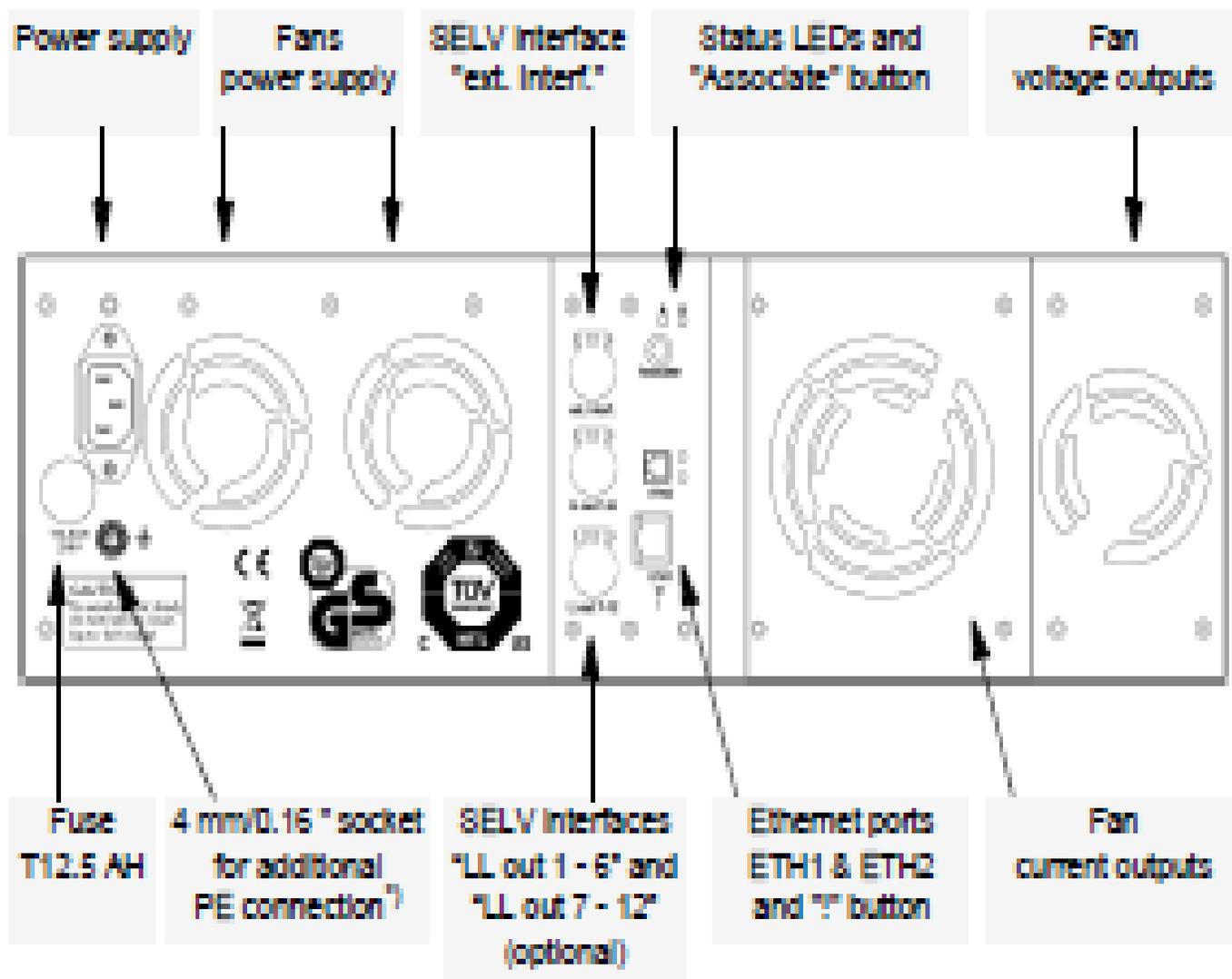
Luego asocie su conjunto de prueba con su PC presionando la pestaña Asociación de conjunto de prueba en la ventana de apertura del software Test Universe.

## Setup

### Prepare Test Equipment

-  Test Set Association
-  System Settings
-  License Manager
-  Language Selection

También debemos presionar el botón Asociar; este botón está en la parte posterior de Omicron Machine



Vaya a Configuración del dispositivo y realice cambios según nuestro sistema

**Device Settings**

Device Settings

**Device**

Name/description:

Manufacturer:

Device type:

Device address:

Serial/model number:

Additional information 1:

Additional information 2:

**Nominal Values**

Number of phases:  2  3

f nom:

V nom (secondary):

V primary:

I nom (secondary):

I primary:

**Substation**

Name:

Address:

**Residual Voltage/Current Factors**

VLN/ VN:

IN / I nom:

**Bay**

Name:

Address:

**Limits**

V max:

I max:

**Overload Detection Sensitivity**

High  Custom   
 Low  Off

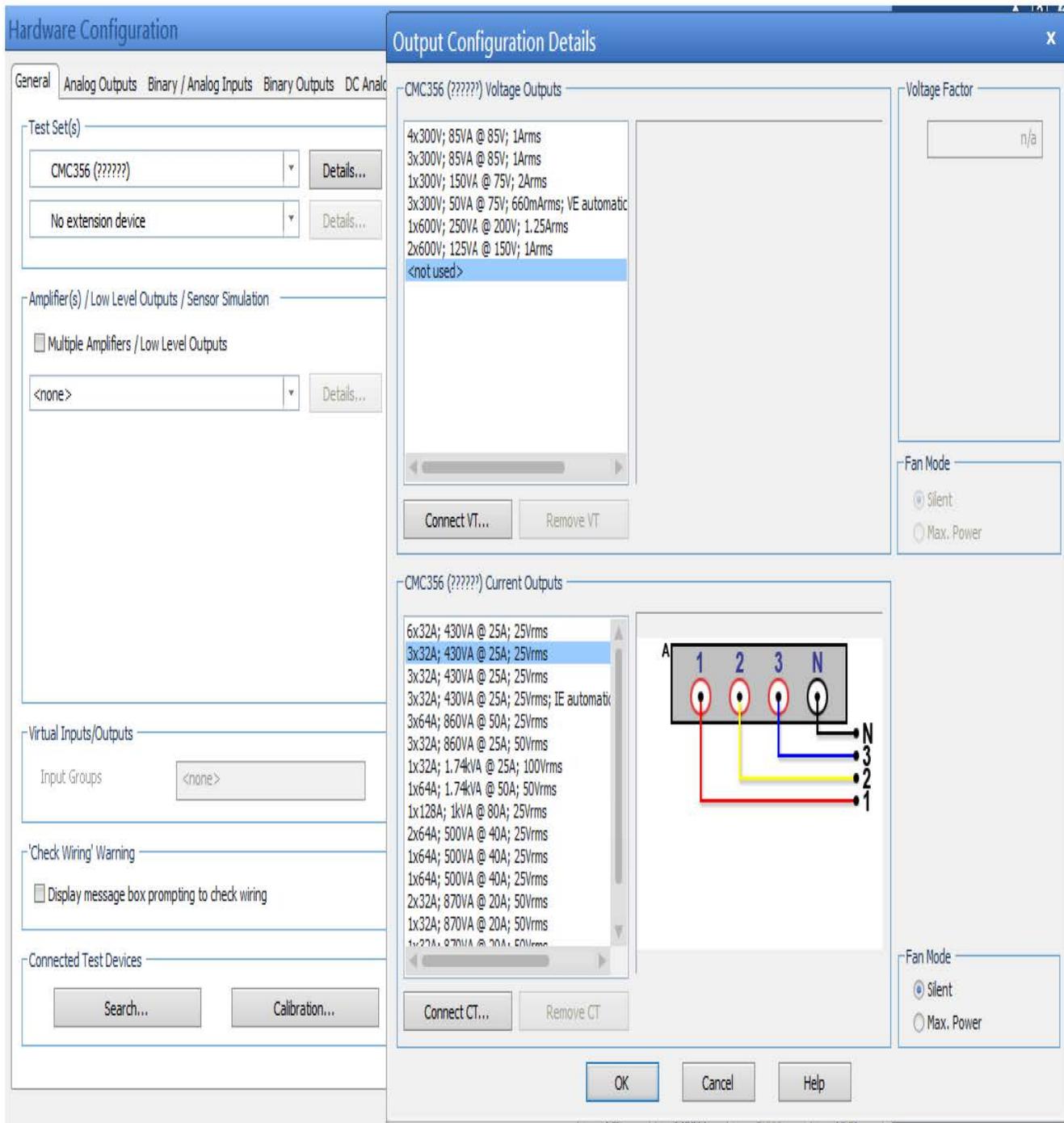
**Debounce/Deglitch Filters**

Debounce time:

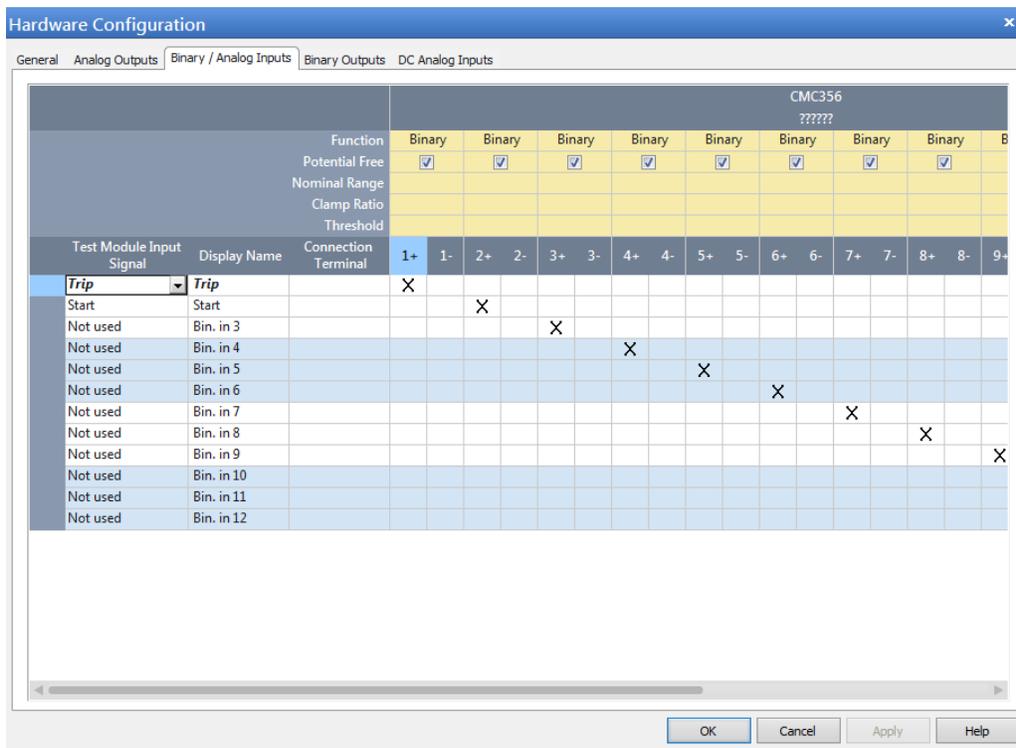
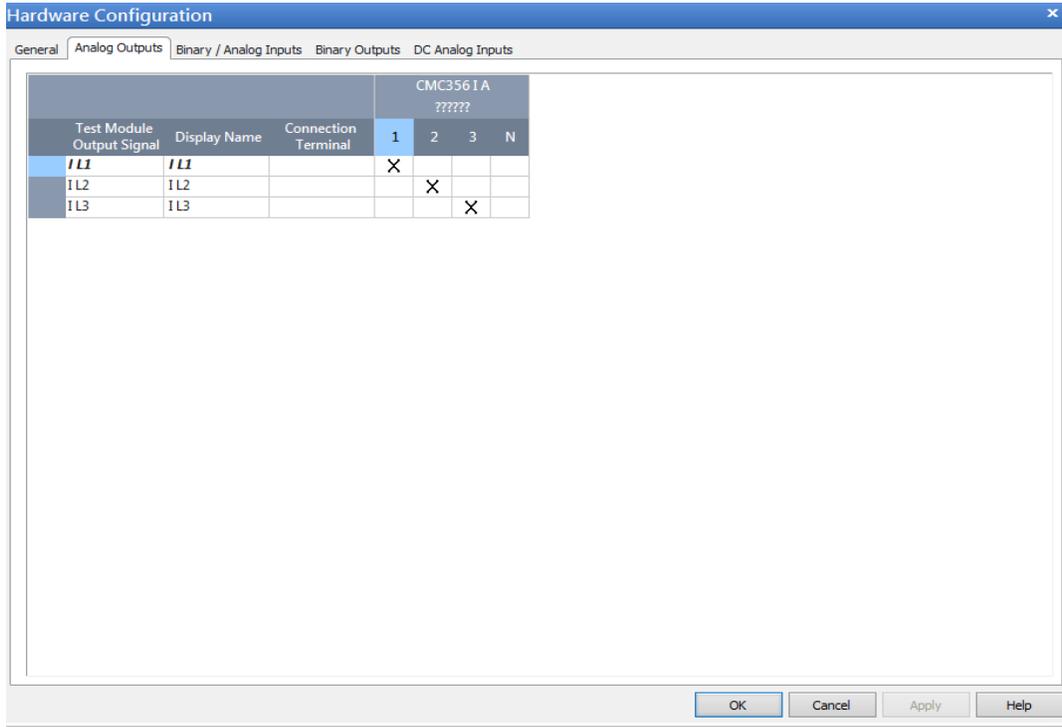
Deglitch time:

OK Cancel Help

Luego presione la pestaña de configuración de hardware, en esta ventana presione la pestaña de detalles de CMC 356 y defina los detalles de configuración de salida según sus requisitos



En la configuración del hardware, vaya a la salida analógica para verificar el etiquetado de la señal de salida, también configure otras pestañas según la necesidad requerida.



Hardware Configuration

General Analog Outputs Binary / Analog Inputs Binary Outputs DC Analog Inputs

			CMC356 ?????															
Test Module Output Signal	Display Name	Connection Terminal	Relay Outputs								Transistor Outputs							
			1+	1-	2+	2-	3+	3-	4+	4-	11	12	13	14	N			
Not used	Bin. out 1		X															
Not used	Bin. out 2				X													
Not used	Bin. out 3					X												
Not used	Bin. out 4							X										
Not used	Bin. out 5									X								
Not used	Bin. out 6										X							
Not used	Bin. out 7											X						
Not used	Bin. out 8												X					

OK Cancel Apply Help

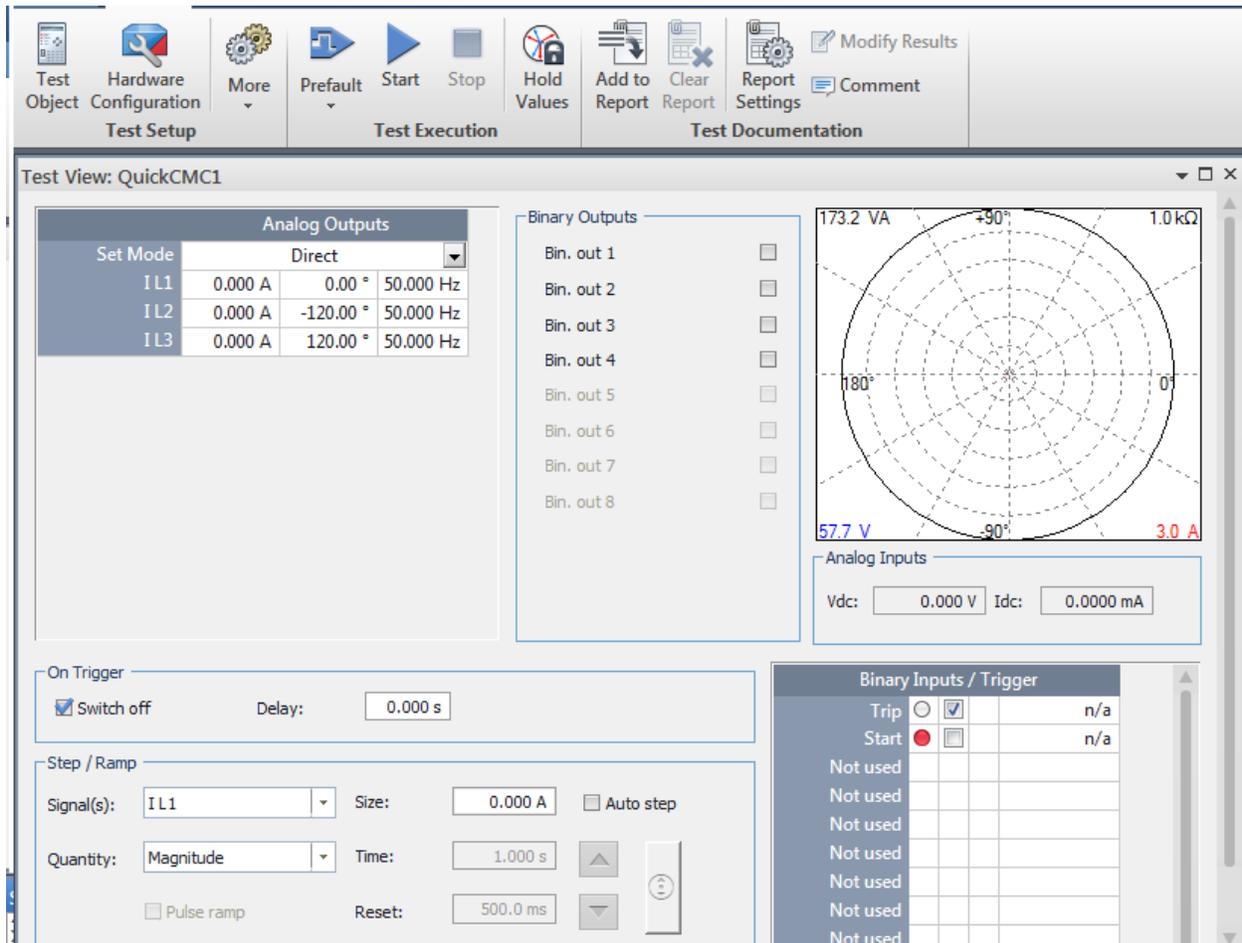
Hardware Configuration

General Analog Outputs Binary / Analog Inputs Binary Outputs DC Analog Inputs

			CMC356 ?????				
Test Module Input Signal	Display Name	Connection Terminal	Range				
			±10V	±20mA	V+	V-	I+
Not used	V1		X				
Not used	I1				X		

OK Cancel Apply Help

Después de hacer todo esto, debe inyectar la corriente según sus requisitos a través de la ventana principal.



## 5.6 Relés de voltaje

Relés de voltaje utilizados para detectar condiciones anormales en cualquier circuito, lo dividimos en dos categorías

- Relé de sobretensión

- Relé de bajo voltaje

## 5.6.1 Relé de sobretensión (59)

¿Por qué aumenta el voltaje? Las razones serán

- Perdida de carga
- Conmutación de sobretensiones
- La caída de rayos

¿Qué pasó cuando los voltajes aumentan?

- Daño al equipo

La sobretensión permitida es inferior al 110%, pero depende de la red eléctrica, cuando estos valores alcanzan y el relé envía la señal de disparo seleccionada

viajes de interruptores.

Normalmente necesitamos

para reducir

generación o nosotros

Necesito agregar líneas de

carga para abordar este

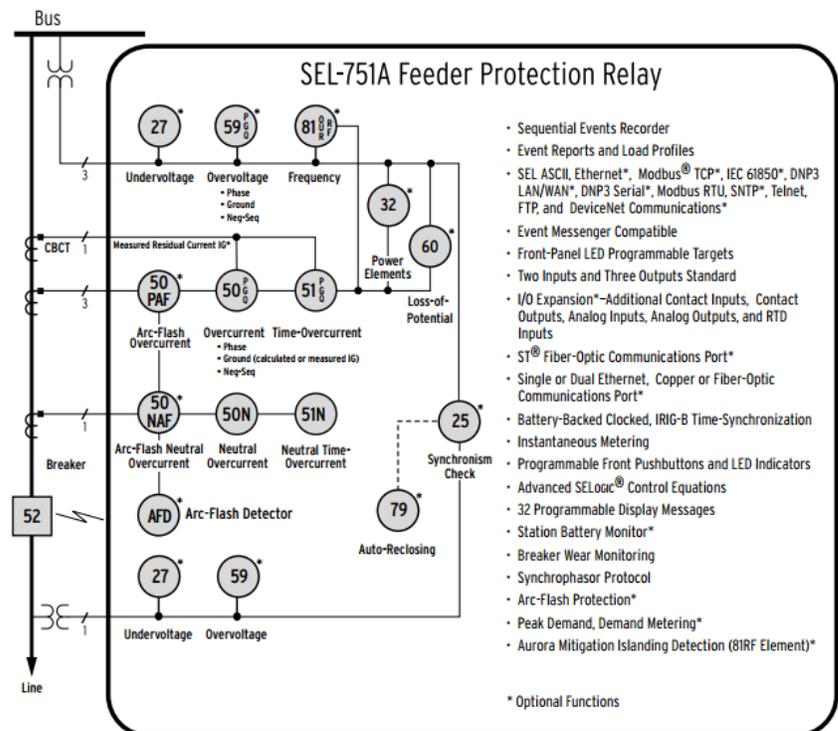
problema.

Hoy en día terminado

relé de voltaje

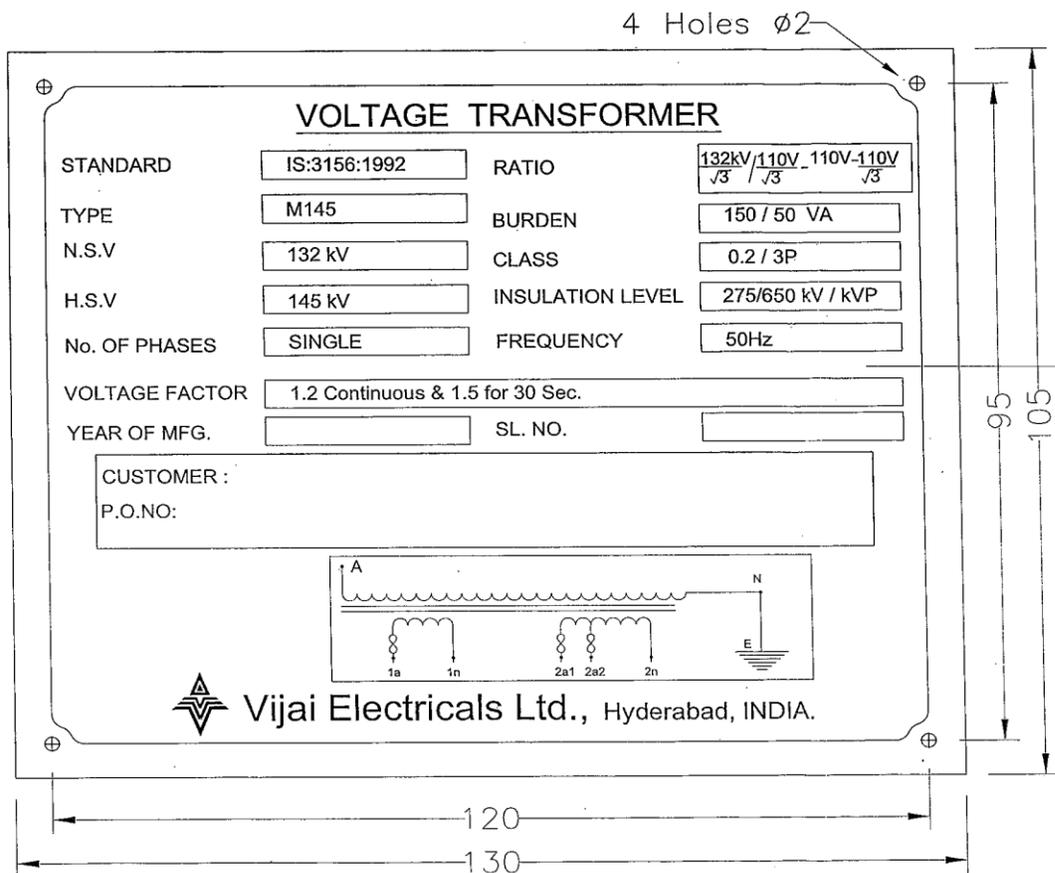
convertirse en terminado

característica de voltaje de



relé de microprocesador, podemos verlo en un ejemplo dado aquí, el relé es SEL 751a

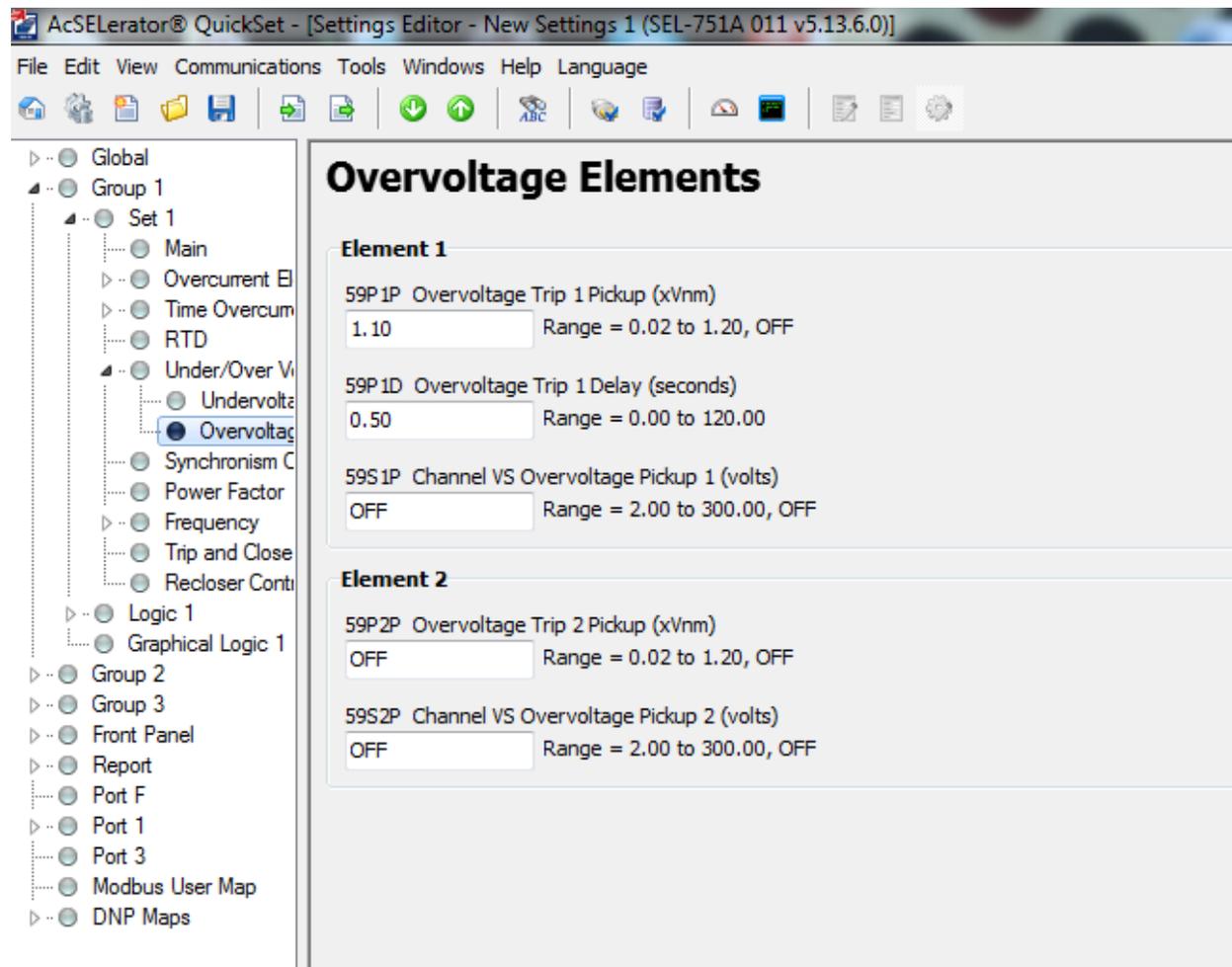
Aquí se menciona sobretensión (59), este relé de sobretensión está conectado con PT, los datos de la placa de identificación de PT se mencionan a continuación.



La relación PT es  $132 : \frac{110}{\sqrt{3}}$

PT tiene conexión estrella-estrella en línea.

En el relé, daremos un valor porcentual o un multiplicador en la configuración de recogida con retardo intencional. Ahora, si configuramos el valor de recogida de sobrevoltaje en 110%, el relé funcionará cuando el voltaje (secundario) alcance los 69,86 V o 83,34 KV.



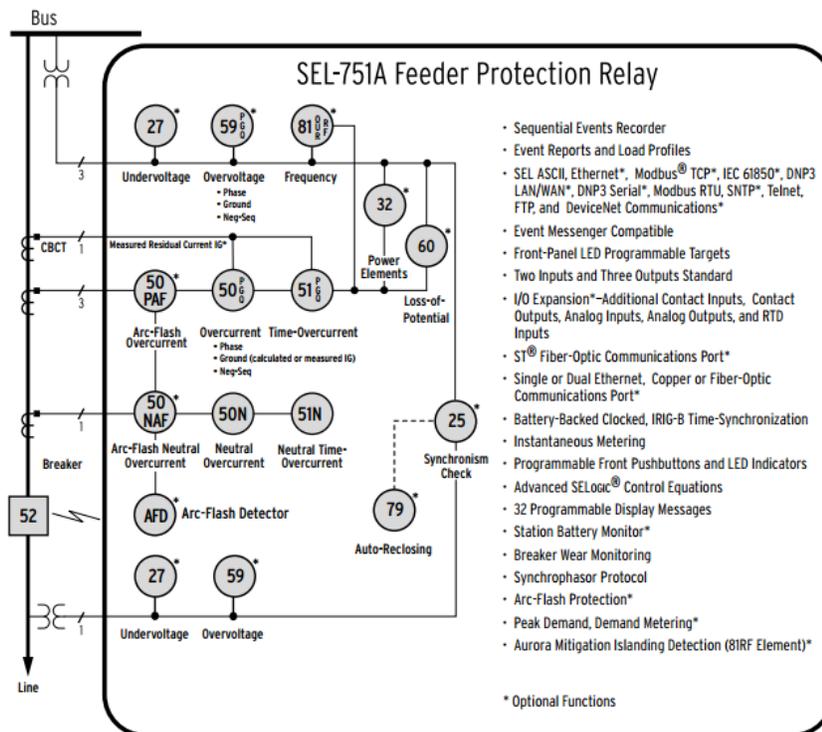
## 5.6.2 Relé de bajo voltaje (27):

¿Por qué los sistemas tienen sobretensión? Debido principalmente a la pérdida de carga, ahora se aplica a la inversa aquí, cuando la carga aumenta, el voltaje disminuye

Las principales razones de la sobrecarga son

- Disparo de líneas de transmisión
- Pérdida de generación

Por lo general, los valores de voltaje bajo de 90 a 95% se establecen para la activación del relé de voltaje bajo, pero nuevamente depende del proveedor de energía eléctrica, hasta qué nivel su sistema mantiene el voltaje bajo.



El problema es la sobrecarga o pérdida de generación o el disparo de algunas líneas de transmisión, ahora mismo el deslastre de carga inteligente o inteligente es la mejor solución disponible

El relé de bajo voltaje también se convirtió en una de las características de un relé separado, ahora incorporado en relés de microprocesador.

Ahora tenemos 0,95 o 95% de voltaje, por lo que necesitamos inyectar

The screenshot shows the AcSElerator QuickSet software interface. The title bar reads "AcSElerator® QuickSet - [Settings Editor - New Settings 1 (SEL-751A 011 v5.13.6.0)]". The menu bar includes "File", "Edit", "View", "Communications", "Tools", "Windows", "Help", and "Language". The toolbar contains various icons for file operations and system functions. On the left, a tree view shows the configuration structure: "Global", "Group 1", "Set 1", "Main", "Overcurrent Elements", "Time Overcurrent Element", "RTD", "Under/Over Voltage", "Undervoltage Elements" (selected), "Overvoltage Elements", "Synchronism Check", "Power Factor", "Frequency", "Trip and Close Logic", "Recloser Control", "Logic 1", "Graphical Logic 1", "Group 2", "Group 3", "Front Panel", "Report", "Port F", "Port 1", "Port 3", "Modbus User Map", and "DNP Maps". The main panel is titled "Undervoltage Elements" and contains two sections: "Element 1" and "Element 2".

Parameter	Value	Range
27P1P Undervoltage Trip 1 Pickup (xVnm)	0.95	0.02 to 1.00, OFF
27P1D Undervoltage Trip 1 Delay (seconds)	0.50	0.00 to 120.00
27S1P Channel VS Undervoltage Pickup 1 (volts)	60.33	2.00 to 300.00, OFF
27S1D Channel VS Undervoltage Delay 1 (seconds)	0.50	0.00 to 120.00
27P2P Undervoltage Trip 2 Pickup (xVnm)	OFF	0.02 to 1.00, OFF
27S2P Channel VS Undervoltage Pickup 2 (volts)	OFF	2.00 to 300.00, OFF

95% de voltaje o 60,33 de voltaje a relé a través del juego de prueba.

### Método de prueba:

- Aísle el relé de voltaje del sistema, nuestro PT es de 11KV / 110V y el sistema está conectado estrella-estrella.
- Confirmar el estado de voltaje cero
- Sverker 750/760 es mi dispositivo, el relé de voltaje que estoy probando es SEL 751A.
- Encienda el relé SEL 751 A a través de Sverker 750/760
- Abra el software de relé "AcSelerator" y establezca los valores según sus requisitos, tomé la configuración del 95%, lo que significa que siempre que nuestra línea lateral secundaria a voltaje neutral alcance 60.33v en PT conectado en estrella (el voltaje primario será 6.034KV), el relé se activará. Necesitamos conectar los cables de prueba al puerto E del kit de prueba como se muestra en la figura 3A.
  
- Después de Recoger, anote todos los valores de prueba, ahora necesita reducir el voltaje de suministro al nivel cero.
- Compruébalo y quita la conexión del kit.

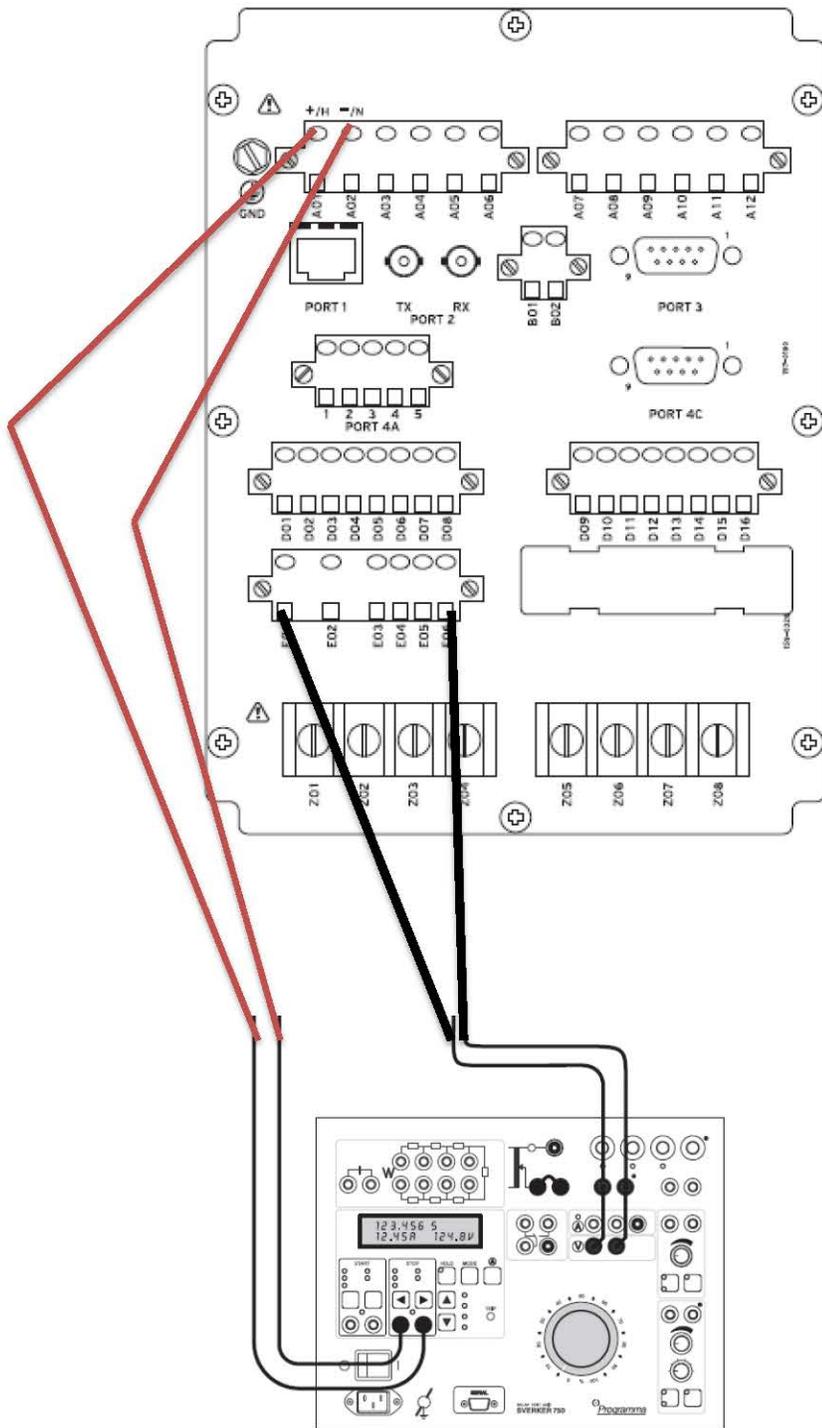


Figura 3A

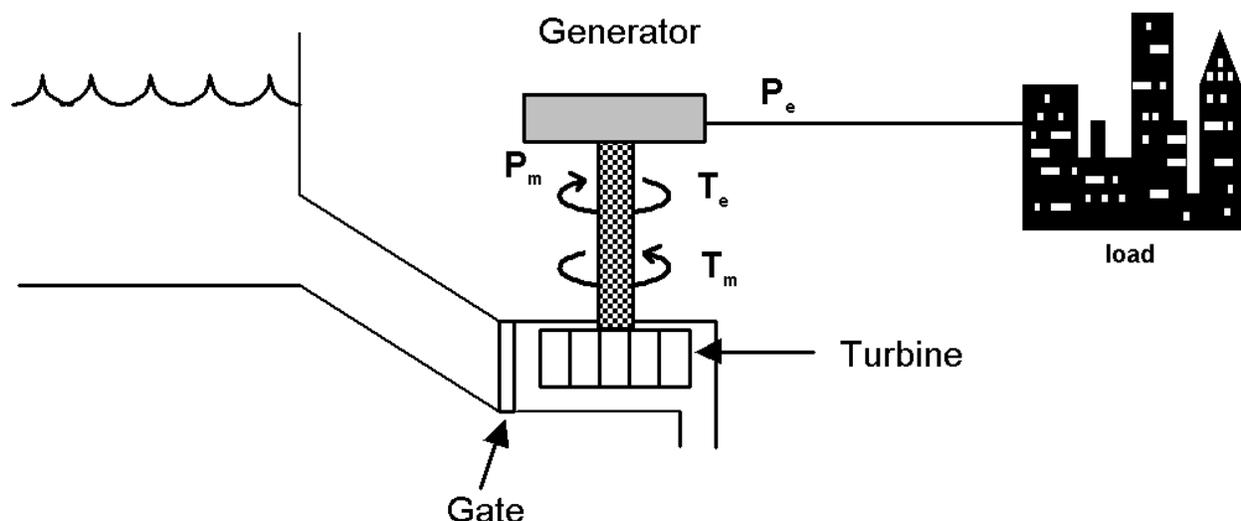
## 5.7 Relé de frecuencia (81):

Por qué la frecuencia se altera en cualquier sistema, es una pregunta con una respuesta muy simple,

Tenemos tres partes en cualquier sistema de energía.

- Generación
- Transmisión
- Distribución (lado de carga)

Supongamos que a continuación mencionamos el sistema de energía, la razón principal de la anomalía en la frecuencia se debe a la generación



y Alteración del lado de la distribución en la oferta y la demanda, respectivamente.

En el lado de la fuente del generador, el par mecánico se produce en el par del generador y en el par eléctrico del lado de la carga.

está produciendo. Ambas diferencias de torque son el torque real del generador.

$$= h -$$

$$\propto \Delta$$

$$\propto \frac{1}{\Delta}$$

$$= \frac{1}{\Delta^2}$$

$$\cong$$

Luego  $= h -$

$$= h - \frac{1}{\Delta^2}$$

$$= 2 * *$$

Por cualquier motivo, cuando se modifica la frecuencia, se modifica la potencia real y viceversa

Condiciones simples para operaciones de relé de frecuencia:

### 5.7.1 Relé de baja frecuencia:

Cuando la carga es mayor que la de generación, operada por baja frecuencia, para abordar este problema, el relé de frecuencia opera en etapas para aislar la carga en el sistema; este fenómeno se denomina deslastre de carga.

## Ejemplo de deslastre de carga

Generacion	No: Alimentadores	Conectado Carga	Frecuencia (la frecuencia mínima y excesiva permitida es del 5%)	Estado
1,2 MW	10	1 MW	50 Hz	Estado
El evento ocurre (la carga aumenta) en un 40% (la demanda ahora es de 1.4MW), la frecuencia es de 46Hz				
Underfrecue relé ncy opera	1ra etapa	Corte de carga del 10%	La frecuencia es ahora 48, el disparo de la Etapa 2 será iniciado	Frecuencia y normalizar d, no necesidad de más lejos etapas
	2da etapa	25% de carga de corte	La frecuencia es ahora de 47,5 Hz, disparo de la etapa 3 se iniciará la situación de desprendimiento de carga	Frecuencia y normalizar d, no necesidad de más lejos etapas
	3ra etapa	30% de corte de carga	La frecuencia es ahora de 47 Hz, el disparo de la etapa 4 ser iniciado, situación de pérdida de carga	Frecuencia y normalizar d, no necesidad de más lejos etapas
	4ta etapa	35% de corte de carga	La frecuencia es de 46,5 Hz, todos los alimentadores deben <b>Aislar, situación de avería completa</b>	necesario pasos llevado a normalizar los <b>Romperse</b> norte

Inserte estos valores en el relé de baja frecuencia

AcSELerator® QuickSet - [Settings Editor - New Settings 1 (SEL-751A 011 v5.13.6.0)]

File Edit View Communications Tools Windows Help Language

Global  
Group 1  
Set 1  
Main  
Overcurrent E...  
Time Overcum...  
RTD  
Under/Over V...  
Synchronism C...  
Power Factor  
Frequency  
Frequency  
Trip and Close  
Recloser Cont...  
Logic 1  
Graphical Logic 1  
Group 2  
Group 3  
Front Panel  
Report  
Port F  
Port 1  
Port 3  
Modbus User Map  
DNP Maps

## Frequency Set

**Frequency 1**

81D1TP Frequency1 Trip Pickup (Hz)  
48.00 Range = 20.00 to 70.00, OFF

81D1TD Frequency1 Trip Delay (seconds)  
1.00 Range = 0.00 to 240.00

**Frequency 2**

81D2TP Frequency2 Trip Pickup (Hz)  
47.50 Range = 20.00 to 70.00, OFF

81D2TD Frequency2 Trip Delay (seconds)  
1.00 Range = 0.00 to 240.00

**Frequency 3**

81D3TP Frequency3 Trip Pickup (Hz)  
47.00 Range = 20.00 to 70.00, OFF

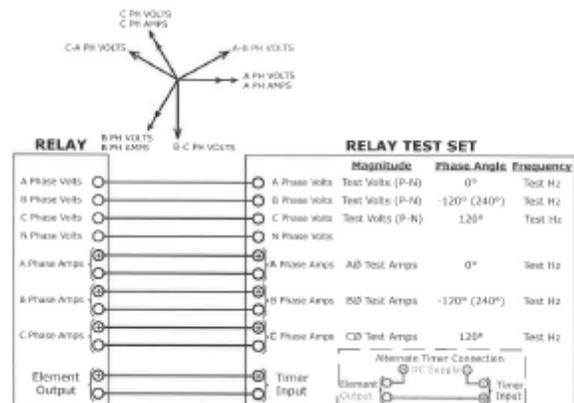
81D3TD Frequency3 Trip Delay (seconds)  
1.00 Range = 0.00 to 240.00

**Frequency 4**

81D4TP Frequency4 Trip Pickup (Hz)  
46.50 Range = 20.00 to 70.00, OFF

81D4TD Frequency4 Trip Delay (seconds)  
1.00 Range = 0.00 to 240.00

Podemos probar estos valores, al igual que los relés de voltaje, pero aquí necesitamos monitorear la frecuencia, no los voltajes.



## **Método de prueba:**

- Aísle el relé de voltaje del sistema, nuestro PT es de 11KV / 110V y el sistema está conectado estrella-estrella.
- Confirmar el estado de voltaje cero
- Sverker 750/760 es mi dispositivo, el relé de frecuencia que estoy probando es SEL 751A.
- Encienda el relé SEL 751 A a través de Sverker 750/760
- Abra el software de relé "AcSelerator" y establezca los valores según sus requisitos, tomé el 96% de configuración, lo que significa que siempre que nuestro lado secundario sea de 48 Hz (la frecuencia que tenemos es de 50 Hz), el relé se activará. Necesitamos conectar los cables de prueba al puerto E del kit de prueba como se muestra en la figura 3F.
  
- Aumente el voltaje de la línea al voltaje neutral y observe que la frecuencia también aumenta, luego comience a reducirlo hasta que alcance el valor de 48 Hz y el relé se active.
- Después de Recoger, anote todos los valores de prueba, ahora necesita reducir el voltaje de suministro al nivel cero.
- Compruébalo y quita la conexión del kit.

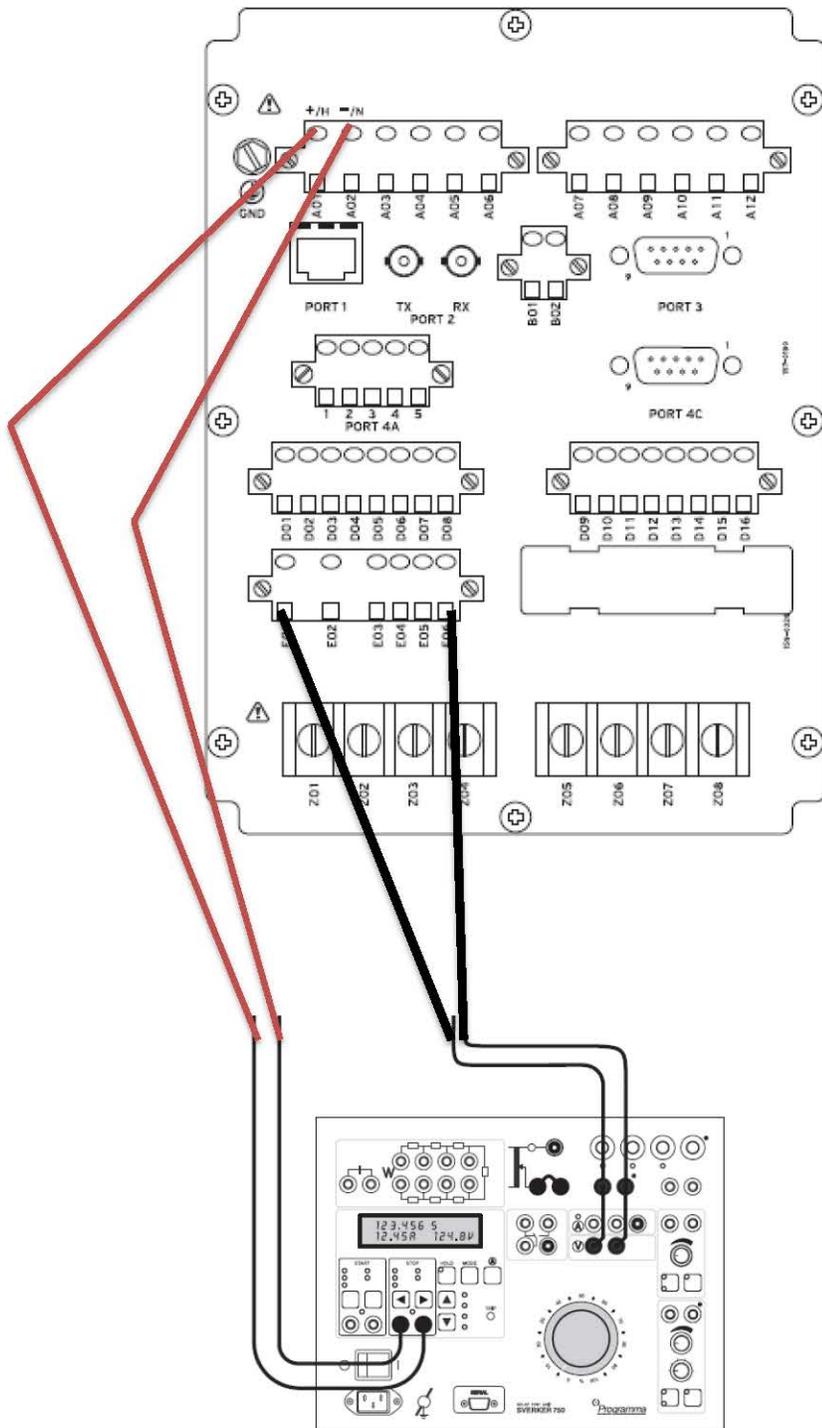
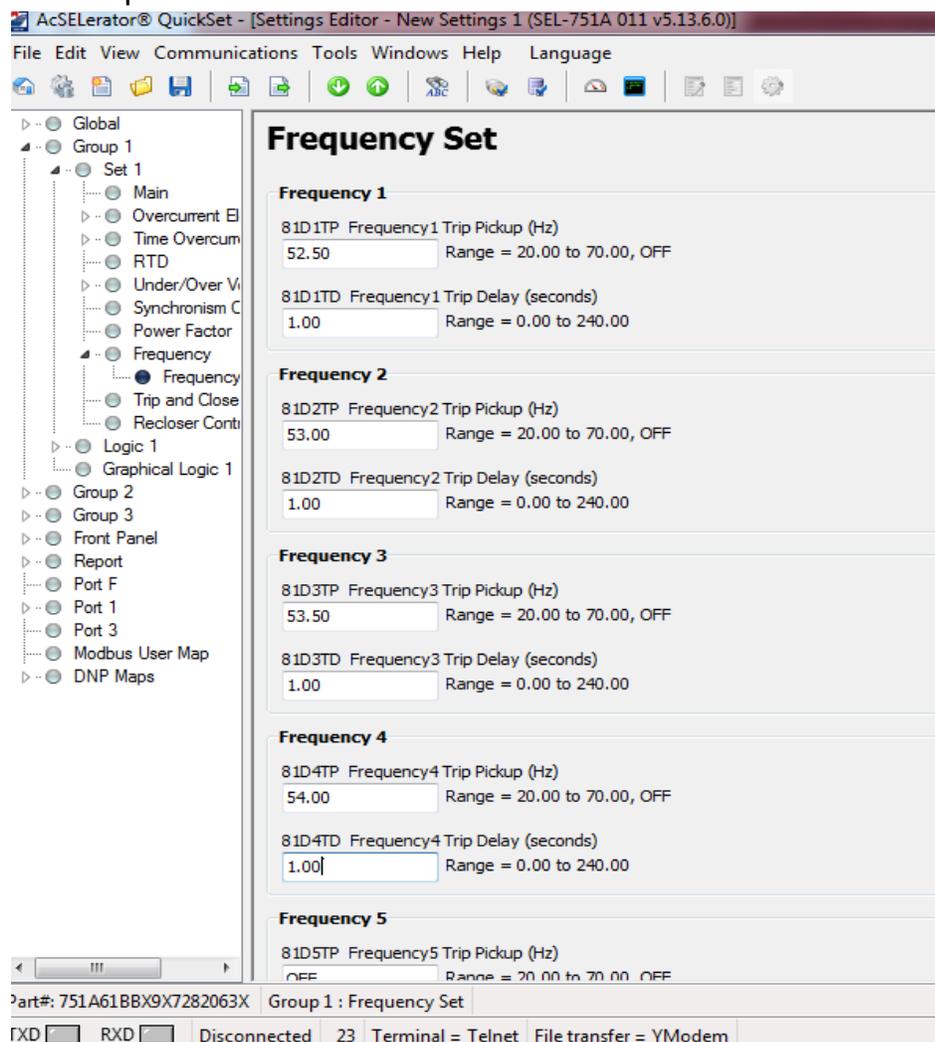


Figura 3F

## 5.7.2 relé de sobrefrecuencia:

Cuando la carga es menor que la Generación, operada por sobrefrecuencia, para abordar este problema, el disyuntor lateral de generación de señal de relé de sobrefrecuencia para reducir la generación, esto no significa necesariamente que la generación solo se reducirá, sino que se puede cambiar a otras líneas de transmisión a través de sistemas de enclavamiento de rompedores.



Tomamos el 105% como ajuste de activación para el relé de sobrefrecuencia.

## Método de prueba:

- Aislar el relé de voltaje del sistema, nuestro PT es 11KV / 110V, y el sistema está conectado estrella-estrella.

- Confirmar el estado de voltaje cero

- Sverker 750/760 es mi

dispositivo, relé de frecuencia que estoy probando es SEL 751A.

- Encienda el relé SEL 751 A a través de Sverker 750/760

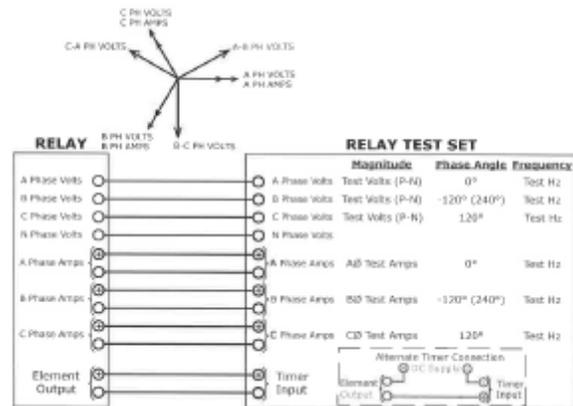
- Abra el software de relé "AcSelerator" y establezca los valores según sus requisitos, tomé la configuración del 105%, lo que significa que cuando nuestro lado secundario 52,5 Hz (la frecuencia que tenemos es de 50 Hz), el relé se activará. Necesitamos conectar los cables de prueba al puerto E del kit de prueba según la figura 3G.

- Aumente el voltaje de la línea al voltaje neutro y observe que la

frecuencia también aumenta, aumente el suministro de voltaje hasta que la frecuencia alcance el nivel de recogida.

- Después de Recoger, anote todos los valores de prueba, ahora necesita reducir el voltaje de suministro al nivel cero.

- Compruébalo y quita la conexión del kit.



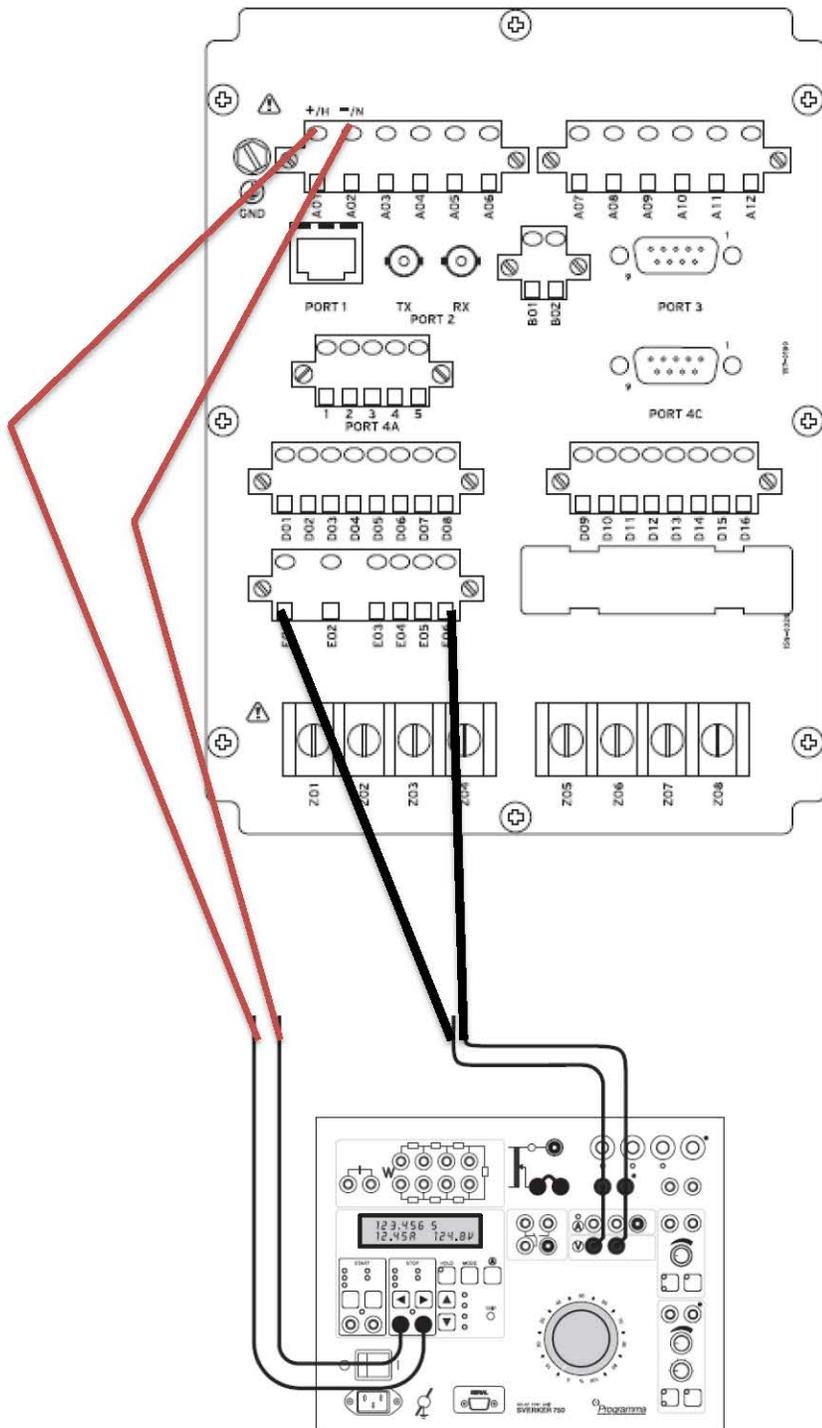


Figura 3G

**Nota:**

A partir de ahora, tomamos un ejemplo práctico y discutimos otro concepto de protección sobre la base de ese ejemplo.

## Capítulo 6 Relé de protección diferencial

Tomé un esquema de protección de muestra para discutir conceptos de relés de protección.

Los detalles se mencionan a continuación

S. No.	Title
	<b>Summary setting</b>
1	67MVA transformer differentail protection : MICOM P633
2	132KV transformer HV OC& EF protection : MICOM P142
3	13.8KV transformer LV OC& EF protection : MICOM P142
4	67MVA transformer LV NER protection : MICOM P142
5	13.8KV TR LV REF protection : MFAC14
6	13.8KV outging feeder -O/C & E/F Protection : REF 615
7	13.8KV outging feeder - SBEF Protection : RX1G21
8	13.8KV Shunt Capacitor main-1 protection : C70
9	13.8KV Shunt Capacitor main-2 protection : SEL 451
10	13.8KV Aux. Transformer - O/C & E/F protection : REF 615
11	13.8KV Bus section- O/C & E/F protection : REF 615
12	13.8KV Busbar differential protection : REC 670
13	13.8KV Synchronizing Check protection : MICOM P143
14	AVC protection : TAPCON 260

## 6.1 Relé de protección diferencial:

¿Por qué necesitamos relé diferencial?

Algunos equipos / unidades seleccionados deben protegerse por separado de todo el sistema de energía, ya que las características de estos equipos / unidades seleccionados son diferentes de otros accesorios eléctricos asociados.

- Transformadores
- Generadores
- Motores
- Barras colectoras

Son algunos Equipos / Unidades específicos sobre los que se emplea relé diferencial.

El relé diferencial funciona según un principio simple.

=

Comparamos magnitud y fase o magnitud o fase de magnitudes eléctricas en relés de protección diferencial.

## 6.2 Leyes básicas que siguen los relés diferenciales

Ley de Kirchoff

En un nodo o sección en particular

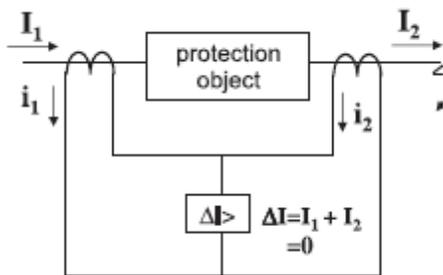
=

## 6.3 Tipos de relés diferenciales

- Relé diferencial de corriente
- Relé diferencial polarizado

### 6.3.1 Relé diferencial de corriente:

Secundario de dos transformadores de corriente están conectados en serie a través de la unidad protegida.



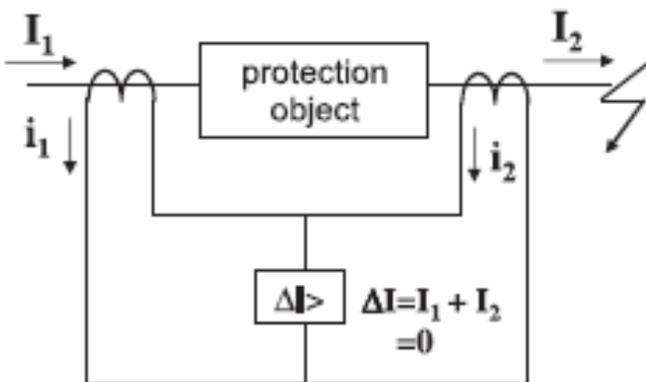
**Cuando el sistema es normal**

$I_1$   $I_2$   $I_1$   $I_2$  ,La suma vectorial  $\Delta I = I_1 + I_2$  de ambas corrientes (entrar y existir) será cero / definido por el usuario

**Condición anormal**

$I_1$   $I_2$   $I_1$   $I_2$  ,La suma vectorial  $\Delta I = I_1 + I_2$  (pero recuerda  $I_1$   $I_2$  ambos están en dirección opuesta cuando el sistema es normal, significa  $I_1$  es positivo entonces  $I_2$  es negativo) de ambas corrientes (entrar y existir) será mayor que cero / definido por el usuario

Sin impacto si la falla ocurrió fuera del bucle diferencial, lo llamamos situación de falla externa, ya que la falla externa está fuera de la zona de protección diferencial. (Figura 4D)



**Figura 4D**

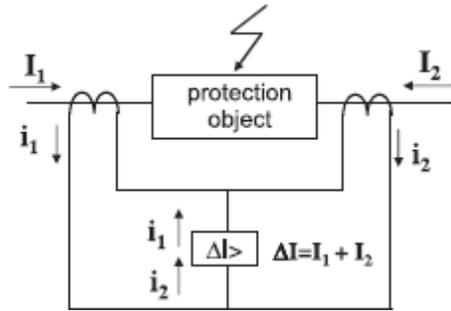
La corriente de restricción se introduce aquí en el relé de protección para prohibir que el relé diferencial funcione cuando ocurre una falla fuera de la zona protegida diferencial, cuando ocurre una falla externa, la dirección de ambas corrientes (lado secundario) será la misma en la falla, pero habrá impacto de esta falla externa. en el transformador, para evitar este impacto usamos el factor de corriente de restricción en el relé de protección para que nuestro relé no se dispare excepto en caso de falla en la unidad protegida diferencial seleccionada.

$$= I_1 - (-I_2) = I_1 + I_2$$

Puede ver que tanto la entrada actual como la existente están en la misma dirección que

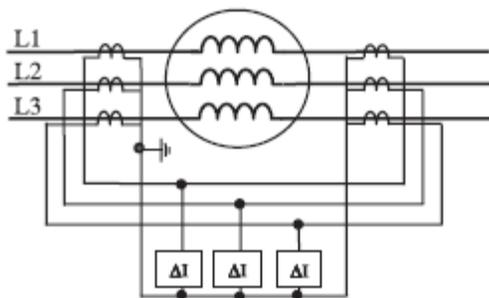
Cuando ocurre una falla en el equipo protegido por debajo del diferencial, entonces  $\Delta > 0$ , esto sucedió porque inicialmente cuando el sistema está en condiciones normales.

$I_1$   $I_2$  Están en la misma dirección,  $I_1$   $I_2$  (entrada secundaria al relé diferencial) están en dirección opuesta y en el relé diferencial se agregaron para dar cero amperios. Cuando falla incept



2 , ahora 1 2 ambos están en la misma dirección, y  $\Delta$  es mayor que cero / definido por el usuario. En esta situación, el relé de protección se activa para aislar la unidad / sección en la que se utiliza la protección diferencial.

En generadores, motores podemos aplicar los mismos TC en ambos lados para protección diferencial.

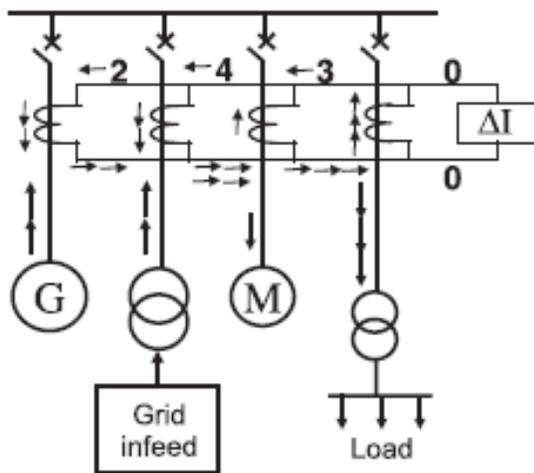


pero para los transformadores, la relación de los TC es diferente. Esta disposición se debe a un nivel de voltaje diferente en ambos lados del transformador.

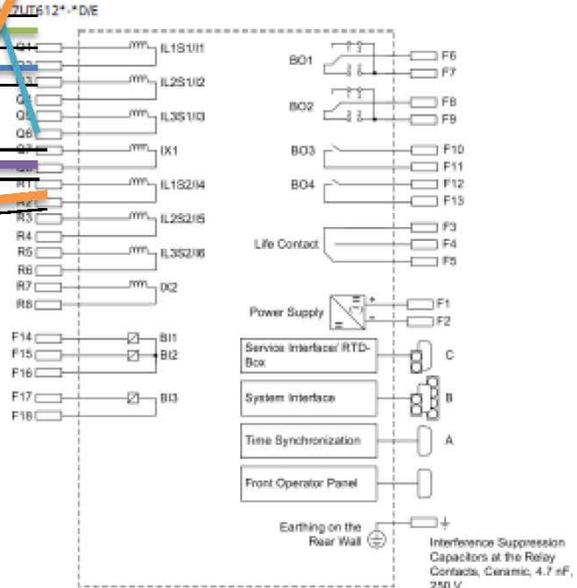
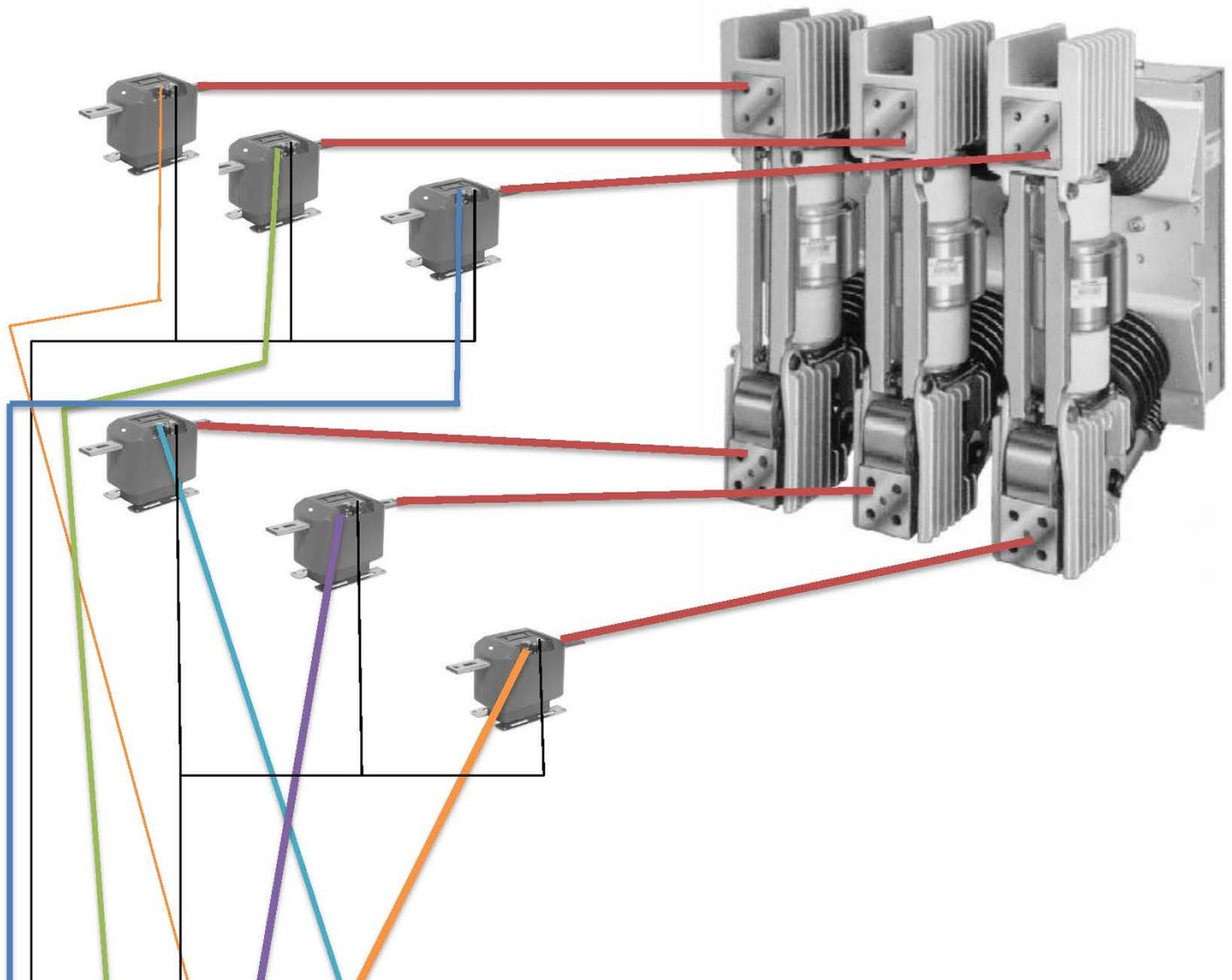
Debido a la diferente relación de CT en ambos lados del transformador, usamos CT de interposición; La interposición de TC corrige los errores de relación y fase. El factor de coincidencia es un término que se utiliza para la comparación de corrientes de TC de diferente relación en la protección diferencial para transformadores.

### 6.3.1.1 Aplicación de relés diferenciales:

La primera aplicación que discutiremos es la protección diferencial de barras.



La regla es la misma, la corriente que ingresa al alimentador desde la fuente es igual a la corriente existente desde el alimentador hasta la carga en el bus.

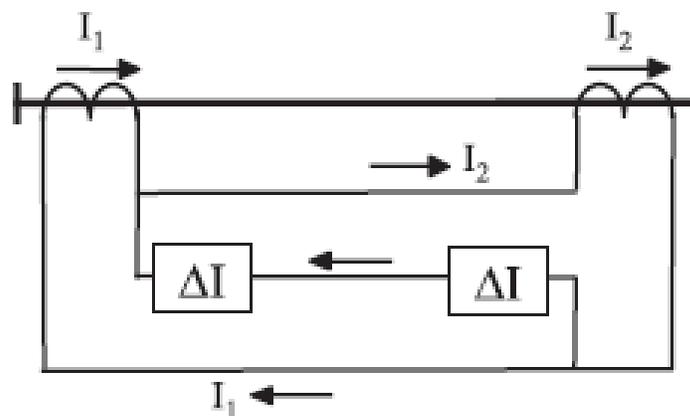


### 6.3.1.2 Protección diferencial - Piloto:

La distancia entre subestaciones será en kilómetros,

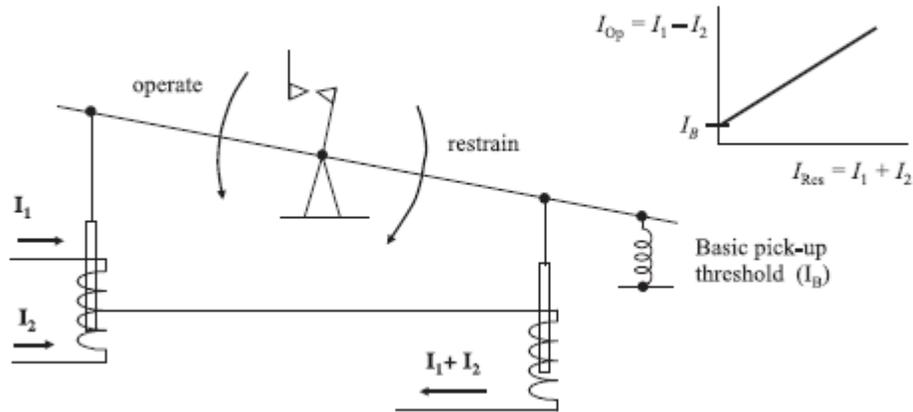
Supongamos que nuestra red está en A, y nuestra subestación principal está desde la distancia B km de A, y necesitamos proteger la barra colectora de carga o el cable entre las subestaciones, luego comisionamos relés diferenciales en cada subestación y conectamos ambos relés diferenciales a través del cable piloto. y cualquier otro modo de comunicación.

Aquí también usamos transformadores de corriente de interposición, estas TIC reducirán la corriente secundaria de los TC principales de 1 A o 5 A a mil amperios. El objetivo es reducir las cargas sobre los cables piloto o los canales de comunicación.



### 6.3.2 Protección diferencial sesgada:

Es una técnica en la que la corriente de recogida del relé de protección diferencial aumentará con la corriente de paso.



A partir de este punto, el concepto de pendiente viene en relé diferencial, donde el relé de protección produce una respuesta diferente en diferentes cantidades de falla o corriente diferencial,

Si asigné una pendiente del 10% y una pendiente del 30% en el relé diferencial, entonces la respuesta con respecto al tiempo es diferente en ambas condiciones de pendiente.

Hay dos entradas de corriente en las que funcionará el relé,

y

El relé funciona en el siguiente algoritmo,

Si  $I > I_{set}$  entonces el relé se activará, K es parcial factor y varía de 0,3 a 0,8 (30 a 80%).

En caso de falla externa  $I_{set} = 0$

$$I_{set} = \frac{I_{max}}{K}$$

La corriente de entrada se debe a un alto flujo de corriente en la activación del transformador, esta corriente de entrada provoca armónicos en el sistema, siempre que asignamos nuestros valores de activación en el relé, también incluimos la sincronización del bloque de armónicos. Si los armónicos permanecen en el sistema hasta que pasa el tiempo, el relé emite una señal de disparo al disyuntor asociado.

### 6.3.3 Caso 1:

Mencionamos a continuación los datos de un esquema.

Rated Power(ONAN/ONAF) :	20	MVA
Transformer Cooling	ONAF/ONAN	
Rated Voltage:	33 /	11.5 KV
Rated Current (HV) :	349.91	A
Rated Current (LV) :	1004.09	A
Connection :	Delta (HV), Star (LV)	
Vector Group :	Dyn11	
Taps available @Transformer Primary:	- 15%	to 5% in steps of 1.67%
NO. of Taps w/o Center Tap	12.00	
HV @ Highest tap position for +10% tap (Umax) :	34.65	KV
HV @ Lowest tap position for -10% tap (Umin):	28.05	KV
Transformer Percentage Impedance, Z % :	12.50	%
Impedance Tolerance Considered :	± 7.5	% [IEC tolerance]
Therefore Transformer Percentage Impedance, (Z%):	11.56	%

1st tenemos que seleccionar TC para el esquema de protección,

Para todo esto necesitamos usar algunas fórmulas para encontrar

$$h = \frac{\%}{1000} \times 1.732 \times 1000$$

$$= \frac{\%}{1.732} \times 1000$$

$$h = \frac{1000}{1.732 *}$$

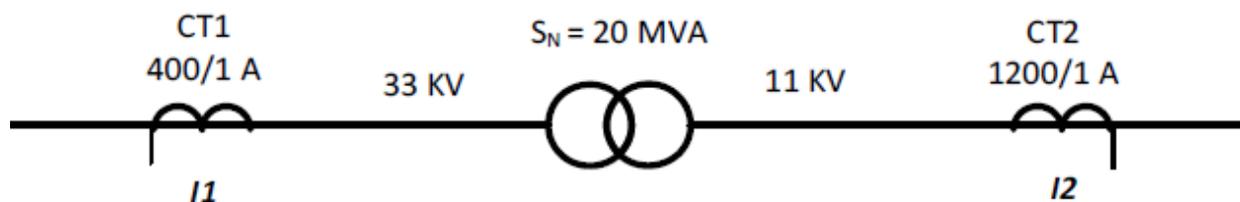
$$h = \frac{1000}{1.732 *}$$

MVA% Z	AT LV
20 12,50 173,01	33 11,5 350 1004 2099,356 8033

Nuestra elección de TC es

Lado CT	Proporción	Clase
HT	400/1	X
LT	1200/1	X

Nuestro sistema con CT ahora se ve como la figura de la mención de abajo



El ajuste diferencial debe tener en cuenta la corriente de magnetización y el efecto de cambio de tap (efecto de regulación de voltaje) del transformador

Hay dos posiciones de grifo

- Para HT, toma de + 10%, voltaje ( ) 34,65 KV
- Para LT, toma de -10%, voltaje ( ) 28.05KV

Ahora necesitamos encontrar el voltaje promedio,

$$\begin{aligned} &= \frac{2}{\left(\frac{1}{\text{max}}\right) + \left(\frac{1}{\text{min}}\right)} \\ &= \frac{2}{\left(\frac{1}{34,65}\right) + \left(\frac{1}{28.05}\right)} \\ &= 31.006 \cong 31 \end{aligned}$$

**Toque Cambio de error:**

Tenemos tres voltajes para este sistema.

$$= 31$$

$$= 34,65$$

$$= 28.05$$

A = 31 , La corriente a plena carga será,

$$\begin{aligned}
 &= * \frac{1000}{1.732 *} \\
 &= 20 * \frac{1000}{1,732 * 31} \\
 &= 372,4524
 \end{aligned}$$

A ,

$$\begin{aligned}
 &= * \frac{1000}{1.732 *} \\
 &= 20 * \frac{1000}{1,732 * 34,65} \\
 &= 333,257
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{372.454 - 333.257}{372.454} \\
 h &= 10,52398\%
 \end{aligned}$$

A ,

$$\begin{aligned}
 &= * \frac{1000}{1.732 * \text{min}} \\
 &= 20 * \frac{1000}{1,732 * 28,05} \\
 &= 411,6579
 \end{aligned}$$

Corrientes secundarias:

$$A = 31 ;$$

$$= 372,4524$$

La relación de CT en el primario es 400/1,

=

$$= \frac{372.4524}{\frac{400}{1}}$$

$$= 0,931131$$

$$A = 34,65$$

$$= \frac{333.257}{\frac{400}{1}}$$

$$= 0,8331425$$

$$A = 28.05$$

$$= \frac{411.658}{\frac{400}{1}}$$

$$= 1.029175$$

En el lado de 11KV, la relación CT es 1200/1, por lo que

$$11 = \frac{1004.09}{\frac{1200}{1}}$$

$$11 = 0,836741667$$

**Ahora tenemos que calcular >:**

Nuestra corriente de referencia es = 0,93113

$$\frac{0.8331425}{0.93113} = 0,894765$$

$$\approx 0,894765$$

$$\frac{1.029175}{0.93113} = 1,105297$$

$$\approx 1,105297$$

$$A = 34,65$$

$$\begin{aligned}
 &= ( \quad - \quad ) \\
 &= (0.894737 - \quad ) \\
 &= 0.105 \\
 &= 0.09786
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{módulo de } (I' \quad \text{maxsec} + \quad ) \\
 &= (0.8947371 + \quad ) \\
 &= 1,8947371 \\
 &= 1.764
 \end{aligned}$$

$$A = 28.05$$

$$\begin{aligned}
 &= ( \quad - \quad ) \\
 &= (1.1052971 - \quad ) \\
 &= 0.105263 = 0,1052631 * 0,93113 \\
 &= 0.098
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (1.1052971 + \quad ) \\
 &= 2.1052971 = 2,1052971 * 0,93113
 \end{aligned}$$

C

Seleccione

$$I_{diff} \geq 0.2A$$

Nuestro  $I_{diff}$  es 0.098 A, lo que significa que nuestra configuración no será inferior a 0.098A, después de considerar múltiples errores y márgenes, seleccionamos el 0.2A más cercano como nuestro  $I_{diff}$  configuración.

### Calculo de $I_{diff}$ :

Tenemos un transformador de 33/11 KV de 20 MVA con % Z de 12,50

$$h = \frac{I_{diff}}{I_{base}} \times 100$$

$$= \frac{20}{12,50} * 100$$

$$h = 160$$

$$I_{diff} = 2799,356$$

$$= 8033$$

Normalmente alto o  $I_{diff}$  será 1,3 veces la corriente de falla HT

$$= 1.3 * \quad = 1,3 * 2799,356$$

$$= 3639,163$$

Esta corriente en el secundario de 400/1 CT asociado es 9.09A

La corriente de entrada del transformador será del 8 al 12% de la corriente de carga completa

$$= 12 * \quad h$$

$$= 12 * 349,91 = 4199$$

Esta corriente en el secundario de 400/1 CT asociado es 10.4973A;  
 Seleccionaremos un valor de ajuste alto de corriente diferencial mayor que 1.3 veces la corriente de falla (podemos tomar el valor de la corriente de falla del lado HT o LT) y 8-12 veces de la corriente de carga completa en el lado HT o LT.

**Podemos configurar nuestro >> =**

### **Pendientes del relé diferencial:**

Una pendiente de relé diferencial es la relación entre la corriente diferencial y la corriente de restricción.

$$= \frac{\quad}{\quad}$$

$$= \frac{0,2}{2} = 0,1$$

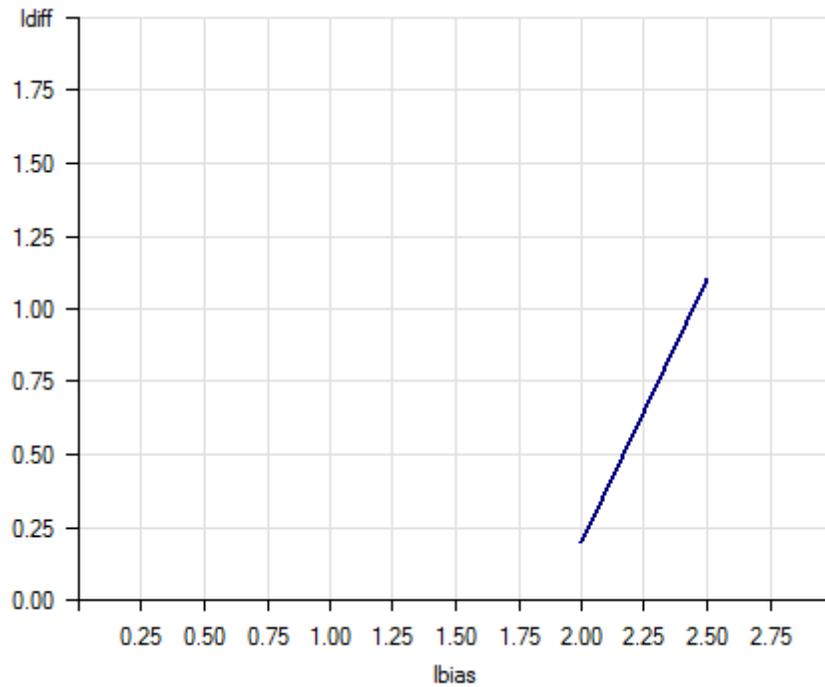
Pero considerando la situación y el requisito, ya que las posiciones de Tap son -15% y + 5% y supongamos que nuestro error de CT es 5%, seleccionamos  $m = 25\%$ , luego

$$\begin{aligned} 1 &= 25\% \\ &= 0,2 \\ &= 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 &= 50\%, \quad h = 2,5 ( ) h \\ &= 2,5 * (349,91) \\ &= 2,1869 \text{ pero seleccionamos } = 2.5 \end{aligned}$$

$$2 = \text{———}$$

$$\begin{aligned} 50\% &= \frac{\text{———}}{2,5} \\ &= 1,25 \end{aligned}$$

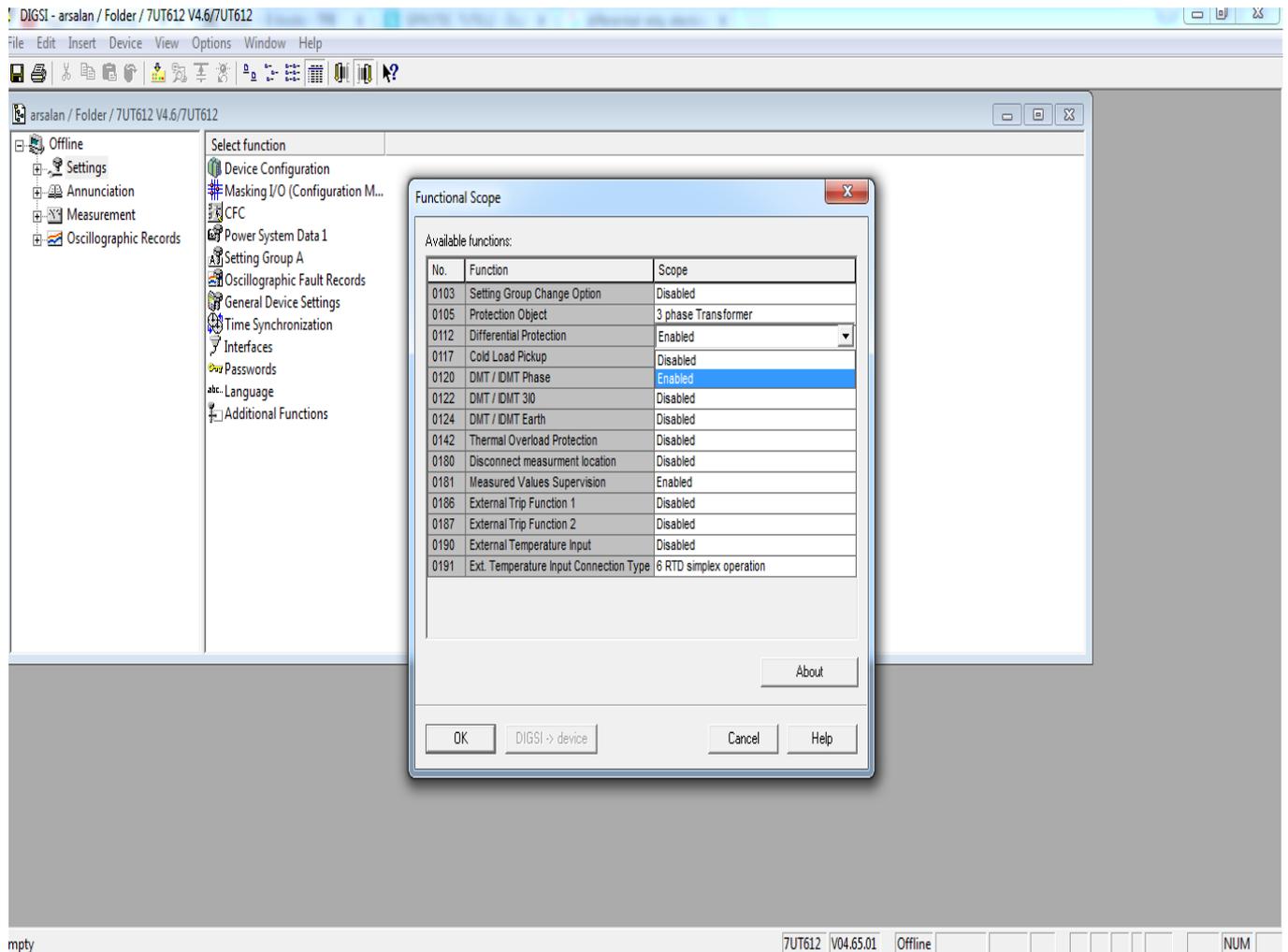


$$= ( 2 - 1 ) / ( 2 - 1 )$$

$$= 2,1$$

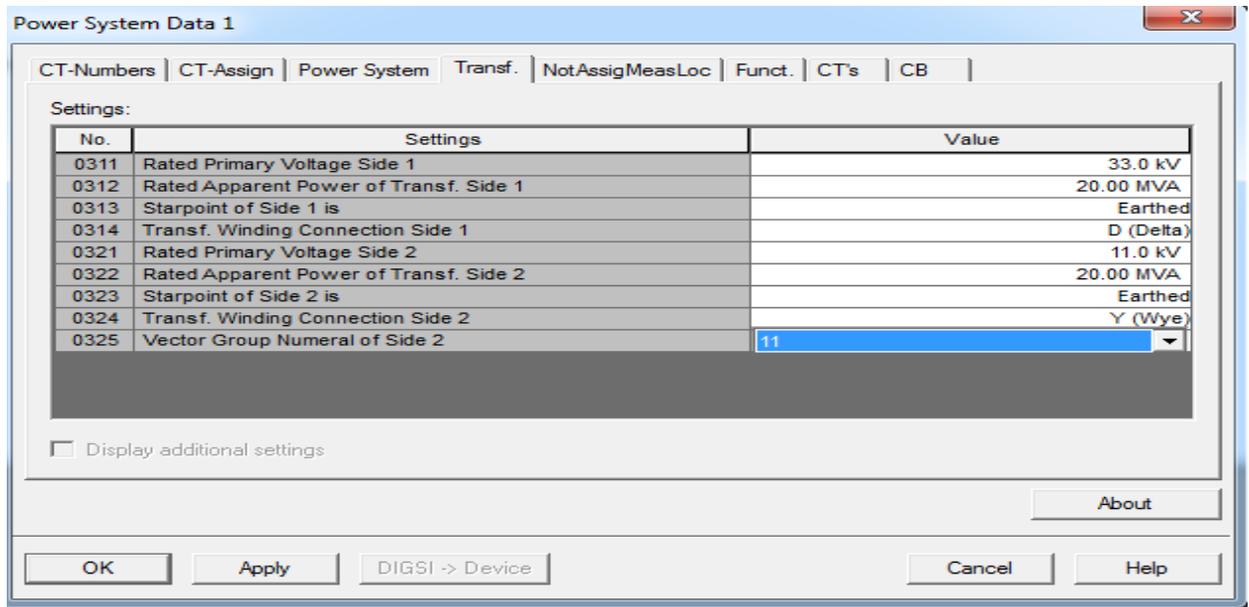
Supongamos que necesitamos poner estos valores en nuestro relé,  
nuestro relé es Siemens 7UT612,

En el primer paso, habilitaremos la función de protección diferencial en la pestaña Configuración del dispositivo

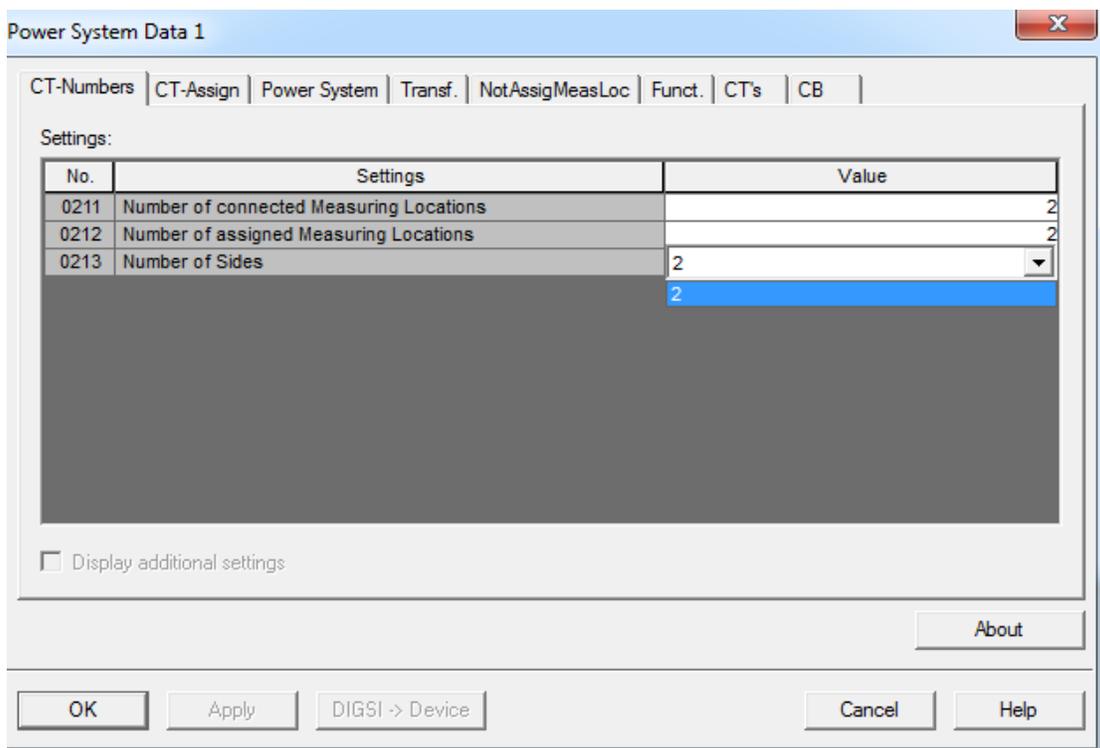


Siprotec Siemens 7UT612 es un relé diferencial de protección de transformador de dos devanados, es por eso que solo dos CT

se mostrará en la pestaña de número de CT de los datos del sistema de potencia y rellene los valores del sistema en el transformador, los CT y otros ta

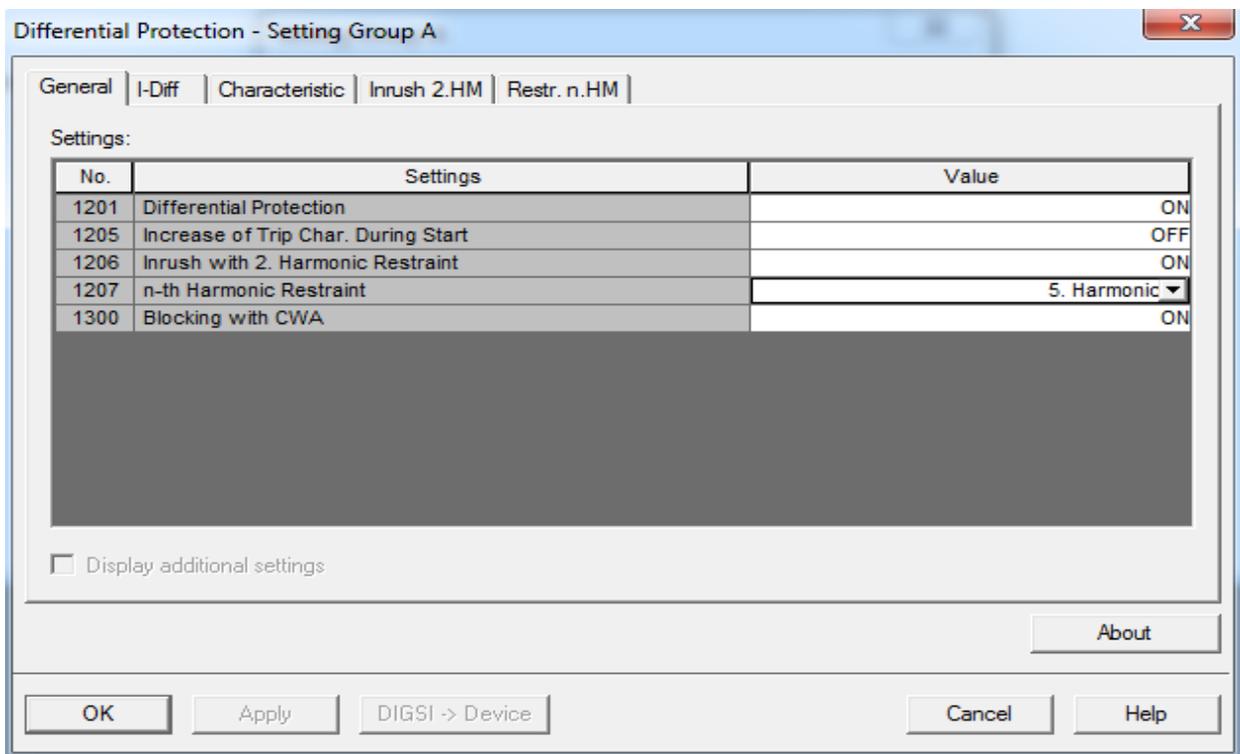
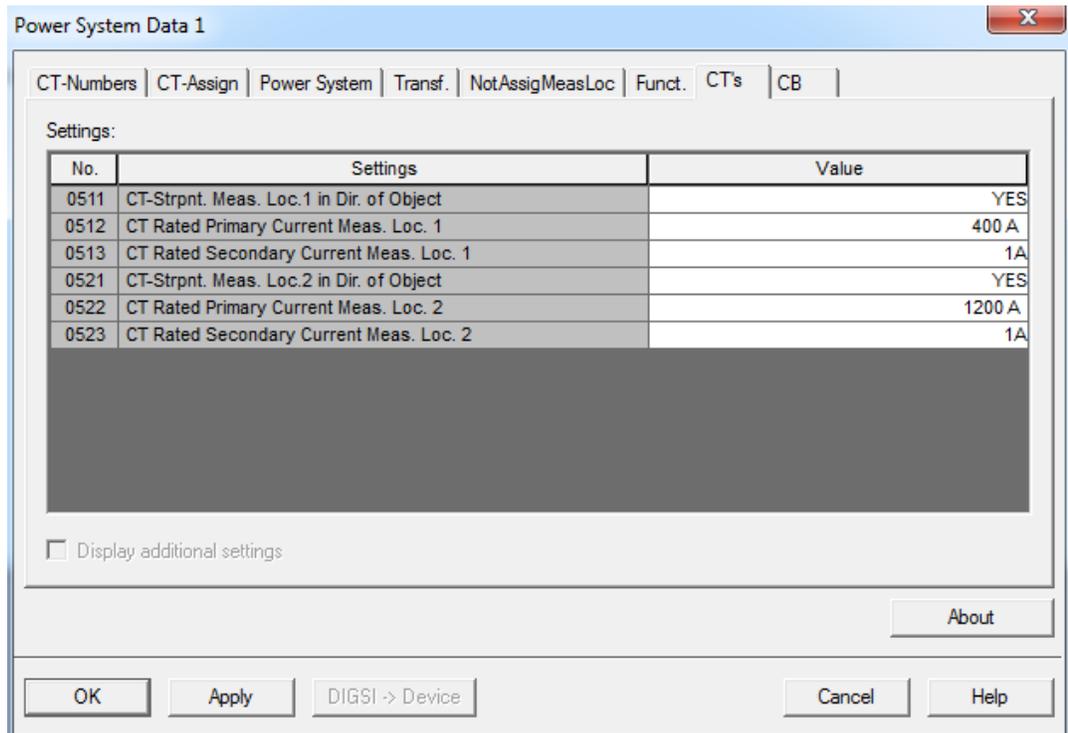


Inserte los valores del sistema en la pestaña del transformador y la pestaña CT,

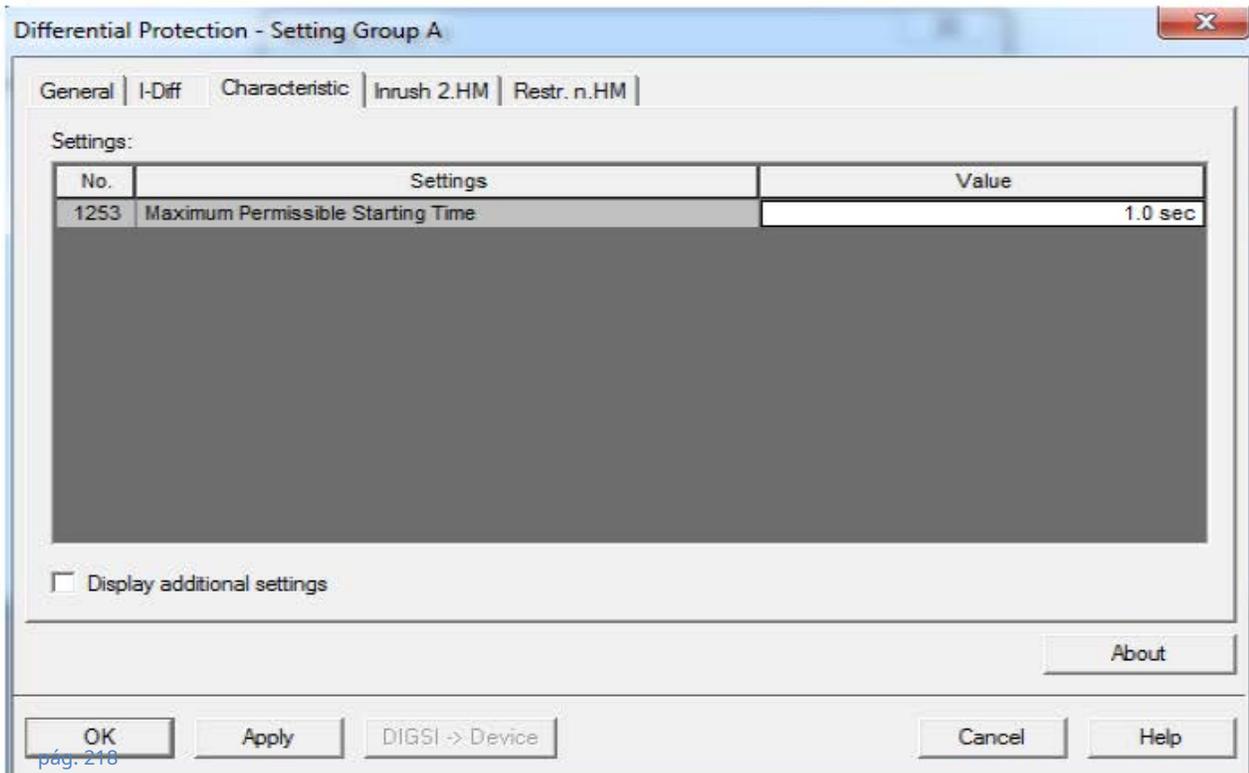
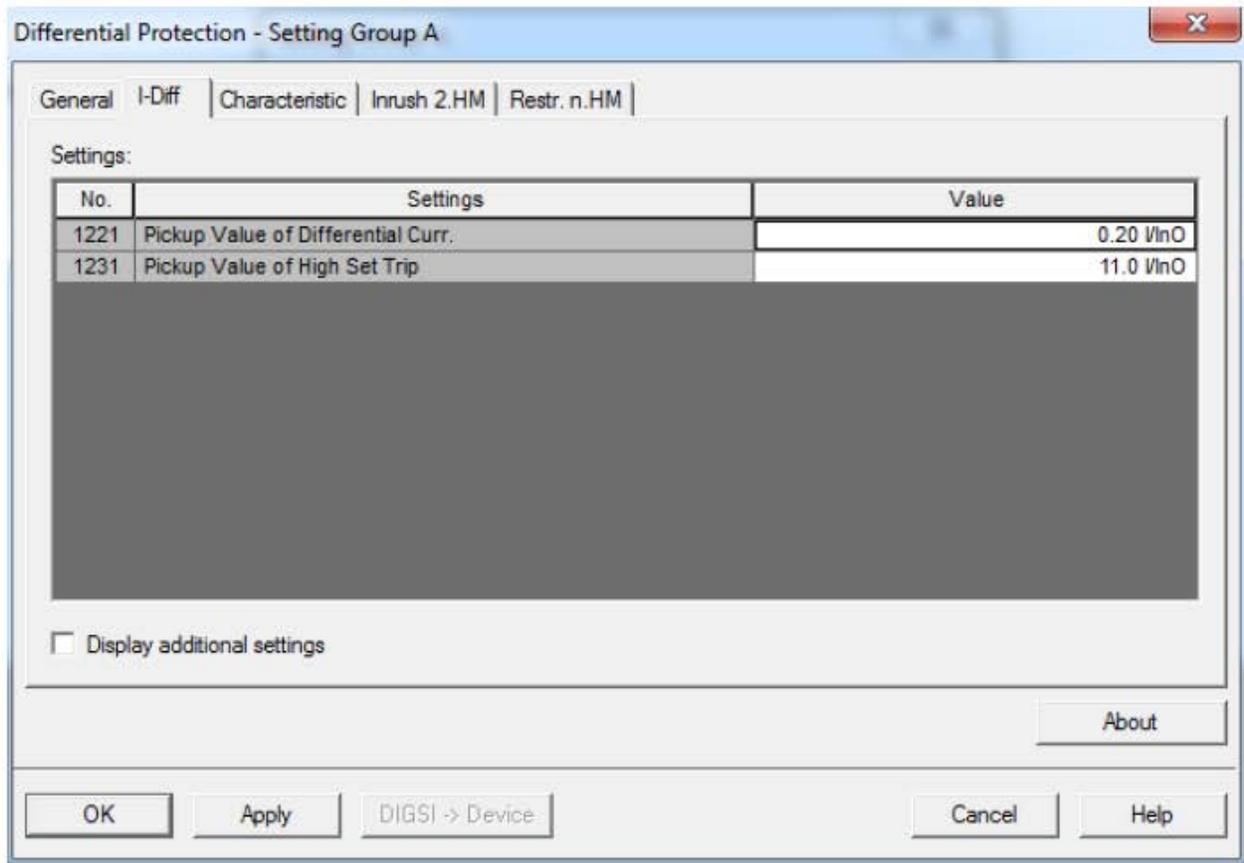


Inserte valores diferenciales, en la ventana Protección diferencial, esta ventana está en el grupo de configuración A

Según



práctica, seleccione el n-ésimo armónico como 5<sup>th</sup>, y luego seleccione la configuración en las pestañas de esta ventana,



Según la práctica y la configuración predeterminada de fabricación, seleccione  
2Dakota del Norte armónico = 15% y enésimo armónico = 30%

Differential Protection - Setting Group A

General | I-Diff | Characteristic | Inrush 2.HM | Restr. n.HM

Settings:

No.	Settings	Value
1271	2nd Harmonic Content in I-DIFF	15 %

Display additional settings

About

OK Apply DIGSI -> Device Cancel Help

Differential Protection - Setting Group A

General | I-Diff | Characteristic | Inrush 2.HM | Restr. n.HM

Settings:

No.	Settings	Value
1276	n-th Harmonic Content in I-DIFF	30 %

Display additional settings

About

OK Apply DIGSI -> Device Cancel Help

## 6.3.4 Caso 2:

Ahora tengo la tarea de diseñar un esquema de protección diferencial para un transformador estrella delta de 45 MVA, 11 / 66KV.

Paso 1: encontraré la corriente de carga completa en el transformador

$$\begin{aligned} &= * \frac{1000}{1.732 *} \\ &= 45 * \frac{1000}{1.732 * 11} \\ &= 2361,957 \\ &= 45 * \frac{1000}{1.732 * 66} \\ &= 393,6595 \end{aligned}$$

Los ratios de CT son

En primaria, sugeriré 3000/1

En secundaria sugeriré 500/1

A 3000/1 CT, el lado secundario de 2361.957A será

$$= = \frac{2361.957}{\frac{3000}{1}}$$

$$= 0,787319$$

Pero el primario es delta, entonces

$$= \sqrt{3} * \bar{0},787319$$

$$= 1,363637$$

Ahora tenemos que usar CT interpuestos ya que el grupo de vectores es diferente en ambos lados para la corrección de errores, lo uso en el lado primario, mi primario

$$= \frac{1.363637}{\frac{0,787319}{1}}$$

$$= 0,787319: 1$$

Los relés numéricos modernos se han incorporado en función de interponer TC

En 500/1, el lado secundario de 393.6595A será

$$= = \frac{393.6595}{\frac{500}{1}}$$

$$= 0,787319$$

Para tropezar, la situación es

>

Supongamos que nuestra pendiente es del 40%,

$$\begin{aligned} > 0,4 * \frac{1,363637 + 0,787319}{2} \\ > 0.430191 \end{aligned}$$

Para juego alto; >>

$$= 2361,957$$

Lo configuramos entre 8-12 veces, ya que la corriente de entrada es aproximadamente 8-12 veces la corriente de carga completa o un mínimo de 1.3 veces la corriente de falla.

$$h = 28343.48A$$

A medida que instalamos CT en el lado primario de 3000: 1,  
en el secundario de CT  $h$  es 9.4478A

Nosotros definimos >> 10

## Pruebas:

### Diagrama de circuito:

## Método:

- 1<sup>st</sup> Aísle el relé diferencial del sistema, en caso de relé diferencial, necesitamos desconectar el transformador / barra colectora / cable de todo el lado de la fuente de alimentación posible, y verifíquelo en consecuencia, solo la condición de 0 voltios de todas las fuentes de alimentación es aceptable, luego debemos quitar el bloque de prueba cubrir.
- Necesitamos un kit de inyección con 6 fuentes de corriente y dos rutas de retorno, cada fuente capaz de suministrar hasta 20 A como mínimo
- Debemos tener diagrama de circuito para relé también
- Tenemos la siguiente configuración (Caso 1) para esta prueba

> 0,2

>> 11

- Usaremos CMC 356

- Seleccionaremos la configuración para esta prueba según la secuencia de la figura siguiente que se muestra a continuación, 1<sup>st</sup> establecer el objeto protegido en el parámetro de protección diferencial

	Primary	Secondary	Tertiary
Winding/Leg Name:	Primary	Secondary	Tertiary
Voltage:	33.00 kV	11.00 kV	30.00 kV
Power:	65.00 MVA	65.00 MVA	40.00 MVA
Vector Group:	D	Y11 (Y330°)	Y0 (Y0°)
Starpoint Grounding:	No	No	No
Current:	1.14 kA	3.41 kA	769.80 A
Delta-Connected CT:	No	No	

- Vaya a la pestaña CT y seleccione aquí los valores CT

**Differential Protection Parameters** [X]

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

CT Nominal Values

	Primary	Secondary	Tertiary
Primary Current:	400.00 A	1.20 kA	800.00 A
Secondary Current:	1.00 A	1.00 A	1.00 A
Starpoint Grounding:	tow. Prot. Obj.	tow. Prot. Obj.	tow. Prot. Obj.

Use Ground Current Measurement inputs (CT)

Ground CT Nominal Values

	Primary	Secondary	Tertiary
Primary Current:	200.00 A	800.00 A	800.00 A
Secondary Current:	1.00 A	1.00 A	1.00 A
Starpoint Grounding:	tow. Prot. Obj.	tow. Prot. Obj.	tow. Prot. Obj.

- Seleccione la configuración del dispositivo de protección en la siguiente pestaña

**Differential Protection Parameters** [X]

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

Ibias Calculation

(  $|I_p| + |I_s|$  ) / K1

Factor K1 = 1.00

No combined characteristic

Reference Winding

Primary

Reference Current

Protected Object Nominal Current

Current Transformer Nominal Current

Test Time Settings / Transformer Model

Test Max: 1.500 s

Delay Time: 0.250 s

Zero Sequence Elimination

IL - I0

none

YD interposing transformer

YDY interposing transformer

Diff Current Settings

Idiff> 0.30 In

Idiff>> 2.00 In

Diff Time Settings

tdiff> 0.030 s

tdiff>> 0.030 s

Current Tolerances

relative: 2.00 %

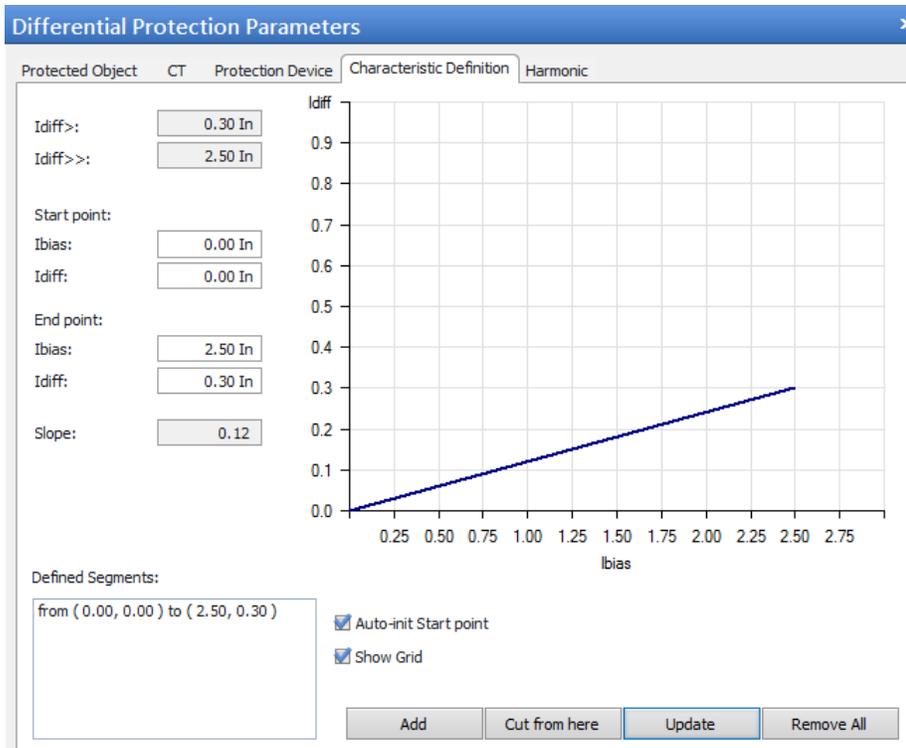
absolute: 0.05 In

Time Tolerances

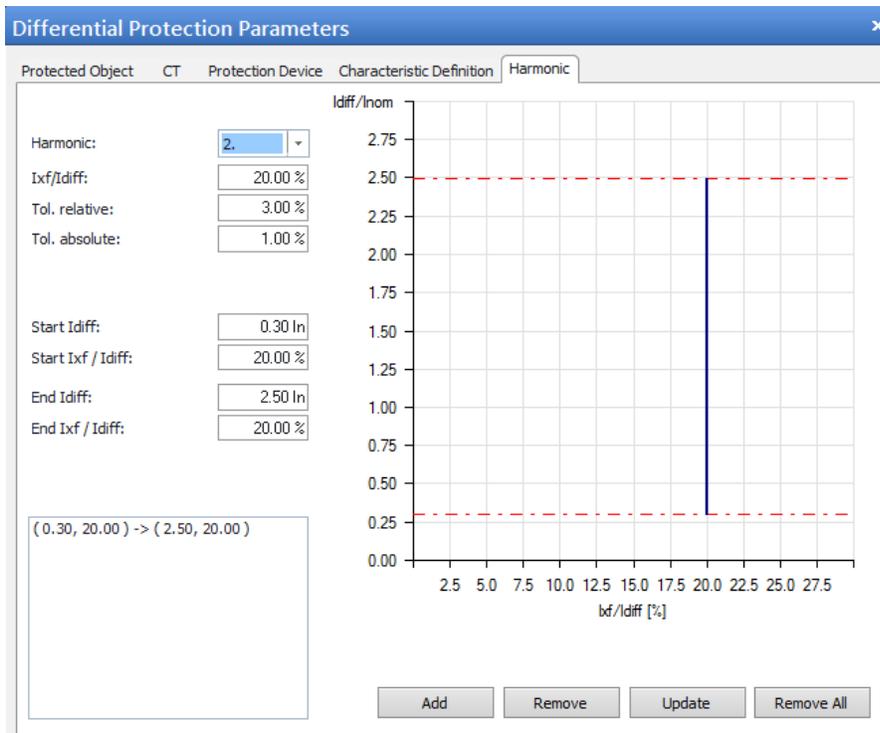
relative: 3.00 %

absolute: 0.010 s

- Seleccione las características según su esquema



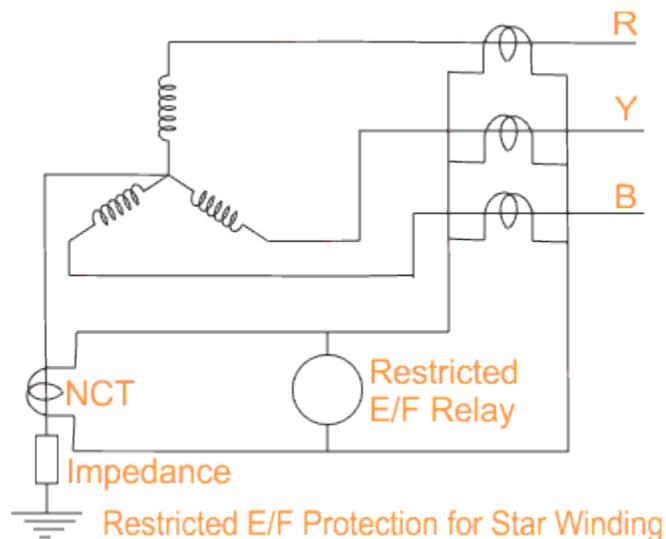
- Seleccionar armónico



**Circuito de prueba:**

## 6.4 Protección restringida de falla a tierra (REF)

La protección de falla a tierra restringida es un esquema de medio diferencial; está restringido a una región en particular, por eso lo llamamos REF.



El relé REF está conectado al transformador de corriente neutral y al punto común del CT de las fases (conexión estilo CBCT)

## 6.5 Un estudio de caso:

Necesitamos encontrar la resistencia de estabilidad. , ¿qué es esta resistencia estabilizadora?

En realidad, el resistor estabilizador es un resistor que, en condiciones de falla externa, evita que el relé funcione. El relé se puede operar en condiciones de alto voltaje.

Ahora supongamos que tenemos a continuación los datos de mención

$$= = 39,549$$

$$, = 0,1$$

$$= = 0.05 \text{ h}$$

$$= - \quad -$$

$$= \frac{39.549}{0,1} - 0.05$$

$$= 394,54 \text{ h}$$

$$= 4 * ( ) \quad \frac{2}{\quad}$$

$$= 4 * \left( \frac{39.5492}{394,54} \right)$$

$$= 15,85769$$

Cálculo Metrosil: es un VARISTOR externo, conectado en paralelo al relé, utilizado para limitar el alto voltaje producido durante la ocurrencia de fallas externas.

Tenemos otro calculo,

CLASS X CT CALCULATION		ABB	ISSUE 5/12/2011 JNH
PROJECT :		CP-7 QATAR FOUNDATION	
TRANSFORMER DETAILS		NOTES	
TYPE			
kVA	1600kVA		
FLC	2226A		
VOLTAGE RATIO	11kV/433V (NO LOAD)	415V	
IMPEDANCE	6%		
FREQUENCY	50Hz		
VECTOR GROUP			
CT DETAILS			
MANUFACTURER	HOWARD BUTLER Ltd	(HOBUT)	
CLASS	PX BS EN 60044-1:1999	BS EN 60044-1:1999	
RATIO	2500/5A		
DIMS ID/OD/AL	115mm x 195mm x 60mm		
KNEE POINT VOLTAGE	92V	Vkp	
RES @ 75 DEGREE C	0.52 Ohms	Rct	
2.5mm PILOT CORE LENGTH	2.5m	RL = 0.042 Ohms	
CT IDENT REFERENCE	CT4		
REF RELAY TYPE			
MANUFACTURER	AREVA		
TYPE	MCAG14		
INPUT	5A		
FREQUENCY	50Hz		
RANGE	20 to 80%	SECONDARY 1A to 4A	
STABILISING RESISTOR VARIABLE	47 Ohm		
RESISTOR SETTING @ 20%	40.7 Ohm		
ACB DETAILS			
TYPE	EMAX ES25 In 2500A		
POLES	TP&N		
OTHER			
NO METROSIL IS REQUIRED			

$$\begin{aligned}
415 &= \frac{1600}{\sqrt{3}} \\
&= \frac{1600}{\sqrt{3} * 415} \\
&= 2226 \\
&= \frac{2226}{6\%} \\
&= 37099,9
\end{aligned}$$

Si CT tenemos una clasificación de 2500/5, entonces la salida CT de Cortocircuito será

$$\begin{aligned}
&= \frac{37099,9}{\frac{2500}{5}} \\
&= 74.1998 \\
&= \\
&= * ( + 2 ) \\
&= 74.1998 * (0.52 + 2 * 0.021) \\
&= 41,7
\end{aligned}$$

El voltaje del punto de rodilla del CT debe ser 2 veces el voltaje del terminal del relé

$$= 2 * \\ = 2 * 41,7 \\ = 83,4$$

$$= \left( \frac{41,7}{1} \right) - \left( \frac{41,7}{2} \right)$$

Configuración del relé en 1A (20% de 2500 = 500A); la carga es de 1VA

$$= \left( \frac{41,7}{1} \right) - \left( \frac{41,7}{12} \right) \\ = 40,7 h$$

Ajuste del relé en 2A (40% de 2500 = 1000A);

$$= \left( \frac{41,7}{2} \right) - \left( \frac{41,7}{22} \right) \\ = 20,6 h$$

Ajuste del relé en 5A (100% de 2500 = 2500A);

$$= \left( \frac{41,7}{5} \right) - \left( \frac{41,7}{52} \right) \\ = 8,3 h$$

## Capítulo 7

## Ingeniería de condensadores

### 7.1 Energía

Según el famoso líder revolucionario chino mao ze tung, el poder reside en el cañón de la pistola, pero en el mundo eléctrico, si eres estudiante, está bajo la pluma del profesor y si eres ingeniero, además de los superiores técnicos / no técnicos. Literalmente, la potencia es el producto del voltaje y la corriente, o mejor dicho, el producto escalar / puntual del voltaje y la corriente.

$$P = VI$$

En cualquier sistema, la potencia que suministramos se llama potencia aparente o potencia total, pero no podemos usar la potencia total (aunque muchos de nosotros queremos lo mismo que nuestro político quiere en Pakistán), debido al calor del sistema, parte de la pérdida de potencia en el sistema que llamamos como potencia reactiva, la potencia restante se denomina potencia real.

En palabras simples,

Potencia activa / real = Voltaje. Corriente real =  $VI \cos$  ángulo entre voltaje y corriente

Corriente reactiva = voltaje. Corriente reactiva =  $VI \sin$  ángulo entre voltaje y corriente

1st de todos recuerde que el componente reactivo es necesario para causar el flujo requerido en el proceso de inducción.

Entonces, siempre que necesito encender mi motor doméstico para bombear agua, computadora para Facebook, luz de habitación, etc., tengo que pensar no solo en la potencia real que estoy consumiendo, sino también en la potencia reactiva.

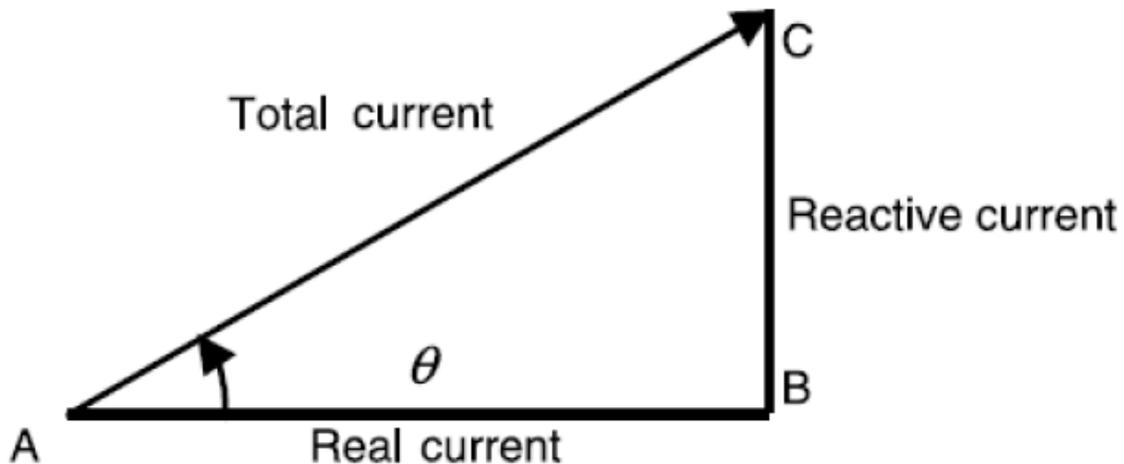
Ahora bien, ¿cómo puedo aclarar o diferenciar esta potencia activa, aparente o reactiva en mi mente, puedo usar la terminología Factor de potencia.

## 7.2 Factor de potencia

El factor de potencia es la relación (recuerde que todos somos racionales en nuestra mente, si no está de acuerdo, solo piense en su última transferencia de dinero a casa o en la compra de un nuevo móvil) entre la cantidad de energía aparente que obtuve de la subestación / estación de red y la cantidad Solía.

$$= \quad /$$

Ahora déjame tomarme una libertad, ¿por qué no dije así como voltaje en ambos casos? = El triángulo de poder de mi libro antiguo se convierte en el triángulo actual



Now my Pythagoras theorem from my matric book helps me here,

$$\text{hypotenuses}^2 = \text{Perpendicular}^2 + \text{Base}^2$$

$$(\text{Total Current})^2 = (\text{Reactive Current})^2 + (\text{Active Current})^2$$

$$\text{Reactive Current} = ((\text{Total Current})^2 - (\text{Active Current})^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Active Current} = ((\text{Total Current})^2 - (\text{Reactive Current})^2)^{\frac{1}{2}}$$

This will determine the amount or magnitude only but we need direction as current is vector

$$\text{Cosine of angle} = \frac{\text{Base}}{\text{hypotenuses}}$$

Here, it will be like that

$$\cos \theta = \frac{\text{Real Current}}{\text{Total Current}}$$

Now I knew how much my current consumption. If it is more I can turn off my lights but never ever think to log off my facebook ; )

### 7.3 Estudio de caso:

Ahora, comenzamos a trabajar en un ejemplo.

I have one bulb of 100Watt, one fan of 40 Watt, 25" color TV of 150 Watt and one Air conditioner of 2000Watt, now supply 3 phase voltage is 415V. Distribution is done via Star phase. (For appliances rating I referred <https://www.daftlogic.com/information-appliance-power-consumption.htm>), I need to calculate active, reactive and apparent component of current also power factor with power factor angle.

SO,

Bulb is Resistive load , if I want to calculate Real Current then Formula is simple power formula

$$P=VI$$

3 phase Voltage = 415V

Line Voltage =  $415/1.732 = 240V$  is my phase Voltage , as in star connection, Phase to Phase Voltage ( $V_{Phase}$ ) is equivalent to 1.732 Phase to Neutral or Line Voltage ( $V_{line}$ )

$$V_{Phase} = 1.732 V_{line}$$

Bulb, We need to connect bulb at any phase to neutral, remember we need to complete our circuit, in phase to neutral our Voltage is called line voltage, so

$$V_{line} = \frac{V_{phase}}{1.732}$$

$$V_{line} = \frac{415}{1.732}$$

$$V_{line} = 239.6 \text{ Volts}$$

Bulb power consumption as per Rating is 100Watt, so load or current is

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{100}{239.6}$$

$$I_{Bulb} = 0.417 A$$

Fan has 40 Watt of Power, again I have to connect it in between Phase and neutral, so my voltage is 239.6 Volts, and Load is

$$I = \frac{40}{239.6}$$

$$I_{Fan} = 0.1669 A$$

My TV is consuming 150 Watt, and let suppose I ran it continuously 12 hours in a day, so whatever active, reactive and apparent component it is only for that period of 12 hours.

$$I = \frac{150}{239.6}$$

$$I_{TV} = 0.626A$$

Air Conditioner is again ran daily 12 hours, so

$$I = \frac{2000}{239.6}$$

$$I_{AC} = 8.347A$$

You can see, I derived all these currents from apparent power , where power factor is usually 1. So I can call them apparent current or load.

$$I_{Total} = I_{bulb} + I_{Fan} + I_{AC} + I_{TV}$$

$$I_{Total} = 0.417 + 0.1669 + 8.347 + 0.626 = 9.5569 A$$

Bulb is pure resistive load, in it the reactive component is nearly zero and as per rule

$$I_{Active} = I_{apparent}$$

In AC we have 0.8 power Factor, In fan it is 0.75 and TV we have 0.95 power factor, So

$$I_{AC \text{ Reactive}} = I_{AC \text{ Total}} * \text{Power Factor}$$

$$I_{AC \text{ Reactive}} = 8.347 * 0.8 = 6.6776A$$

$$I_{FAN \text{ Reactive}} = 0.1669 * 0.75 = 0.125175A$$

$$I_{TV \text{ Reactive}} = 0.626 * 0.95 = 0.5947A$$

$$I_{Total \text{ Reactive}} = I_{AC \text{ Reactive}} + I_{FAN \text{ Reactive}} + I_{TV \text{ Reactive}}$$

$$I_{Total \text{ Reactive}} = 6.6776 + 0.125175 + 0.5947 = 7.397475A$$

$$I_{Active} = \left( (I_{Total}^2 - I_{Reactive}^2) \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{Active} = \left( (9.5569^2 - 7.397475^2) \right)^{\frac{1}{2}} = 6.05076038A$$

Now we are calculating the power factor,  $\cos \theta$

$$\cos \theta = \frac{\text{Real Current}}{\text{Total Current}} = \frac{6.05076038}{9.5569} = 0.6331$$

$$\theta = \cos^{-1}(0.6331) = 50.72079^\circ$$

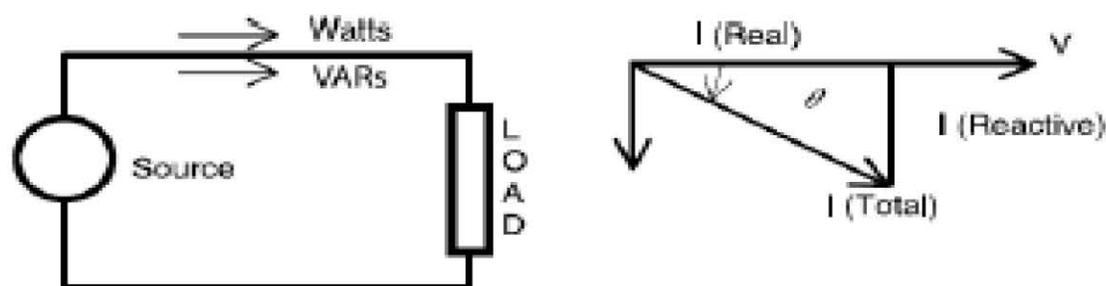
## 7.4 Factor de potencia rezagado:

**Lagging power Factor:** Believe me We are living in the Electrical world of fluxes and Heating effects (This I think is sweeping statement as our politicians are used to give and we are used to listen) , see your fan it is mainly inductive load, Pump motor is inductive, your touch mobile is capacitive in nature, your bulbs are resistive ...

As we knew our load consumption can be calculated by Power Factor, we categorized power factor in

- Lagging Power Factor
- Leading Power Factor
- Unity Power Factor

In inductive loads, power factors are lagging in nature.



In inductive load, reactive power (VAR) has been driven from the Source as Active power (Watt), we all studied Quadrant system, you clearly can observe the Apparent load or current is in -ve X and Y quadrant because Reactive current is in same quadrant, we referred that quadrant as 4<sup>th</sup> quadrant.

So if we want to calculate power factor of pure inductive load as per drawing, it is like

$$\cos \theta = \frac{\text{Base}}{\text{Hyp}}$$

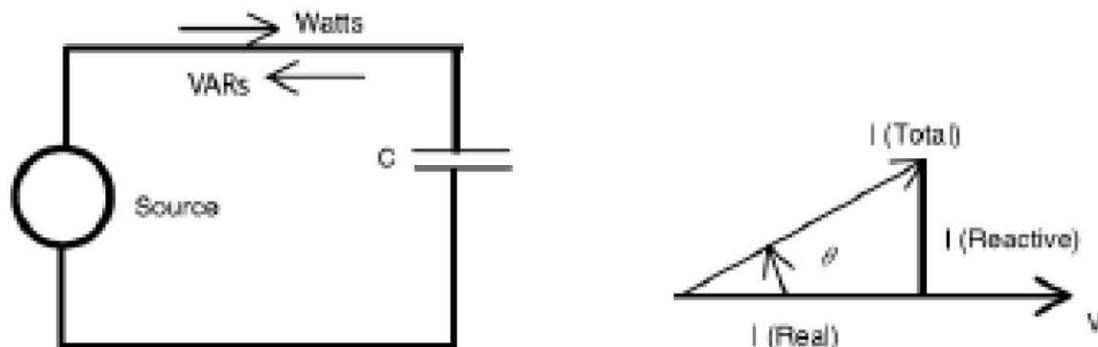
$$\cos \theta = \frac{I_{\text{Real}}}{-I_{\text{Total}}}$$

Due to Sign of Total Current , whole power Factor become -ve

## 7.5 Factor de potencia líder

### Leading Power Factor:

Capacitor is electrical equipment which supply reactive power(VAR) in system ,Source connected to capacitor only supply Watt or Active Power.



Power factor here is,

$$\cos \theta = \frac{I_{Real}}{I_{Total}}$$

Total current is in 1<sup>st</sup> quadrant where both X and Y axis is Positive, so total Current is +ve as per Quadrant, and we count leading power factor as positive

### Let think

We have one substation in consideration, with below data

Lightning Load = 40KW at Unity Power Factor

Induction Motor Load= 100KW at 0.7 Power Factor

Synchronous motor load=200KW at 0.9 Power Factor

KW,KVA, KVAR, PF and  $\theta$  of Each load and same Quantities of over all

Hmmm,

Lightning load is resistive in nature so KW=KVAR=KVA=40, PF=1,  $\theta = 0$

Induction Motor=>

Active Power = 100KW

$$Power_{Active} = Power_{Apparent} \cos \theta$$

$$Power_{Apparent} = 100/0.7 = 142.8KVA$$

$$Power_{Reactive} = \left( (Power_{Apparent})^2 - (Power_{Active})^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$Power_{Induction\ Motor\ Reactive} = \left( (142.8^2 - 100^2) \right)^{\frac{1}{2}} = 101.94\ KVAR$$

$$\cos \theta = 0.7$$

$$\theta = \cos^{-1}(0.7) = 45.5729^\circ$$

Synchronous motor=200KW>

$$Power_{Apparent} = \frac{Power_{Active}}{\cos \theta}$$

$$Power_{Apparent} = \frac{200}{0.9} = 222.2KVA$$

$$Power_{Reactive} = \left( (Power_{Apparent})^2 - (Power_{Active})^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$Power_{Syn\ Motor\ reactive} = \left( (222.2^2 - 200^2) \right)^{\frac{1}{2}} = 101.94\ KVAR$$

$$\theta = \cos^{-1}(0.9)$$

$$\theta = 25.84^\circ$$

Total Substation Quantities

$$Power_{Active} = 40 + 100 + 200 = 340KW$$

$$Power_{Reactive} = 0 + 101.94 + 101.94 = 203.88KVAR$$

$$Power_{Apparent} = (Power_{Active}^2 + Power_{Reactive}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$Power_{Apparent} = (340^2 + 203.88^2)^{\frac{1}{2}} = 396.443KVA$$

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{Power_{Active}}{Power_{Apparent}} \right) = \cos^{-1} \left( \frac{340}{396.443} \right) = 30.9488^\circ$$

## Why should I take care of Power Factor ?

We are Either Power Consumer or Power Generator? Right!

Now if you are consumer what utility is charging from you is in KVAHr, i.e.

1KVAH=1 Unit

KVAH is saying how much KVA (Apparent Power) you burn in 1 hour. Remember you as domestic consumer consumes only Real Power but paying for apparent power

Now if you are Power Generator , same problem occurs , money or back charging in terms cannot fulfill the Generator-machine affects or losses

Most of our load is nowadays in inductive in load, and as we studied earlier if there is inductive load , Power source supply Reactive power in system , more reactive power less will be power factor.

$$Power\ Factor = \frac{Power_{Active}}{Power_{Apparent}}$$

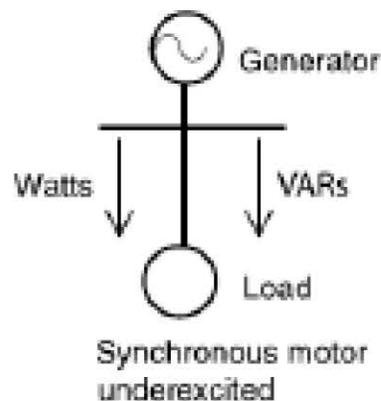
$$Power\ Factor = \frac{Power_{Active}}{(Power_{Active}^2 + Power_{Reactive}^2)^{\frac{1}{2}}}$$

We need to improve our power factor (Up to 0.95 is desirable); we have two techniques in practices

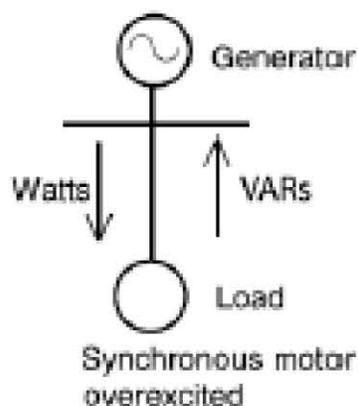
- Synchronous Condenser
- Shunt Capacitor

## 7.6 Condensador síncrono

It is very simple device, 1<sup>st</sup> of all understand this concept , synchronous motor is inductive in nature, when it is under excited means not run on synchronous speed, then it will receive not only active but also reactive power from the generator with which it is supplied to run.



Now asked your operator to run it on leading power factor, because at leading power factor Synchronous motor start absorbing Reactive power supplied from the source, overexcited Synchronous motor provide VARs to source at leading power factor



so when most of the reactive power absorbed in system, active power become the maximum part of apparent power supplied, hurrah we save our system from

reactive power factor but remember how much you paid for running your synchronous motor on leading power factor , always as industrialist or utilities is it economical for you , if condition is like paying 100 Rs to save 80 Rs it is not good for you !

This method of power factor improvement is mostly used in industries and generating stations

### 7.7 Condensador de derivación

Economical solution is usage of Shunt Capacitor, why shunt or parallel because we need to improve Power Factor on same voltage level and Remember Voltage remain same on any electrical equipment when it will be connected in parallel.

Shunt capacitor provides KVARs at leading power factor. that improve the Power factor of system.

It is economical, and as we remember the Capacitor is combination of two metallic plates with di electric medium in between so there is no rotating part situated in capacitor, means we need less maintenance. Due to this same reason Most of Utilities adopt this technology to improve power factor.

If in our system the active power is 340 KW and KVAR is 158.5, my power factor is 0.907, I need to improve it up to 0.95,

1<sup>st</sup> of all I will calculate reactive power on desired power factor

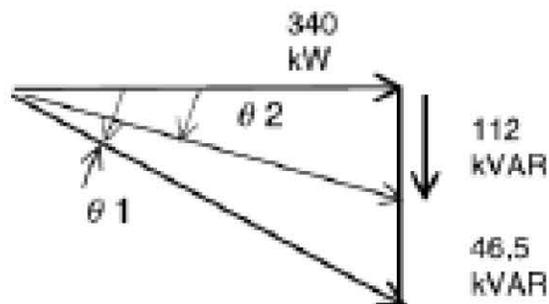
$$\begin{aligned} \text{Cos} &= \frac{\text{Power}_{\text{Active}}}{\text{Power}_{\text{Apparent}}} \\ 0.95 &= \frac{340}{(340^2 + \text{Power}_{\text{Reactive}}^2)^{\frac{1}{2}}} \end{aligned}$$

$$\text{Power}_{\text{Reactive}} = 111.75\text{KVAR}$$

How much we need to reduce is 158.5KVAR-111.75=46.74KVAR

So we need to install Shunt Capacitor or Combination of Shunt Capacitors (Capacitor Bank) of Value equal to 46.74KVAR

$\theta 1$  is the power Factor angle when Power Factor is 0.907,  $\theta 2$  is the Power Factor angle when Power Factor is desired as 0.95, The angle of desired power factor is  $18.19^\circ$



If you knew the Existing and desired Power Factor , and Active Power you can calculate the Capacitor required for Power Factor improvement

$$\text{kVAR (capacitor)} = \text{kW} (\tan \theta 1 - \tan \theta 2)$$

## Capítulo 8

### Recierre automático

Según una estimación, aproximadamente el 85% de las fallas que ocurren en el sistema de energía son de naturaleza transitoria o temporal.

Si consideramos el tiempo que en cualquier sistema existen tres tipos de fallas

- Transitorio
- Permanente
- Semi-permanente

En mi organización anterior, mensualmente tenemos 156 disparos en 24 Feeder, cuando rastreamos la causa de las fallas, muchas son así.

- Pájaro quemado
- La rama de un árbol tocó los conductores aéreos debido al viento rápido

De los 156 disparos, encontramos que el 94% del disparo es de naturaleza transitoria, lo que significa que no se encontraron fallas después de una inspección completa del alimentador. Debido a la ausencia de mitigación de fallas transitorias, perdimos

1. Aproximadamente 200 horas hombre

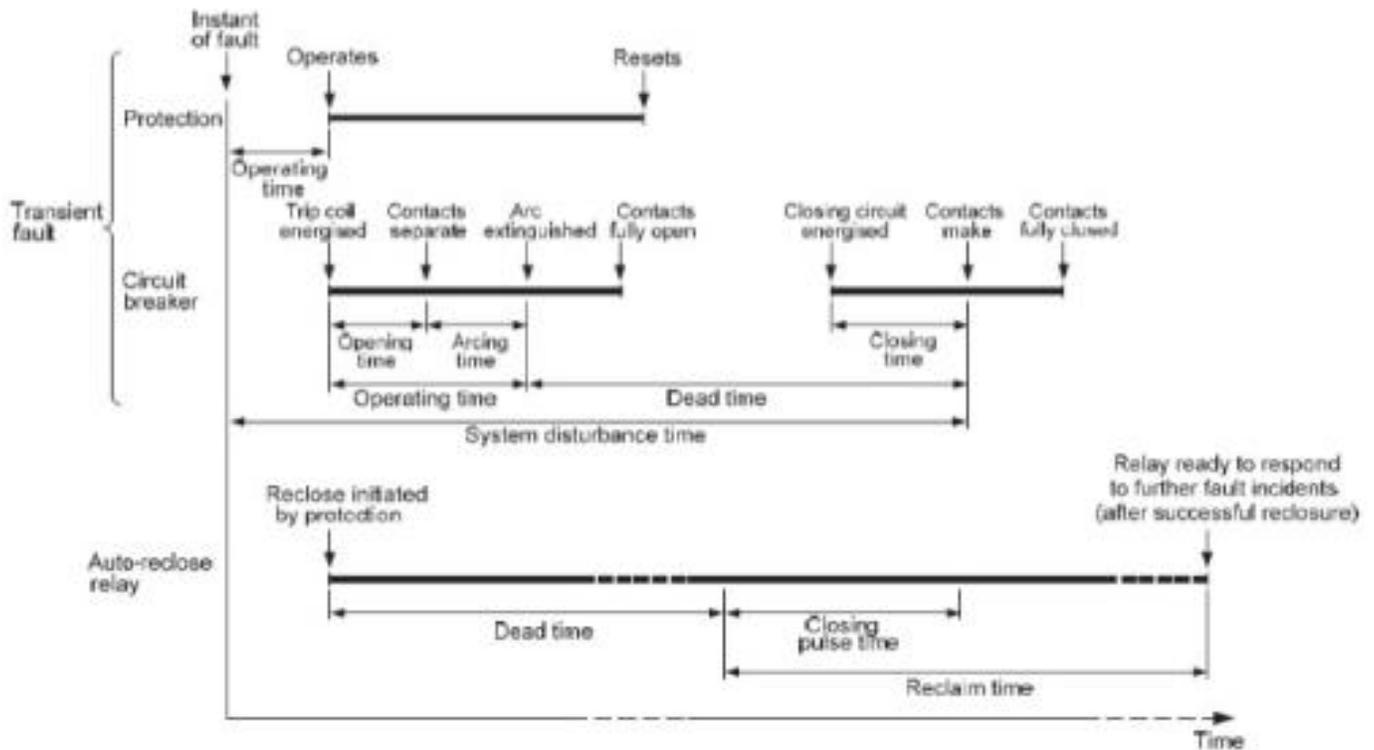
2. Aproximadamente 40 litros de patrulla
3. Aproximadamente 40 horas de retraso en la mitigación de fallas permanentes y semipermanentes de otros alimentadores
4. Aproximadamente más de 200 unidades de pérdida de energía, lo que resulta en una pérdida de un mínimo de 45.000 Rs.

Podemos resolver este problema y ahorrar dinero mediante el uso de un relé de reenganche automático; hoy en día, esta función de reenganche automático está disponible en muchos dispositivos electrónicos inteligentes o relés de protección.

## **8.1 Operación:**

El relé de reconexión automática (relé ARC) detecta una condición anormal y envía una señal al disyuntor asociado para abrir el circuito durante cierto tiempo, después de esa duración, el relé ARC intenta cerrar el circuito, pero si el relé ARC detecta que la falla permanece en el sistema, entonces nuevamente este abierto-cerrado ciclo repetido.

### 8.1.1 Ciclo de operación es como



1. Ocurre una falla, es decir, sobrecorriente o sobretensión, etc.
2. El relé ARC detecta y envía la señal
3. Se energiza la bobina de disparo del disyuntor.
4. Contacto normalmente cerrado del disyuntor que se separa
5. Arco producido entre los contactos del disyuntor.
6. Cuando la distancia entre los contactos aumenta, el arco se apaga debido a este alargamiento de la trayectoria.
7. Después de cierta demora, la bobina de disparo del disyuntor comienza a energizarse y el contacto se acerca para cerrar el circuito.
8. El arco se produce cuando el contacto se acerca entre sí.

9. Contacto cumplir completamente

10. Si la falla disminuye, el disyuntor permanece cerrado y el sistema permanece normal.

11. Si la falla persiste, este ciclo se repite desde el punto 2 al punto 9 hasta la etapa de bloqueo.

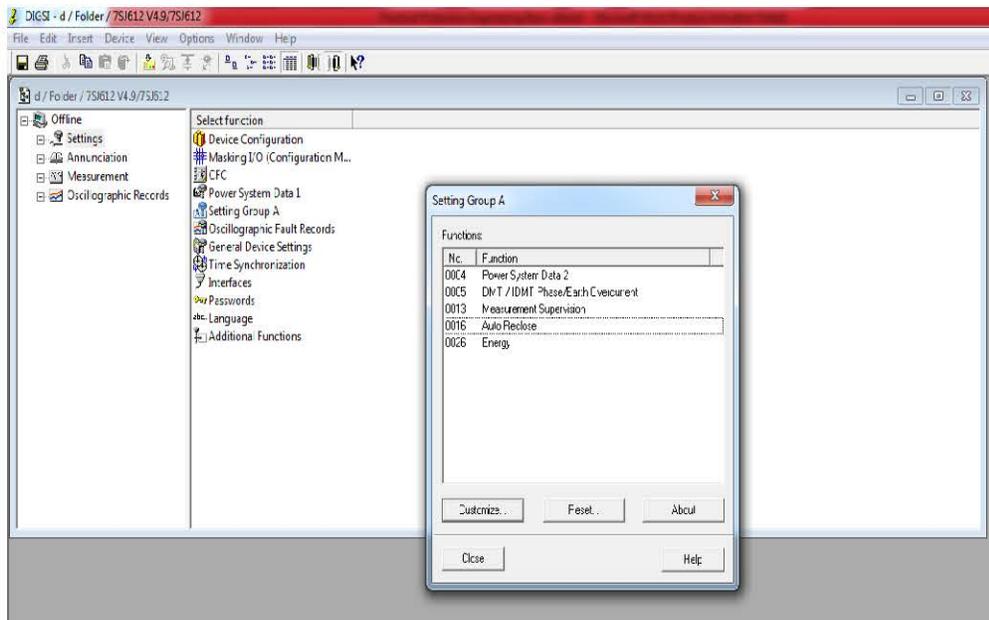
### **8.1.2 Disparos**

Por disparo significa apertura de reenganche, el reenganche automático es de disparo único o de disparo múltiple en funcionamiento.

### **8.2 Términos de uso en esquemas de reenganche automático:**

- Número de disparos
- Tiempo muerto
- Tiempo de recuperación
- Etapa de bloque

Usé Siemens 7SJ612 para la demostración, DigiSI es un software de interfaz para la configuración de relés



- Establecer valores generales, tiempo muerto, disparos en tierra y fallas de fase, retrasos, etc.

Auto Reclose - Setting Group A

General | Configuration | 1. cycle | 2. cycle | 3. cycle | 4. to 9. cycle

Settings:

No.	Settings	Value
7101	Auto-Reclose Function	ON
7103	AR blocking duration after manual close	1.00 sec
7105	Auto Reclosing reset time	3.00 sec
7108	Dynamic blocking time	0.50 sec
7113	Check circuit breaker before AR?	No check
7114	AR start-signal monitoring time	0.50 sec
7115	Circuit Breaker (CB) Supervision Time	3.00 sec
7116	Maximum dead time extension	100.00 sec
7117	Action time	oo sec
7118	Maximum Time Delay of Dead-Time Start	1.0 sec
7135	Number of Reclosing Cycles Ground	1
7136	Number of Reclosing Cycles Phase	1

Display additional settings

About

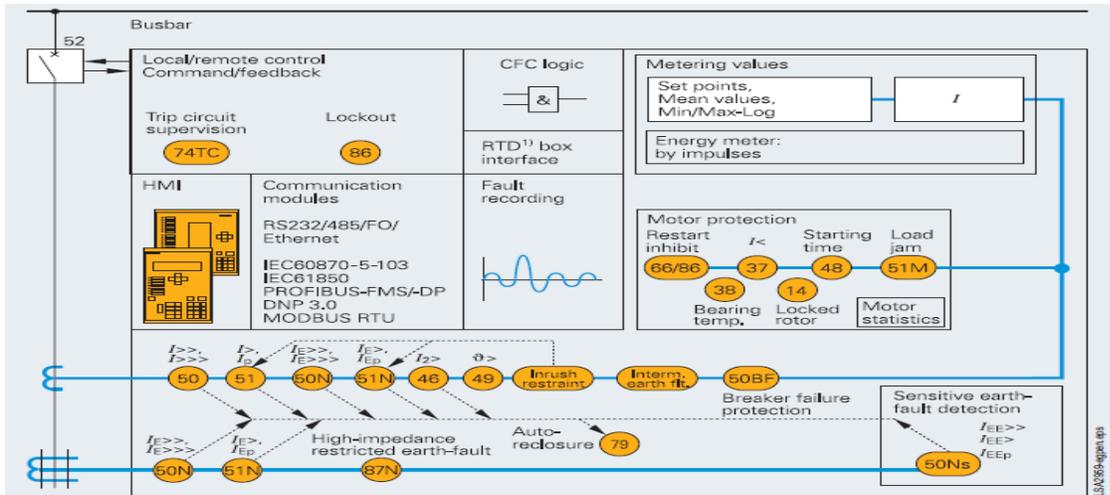
OK Apply DIGSI -> Device Cancel Help

### 8.3 ¿Qué entendemos por reenganche automático en cualquier

**circuito?** El reenganche automático es un fenómeno en cualquier circuito, este fenómeno se produce por dos medios

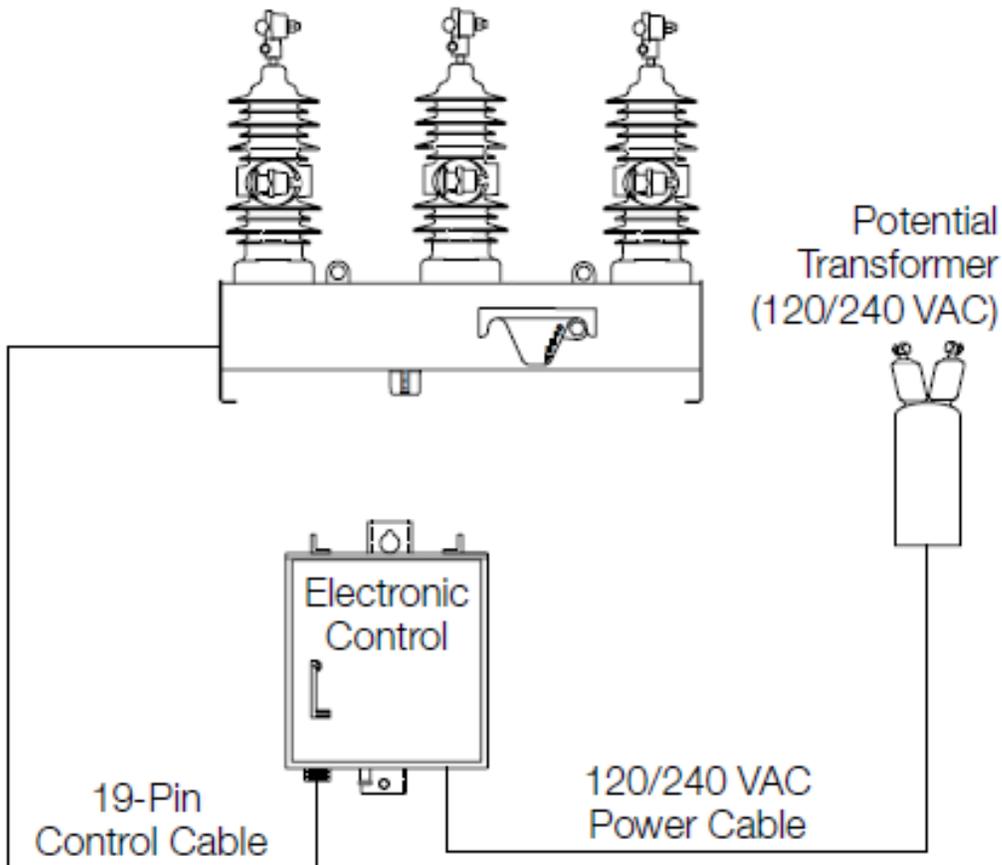
- Relé de reconexión automática y disyuntor de reconexión automática
- Disyuntor de reconexión automática y microcontrolador

#### 8.3.1 Relé de reconexión automática y disyuntor de reconexión automática



### 8.3.2 Disyuntor de recierre automático con microcontrolador

Básicamente en condición transitoria, ocurren sobretensiones que



significa que el voltaje aumenta, aquí PT está produciendo la réplica de baja tensión de la línea principal donde está instalado el reenganche automático.

### **8.3.3 Entrenamiento sobre reenganche automático:**

El ingeniero debe seguir estos pasos para trabajar en cualquier esquema de reenganche automático

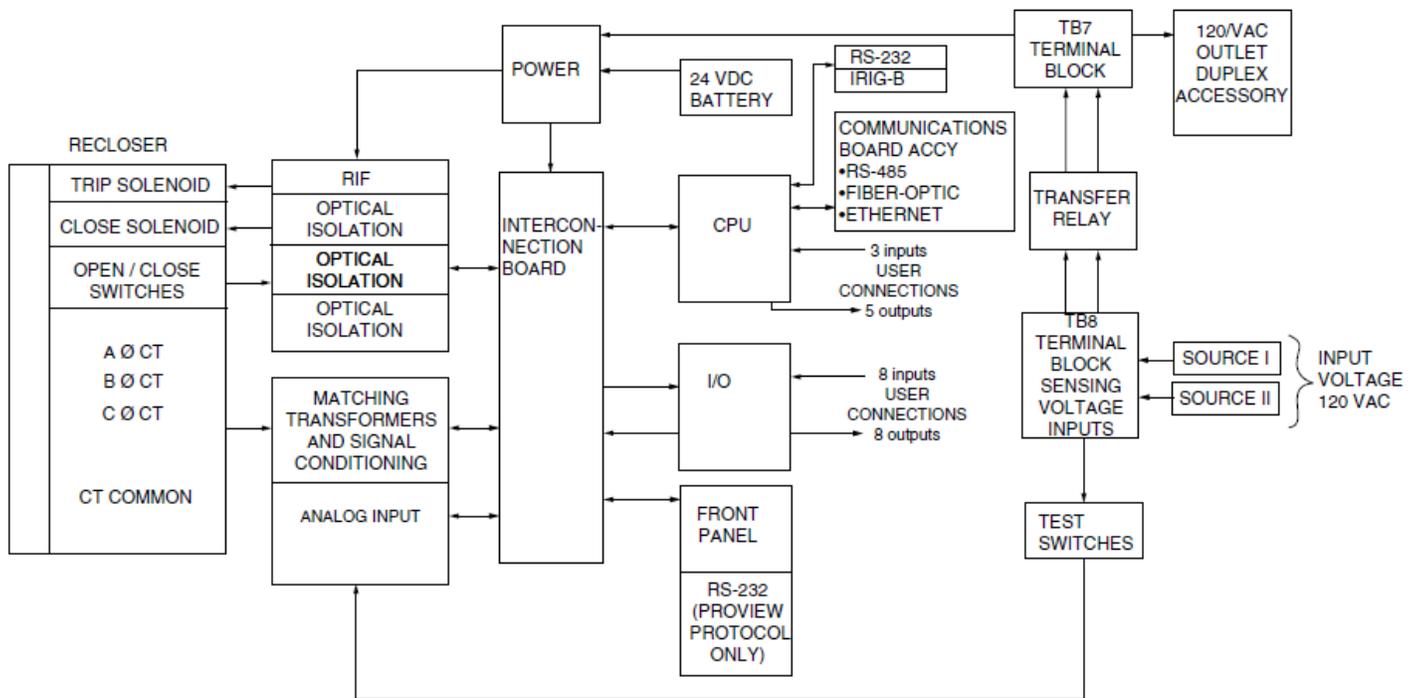
- Lea el manual de reenganche automático en el que está trabajando
- Debe tener conocimiento de los procedimientos de seguridad para el trabajo que se le asigne.
- Debe tener conocimiento del conjunto de prueba en el que está trabajando
- Aplique la conexión a tierra donde haya sabido que existe la posibilidad de flujo de corriente.
- Debe usar PPE seleccionados para un trabajo en particular.
- Debe conocer y aplicar la distancia segura del trabajo.

Aquí trabajaremos en el recierre automático Cooper Kyle F06. Este reenganche automático tiene características de

- Protección contra la sobretensión

- Protección de sobre / bajo voltaje
- Protección de frecuencia
- Direccionalidad
- Protección de suelo sensible
- Verificación de sincronización

### 8.3.3.1 Ahora vea el funcionamiento de este reenganche



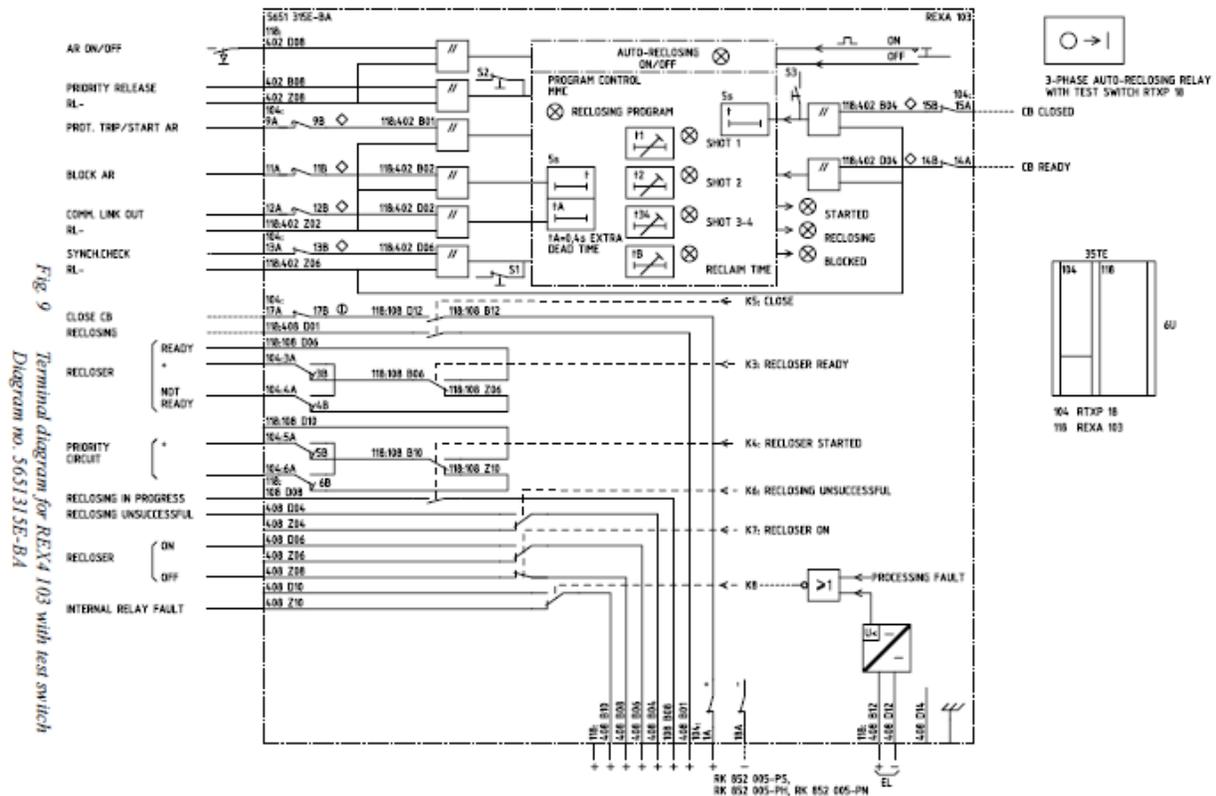
- Detección de corriente de 3 transformadores de corriente incorporados en recierre automático
- Las corrientes secundarias de las fases CT se acondicionan y luego fluyen a la CPU, desde donde se convierte a

## Formulario digital para medición y cálculo de corriente de falla en reenganche automático

- Cuando la corriente de línea o la tierra aumentan desde el valor de activación preestablecido (según TCC), luego a través de la CPU y el RIF, el solenoide de disparo del reenganche automático se energiza y la operación de reenganche automático inicia los medios 1<sup>st</sup> se produce el disparo, después de la demora cuando el reenganche intenta cerrar, nuevamente la CPU y el RIF verifican la corriente y si la corriente permanece por encima del valor mínimo de activación, entonces el reenganche automático intenta el segundo disparo, este ciclo continúa hasta la etapa de bloqueo.
- La etapa de bloqueo es el valor del número de disparos después de los cuales el reenganche automático detiene cualquier intento de cerrar el circuito y permanece en la posición abierta.
- En el sistema de distribución de 33KV y 11KV, las tomas recomendadas son de 3 a 5, pero nuevamente quiero decir que todo depende de los requisitos del cliente.
- En el sistema de transmisión de 132KV y más, la toma recomendada es una

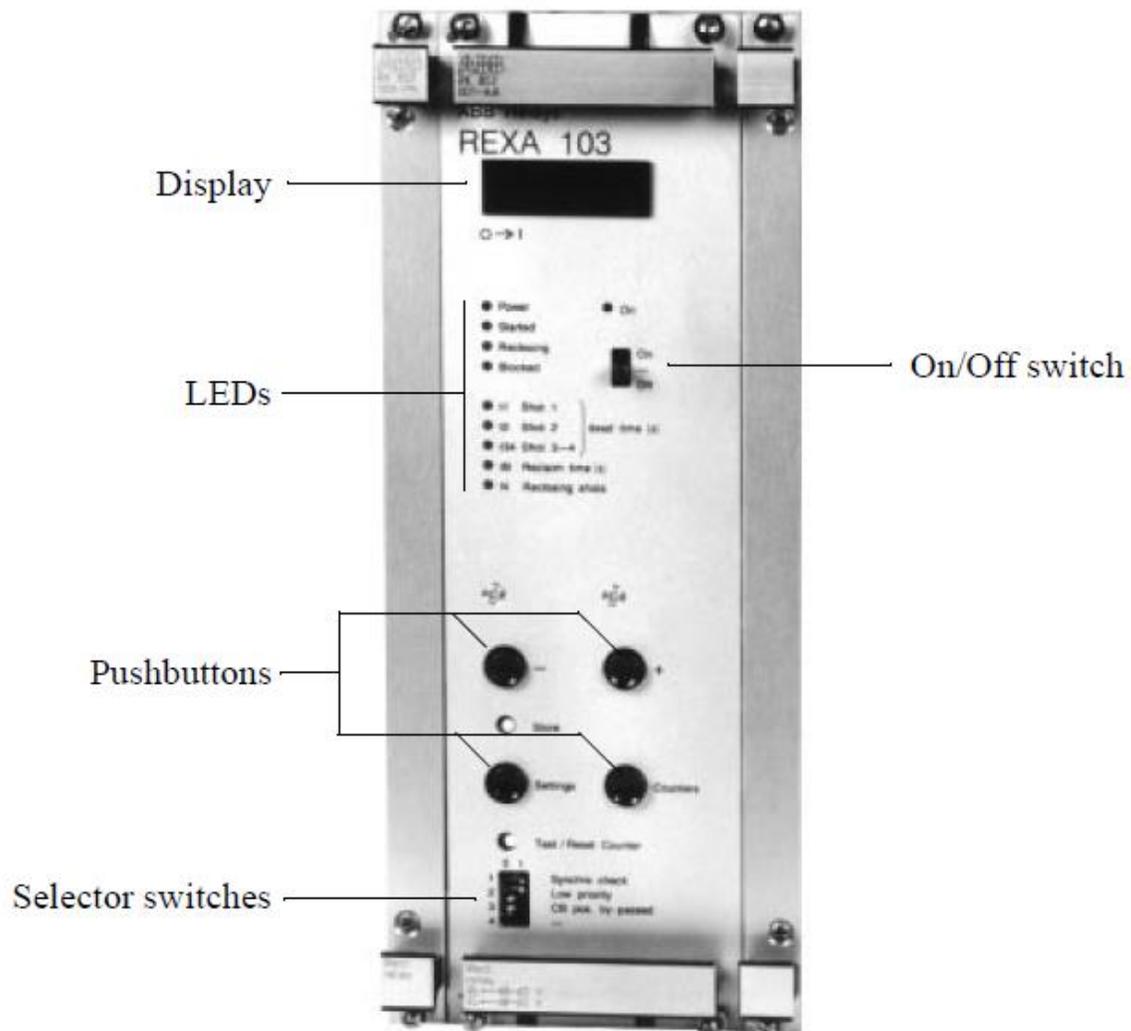
## 8.4 Método de prueba:

1st probamos un relé de recierre automático, tomé Rexa 103 para este propósito



- Debe leer el diagrama de conexión de rexa
- Aislar a Rexa de todas las fuentes de energía
- Inserte su ajuste en relé

Este relé es muy simple, los pasos para insertar la configuración son muy simples



1. Presione el botón de configuración, LED T1shot1 "ON", ahora con ayuda + y - presione el botón para configurar el tiempo, esta vez es tiempo muerto, presione el botón de almacenamiento para guardar el valor
2. Establezca de manera similar "T2 shot2" y "TB tiempo de recuperación".

Ahora tenemos que probar nuestra configuración



- La conexión de inicio de Sverker 760 a través de la conexión de cierre / interrupción se conectará a 108 D12 y 108 B12 o 408D01 y 408B01 (puntos de relé), la figura de referencia para esta conexión es la Figura 6X
- El punto de inyección de corriente 0-10A se conectará a 402B01 y 402Z02
- La conexión de parada del Sverker 760 se conectará al punto de alimentación del relé
- Luego, a través de la perilla, comience a inyectar corriente y observe el tiempo muerto

**T#02 : 489ms I**

- Ahora conecte su equipo de prueba con reenganche automático ", en este relé conecte su equipo de prueba con el relé como se muestra a continuación en la Figura 6Z
- La conexión de inicio de Sverker 760 a través de la conexión de cierre / interrupción se conectará a 108 D12 y 108 B12 o 408D01 y 408B01 (puntos de relé)
- El punto de inyección de corriente 0-10A se conectará a 402B06 y 402D06
- La conexión de parada del Sverker 760 se conectará al punto de alimentación del relé

- Luego, a través de la perilla, comience a inyectar corriente y anote el tiempo de recuperación

**T#03: 75ms 0**

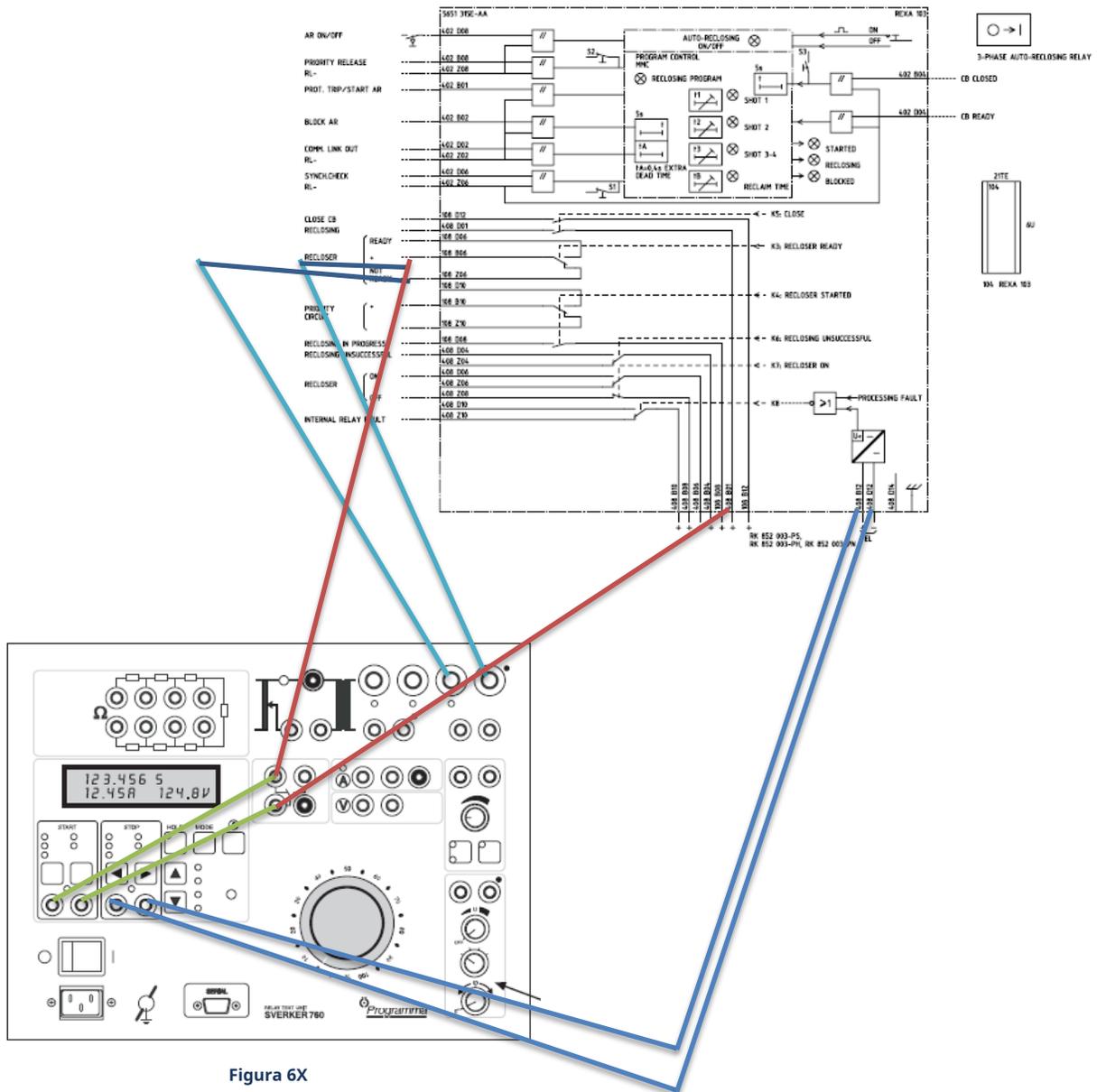
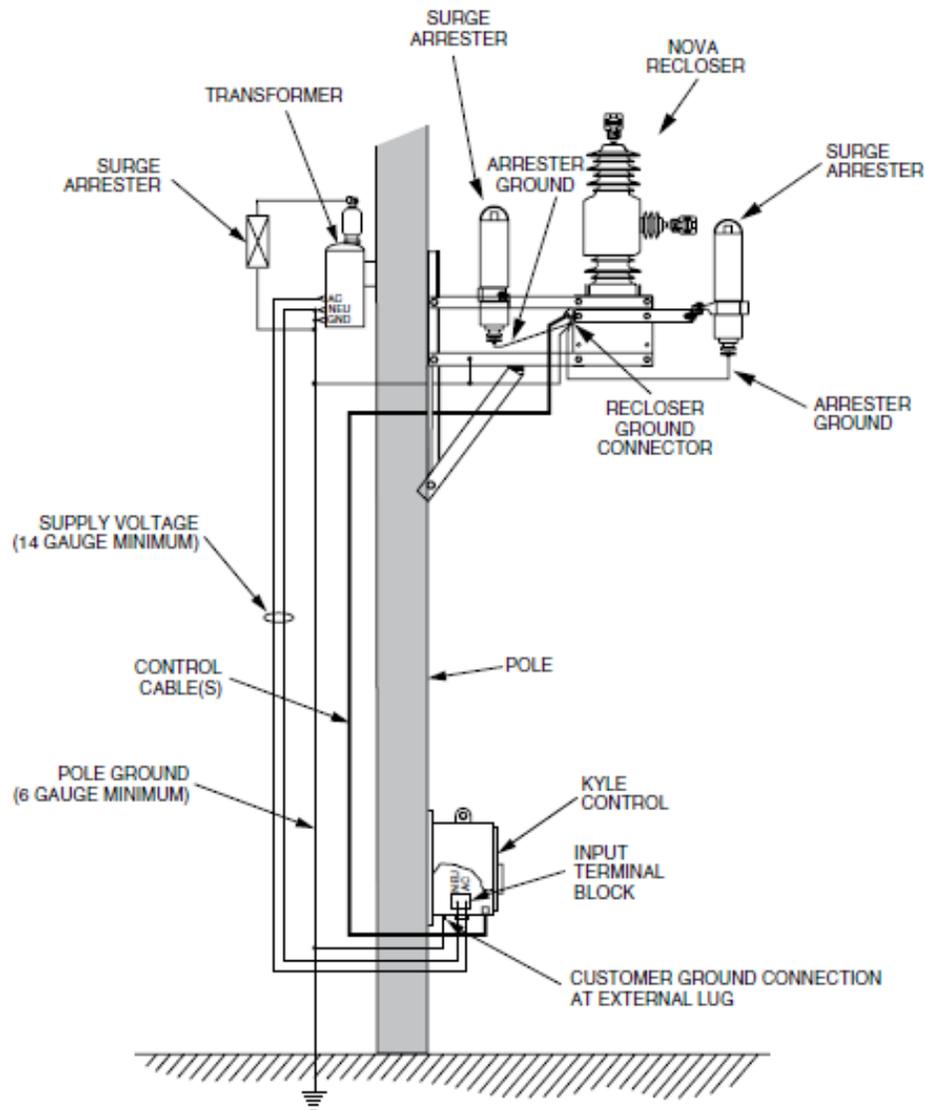


Figura 6X

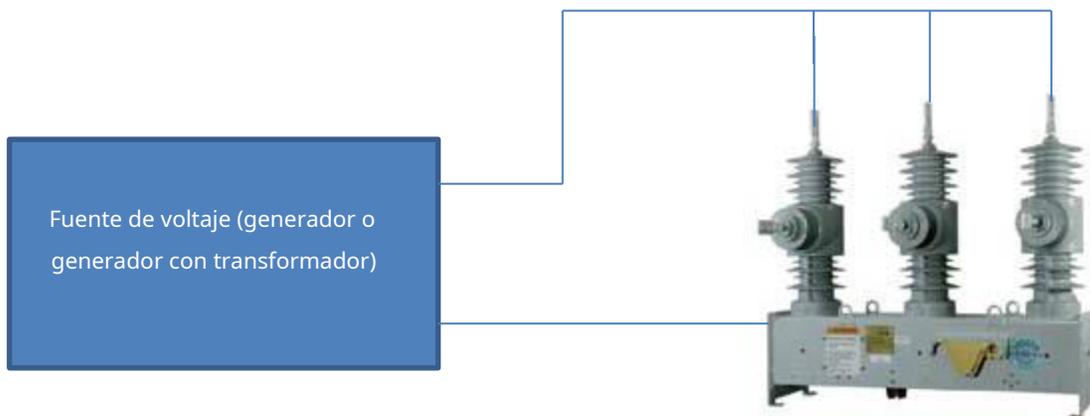
## 8.5 Reenganche automático en campo



## 8.6 Cómo probar el reenganche automático en el sitio:

- 1<sup>st</sup> leer el manual de reenganche automático

- Tome todas las medidas de seguridad, asegúrese de que 0 la posición de voltaje del equipo en el que está trabajando
- Consulte los puntos de aislamiento si es posible o el dibujo de la red y confirme que los puntos de aislamiento deben estar conectados a tierra.
- Asegúrese de que sus contactos de reconexión estén en la posición "Encendido" o "Cerrar"
- Conecte a tierra su recierre
- Realice la conexión según la figura a continuación, todas las fases de reconexión son cortas y están conectadas al punto positivo de la fuente de voltaje, y la tierra del reconexión está conectada al punto negativo de la fuente de voltaje, luego aplique al menos 1,4 veces la tensión nominal de CA o 1,9 veces la tensión nominal de CC. (debe consultar el manual del fabricante o el requisito del cliente), el reenganche no debe funcionar al menos durante 60 segundos.



- La fuente de voltaje recomendada para esta prueba es BAUR PGK110 / 5HB (80 KV AC / 110 KV DC)



- Después de la prueba, desenergice el recierre probado a través de las varillas de tierra y cortocircuitos adecuadas, no toque el equipo bajo prueba después de 1 minuto de prueba completa y confirmación de condición de 0 voltios.

## Capítulo 9

## Protección del motor

cualquier equipo convierte la energía eléctrica en potencia mecánica es un motor, el motor disponible en el mercado tiene una potencia nominal de pocos KW o caballos de fuerza a los KW requeridos o potencia de caballo, ahora la pregunta es ¿por qué calificamos el motor en caballos de potencia? La respuesta es bastante simple que inicialmente para siempre.

Para el transporte y los viajes utilizamos caballos y, para demostrar la eficacia de este nuevo equipo o invención, el científico comparó la eficiencia de la invención con el poder de movimiento de los caballos.

Nuestros motores son de naturaleza inductiva, subdividimos motores en motores síncronos y motores asíncronos. Los motores síncronos funcionan con velocidad síncrona

$$h = \frac{120}{p}$$

Dónde,

$h$

Los motores asíncronos son aquellos motores que se mueven con cualquier velocidad distinta a la síncrona.

En cualquier motor el par inicial es muy elevado, por eso todos los fabricantes permiten la sobrecarga inicial, por eso la técnica de protección del motor es diferente.

## **9.1 Condición anormal**

- Sobre carga
- Pérdida de 1 fase o todas las fases
- Motor interno fase a fase, fase a tierra o circuito abierto
- Rotor bloqueado
- No arrancar o arrancar de forma prolongada

## **9.2 Dispositivo de interrupción de línea**

- Contactor magnético
- Controlador de motor de media tensión E1
- Controlador de motor de media tensión E2

### **9.2.1 Contactor magnético**

Este interruptor se aplica al motor hasta un nivel de 600V. Este interruptor está equipado con sobrecarga térmica y

protección contra pérdida de voltaje. La protección contra pérdida de voltaje rompe el circuito cuando se pierde la fuente de alimentación del motor. La protección contra sobrecorriente en este interruptor es proporcionada por un contactor magnético del interruptor de circuito o fusibles.

**9.2.2 Controlador de motor de media tensión E1** En este controlador tenemos contactor magnético para arrancar y parar el motor, este contactor tiene protección térmica contra sobrecarga y protección contra pérdida de voltaje. Para protección contra fallas por sobrecorriente, este interruptor incluye relés instantáneos (50).

**9.2.3 Controlador de motor de media tensión E2** es similar al controlador de motor de media tensión E1, excepto que en lugar de relés instantáneos usamos fusibles en este interruptor para protección contra sobrecorriente.

### **9.3 Tipos de control de aparamenta**

Dividimos el control con respecto a la clasificación del motor

- Motores de baja tensión de hasta 100 KW
- Motores de baja tensión de más de 100KW
- Motores de alto voltaje

**9.3.1 Motores de baja tensión de hasta 100 KW** El controlador de este tipo de motor debe tener la protección que se menciona a continuación.

- Sobrecarga
- Cortocircuito

Preferimos el disyuntor miniatura para esta clasificación de motor

**9.3.2 Motores con clasificación de bajo voltaje más allá de 100KW** El controlador de este tipo de motor debe tener la protección que se menciona a continuación.

- Sobrecarga
- Cortocircuito
- Rotor bloqueado

Preferimos el disyuntor de aire para esta clasificación de motor

### **9.3.3 Motores con clasificación de alto voltaje**

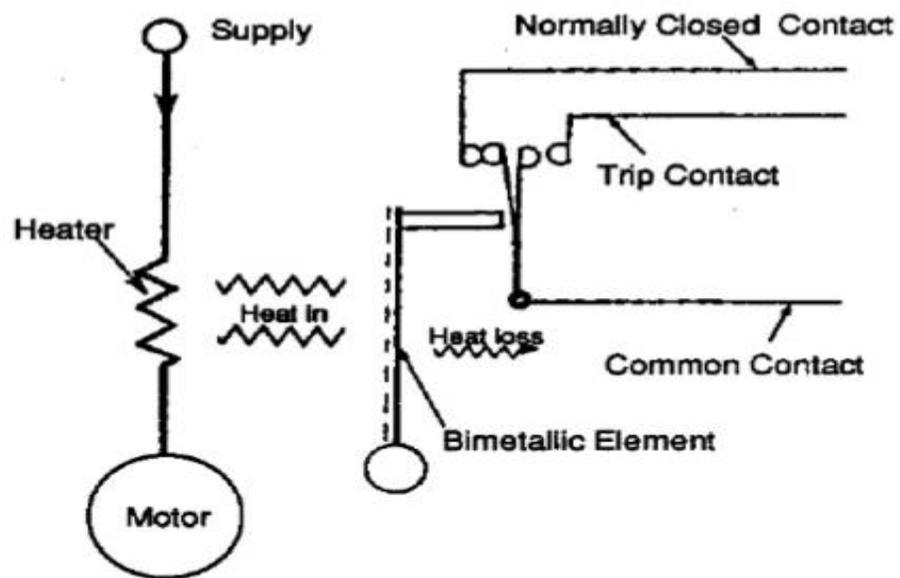
El controlador de este tipo de motor tendrá a continuación la función de protección en relés.

- Sobrecarga térmica con provisión de disparo y alarma
- Cortocircuito
- Desequilibrado

- Rotor bloqueado
- Falla a tierra
- **Bajo voltaje**
- Limitación del número de puesta en marcha

El disyuntor preferido para este tipo de motor será el disyuntor de vacío.

**9.4 Protección contra sobrecargas:** Se proporciona mediante relé bimetálico, fusibles y relé de protección del motor con



función de sobrecarga térmica. El relé bimetálico se conecta en serie con el circuito de carga, estos relés funcionan según el principio de expansión térmica, cuando la corriente de carga aumenta, el contacto metálico en el relé se expande para cerrar el circuito y enviar la señal al interruptor. Si la potencia nominal del motor es alta, el transformador de corriente se instala con un relé bimetálico.

Los usos de los fusibles en el motor pueden depender de la corriente de arranque del motor; para una clasificación más alta, utilizamos una alta corriente de ruptura.



El calor se produce en el rotor del motor debido a la secuencia de corriente negativa, esta corriente de secuencia negativa se genera en el sistema debido al desequilibrio. El relé de sobrecarga térmica proporciona protección contra esta sobrecarga térmica.

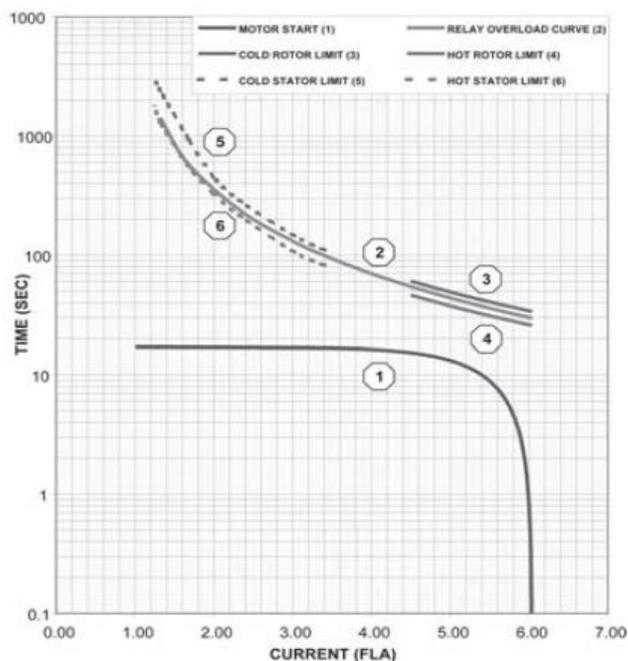
Hoy en día, esta protección de sobrecarga térmica se proporciona en relés, pero también se encuentran disponibles en el mercado relés de protección de motor especializados.

Esta corriente de secuencia negativa es de naturaleza muy pequeña y solo se identifica cuando el rotor se calienta, lo que realmente sucedió en el relé de sobrecarga térmica es que el relé aísla la corriente de secuencia negativa con múltiples corrientes de secuencia negativa agregadas a la corriente de secuencia positiva.

$$= \sqrt{2 I_1^2 + 2 I_2^2}$$

Dónde  $I_1$  es secuencia positiva y  $I_2$  es corriente de secuencia negativa,  $K$  es un factor de reconocimiento de secuencia negativa, este factor es ajustable.

El ajuste de sobrecarga térmica debe establecerse después de considerar las curvas de sobrecarga, estas curvas siempre proporcionadas por fabricantes.

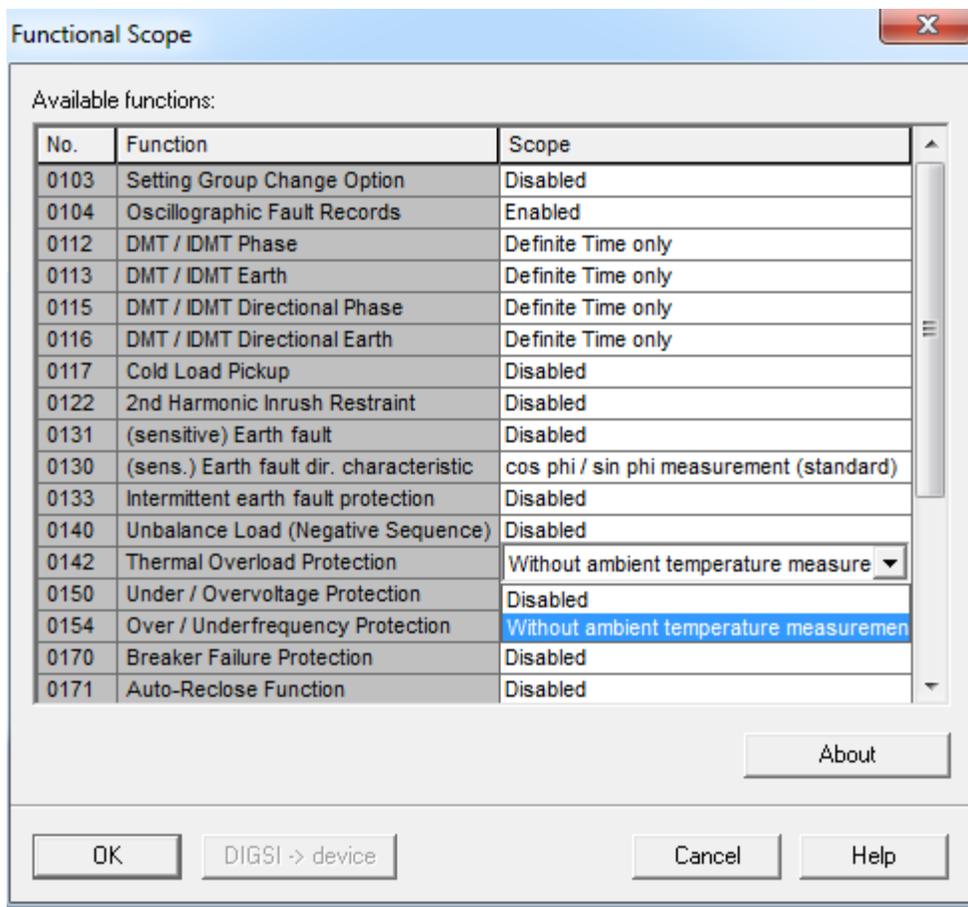


El relé de sobrecarga térmica tiene las mismas características que el relé de tiempo mínimo definido inverso.

La alarma debe contar con un relé de sobrecarga térmica, cuando la alarma se activa y el operador necesita reducir la carga para detener el disparo.

### 9.4.1 Insertar ajuste en relé

- Seleccione el relé Siemens 7SJ80 para esta demostración
- En la configuración del dispositivo, active la función de sobrecarga térmica



- Insertar datos de salida de entrada binaria en la pestaña de E / S de enmascaramiento

Settings - Masking I/O (Configuration Matrix) - n / Folder / 7SJ808 V4.7/7SJ808

Device	Information		L	Type	Source											Destination																			
	Number	Display text			BI											BO								LEDs			Buffer		S	C	CM				
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	O	S	T				
P System Data 1																																			
Disc. Fault Rec.																																			
P System Data 2																																			
Overcurrent																																			
Directional O/C																																			
Therm. Overload	01503	>BLK ThOverload		SP																															
	01507	>EmergencyStart		SP																															
	01580	>RES ThOv Image		SP																															
	01511	Th.Overload DFF		OUT																															
	01512	Th.Overload BLK		OUT																															
	01513	Th.Overload ACT		OUT																															
	01515	O/L I Alarm		OUT																															
	01516	O/L Theta Alarm		OUT																															
	01517	Winding O/L		OUT																															
	01521	ThOverload TRIP		OUT																															
01581	ThOv Image res.		OUT																																
Measur. Superv		SF1T1C 00		CF_S																															
		SF1T1C 00		SP																															
Cntrl Authority																																			
Control Device																																			
Process Data																																			

- Inserte los datos del sistema de energía en todas las pestañas de la ventana de datos del sistema de energía

Power System Data 1

Power System | Prot.Op. quant. | CT's | VT's | Breaker | Threshold BI

Settings:

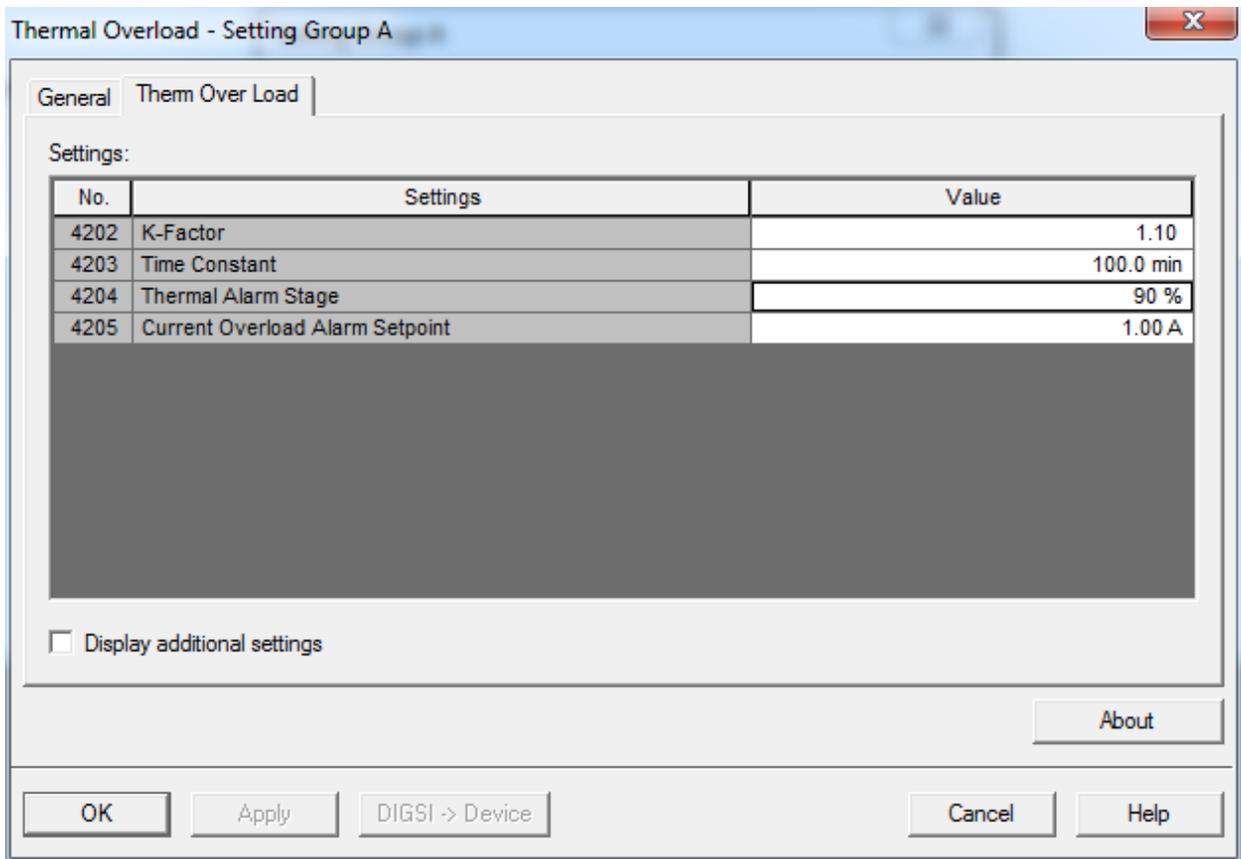
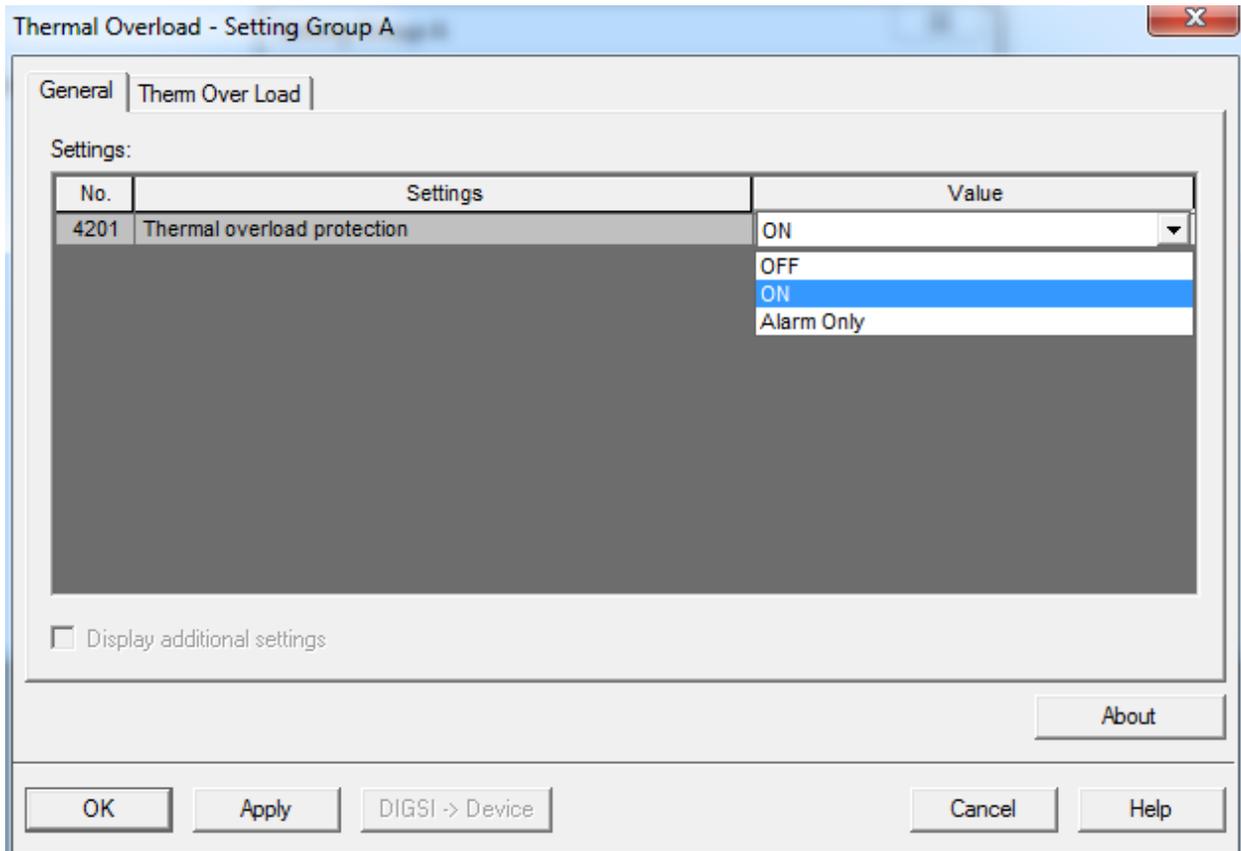
No.	Settings	Value
0214	Rated Frequency	50 Hz
0209	Phase Sequence	L1 L2 L3
0201	CT Starpoint	towards Line
0280	Holmgreen-conn. (for fast sum-i-monit.)	NO
0213	VT Connection, three-phase	U L1E, U L2E, U L3E

Display additional settings

About

OK Apply DIGSI -> Device Cancel Help

- En la configuración de la pestaña del grupo A, seleccione la pestaña de sobrecarga térmica e inserte los valores según los requisitos de su sistema



## 9.5 Protección de rotor bloqueado

Cuando el motor arranca a pleno voltaje, consume alrededor de 300 a 600% de su amperio de funcionamiento a plena carga, esta corriente de irrupción se llama corriente de rotor bloqueado. Es necesario para el movimiento del rotor.

La corriente de arranque del motor es muy alta, por lo que se proporciona un tipo especial de configuración en el relé del motor que permite una sobrecarga durante cierto período, después de lo cual, si la sobrecarga se mantiene, el relé de protección dispara el circuito para aislar y proteger el motor de daños.

Corriente de arranque ( ) y hora de inicio ( ) debe configurarse en relé, el relé calculará la tensión térmica

$$h = 2$$

Y funciona cuando el valor de la tensión térmica aumenta de los valores establecidos

## 9.6 Protección contra cortocircuitos

Es proporcionado por relés de sobrecorriente y relés de falla a tierra, ya discutidos en el capítulo Protección de este libro.

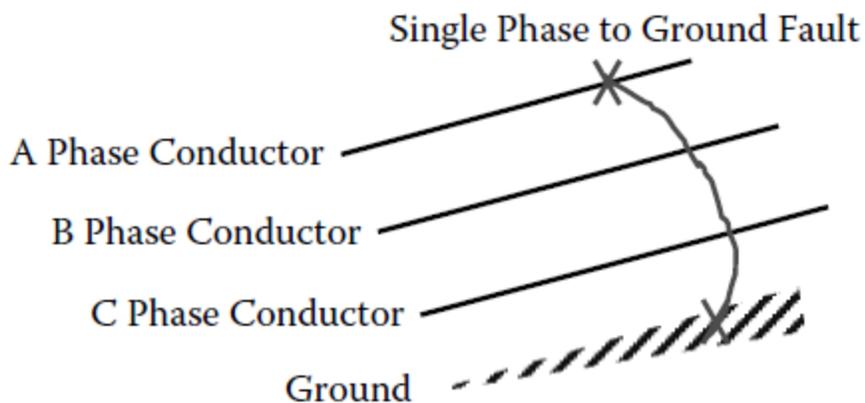
La protección de falla a tierra se puede proporcionar mediante un transformador de corriente de equilibrio del núcleo y un relé de falla a tierra.

El transformador de corriente de balance de núcleo se monta en cables y se calcula la suma vectorial de las corrientes de fase

Si el sistema permanece equilibrado, entonces

$$I_A + I_B + I_C = 0 = \dots\dots\dots ( )$$

Si el sistema está desequilibrado debido a una falla a tierra, supongamos que tenemos debajo de la línea a una falla a tierra



$$= I_A + I_B + I_C$$

$$= I_A + I_B + I_C$$

$$= I_1 + I_2$$

$$I_1 + I_2 = 0$$

Inserte estos valores en (A),

$$= I_1 + I_2 + I_2 + I_1 + I_2 + I_1 + I_2$$

$$= 3I_1 + I_2(1 + 2) + I_1(1 + 2)$$

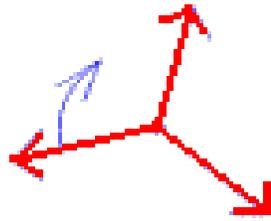
$$= 3I_1$$

En condición de equilibrio  $I = 0$ , pero como el sistema ahora está desequilibrado, habrá cierto valor de

## 9.7 Protección de secuencia negativa

El desequilibrio en el motor provoca una corriente de secuencia negativa en el motor, el desequilibrio puede deberse a

- Falta de fase debido a la apertura de uno o dos polos de los disyuntores asociados
- Falta de fase debido a fusibles quemados o falla de fusible de una o dos fases
- Debido a fallas en el sistema (fase a tierra, fase a fase, fase a fase a tierra, fase a fase a fase a tierra, etc.)



## negative sequence phase current

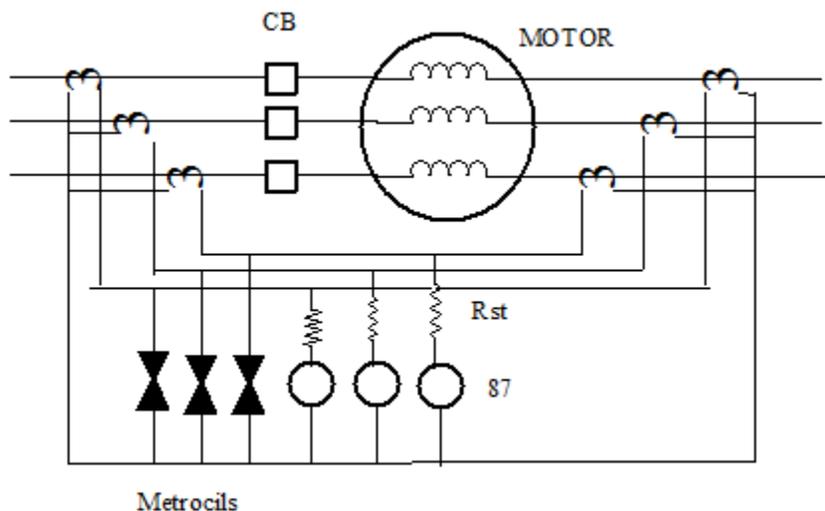
La corriente de secuencia negativa causa un campo magnético giratorio, pero este campo está en la dirección opuesta a la normal, este campo magnético en la dirección opuesta induce una corriente de doble frecuencia en el rotor. Esta corriente de doble frecuencia provoca un exceso de calor en el rotor y da como resultado un posible daño al rotor.

Por lo general, los relés tienen provisión para el circuito de la corriente de secuencia negativa mediante la medición de la corriente de secuencia negativa y luego comparan esta corriente de secuencia negativa con la corriente de secuencia negativa preestablecida, otra opción es monitorear la diferencia entre la corriente máxima y mínima, por ejemplo en

sistema de desequilibrio si la diferencia entre la corriente de fase máxima y mínima es 100%, nuestra corriente de secuencia negativa monitoreada será  $100 / 1.732 = 57.8\%$ .

## 9.8 Protección diferencial

El motor con una clasificación de más de 1,5MW debe protegerse contra fallas de corriente diferencial, lo que significa que este motor de clasificación necesita un relé de protección diferencial.



## 9.9 Parada del motor

Cuando el motor no arranca o se detiene mientras está en funcionamiento y la fuente de alimentación aún está conectada, entonces consumirá una corriente igual a la corriente del rotor bloqueado (600 a 700% de la carga completa).

corriente), el motor debe aislarse del circuito instantáneamente para protegerlo de las quemaduras. Este aislamiento lo logramos a partir de dispositivos de protección contra sobrecorriente y relés de sobrecarga adicionales.

Si este dispositivo de protección adicional es necesario o no, depende de la relación entre el tiempo de arranque del motor y la relación de tiempo de bloqueo permitido.

## **Bibliografía**

Guías IEEE

NPAG-Alstom

Autorrecierre-Cooper

IEC 60044-1

IEC 60044-2