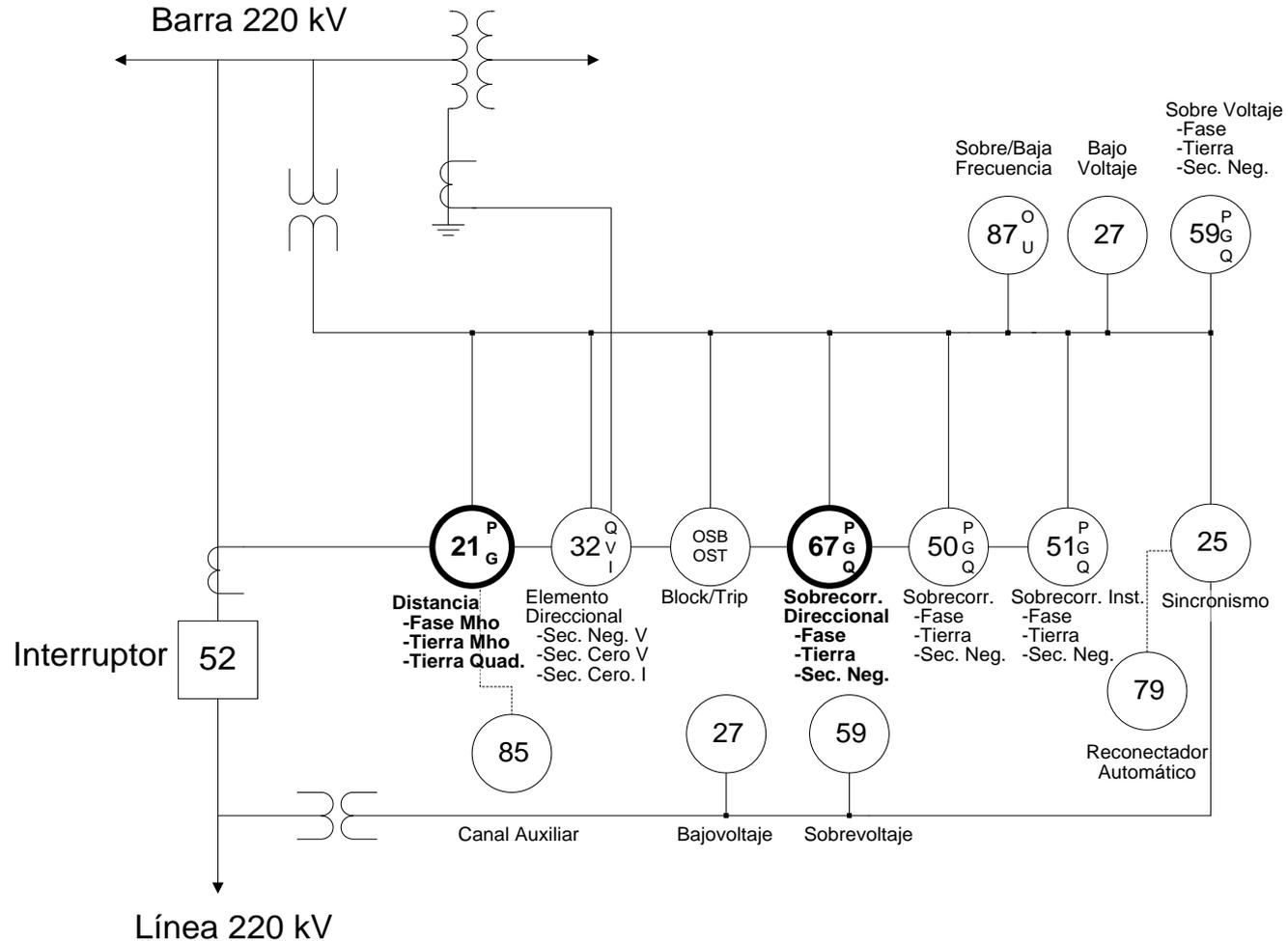

Relés Digitales Multifunción



Clasificación de acuerdo a la norma ANSI/IEEE C57-2-1979.

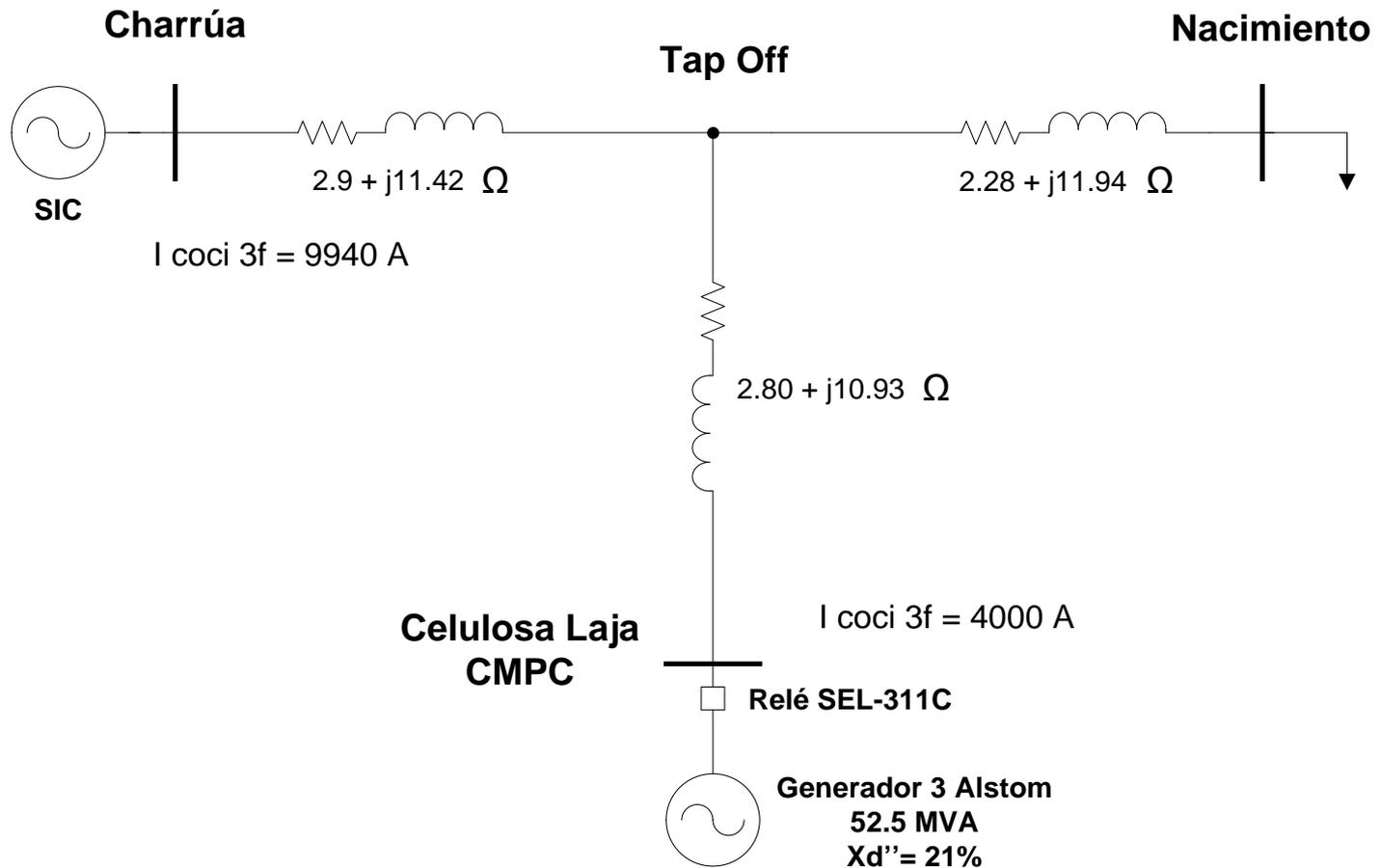
N° del Relé	Función
21	relé de distancia
25	relé de sincronismo
27	relé de bajo voltaje
32	relé direccional de potencia
40	relé de pérdida de excitación
46	relé de balance de fase (corrientes)
47	relé de secuencia de fase
49	relé térmico de sobrecarga
50	relé de sobrecorrientes instantáneas
51	relé de sobrecorriente
52	Interruptor de Potencia
59	relé de sobre voltaje
60	relé de balance de voltaje
67	relé direccional de sobrecorriente
81	relé de frecuencia
86	relé de bloqueo
87	relé diferencial

Ejemplo Ajuste Relé de Distancia



Resumen de los parámetros de la Línea de Transmisión

Línea	Tipo de Cable	Longitud (km)	Impedancia (Ω) _{sec pos}
Charrúa - Tap Off	ACAR 900 MCM	23	2.904 + j 11.422
Tap Off - Planta	ACAR 700 MCM	30	2.282 + j 11.944
Tap Off - Nacimiento	ACSR 636 MCM	25	2.807 + j 10.938



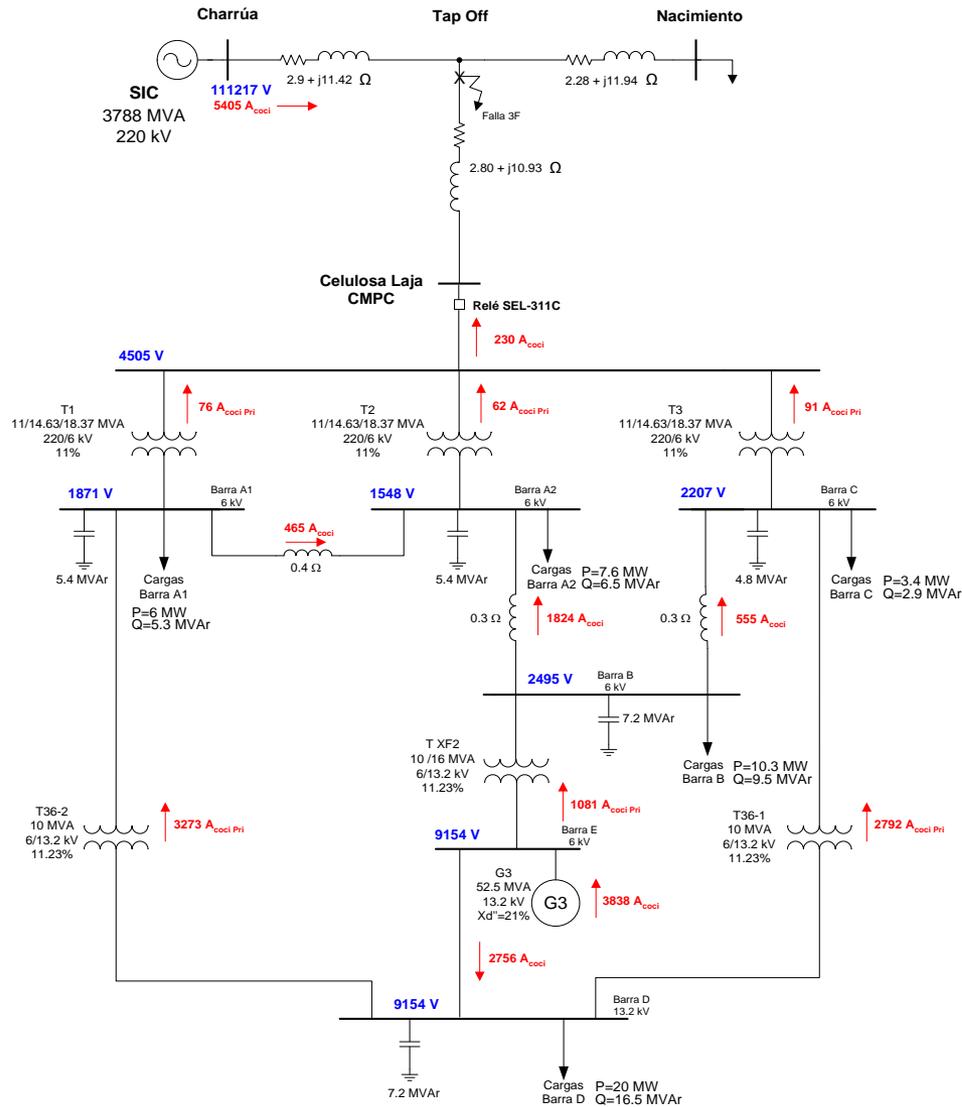
Circuito equivalente monofásico de secuencia positiva del sistema de alimentación de Planta

Información Técnica Sistema de Transmisión

La potencia de cortocircuito trifásica del Sistema Interconectado Central (SIC) referida al nodo Charrúa es de 3778 MVA, aportando una corriente de cortocircuito trifásica máxima de 9940 A.

La corriente de cortocircuito trifásico de la Planta en la barra de empalme de 220 kV es de 4000 A totales (para una falla franca en la barra de 220 kV).

El nodo Nacimiento se considera como barra de carga y se desprecia el posible aporte de corriente de cortocircuito que pueda entregar, con respecto a la corriente aportada por la barra Charrúa.



Flujo de corrientes aportadas por G3 en caso de cortocircuito trifásico en Tap Off.

Criterios de Ajuste de las Zonas de Protección.

Para el ajuste de la función de protección de distancia del Relé SEL-311C se definen tres zonas de protección, de modo de cubrir fallas que se pueden presentar en distintas partes de la línea de transmisión.

Zona 1: 90% de Impedancia de Línea Celulosa Laja-Tap Off

Zona 2: 100% de Impedancia de Línea Celulosa Laja –Tap Off más 50% Línea Charrúa-Tap Off.

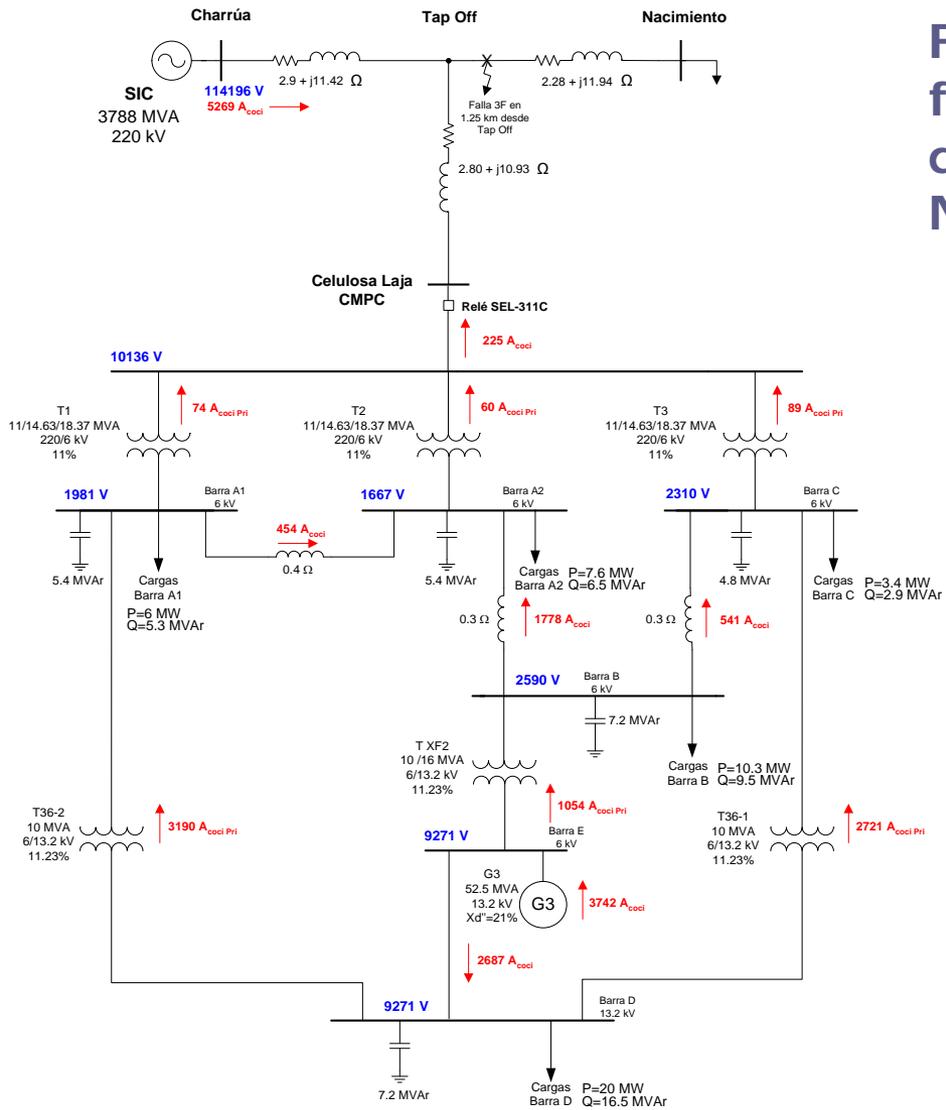
Zona 3: 100% de Impedancia de Línea Celulosa Laja-Tap Off más 125% Línea Charrúa-Tap Off.

Impedancias de la línea para las distintas zonas de protección

Zona 1	$2.66 + j 10.39 \Omega$	$10.16 /_{-75.6^\circ} \Omega$
Zona 2	$4.26 + j16.64 \Omega$	$17.18 /_{-75.6^\circ} \Omega$
Zona 3	$6.43 + j 25.21 \Omega$	$26.02 /_{-75.6^\circ} \Omega$

Tiempos de operación para las distintas zonas de protección

Zona 1	Unidad Instantánea
Zona 2	0.5 s.
Zona 3	1 s.



Flujos de corrientes para falla en 5% de línea desde Tap Off hacia Nacimiento (1.25 km).

El relé calcula la impedancia aparente ($Z_{ap\ relé}$) como el cociente entre el voltaje fase-tierra y la corriente de línea, para este caso, la impedancia aparente queda como:

$$Z_{ap\ relé} = \frac{V_{línea-neutro}}{I_{línea}} = \frac{101236/\sqrt{3}}{225} = 26\ \Omega$$

$Z_{ap\ relé}$ es menor que $Z_{zona\ 3}$ y el relé puede detectar la falla.

Operación de Relés de Distancia (21):

El relé de distancia basa su operación en la magnitud de la impedancia que mide. El valor de la impedancia calculada depende de las características del sistema eléctrico.

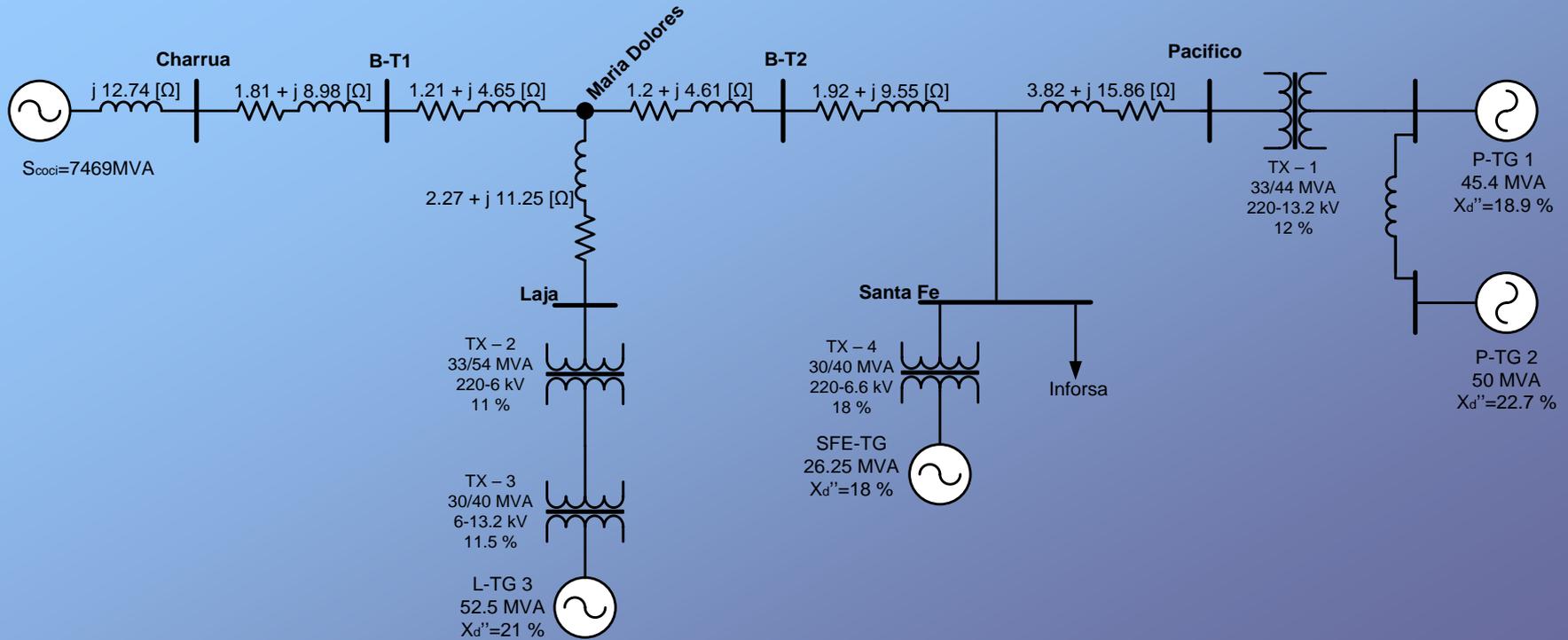
Ajustes Actuales:

Primera Zona: 22.9 ohms, con operación en unidad instantánea.

Segunda Zona: 30.53 ohms, con un tiempo de retardo de 0.25 seg.

Tercera Zona: no activada.

Sistema Interconectado 220 kV



Impedancias equivalentes vista por relé SEL de Laja ante distintos Puntos de falla.

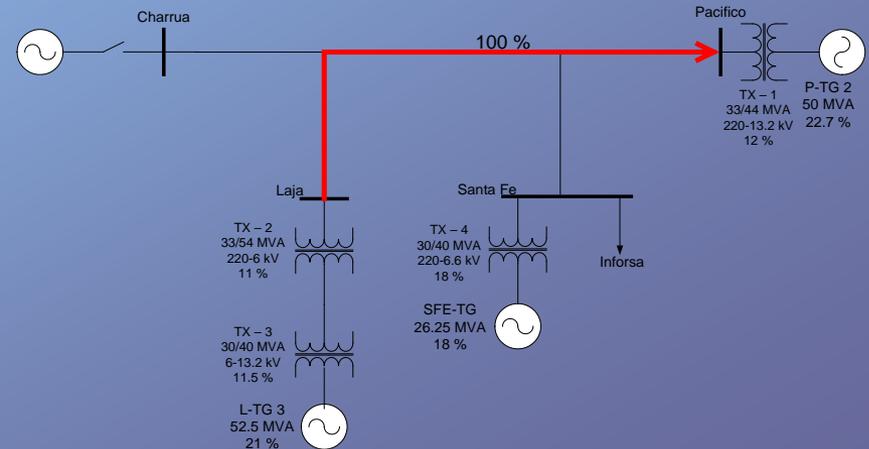
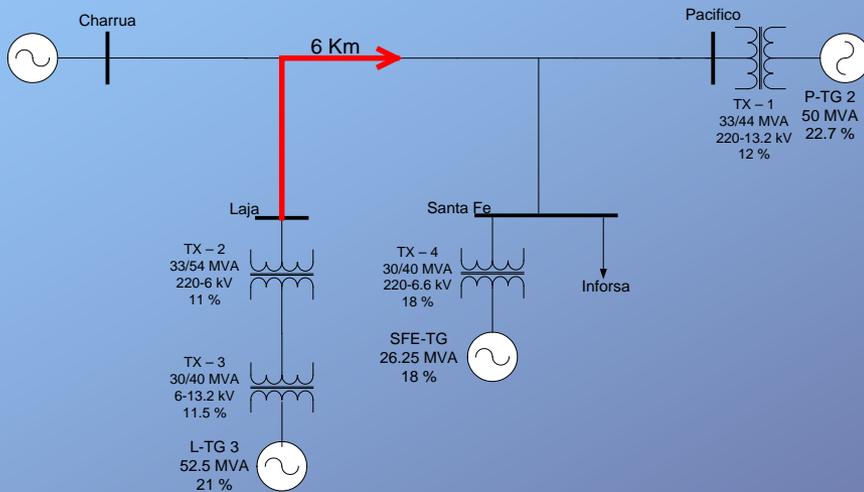
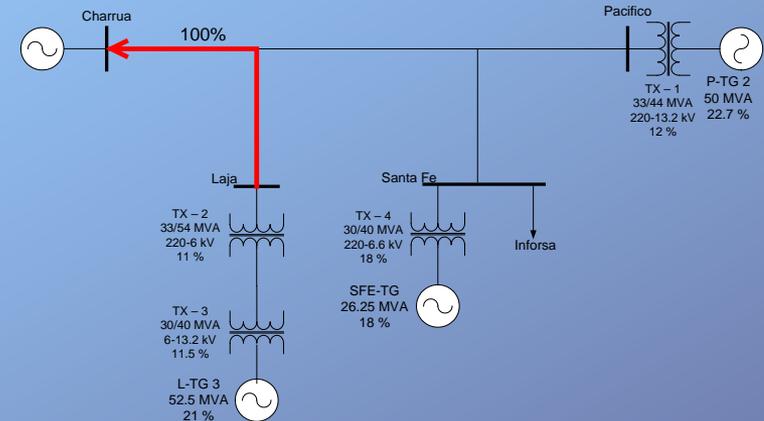
**Tabla 1.5.-
Impedancias equivalentes vistas por relé SEL de Laja para distintos
Puntos de Cortocircuito Trifásico en la Línea de 220 kV**

Barra en Falla	Impedancia Equivalente Vista por relé	R (Ω)	X_L (Ω)
Charrúa	61.23 [Ω]	12.43	59.95
B- T1	28.7 [Ω]	6.41	27.97
María Dolores	11.48 [Ω]	2.27	11.25
B – T2	113.75 [Ω]	17.48	112.39
Santa Fe	317.63 [Ω]	33.25	315.88
Pacífico	666.14 [Ω]	81.29	661.16

Los ajustes existentes en el relé no son capaces de detectar los cortocircuitos en las barras Charrúa, B-T2, Santa Fe y Pacífico ya que los valores de impedancia están fuera de los alcances de las zonas.

Ajustes Propuestos:

	Z[Ω]	Tiempo retardo	Dirección
Zona 1	22.9	Instantáneo	Forward
Zona 2	30.53	0.25 (seg.)	Forward
Zona 3	64	0.5 (seg.)	Forward



Tipos de relés.

- Relé de protección de motores (Multilin 269, SEL 749M).
- Relé de protección de generadores (SEL 300G, ABB SA-1).
- Relé de protección de transformadores (Multilin 745, SEL 451, ABB SPAD 346.) .
- Relés de protección de alimentadores (SEL 501, Multilin 750).

Ejemplo de Funciones de Protección en Relé Digital GE:

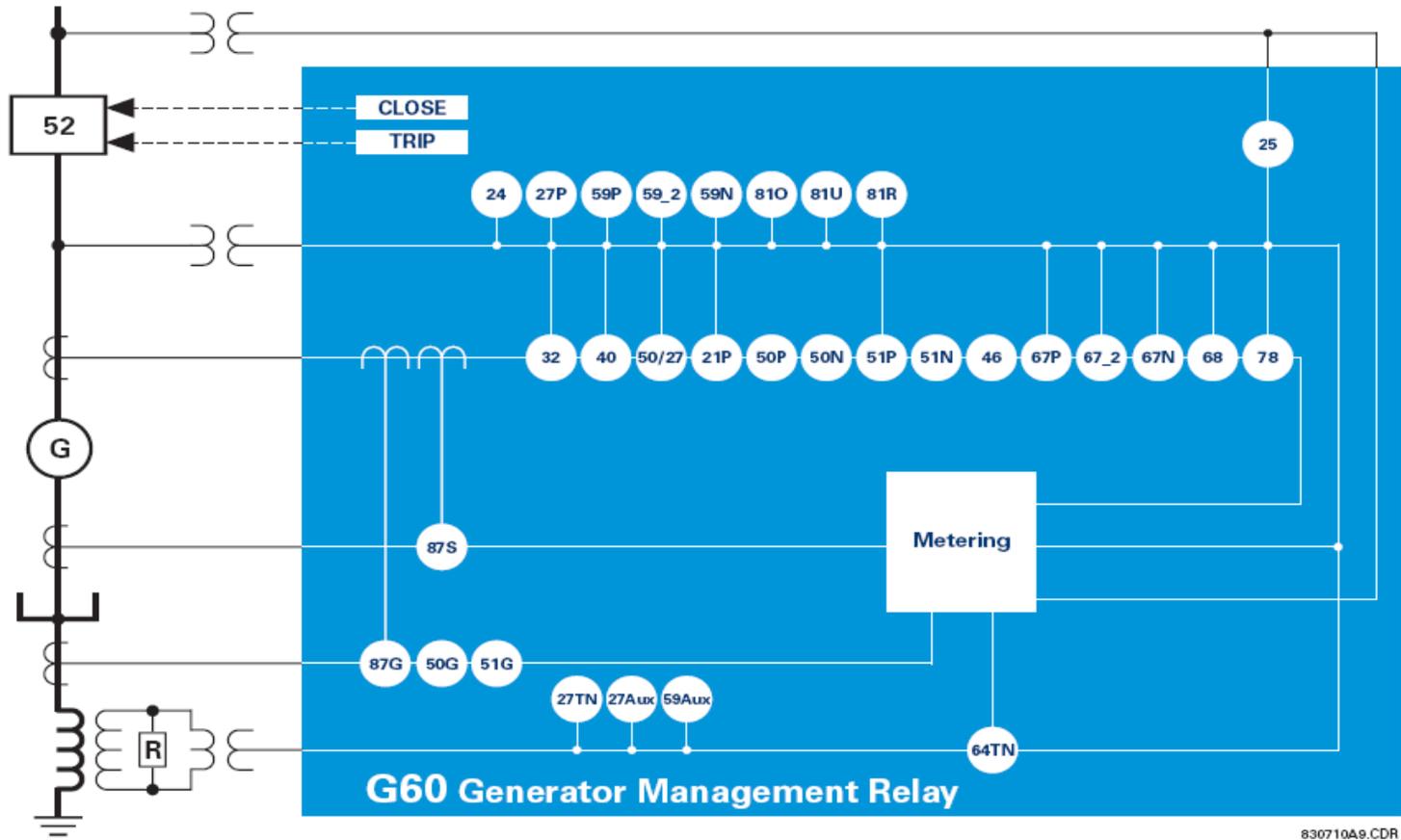


Diagrama simplificado de protección Relé GE-G60.

Ejemplo de Funciones de Protección en Relé Digital GE:

ANSI	Función	ANSI	Función
21P	Phase Distance Backup	59N	Neutral Overvoltage
24	Volts Per Hertz	59P	Phase Overvoltage
25	Synchrocheck	59X	Auxiliary Overvoltage
27P	Phase Undervoltage	59_2	Negative Sequence Overvoltage
27TN	Third Harmonic Neutral	64TN	100% Stator Ground
27X	Undervoltage	67_2	Negative Sequence Directional
32	Auxiliary Undervoltage	67N	Overcurrent
40	Sensitive Directional Power	67P	Neutral Directional Overcurrent
46	Loss of Excitation	68/78	Phase Directional Overcurrent
50G	Generator Unbalance	81A	Power Swing Detection
50N	Ground Instantaneous	81O	Frequency Out-Of-Band
50P	Overcurrent	81R	Accumulation
50SP	Neutral Instantaneous	81U	Overfrequency
50/27	Overcurrent	87G	Rate of Change of Frequency
51G	Phase Instantaneous	87S	Underfrequency
51P	Overcurrent		Restricted Ground Fault
	Split Phase Protection		Stator Differential
	Accidental Energization		
	Ground Time Overcurrent		
	Phase Time Overcurrent		

Capacidad de sobrecarga de relés digitales.

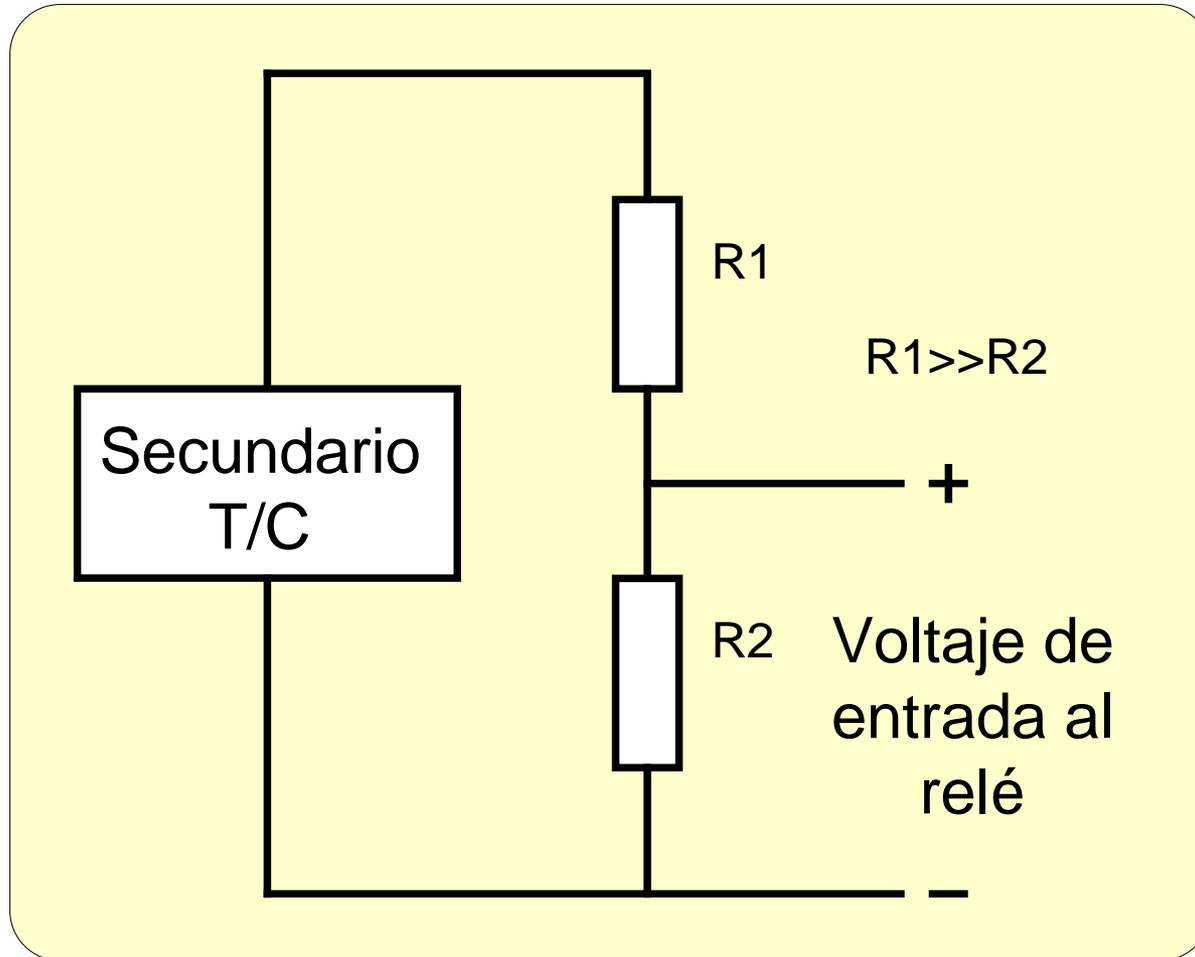
➤ Normalmente vienen equipados con 2 entradas de corriente:

- 1 Ampére
- 5 Ampére

	Capacidad de sobrecarga	
	Entrada 1 A	Entrada 5 A
Sobre carga permanente	4 A	20 A
Sobre carga por 10 seg.	25 A	100 A
Sobre carga por 1 seg.	100 A	500 A

➤ Nivel de cortocircuito trifásico y razón transformación T/C definen cual de las 2 entradas usar.

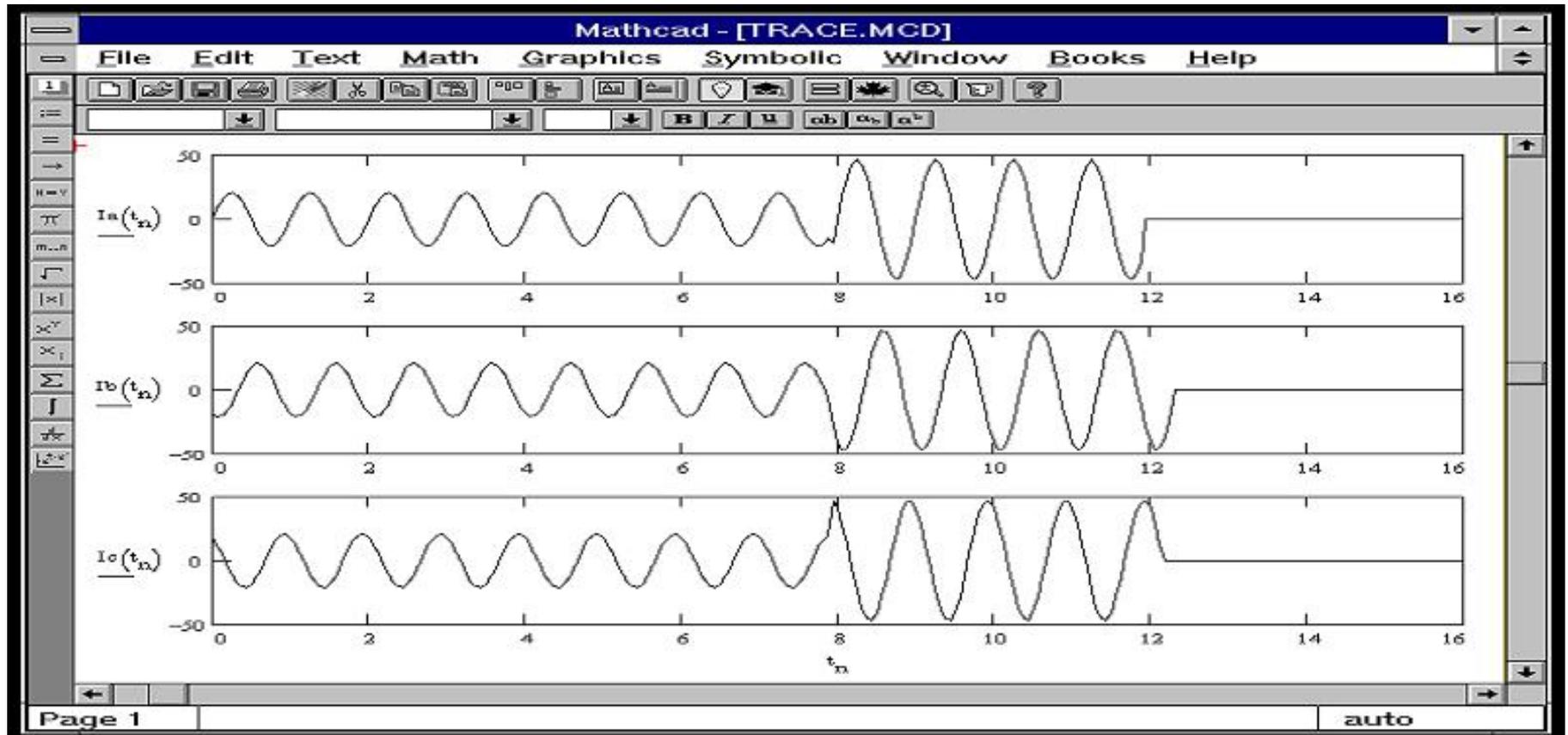
Forma de sensar la corriente.



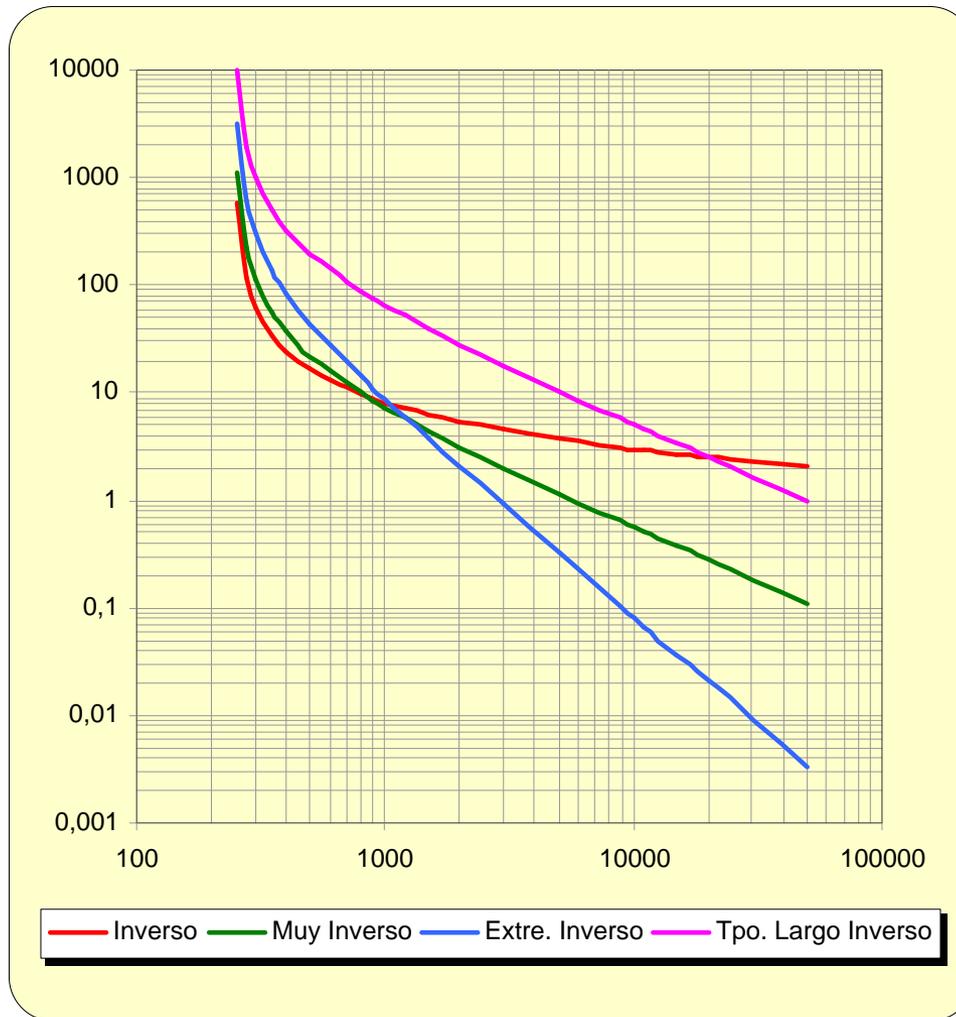
Características de operación de relés digitales.

- Puertas de comunicación (ajuste vía PC, comunicación con SCADA).
- Gran flexibilidad en los ajustes (permite definir nueva curva tiempo corriente).
- Capacidad de control.
- Registro de tiempo de arco del interruptor.

Análisis de forma de onda.



Relés de Sobrecorriente (curvas tiempo-corriente)



Definiciones importantes.

➤ Lever:

Tipo de curva tiempo corriente del relé, que define para una misma característica de operación, distintos valores de tiempo de operación, para un mismo valor de corriente.

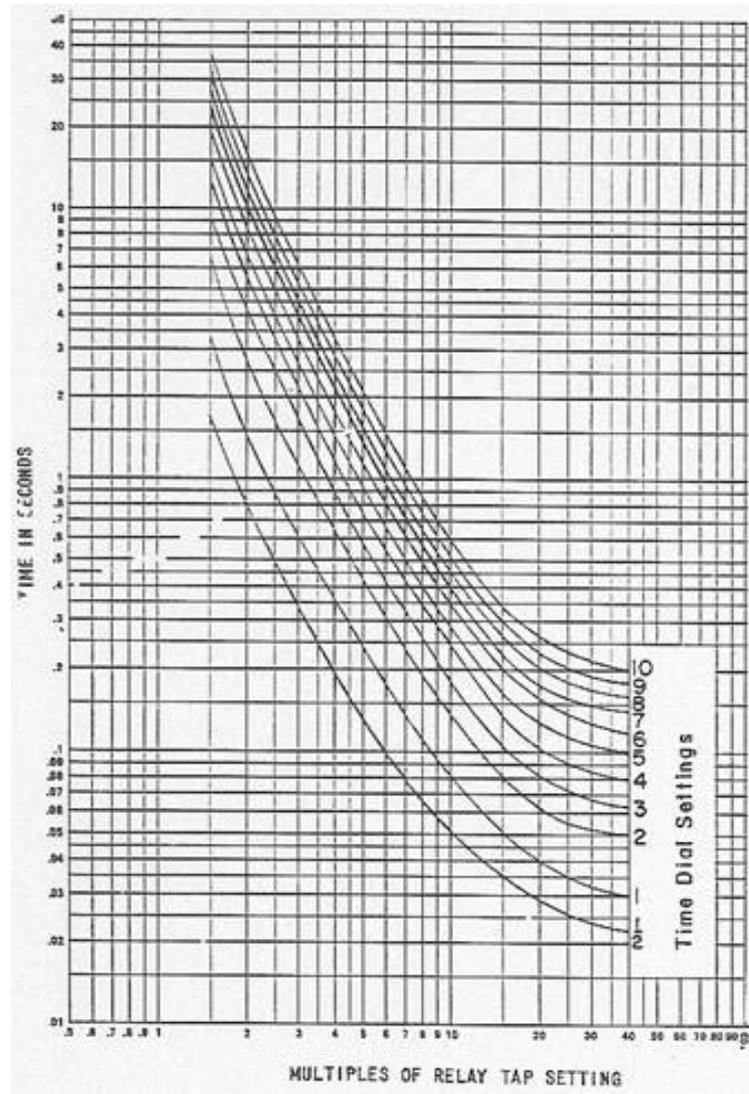
➤ Tap:

Es el valor mínimo de corriente de entrada al relé, que se considera como referencia, y que define la corriente que hará operar al relé. Es un ajuste interno del relé que define la corriente de pickup.

➤ Pickup:

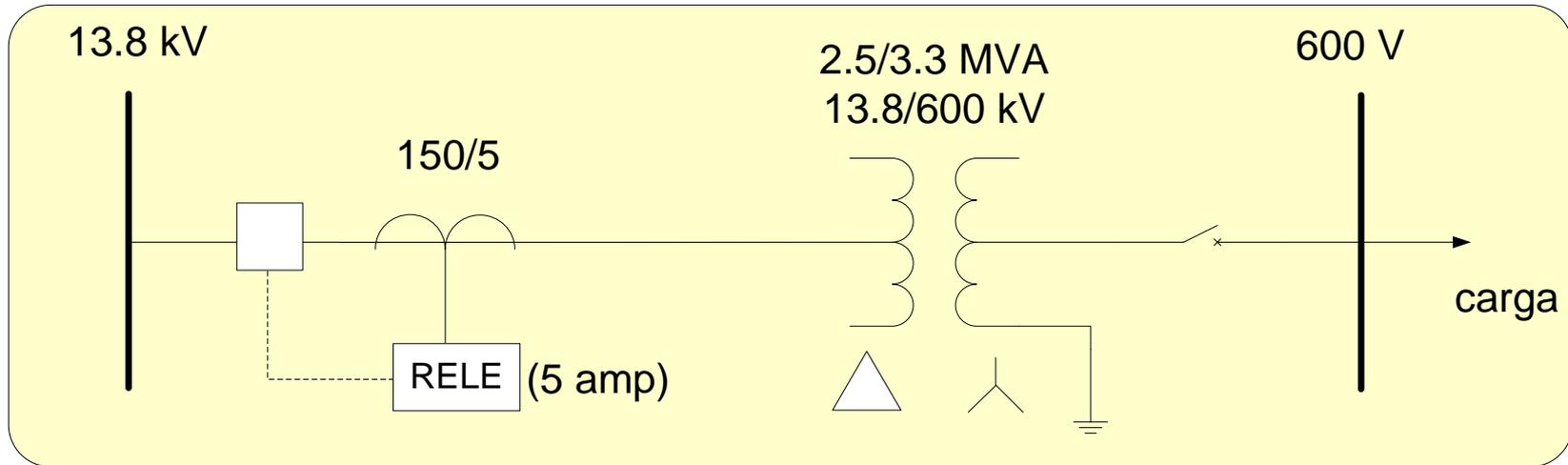
Mínima corriente de operación del relé.

Curvas tiempo-corriente de tiempo inverso.



Protección de Sobrecorriente

Ejemplo.



Máxima corriente de carga

$$\frac{3300\text{kVA}}{\sqrt{3} * 13.8\text{kV}} = 138\text{A}$$

Ínrush máximo del transformador

$$\frac{2500\text{kVA}}{\sqrt{3} * 13.8\text{kV}} * 12 = 1255\text{A}$$

Ejemplo. Ajuste del Pickup

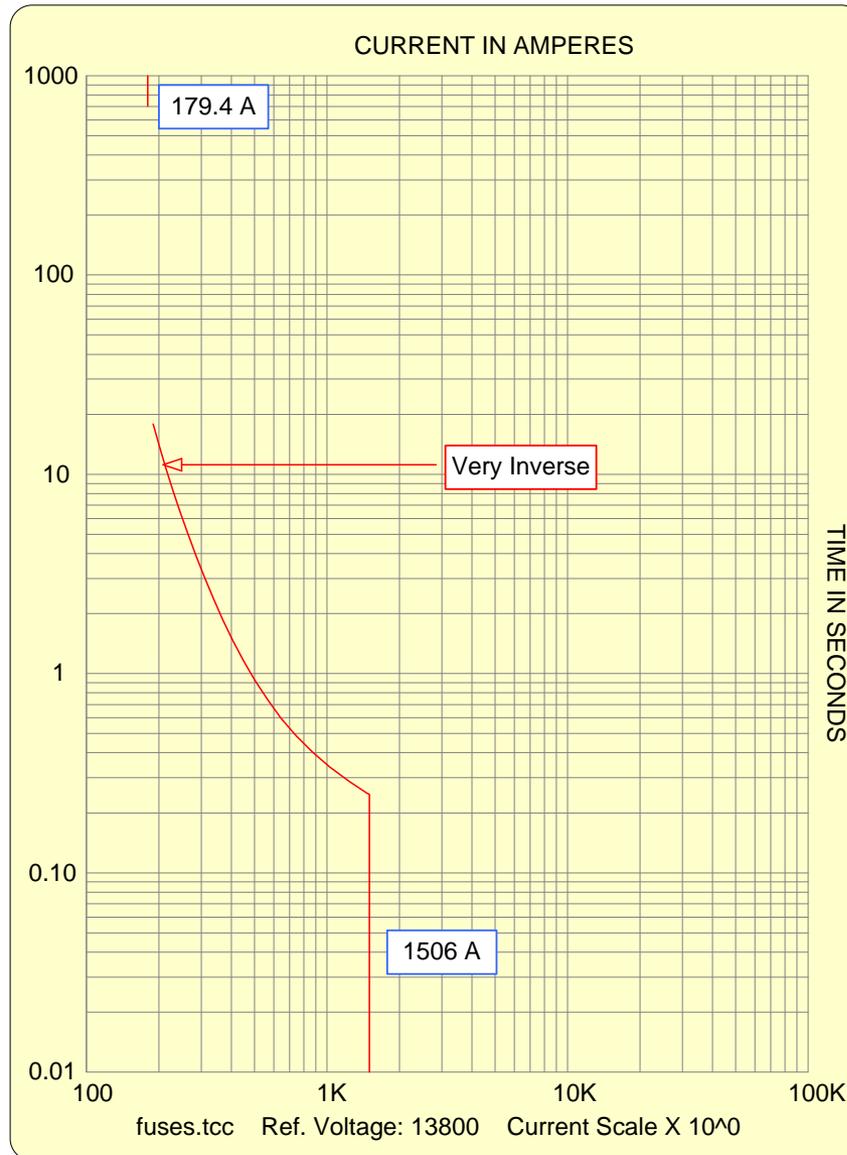
La corriente de sobrecarga se ajusta generalmente entre 1.2 a 1.5 de la corriente máxima, por ejemplo $1.3 * 138 \text{ A} = 179.4 \text{ A}$.

- Ajuste del pickup del relé (Multilin 735/737) = $\frac{179.4\text{A}}{150\text{A}} * 100 = 120\%$
- Dependiendo del estudio de coordinación, tomando un mínimo tiempo de coordinación entre curvas de 0.3 seg (normalmente entre 0.2 y 0.5 seg), se determina el tipo de curva y el multiplicador.
- Ajuste de curva = Very Inverse.
- Phase Time Multiplier = 3

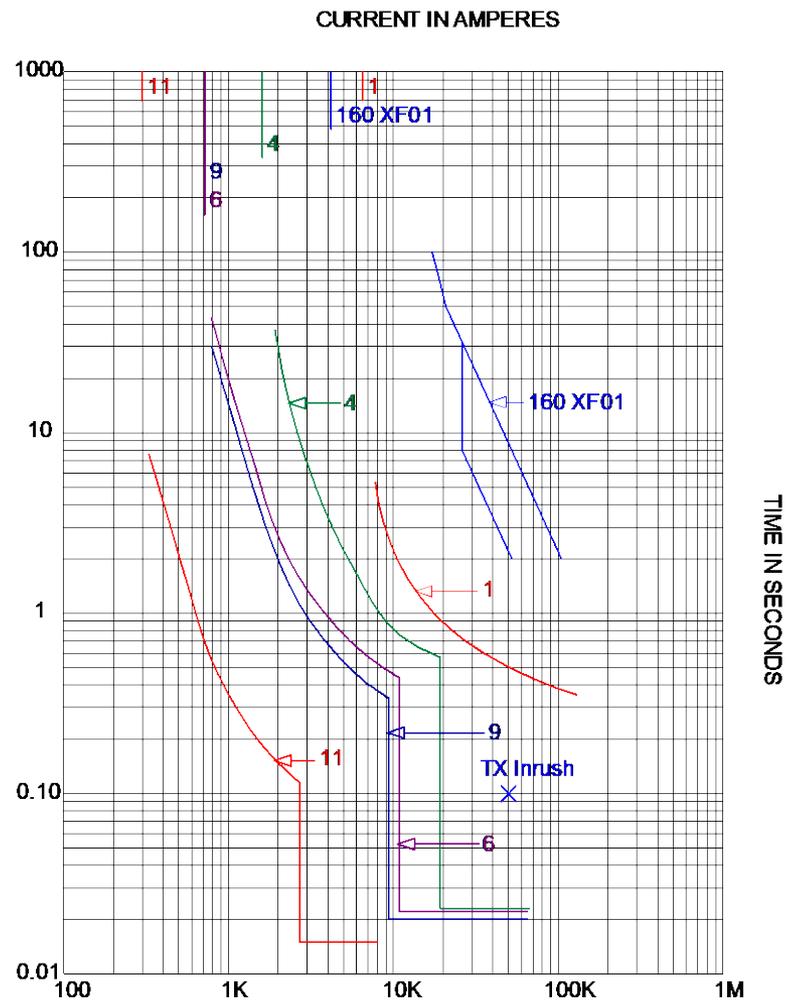
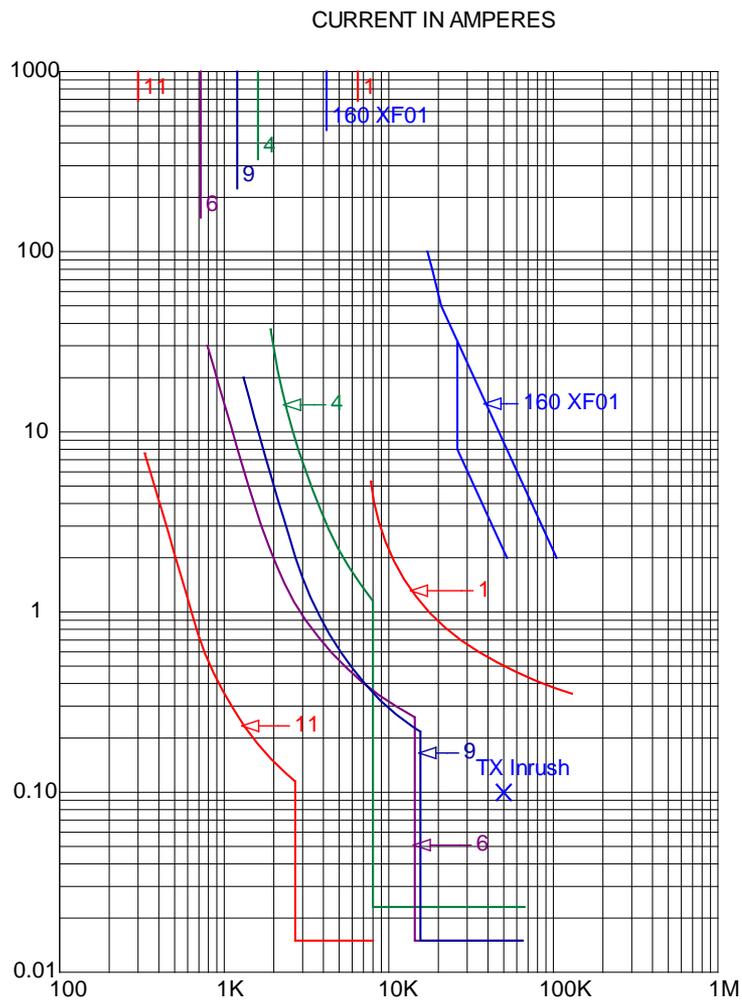
Ejemplo. Ajuste del Pickup

También se desea que esta protección opere en caso de una falla en 600 V.

- Corriente de falla en 13.8 kV = $\frac{120600\text{A} * 600}{13800\text{A}} = 895\text{A}$
- Esta corriente es menor que la corriente inrush del transformador (1255 A), por lo tanto este valor no puede ser usado.
- Corriente de pickup instantánea = $1.2 * 1255 = 1506\text{ A}$
- Ajuste del instantáneo del relé = $\frac{1506\text{A}}{150\text{A}} \approx 10$



Coordinación de Protecciones de Fase: Ejemplo



Réle de Protección de Motores E3.



Relé de Protección de motores E3.

Principales características:

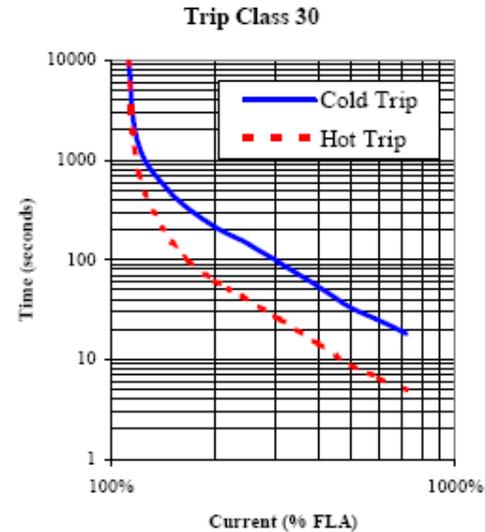
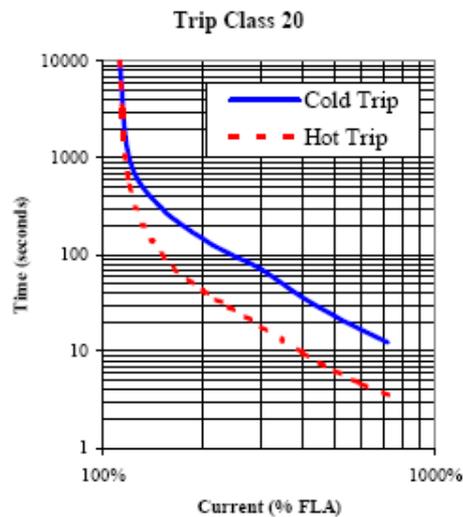
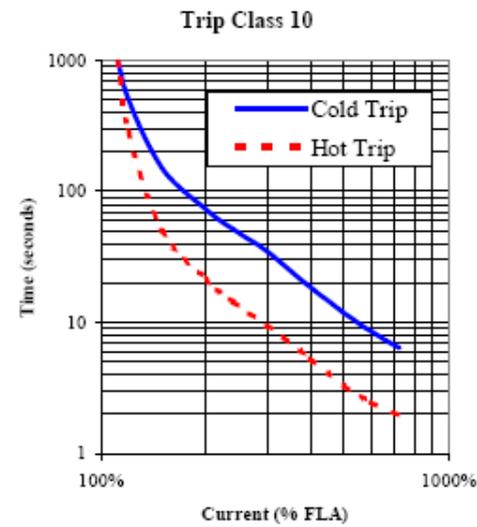
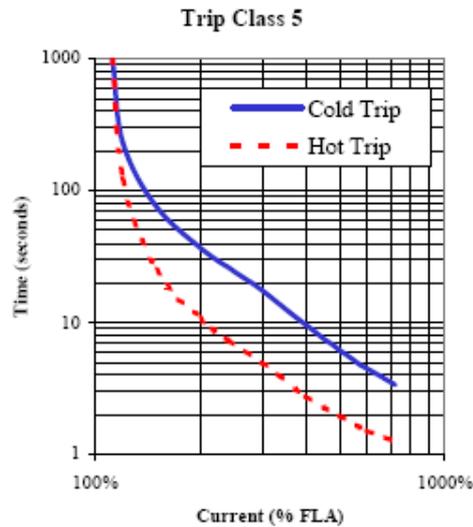
- Conexión DeviceNet integrada.
- Valores de trip y alarma programables.
- Funciones de diagnóstico y monitoreo de señales online.
- Indicadores LED de falla y botón prueba/rearme.
- Medición de corriente rms verdadera por fase.
- Imagen térmica a través de modelo que simula calentamiento del motor.
- Utilizable en motor monofásico y trifásico.

Relé de Protección de motores E3

➤ Protecciones:

- Sobrecarga.
- Pérdida de fase (I).
- Desequilibrio de corriente.
- Falla a tierra. (solo E3· Plus).
- Baja carga.
- Bloqueo durante el arranque.
- Bloqueo durante el funcionamiento.
- Temperatura motor mediante PTC (solo E3· Plus).
- Protección contra falla en la comunicación.

Características corriente-tiempo del relé de sobrecarga E3.



Resumen de protecciones y alarmas

Protección	Disparo	Alarma	Ajustes de nivel de disparo		Ajustes de retardo de disparo		Ajustes de nivel de alarma		Ajustes de tiempo de inhibición ❶	
	Configuración de fábrica	Configuración de fábrica	Rango	Valor predefinido	Rango (s)	Valor predefinido (s)	Rango	Valor predefinido	Rango (s)	Valor predefinido (s)
Sobrecarga térmica	Habilitado	Deshabilitado	1.0...2250 A ❷	❷	Clase de disparo 5...30	Clase de disparo 10	0...100 % TCU	85 %	—	—
Fallo de fase	Habilitado	—	❸	❸	0.1...25.0	1.0	—	—	0...250	0
Defecto a tierra	Deshabilitado	Deshabilitado	1.0...5.0 A	2,5 A	0.1...25.0	0.5	1.0...5.0 A	2.0 A	0...250	10
Bloqueo (durante el arranque)	Deshabilitado	—	100...600 % FLA ❹	600 % FLA ❹	0...250 ❹	10 ❹	—	—	—	—
Bloque (durante el funcionamiento)	Deshabilitado	Deshabilitado	50...600 % FLA	250 % FLA	0.1...25.0	5.0	50...600 % FLA	150 % FLA	0...250	10
Subcarga	Deshabilitado	Deshabilitado	50...100 % FLA	50 % FLA	0.1...25.0	5.0	50...100 % FLA	70 % FLA	0...250	10
PTC	Deshabilitado	Deshabilitado	—	—	—	—	—	—	—	—
Desequilibrio de intensidad (asimetría)	Deshabilitado	Deshabilitado	10...100 %	35 %	0.1...25.0	5.0	10...100 %	20 %	0...250	10
Fallo de comunicación	Habilitado	Deshabilitado	—	—	—	—	—	—	—	—
Comunicación idle	Deshabilitado	Deshabilitado	—	—	—	—	—	—	—	—

❶ Ajustes del tiempo de deshabilitación se utilizan para las funciones de disparo y alarma

❷ El rango de ajuste de la I_e (FLA) de 1,0 a 2250 A se cubre mediante 13 tamaños. Los valores predefinidos dependen de la intensidad nominal del producto

❸ El nivel de disparo de fallo de fase se establece en un desequilibrio de intensidad superior o igual al 100% y no es ajustable por parte del usuario

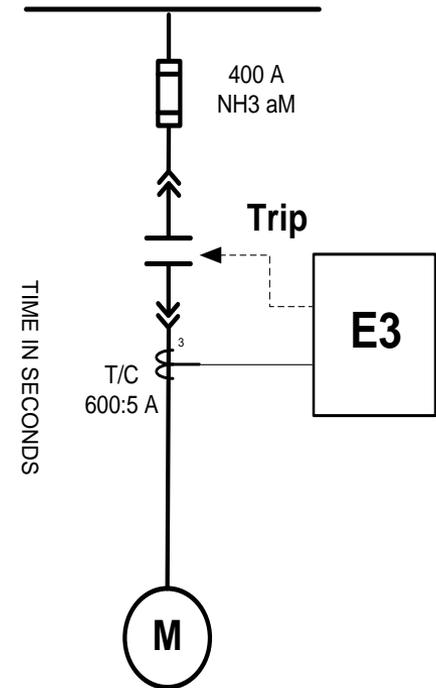
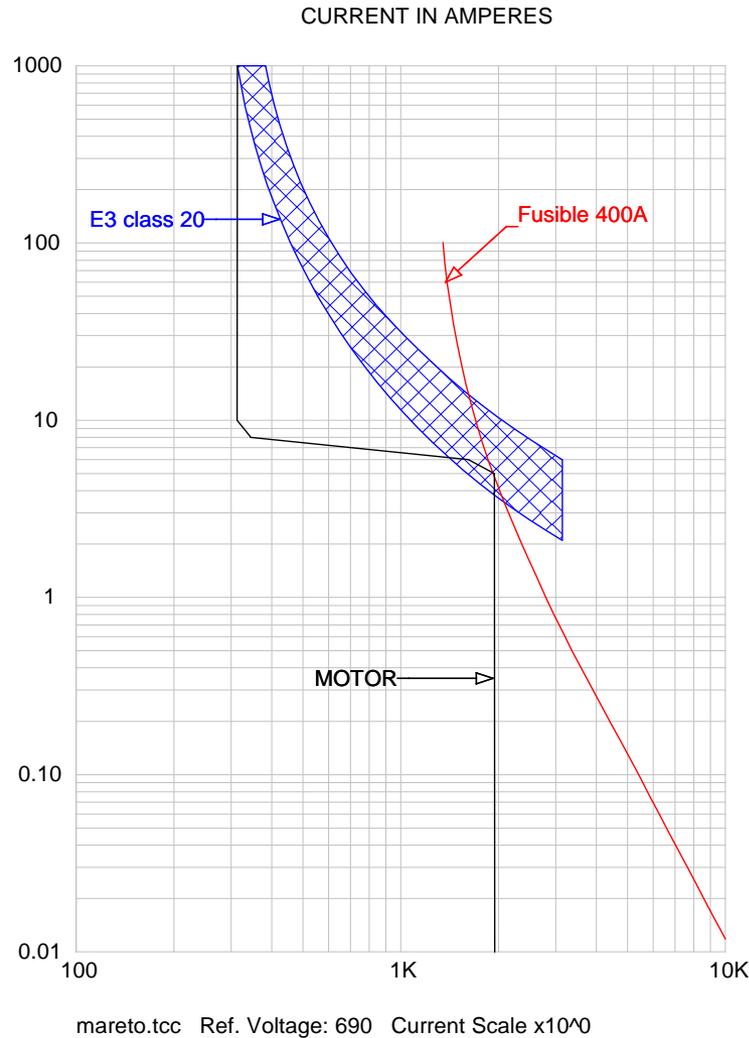
❹ La protección frente a bloqueos durante el arranque sólo es aplicable a la secuencia de arranque del motor



Ejemplo motor

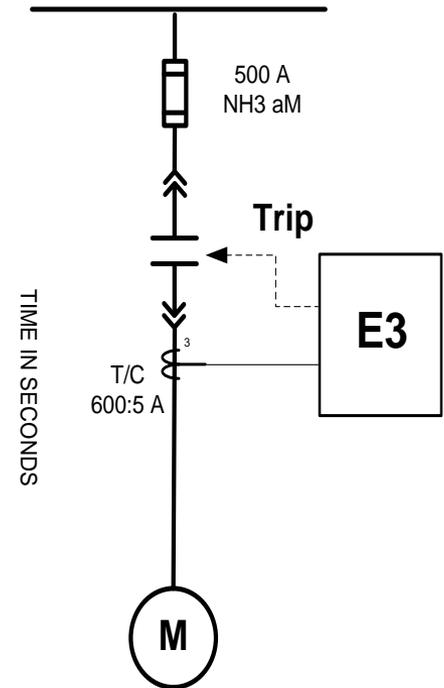
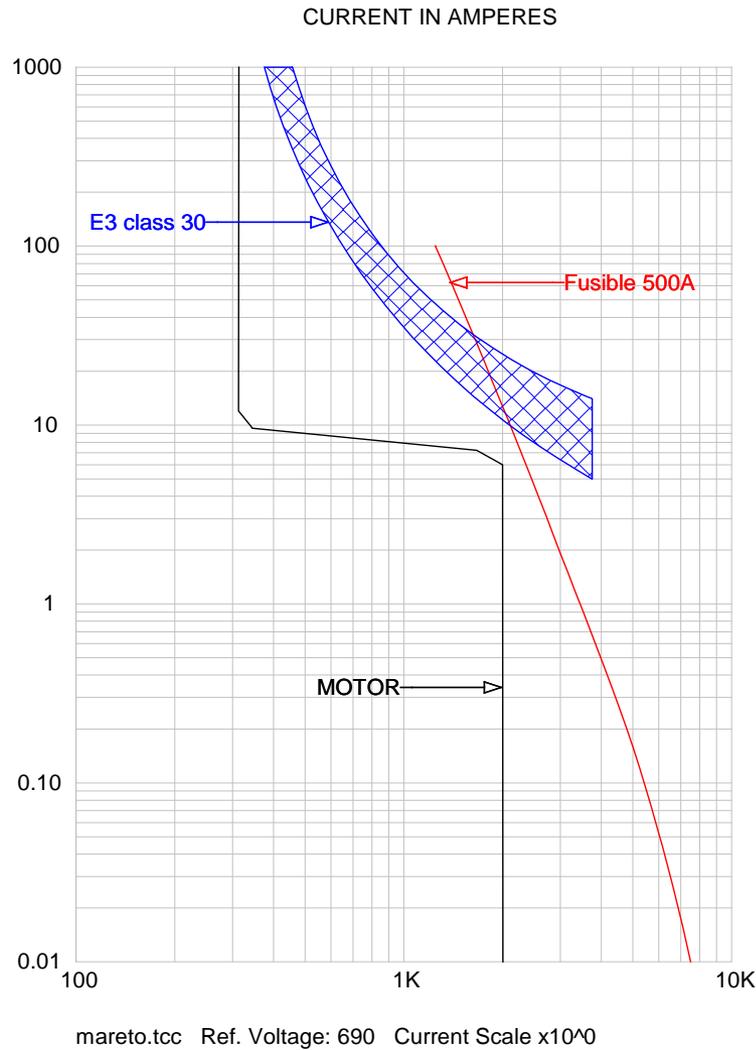
- I_n motor = 313 A.
- FLA_{motor} = 313 A.
- E3 trip class = 20.
- Con $I_{partida} = 6 \times I_n$.

Se aprecia que no existe selectividad por lo que se produce traslape en las curvas.

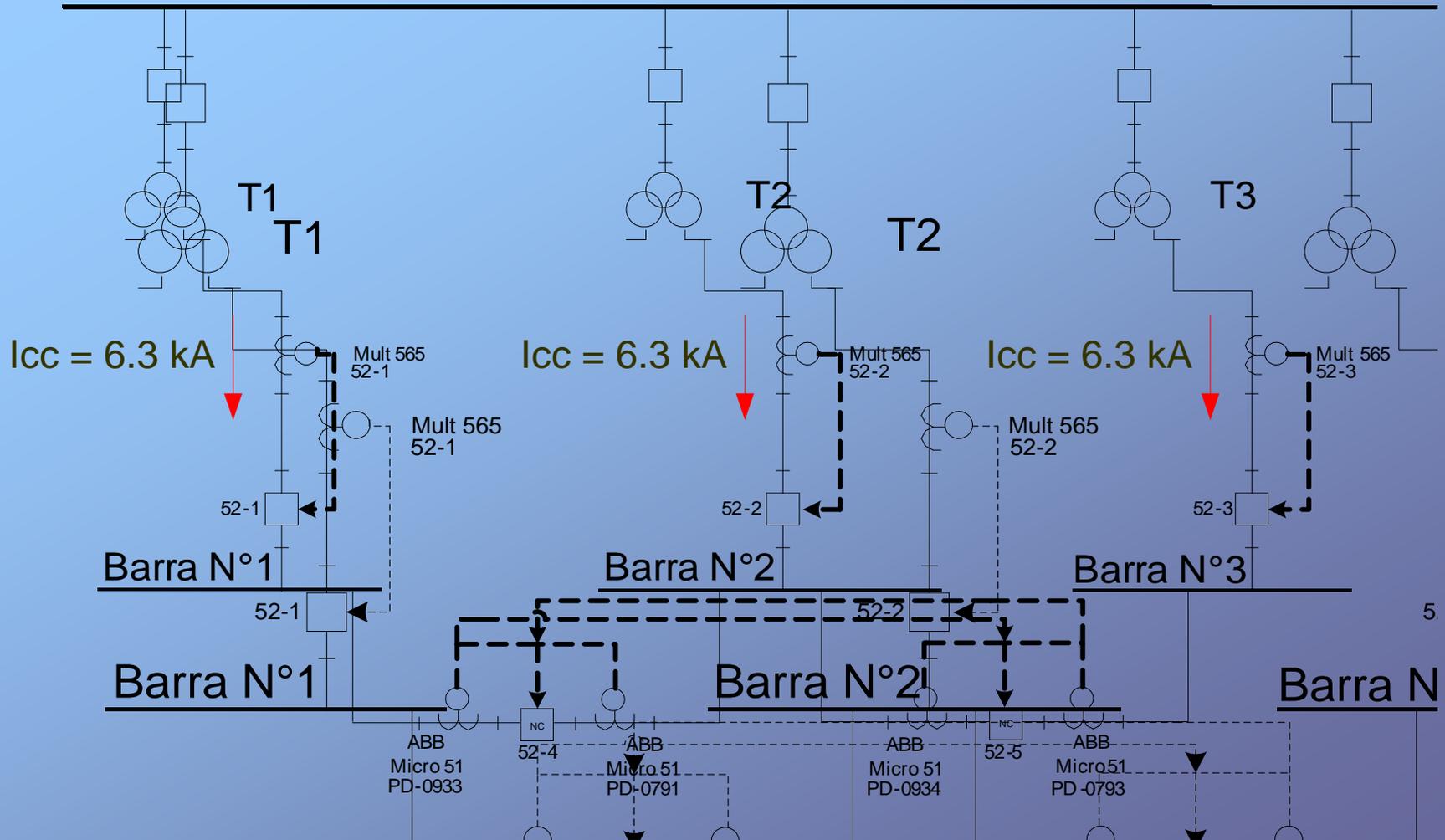


Ejemplo motor

- ❑ Aumentar fusibles a 500 A
- ❑ Subir trip class a 30



Flujos de Corrientes de Cortocircuito por Cada Trafo



Análisis de Operación con Actuales Ajustes

En caso de existir un cortocircuito trifásico simétrico en la barra N°1, la corriente de falla calculada es de 18,9 [kA]. La corriente que aporta cada transformador principal es de 6,3 [kA].

Según las curvas tiempo corriente la primera protección en detectar la falla es la ABB Micro 51 y después de 0,7 segundos comanda la apertura del interruptor diferencial de barra (52-4), despejando la falla para las barras N°2 y N°3 y limitando el aporte de la corriente de cortocircuito a un sólo transformador (sólo T1), lo que permite que el sistema de distribución energizado desde las barras N°2 y N°3 pueda seguir trabajando en forma normal.

Problema en la Operación con Actuales Ajustes

Se tiene que el relé Multilin 565 detecta este valor de corriente de falla de 6,3 [kA] en 0,8 segundos, comandando así la apertura del interruptor principal 52-1 y con ello el despeje total de la falla, con un intervalo de coordinación de 0,1 segundo entre las protecciones ABB Micro 51 y Multilin 565. Este esquema de protección diferencial permite despejar un cortocircuito en cualquiera de las 3 barras, sin tener que desenergizar la totalidad de la planta.

Problema en la Operación con Actuales Ajustes

La descoordinación en este caso no se observa, sin embargo el nivel de corriente pickup de los relés Micro 51 de 4800A y el tiempo de respuesta de 0,7 segundos es excesivo.

La máxima corriente permitida por los transformadores considerando ventilación forzada segunda etapa es de 1569A en el lado de 23kV.

En caso de desenergizar un transformador por mantención, o por la ocurrencia de una falla, la máxima corriente que puede circular por los acopladores de barra es 3138A.

Cualquier corriente de mayor valor a ésta debe ser considerada como corriente de falla, por lo tanto, la recomendación en este caso, es ajustar la corriente pickup de los relés ABB Micro 51 a este nuevo valor (3600A) y con un tiempo de respuesta igual a 0,5 segundos.

Sistema de comunicación.

- Normalmente, relés de última generación vienen equipados con:
 - 1 puerta serial de comunicación RS232 (panel frontal)
 - 2 puertas seriales de comunicación RS485 (panel posterior).
- Puerta RS232 se usa para grabar ajustes del relé realizados previamente en un PC.
- Puertas RS485 se usan para comunicar relé con sistema de control y supervisión remota.

¿Cómo se realiza la comunicación en los relés?

- Puertas o interfaces de comunicación típica:
 - RS-232
 - RS-422
 - RS-485
 - Puertas Ethernet

Características de las diferentes puertas

➤ RS-232

- Enlaza **sólo dos dispositivos** conectando la línea transmisora de un dispositivo con la línea receptora del otro.
- Comunicación full duplex.
- Envían señales de tensión por las líneas con referencia a tierra
 - alcance máximo de 15 m entre equipos
 - velocidad máxima de transmisión de datos de 20 Kbps.
- Su corta distancia y baja inmunidad al ruido no las hace idóneas para trabajo industrial

RS-422

- Distancias hasta 1500 mts.
- Velocidades hasta 10 Mbps
- Posee buen rechazo al ruido.
- No son compatibles con RS-232 por lo que debe diseñarse una interfaz (adaptador de señales)
- Soporta operación full-duplex
 - permite comunicar hasta 10 dispositivos
 - esto obliga a asignar nombres a los dispositivos

RS-485

- Distancias de hasta 1500 mtrs.
- Velocidad de 10 Mbps.
- Comparten la misma conexión hasta 32 dispositivos.
- Utiliza sólo un par de cables para la señal
- Operación half-duplex
- Debido a que no hay protocolos de comunicaciones, el tráfico en el bus debe ser controlado por software.
 - esto obliga a asignar nombres (ID) a los dispositivos
- No es compatible con la puerta RS-422 ni con la RS-232

Interfaz Ethernet

- Soporta múltiples nodos en comunicación full-duplex requiere asignar nombres a los equipos, pero este nombre viene incrustado en la tarjeta o módulo Ethernet.
- Conexión a través de UTP, fibra óptica e inalámbrico.
- Velocidades: 10 Mbps (Ethernet), 100 Mbps (Fast-Ethernet), 10 Gbps (Gigabit Ethernet)
- Distancias de hasta 2 km.
- Puede comunicar cualquier dispositivo con una tarjeta de red o bien un adaptador Ethernet/RS-232, Ethernet/RS-485, Ethernet/USB, etc.

¿Qué es un Protocolo de comunicación?

Protocolo de comunicación es una forma de intercambiar información entre los distintos dispositivos que conforman una red.

Para el caso de relés, el protocolo se basa en un conjunto de reglas o acuerdos que se deben seguir para establecer la comunicación entre los dispositivos .

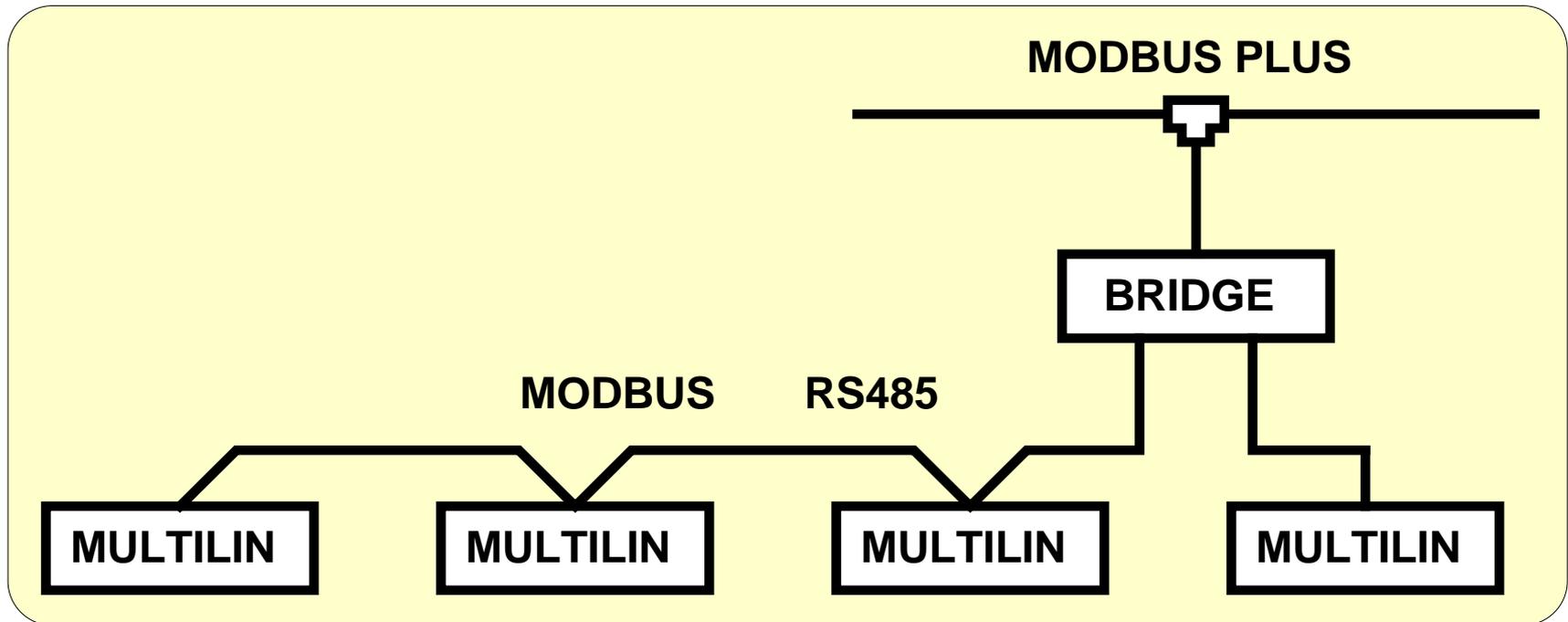
Los Protocolos más utilizados son:

- Profibus
- Modbus
- Device net
- Ethernet

Protocolos de comunicación (Multilín).

- Es el lenguaje técnico que usan los equipos para comunicarse entre sí.
- Los equipos Multilin utilizan el protocolo Modbus para sistemas locales.
- Esta característica permite la conexión de unidades con protocolos Modbus (hasta 19200 bps) o Modbus Plus (hasta 1Mbps).
- Esto se muestra en el siguiente esquema.

Protocolos de comunicación (Multilín).



Conexión típica para unidades Multilin a Modbus plus