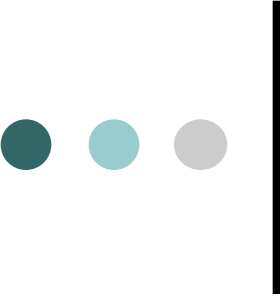




INTRODUCCIÓN A LAS PROTECCIONES ELÉCTRICAS

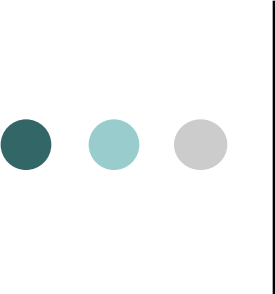
GERS

Expositor: José Rodrigo Ayaviri S.
GERS CHILE
www.gers.cl



TEMAS

- ASPECTOS GENERALES
- PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE

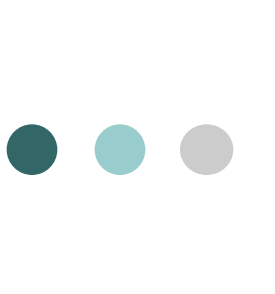


INTRODUCCIÓN

Las protecciones eléctricas tienen como fin proteger al sistema eléctrico (componentes) y en la medida de lo posible, a las personas, de situaciones anormales en el sistema. Estas situaciones anormales las llamaremos “eventos”

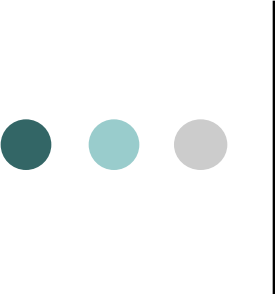
Ejemplos:

- Cortocircuito
- Sobrevoltajes
- Bajas o altas frecuencias



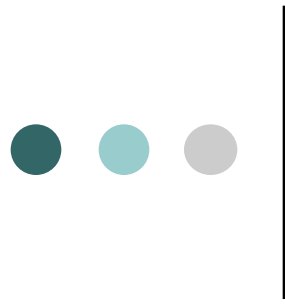
INTRODUCCIÓN - SEÑALES

- Cortocircuito. Contacto entre dos o mas fases o una o mas fases a tierra. Corriente – ángulo.
- Sobrecarga. Corriente.
- Frecuencia anormal. Frecuencia.
- Potencia en sentido no deseado. Potencia.
- Pérdida de sincronismo. Impedancia.
- Voltajes muy altos o muy bajos. Voltaje.
- Bajas corrientes. Corriente.
- Corrientes o voltajes desbalanceados. Corrientes de secuencia.
- Temperaturas.
- Corriente y voltaje. Impedancia
- Sentido de la corriente.



INTRODUCCIÓN

- El objetivo es medir la variable – señal eléctrica que se ha seleccionado, como la indicadora de un evento.
- Generalmente basta con medir voltaje y/o corriente. El problema es que no es posible medirlos directamente, ya que tanto el voltaje como la corriente tienen valores muy altos. Se debe tomar una parte y esto se logra por medio de los llamados “transformador de potencial (TP)” y “transformador de corriente (TC)”.



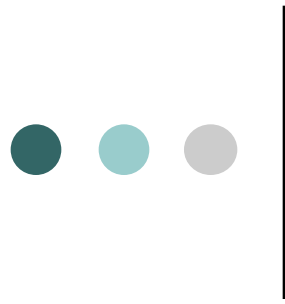
INTRODUCCIÓN

El objetivo de estos dos equipos (TC y TP), es generar un valor proporcional de la señal, ya sea voltaje o corriente, sin modificarla en ángulo, frecuencia, etc.

Ejemplos:

TP con una proporcionalidad de 1000. Si el voltaje real es 115 kV, el objetivo es que tome 115 V.

TC con una proporcionalidad de 120. Si la corriente es de 500 Amperios, el objetivo es que transforme a 4.16 Amperios.

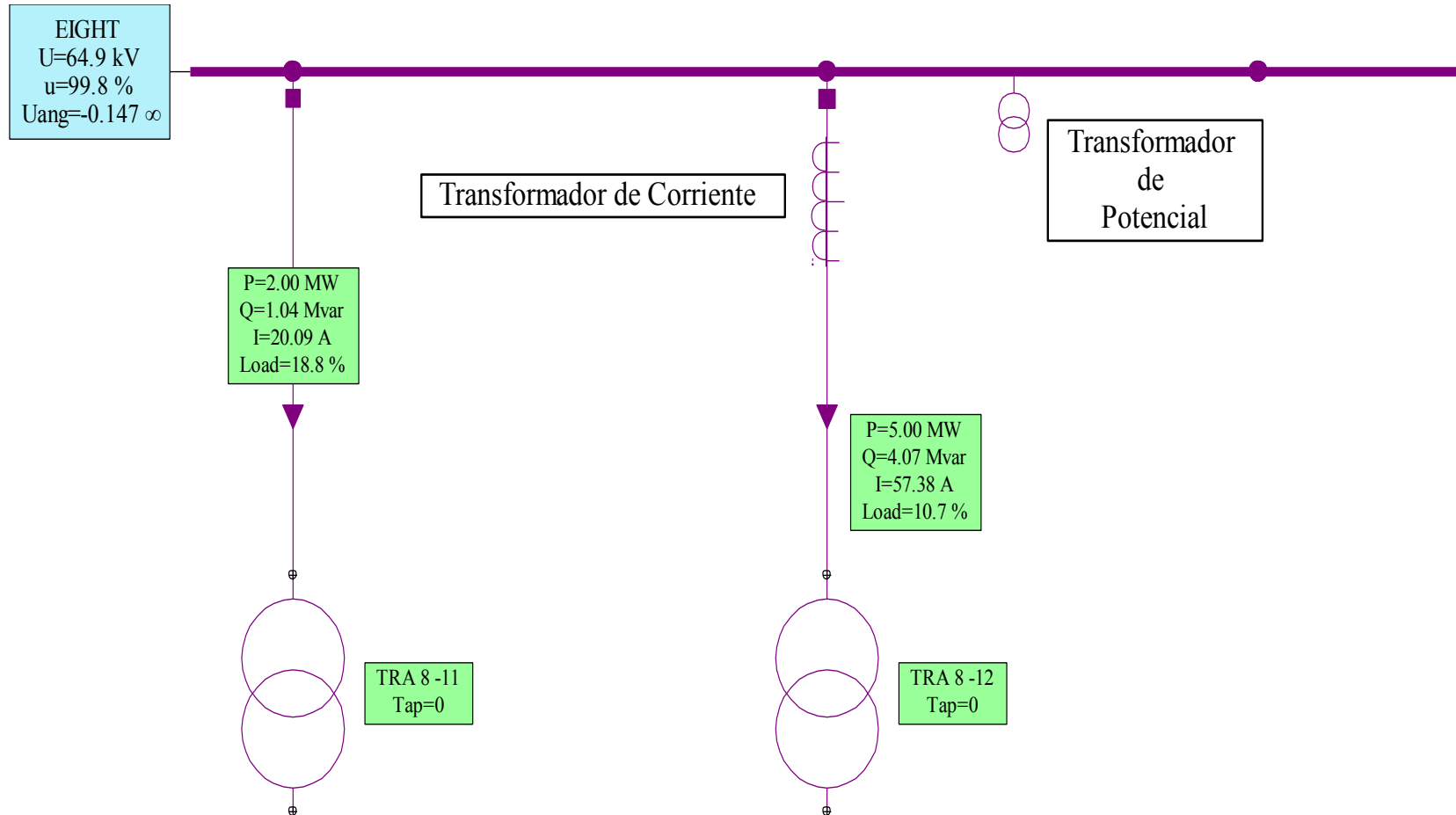


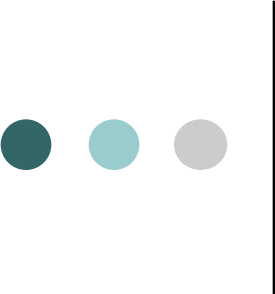
INTRODUCCIÓN

Con base en estas señales proporcionales, un dispositivo digital, electromecánico o electrónico, debe tomar decisiones.

Generalmente se abren interruptores o dispositivos de seccionamiento, con el fin de aislar el o los componentes en los cuales se considera que se encuentra el problema.

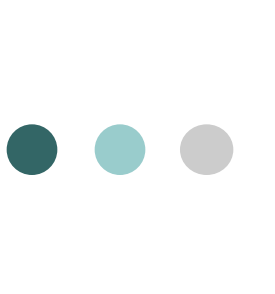
INTRODUCCIÓN





Requerimientos de las Protecciones

- Confiabilidad: Habilidad para operar correctamente.
- Velocidad: Mínimo tiempo de operación para despejar una falla.
- Selectividad: Mantener la mayor continuidad posible en la alimentación.
- Costo: Máxima protección al menor costo posible.



PROTECCIONES ELÉCTRICAS

Protección principal

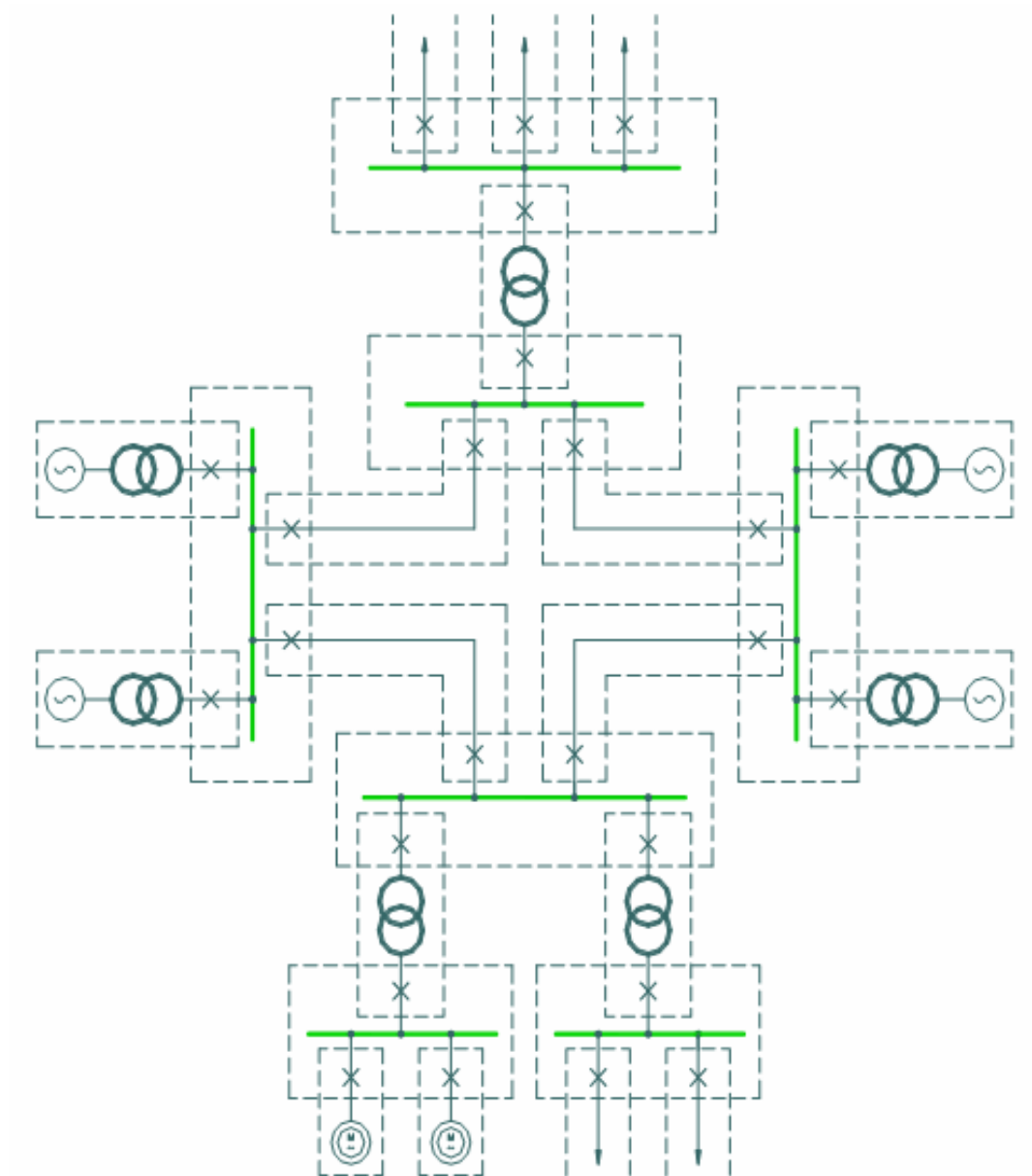
Es aquella que debe operar ante fallas en su zona asociada, garantizando el despeje total de la falla, lo más rápido posible, y la máxima continuidad del servicio eléctrico.

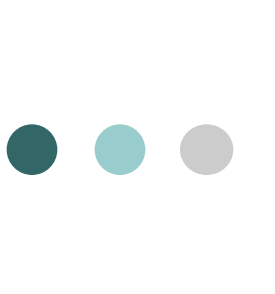
Protección de Respaldo

Es aquella que debe operar cuando por cualquier razón, no opera la protección principal, de manera que despeje totalmente la falla y garantice la máxima continuidad de servicio.



Protección Principal y de Respaldo





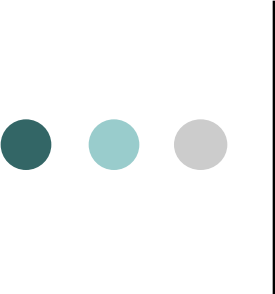
CODIGOS ANSI

- 50. instantaneous overcurrent relay.** A relay that functions instantaneously on an excessive value of current.
- 27. undervoltage relay.** A relay that operates when its input voltage is less than a predetermined value.
- 25. synchronizing or synchronism-check device.** A device that operates when two ac circuits are within the desired limits of frequency, phase angle, and voltage to permit or cause the paralleling of these two circuits.
- 47. phase-sequence or phase-balance voltage relay.** A relay that functions upon a predetermined value of polyphase voltage in the desired phase sequence, when the polyphase voltages are unbalanced, or when the negative phase-sequence voltage exceeds a given amount.
- 21. distance relay.** A relay that functions when the circuit admittance, impedance, or reactance increases or decreases beyond a predetermined value.
- 40. field relay.** A relay that functions on a given or abnormally low value or failure of machine field current, or on an excessive value of the reactive component of armature current in an ac machine indicating abnormally low field excitation.
- 24. volts per hertz relay.** A relay that functions when the ratio of voltage to frequency exceeds a preset value. The relay may have an instantaneous or a time characteristic.
- 51. ac time overcurrent relay.** A relay that functions when the ac input current exceeds a predetermined value, and in which the input current and operating time are inversely related through a substantial portion of the performance range.

SIMBOLOS

IEC

$I >$	Protección de máximo de corriente (50 / 51)
$I \leftarrow$	Protección direccional de corriente (67)
$I_0 >$	Protección de máximo de corriente homopolar (50N / 51N)
$I_0 \leftarrow$	Protección direccional de tierra (67N)
I_i	Protección de máximo de componente inversa / desequilibrio (46)
I	Protección de imagen térmica (49)
ΔI	Protección diferencial (87)
$\Delta I_0 >$	Protección diferencial de tierra (87G)
$U <$	Protección de mínimo de tensión (27)
$> f >$	Protección de máxima y mínima frecuencia (81)
$U >$	Protección de máxima tensión (59)
$P \leftarrow$	Protección contra retorno de potencia activa (32P)
$Q \leftarrow$	Protección contra retorno de potencia reactiva o desexcitación (32Q / 40)
$U_0 >$	Protección de máxima tensión homopolar (59N)
	Relé Buchholz (63/71)
	



PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE

Principio de operación: Opera ante corrientes superiores a un valor predeterminado.

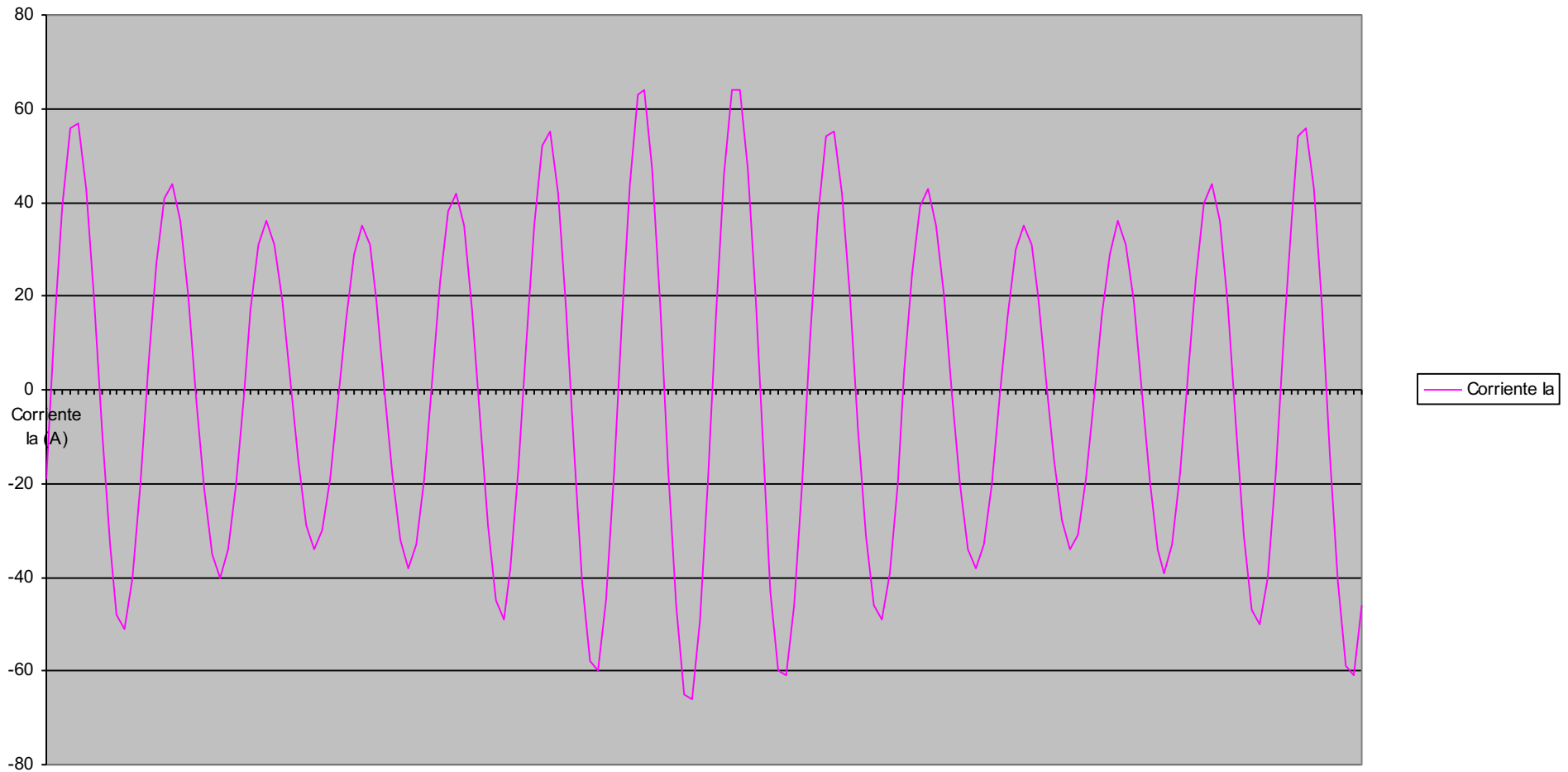
Cuando la corriente sobrepasa el valor predeterminado, se debe realizar la apertura del interruptor.

Por 'incertidumbres' propias del fenomeno de la sobrecorriente, no se envia disparo, inmediatamente ocurre la sobrecorriente. Se espera un "momento".

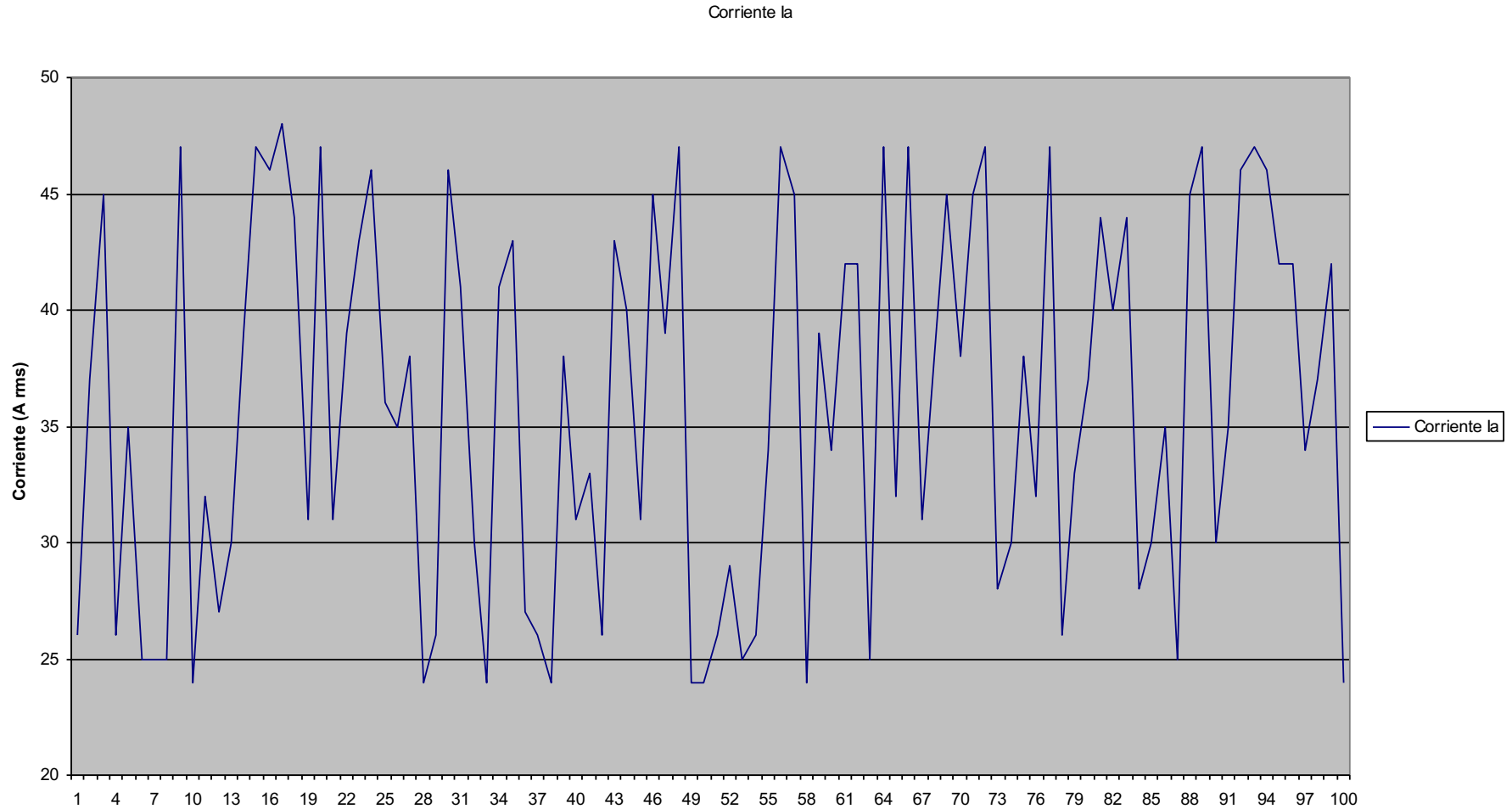
Esto ocasiona la necesidad de una curva corriente vs tiempo: TCC (**T**ime – **C**urrent **C**haracteristic)

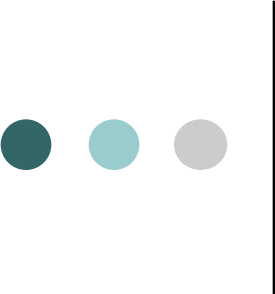
INCERTIDUMBRE DE LA SOBRECARGA

Corriente la



INCERTIDUMBRE DE LA SOBRECARGA (valor rms)





PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE

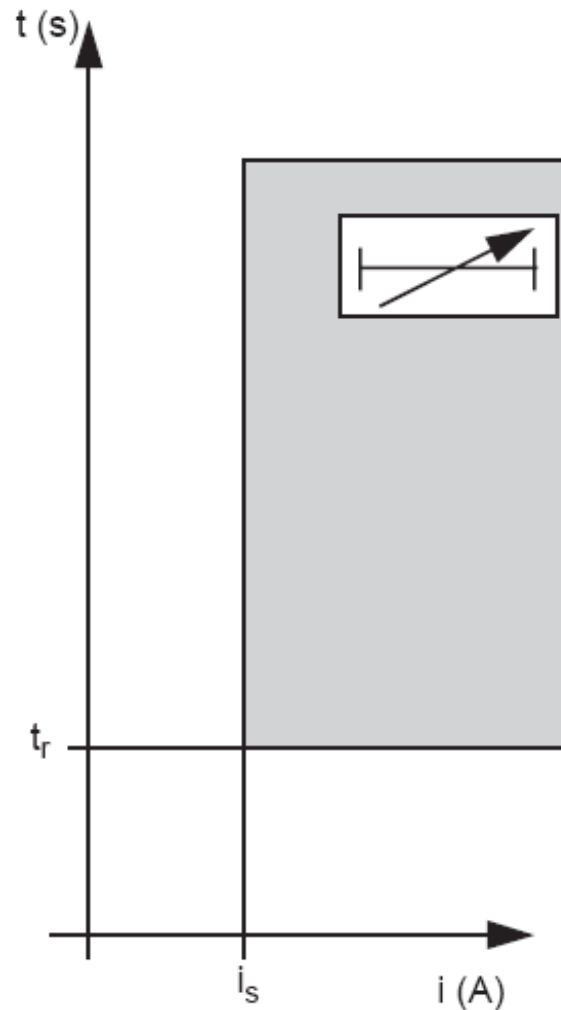
Diagrama TCC (Time **C**urrent **C**haracteristic).

- Curvas de tiempo definido
- Curvas típicas relés electromecánicos y microp.
- Curvas IEC, ANSI y otras.
- Curvas de fusibles.
- Curvas de reconectadores (reclosers).
- Curvas de daño-Límites Térmicos (conductores, transf., etc.)

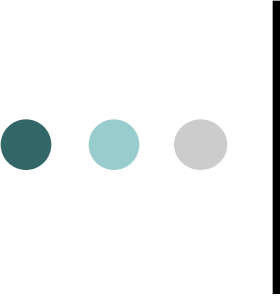
La forma y tipo de curva, dependerá de la tecnología asociada al dispositivo.

CARACTERÍSTICA TIEMPO DEFINIDO

Independiente del
valor de la corriente
(para $I > I_s$), el
tiempo de
operación, siempre
será t_r .



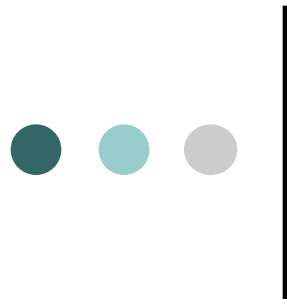
Temporizada
a tiempo independiente
(definido)



PROTECCION DE SOBRECORRIENTE

El inconveniente de este tipo de curva (tiempo definido) consiste en que incluso, si la sobrecorriente es supremamente alta, el tiempo de operación siempre será el mismo: t_r

Para valores grandes de sobrecorriente, no tiene sentido 'esperar' un tiempo t_r



CURVAS INVERSAS

Debido a lo anterior, se propuso la siguiente mejora:

“Entre mas alta la corriente menos tiempo se ‘espera’, para enviar disparo al interruptor.”

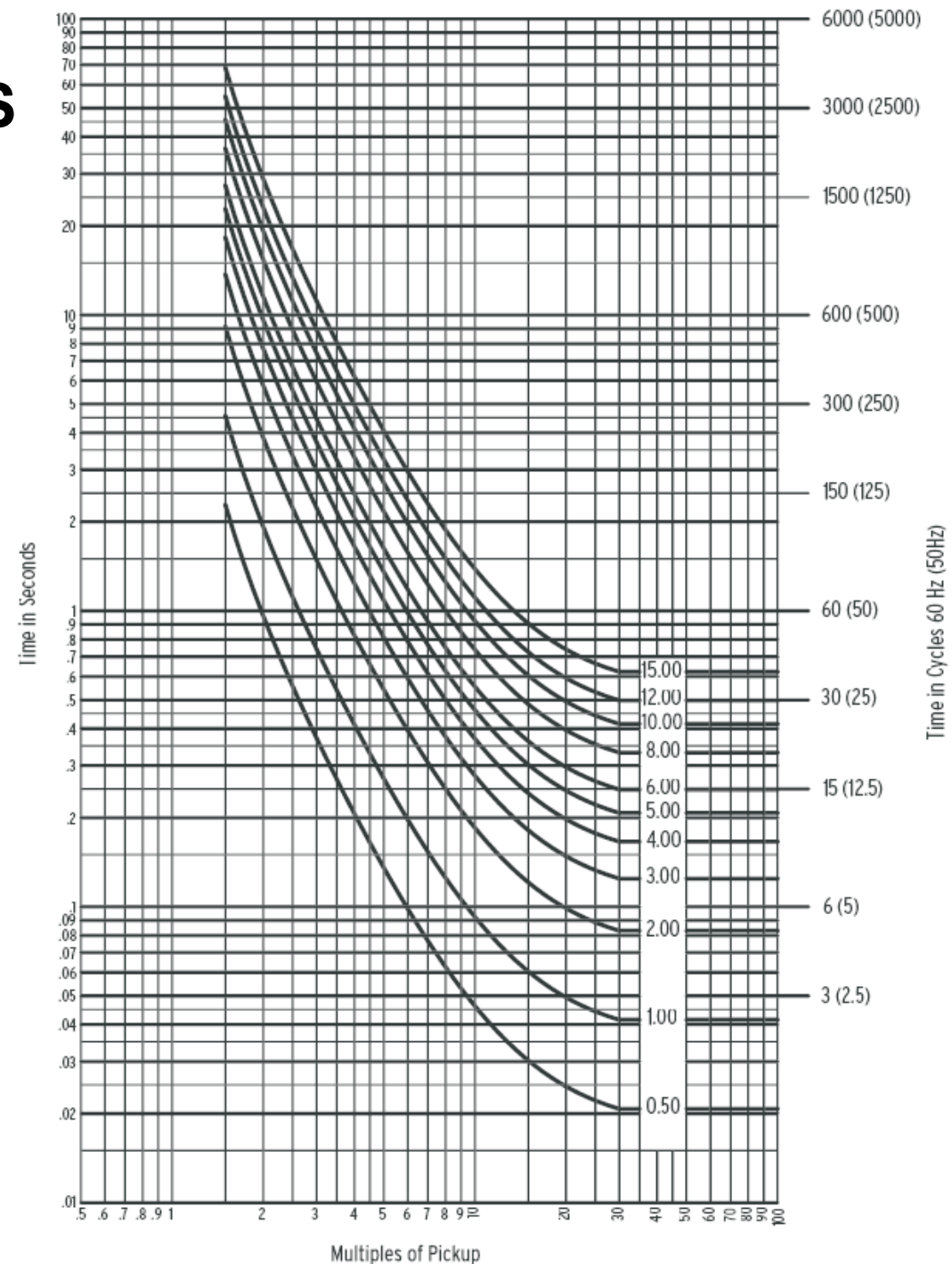
Estas curvas se denominan curvas inversas.



CURVAS INVERSAS

Se debe seleccionar una sola de las curvas. El eje **X** nuevamente es corriente (o un equivalente) y el eje **Y** es tiempo (o ciclos).

Estas curvas se podrían mejorar: a partir de un valor 'alto', seleccionado en forma arbitraria, no se 'espera'. Esto significaría mezclar los dos tipos de curvas: *tiempo definido* con *curva inversa*.



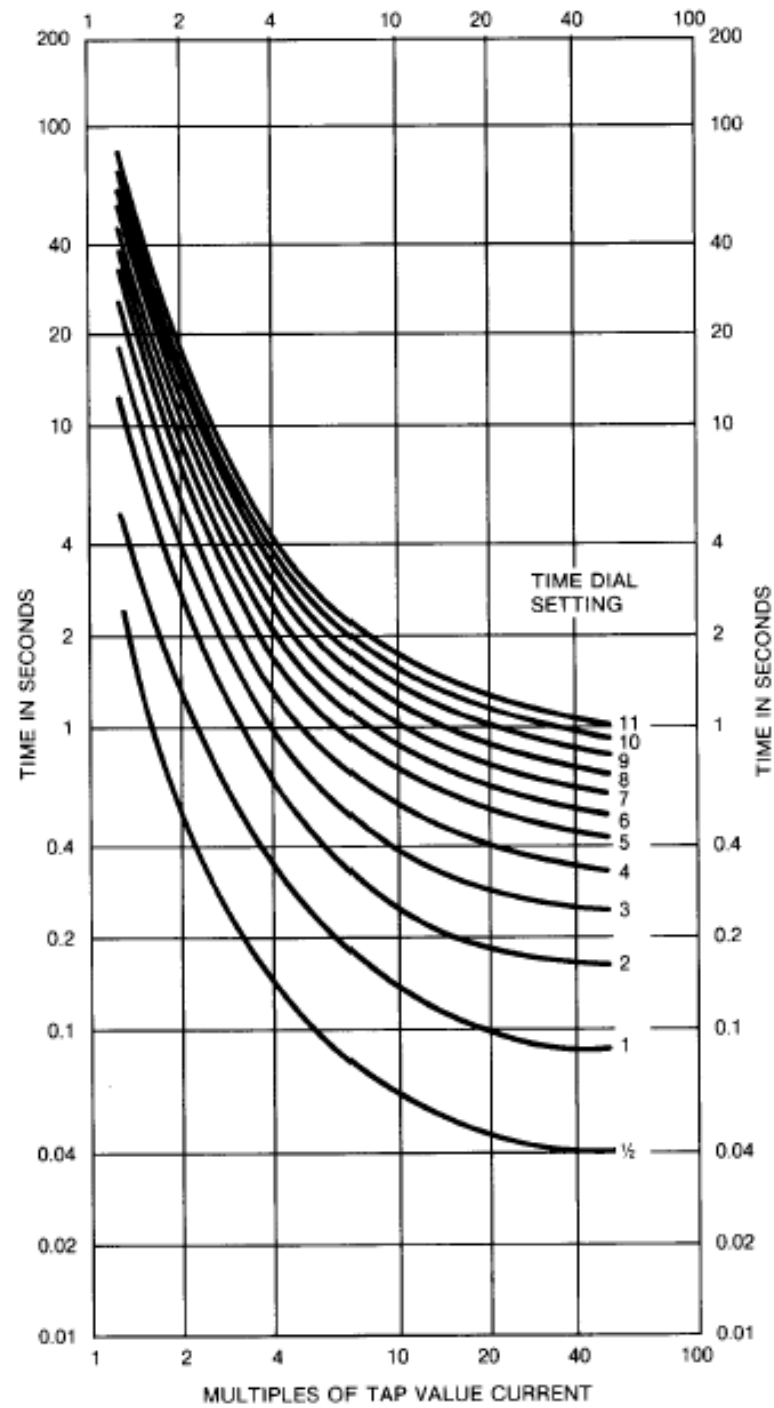
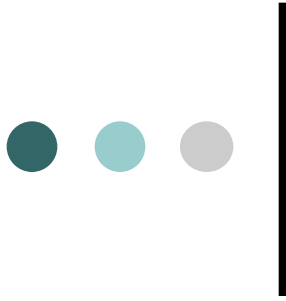
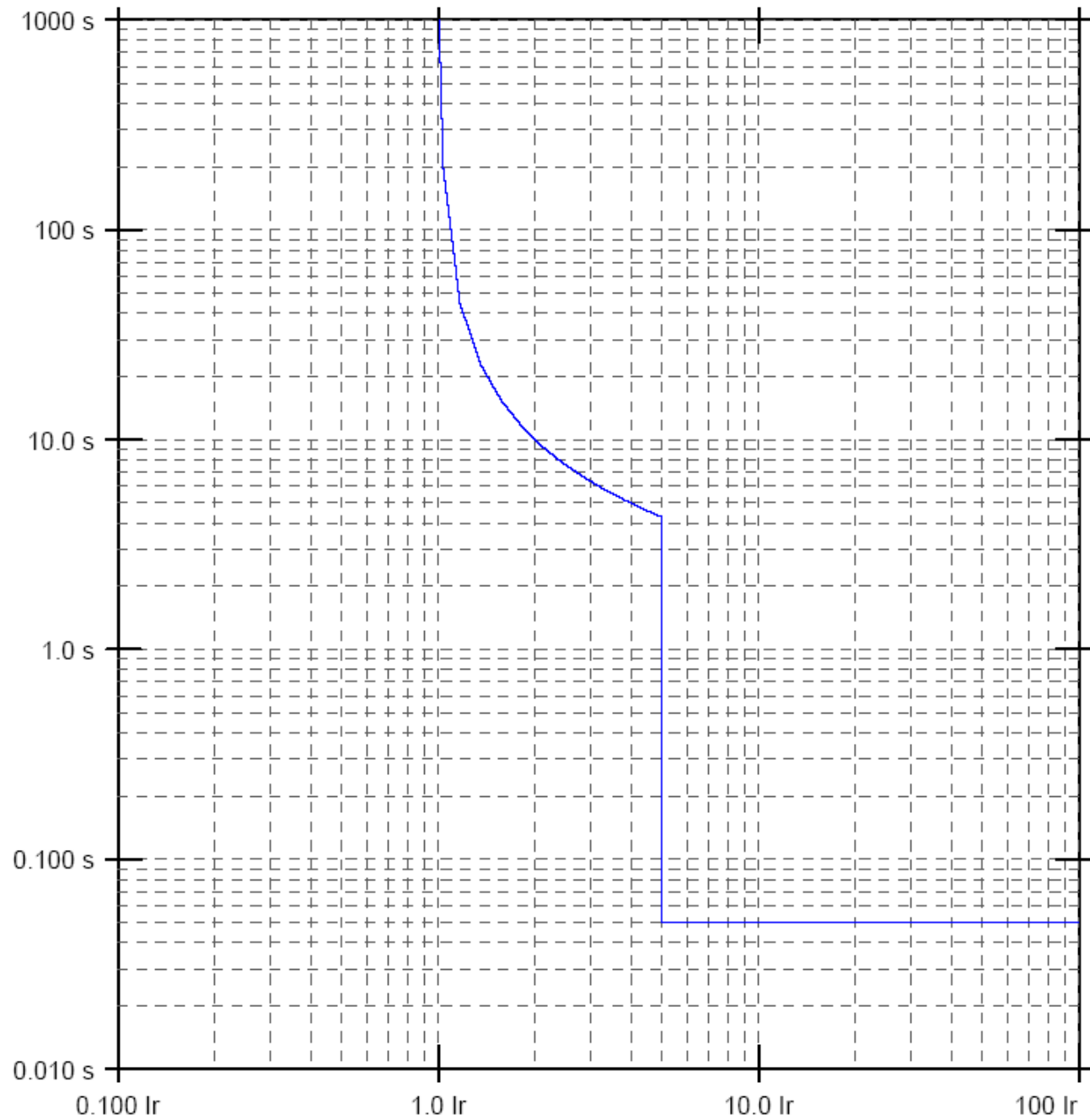


Fig 249
Typical Time-Current Curves for Very Inverse-Time Relay



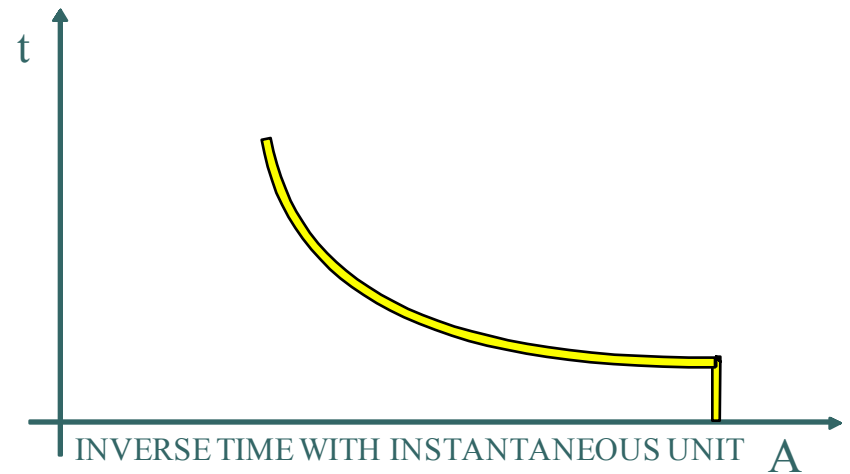
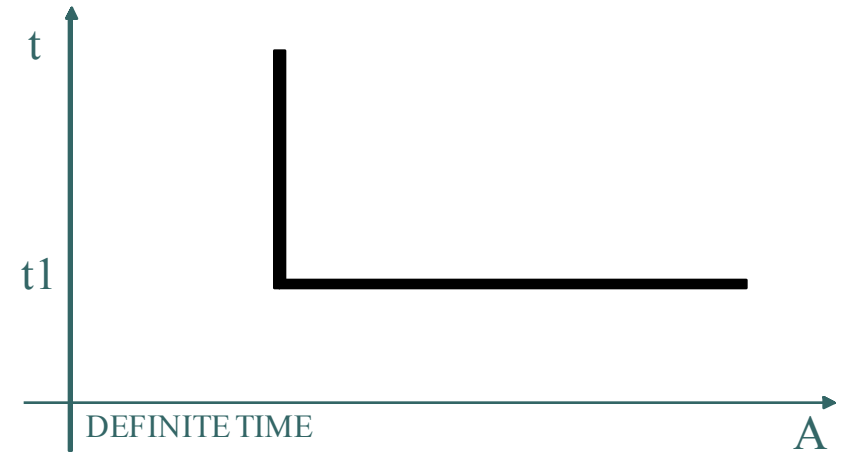
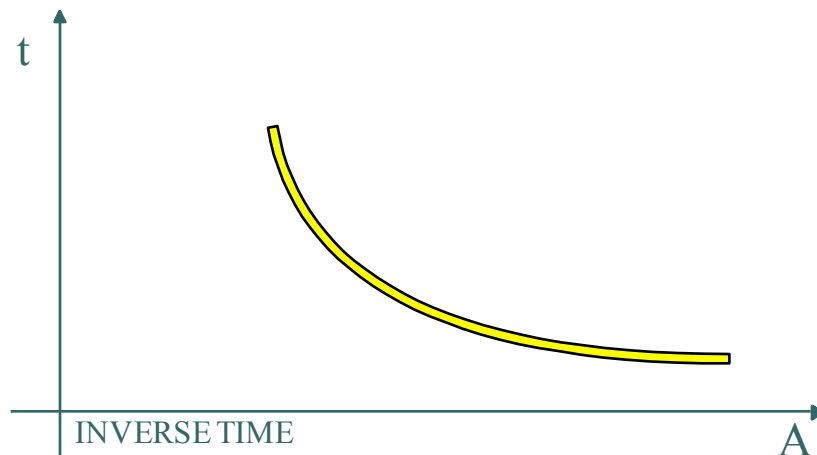
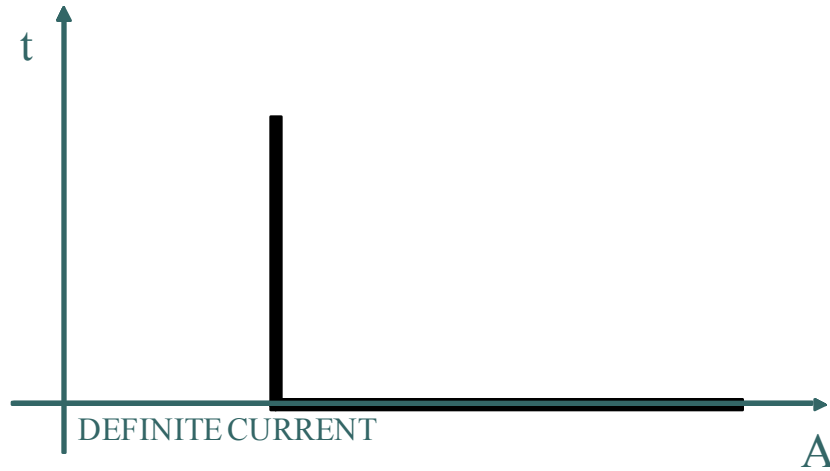
**CURVA
INVERSA +
CURVA DE
TIEMPO
DEFINIDO.**



GERS



Clasificación



PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE

Curvas ecuaciones

○ Curvas IEC.

$$t = \frac{\beta}{(I/I_{>})^{\alpha} - 1} TDS$$

	Normal Inversa	Muy Inversa	Extrem. Inversa	Inversa Tiempo L
α	0.02	1.0	2.0	1
β	0.14	13.5	80	120

PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE

Curvas ecuaciones

Curvas según la norma BS142:

$$T = \frac{A D}{M^N - C} + B D + K$$

D = Ajuste de Dial

M = Múltiplo de la corriente de arranque

A, B, C, N, K = Constantes para cada curva en particular

PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE

Curvas ecuaciones

	A	B	C	N	K
Short Inverse	0,2663	0,03393	1,0000	1,2969	0,0280
Long Inverse	5,6143	2,18592	1,0000	1,0000	0,0280
Definite Time	0,4797	0,21359	1,0000	1,5625	0,0280
Moderately Inverse	0,3022	0,12840	1,0000	0,5000	0,0280
Inverse	8,9341	0,17966	1,0000	2,0938	0,0280
Very Inverse	5,4678	0,10814	1,0000	2,0469	0,0280
Extremely Inverse	7,7624	0,02758	1,0000	2,0938	0,0280
BS142 Very Inverse	1,4636	0,00000	1,0000	1,0469	0,0280
BS142 Extremely Inverse	8,2506	0,00000	1,0000	2,0469	0,0280
Fixed Time	0,0000	1,00000	0,0000	0,0000	0,0000

PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE

Ecuaciones curvas ANSI - Multilin

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{(I/I_{pu}) - C} + \frac{D}{((I/I_{pu}) - C)^2} + \frac{E}{((I/I_{pu}) - C)^3} \right)$$

ANSI Curve Shape	A	B	C	D	E
ANSI Extremely Inverse	0.0399	0.2294	0.5000	3.0094	0.7222
ANSI Very Inverse	0.0615	0.7989	0.3400	-0.2840	4.0505
ANSI Normally Inverse	0.0274	2.2614	0.3000	-4.1899	9.1272
ANSI Moderately Inverse	0.1735	0.6791	0.8000	-0.0800	0.1271



Fusibles

- Poseen un elemento fundible, el cual es directamente calentado por la corriente que circula por el, y se destruye cuando la corriente excede un valor determinado.
- Un fusible adecuadamente seleccionado, abrirá el circuito al destruirse el elemento fundible. El arco se elimina, durante la destrucción del elemento.
- La mayoría de fusibles que se utilizan en sistemas de distribución, operación bajo el principio de expulsión: un tubo que confina el arco, y en el interior una fibra des-ionizadora, junto con el elemento fundible

Fusibles

Desconectadores Fusibles

Conector de ranuras paralelas— de fundición de bronce estañado. Para fácil conexión del conductor, acomoda a dos conductores de diferente diámetro en un sólo conector. Otros estilos de conectores también están disponibles.

Aislador compuesto de polímero silicón— Más ligero que la porcelana, sumamente resistente a la ruptura, proporciona una mejor ejecución en áreas de alta contaminación y costas.

Contactos inferiores (no visibles)— De Plata-Plata; proporcionan una trayectoria dual para la corriente, independientemente del eje del muñón. Los resortes de respaldo de acero inoxidable previenen el arqueado cuando el tubo se eleva en la bisagra durante la recuperación.

Muñón—Fundición de bronce de alta resistencia, cubierto de plata. Las superficies laterales del muñón se mantienen con un amplio contacto con la bisagra para permitir el alineamiento del tubo portafusible durante el cierre.

Cavidad de alojamiento del muñón— Asegura el tubo portafusible en el muñón durante el cierre.

Canal de una pieza— pesado acero galvanizado (que también se utiliza para insertos, colgadores, pernos y tuercas estructurales)

Contactos superiores— De Plata-Plata, el resorte de acero inoxidable asegura el buen contacto a presión.

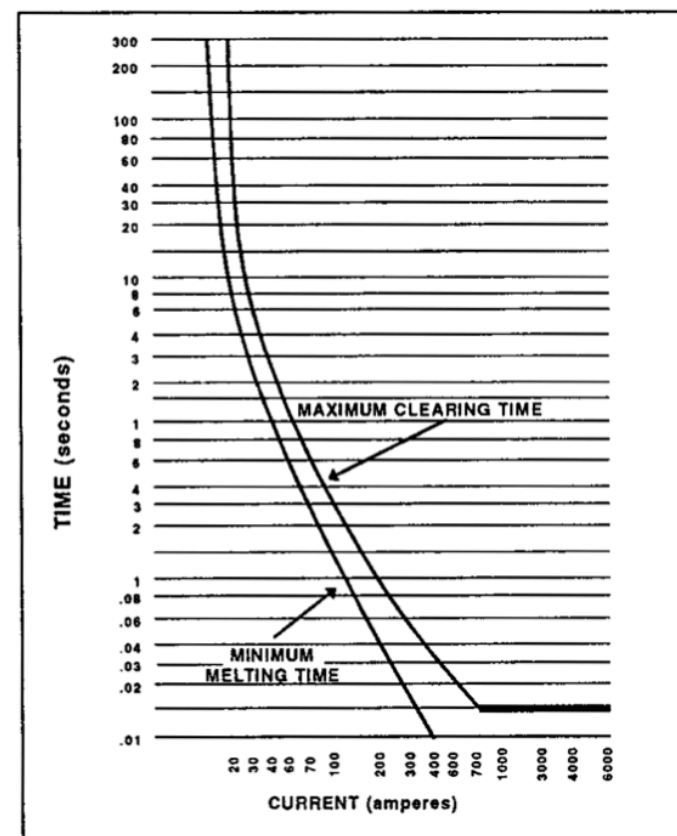
Ganchos de sujeción resistentes, para la utilización del Loadbuster sirven como guía del portafusible durante el cierre.

Tubo Portafusible— Presenta revestimiento MultiWind™, que es virtualmente impermeable al agua. Acabado especial resistente a los rayos UV que aseguran una larga vida. También modelos disponibles con cuchilla desconectadora.

Unión Bisagra— Asegura la caída confiable del tubo portafusible después de la interrupción

Férulas robustas— Fundidas en bronce. Sujetas a las partes superiores e inferiores del tubo para asegurar un alineamiento permanente. Ya sea el largo y accesible anillo para izado o la ranura (no visible en la foto) pueden ser enganchados con una pértiga para un control seguro del tubo portafusible durante su instalación o extracción.

Gatillo— Proporciona alta velocidad de separación entre terminales del fusible, cuando éste se funde, expulsando rápidamente el cable (en conjunto con el mecanismo colapsable), reduce la transmisión de las fuerzas al eslabón fusible durante el cierre.

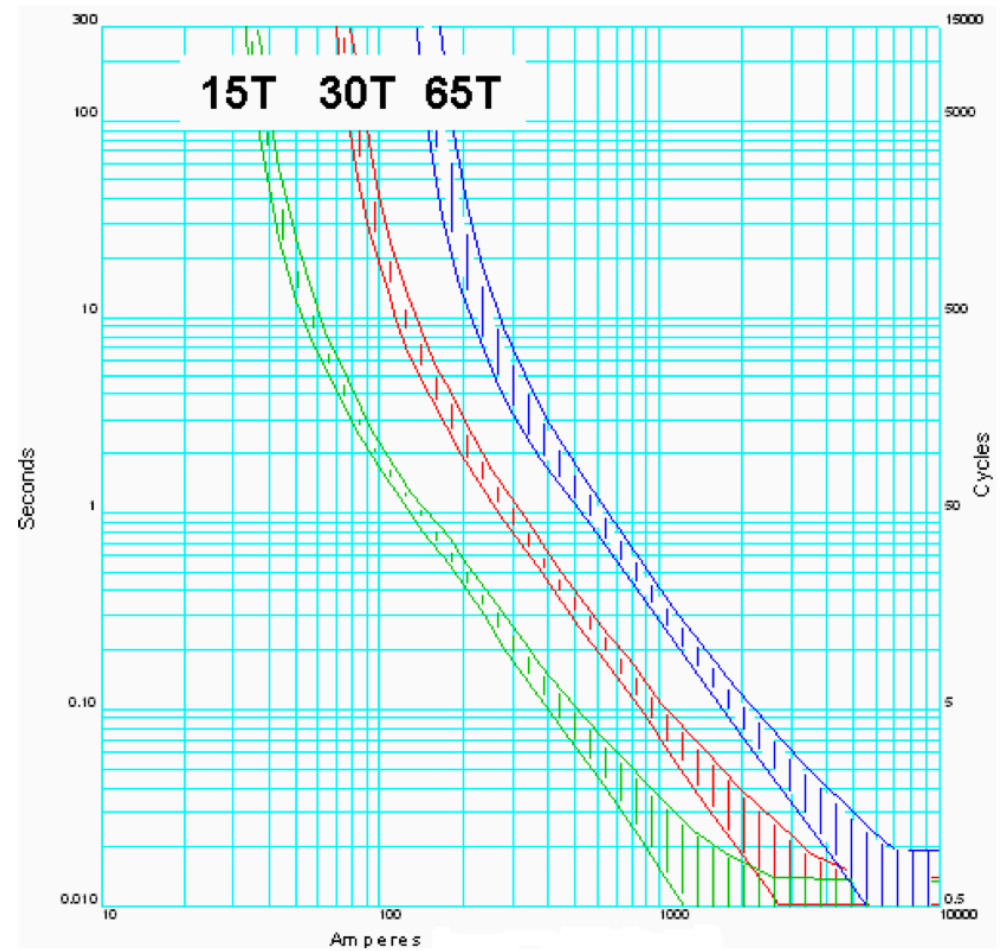
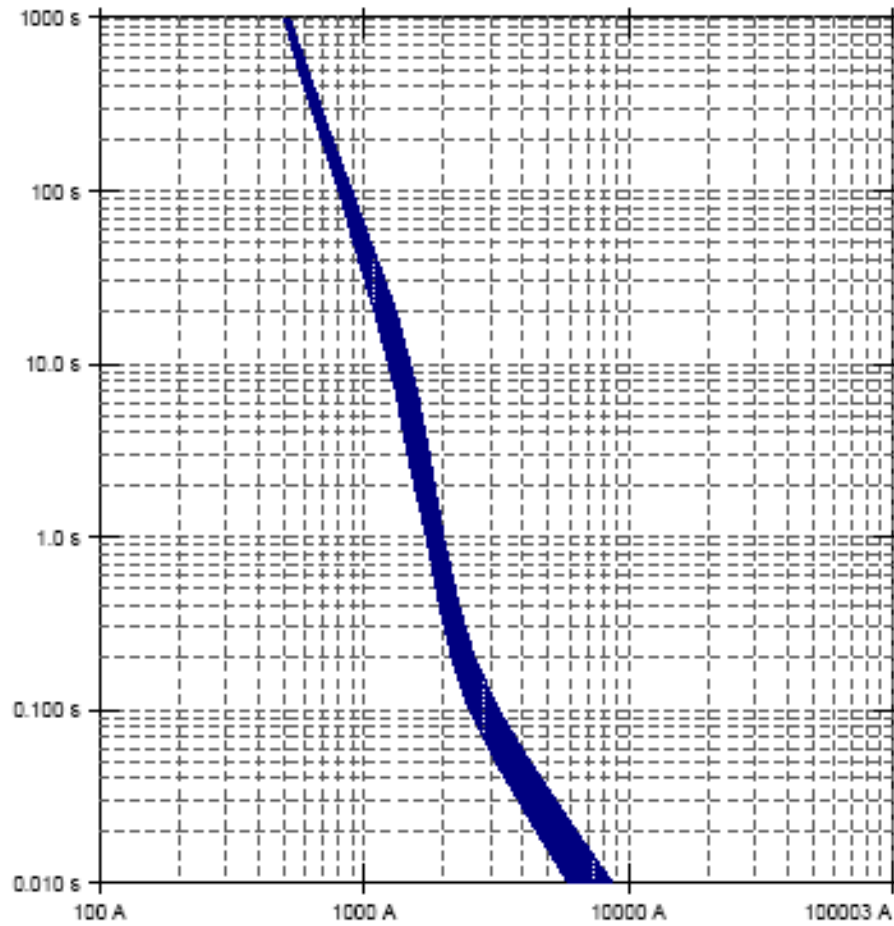




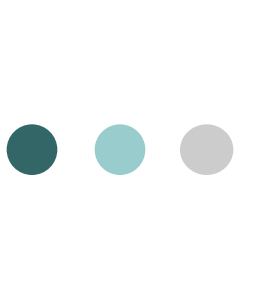
Fusibles

Type Name : EBI055 250E 5.5 kV

Description : (ECL055) Transformer and Feeder Protection

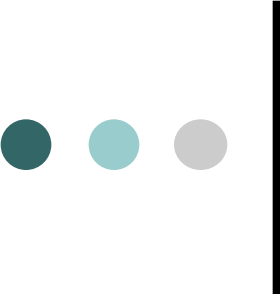


GERS



Otros Tipos de Dispositivos

- Relés, fusibles, reconectadores (reclosers), protección motores, interruptores de baja tensión (molded case), etc.
- Relés sobrecorriente:
 - Bidireccionales.
 - Direccionales.
 - Con restricción de voltaje
 - Con control de voltaje
 - Por desbalance (corriente residual, unidad de tierra).

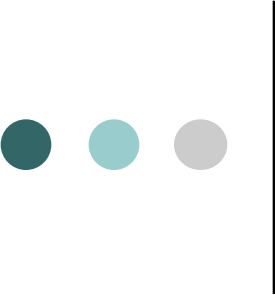


LÍMITES TÉRMICOS

La protección de sobrecorriente esta intrínsecamente asociada al concepto de “curva de daño”.

Todo se basa en el siguiente concepto: Si una alta corriente pasa a través de un elemento un tiempo excesivo, el elemento se dañará. Para ciertas corrientes (bajas), puede pasar un tiempo ilimitado.

Entre mas alta sea la corriente, menos tiempo puede pasar. Por lo tanto, la curva es inversa.



LÍMITES TÉRMICOS

Hay límites térmicos, prácticamente para todos los equipos y dispositivos. Las mas usuales son:

- Cable aéreo y aislado.
- Transformador.
- Generador.
- Motor.
- Banco de condensadores.

Límites Térmicos

➤ Conductores

○ Cobre:
$$\left(\frac{I}{CM}\right)^2 t \times F_{ac} = 0.0297 \log_{10} \frac{T_F + 234}{T_O + 234}$$

○ Aluminio:
$$\left(\frac{I}{CM}\right)^2 t \times F_{ac} = 0.0125 \log_{10} \frac{T_F + 228}{T_O + 228}$$

- T_0 = Temperatura inicial: Grados Centígr.
- T_F = Temperatura final: Grados Centígrados
- I amperios, t : tiempo (seg)
- CM = Circulas mil, (500 kCM = 500000)
- F_{ac} = Relación $\frac{R_{AC}}{R_{DC}}$ Efecto piel. (NEC, tabla 9)

Determinación de T_f y T_o

Table 40
Maximum Short-Circuit Temperatures

Type of Insulation	Continuous Temperature Rating T_o (°C)	Short-Circuit Current Temperature Rating T_f (°C)
Rubber	75	200
Rubber	90	250
Silicone rubber	125	250
Thermoplastic	60, 75, 90	150
Paper	85	200
Varnished cloth	85	200

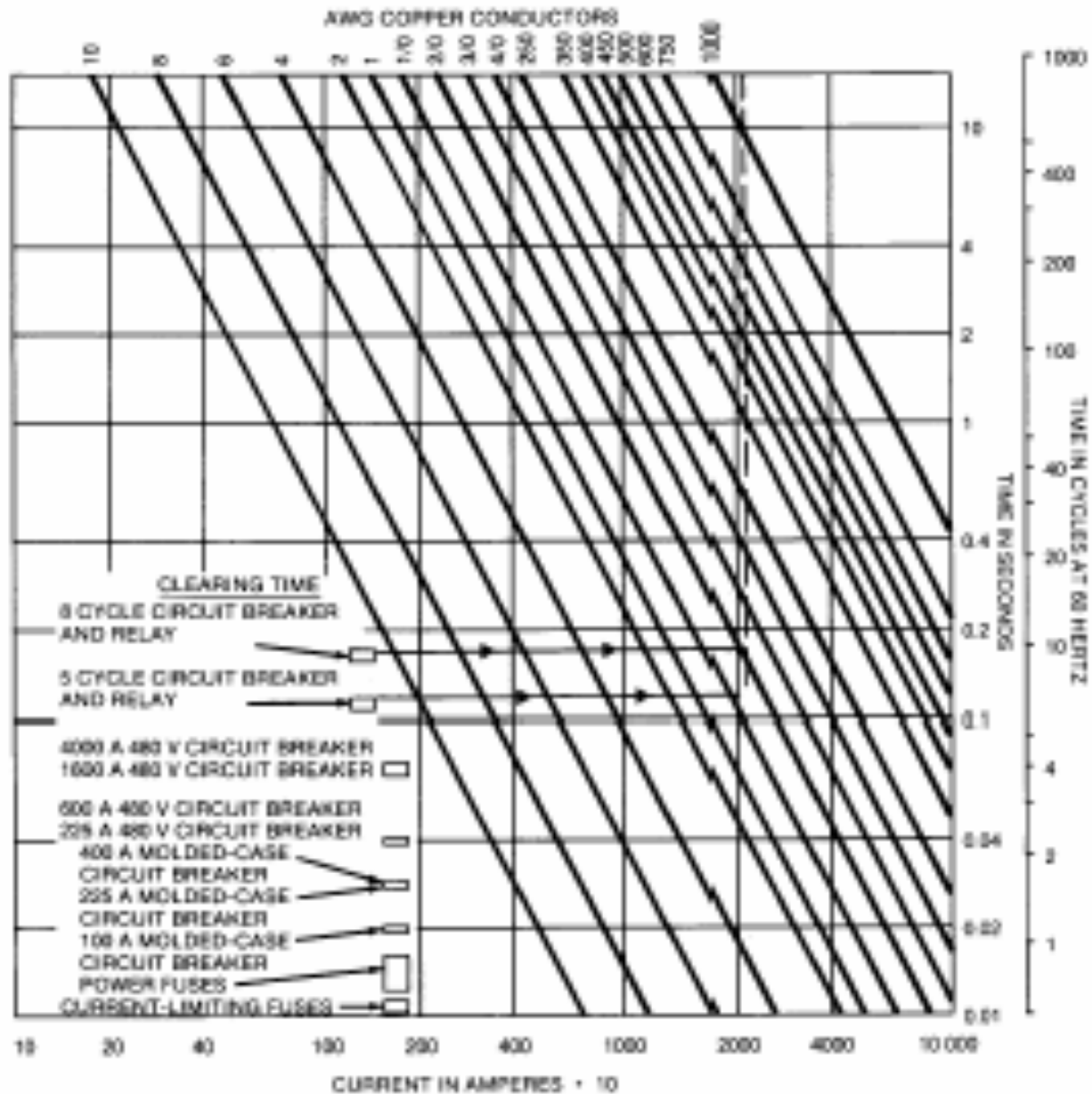


Fig 150
Maximum Short-Circuit Current for Insulated Copper Conductors;
Initial Temperature 75 °C; Final Temperature 200 °C;
for Other Temperatures Use Correction Factors of Fig 152

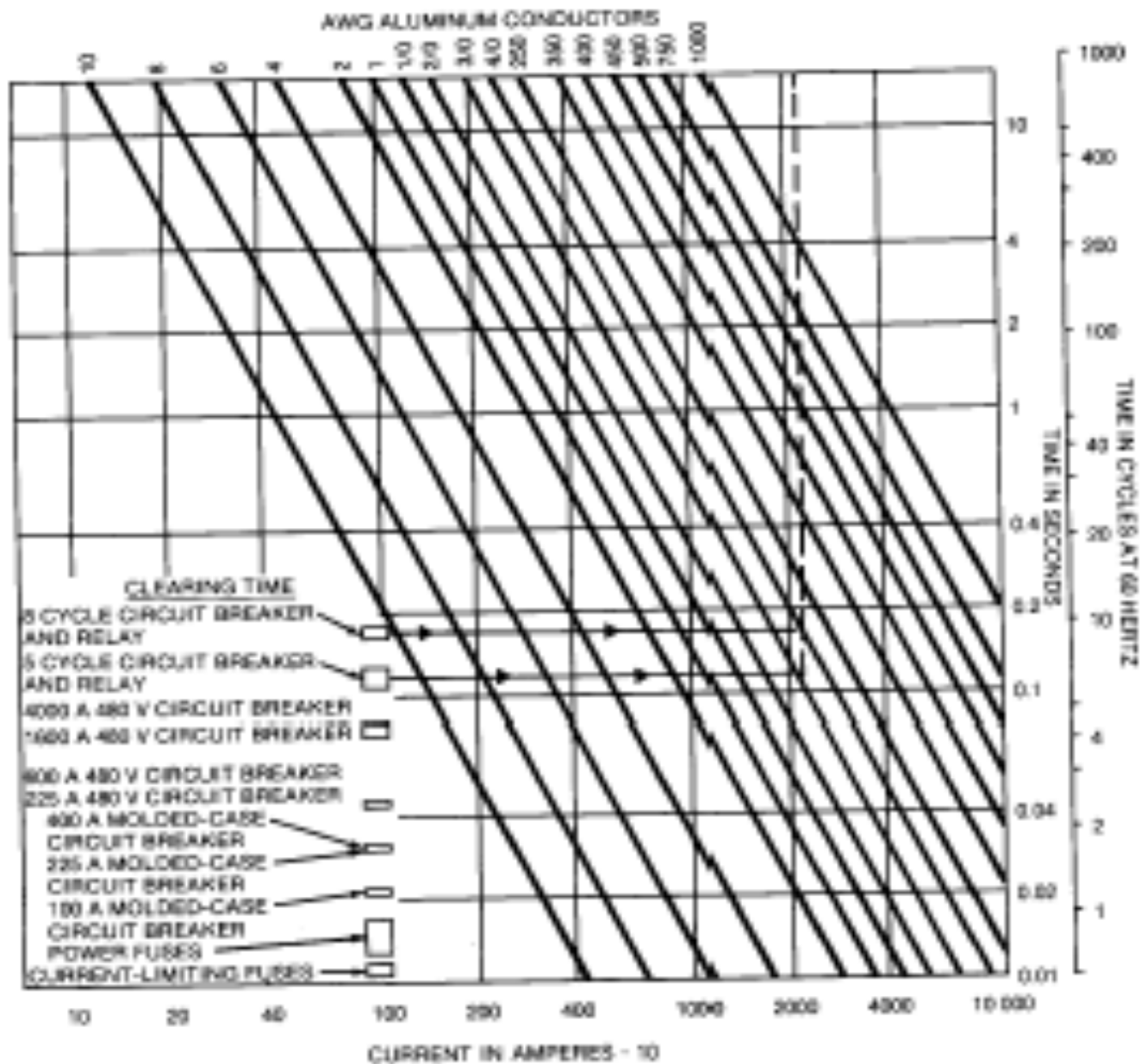
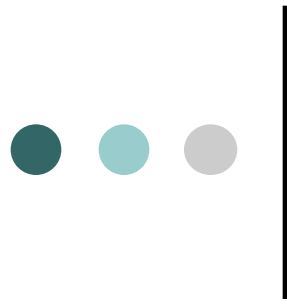


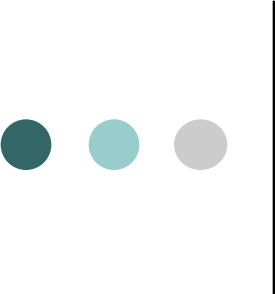
Fig 151
Maximum Short-Circuit Current for Insulated Aluminum Conductors
 (Initial Temperature 75 °C; Final Temperature 200 °C;
 for Other Temperatures Use Correction Factors of Fig 152)



Límites térmicos generadores

Como mínimo se deben satisfacer los siguientes tiempos: (C50.13-1977, C37.102-1987).

- o 226% In, 10s
- o 154% In, 30s
- o 130% In, 60s
- o 116% In, 120s



Límites Térmicos de transformadores

	MONOFÁSICO kVA	TRIFÁSICO kVA
◆ I	5 - 500	15 - 500
◆ II	501 - 1667	501 - 5000
◆ III	1668 - 10000	5001 - 30000
◆ IV	> 10000	> 30000
◆	INRUSH = $K * I_n$.	

Aún cuando las gráficas inician en 2 veces la corriente nominal, realmente las curvas son validas desde 3.5 veces la nominal.
Para valores entre 2 y 3.5 ver Guías de Cargabilidad

Límites Térmicos Transformadores

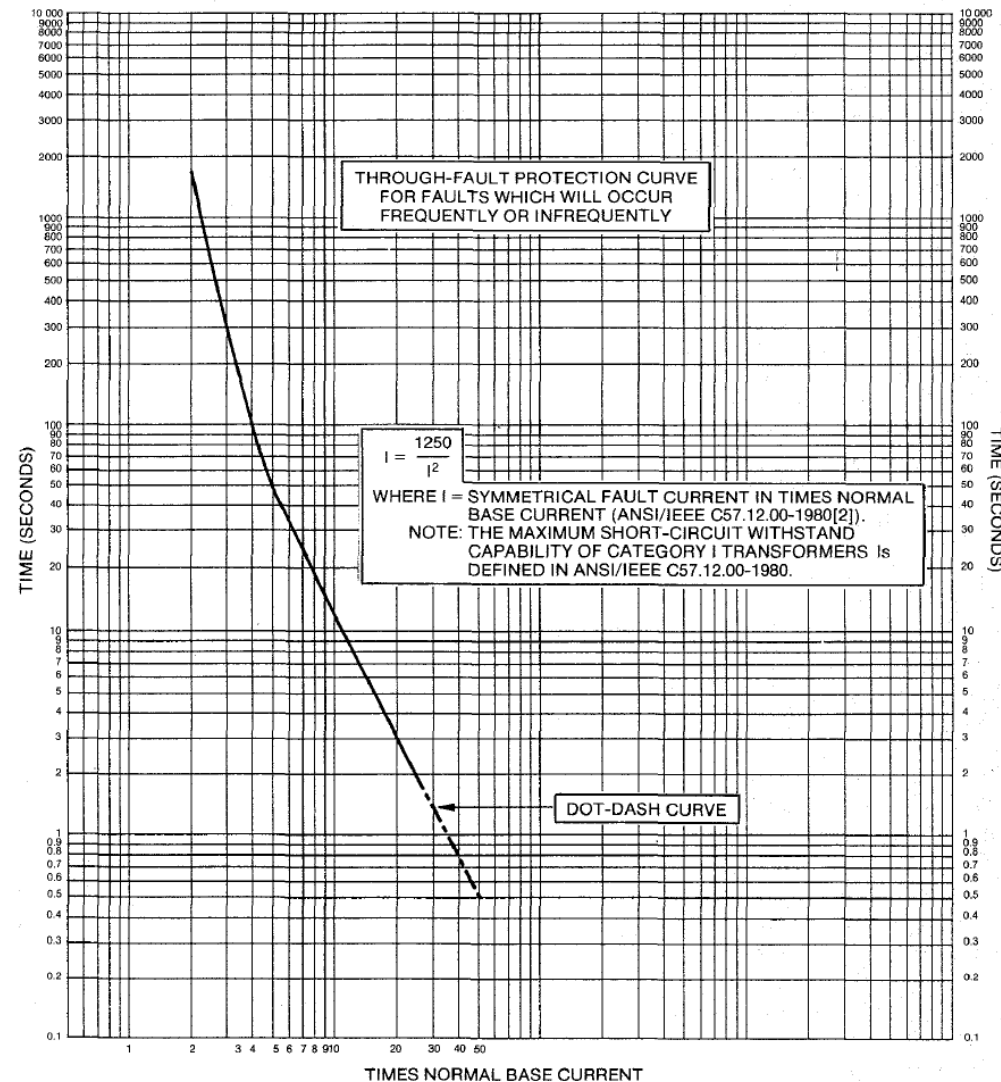


Fig A1
Category I Transformers
5 to 500 kVA Single-Phase
15 to 500 kVA Three-Phase

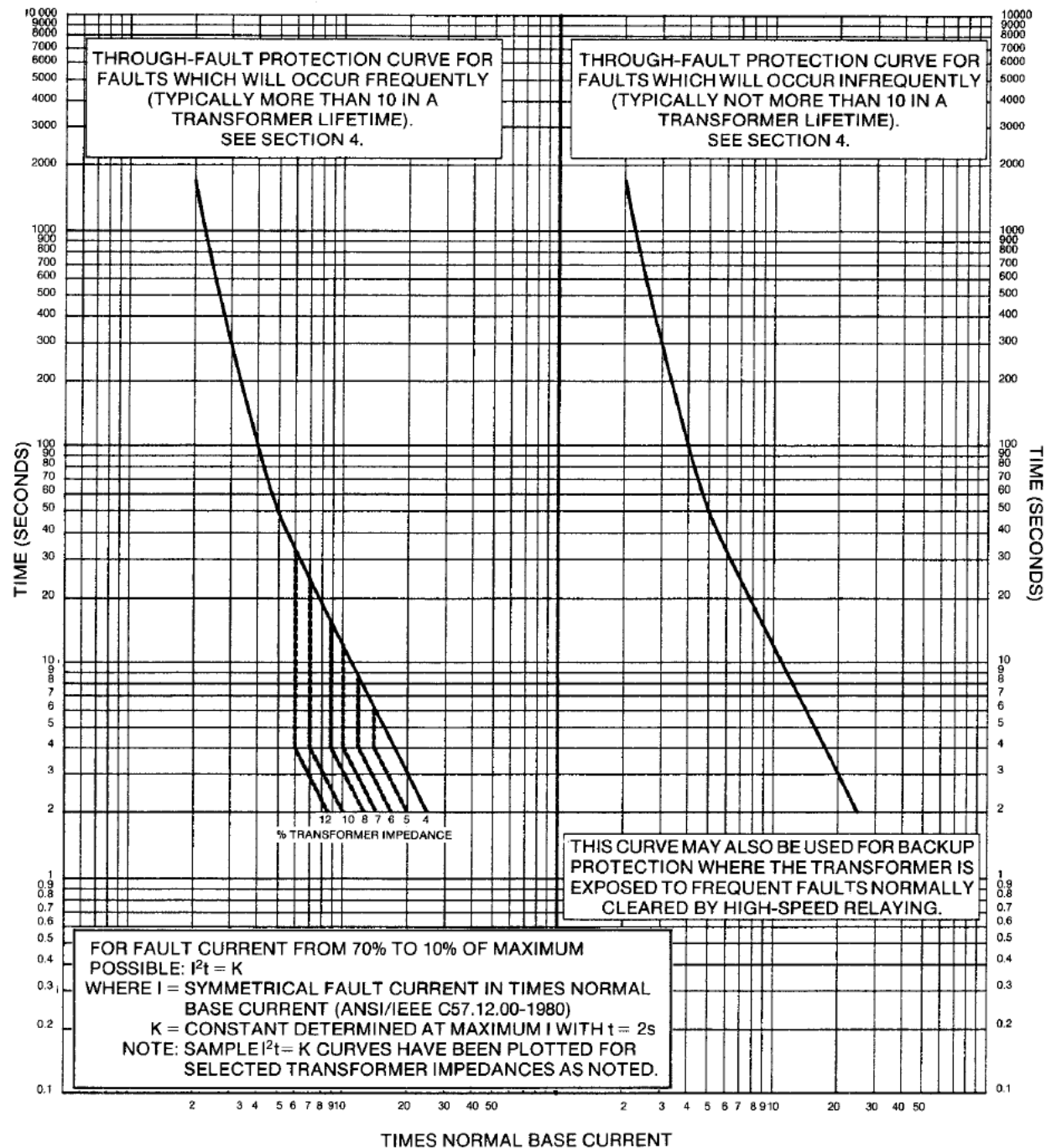


Fig A3
Category III Transformers
1668 to 10000 kVA Single-Phase
5001 to 30000 kVA Three-Phase

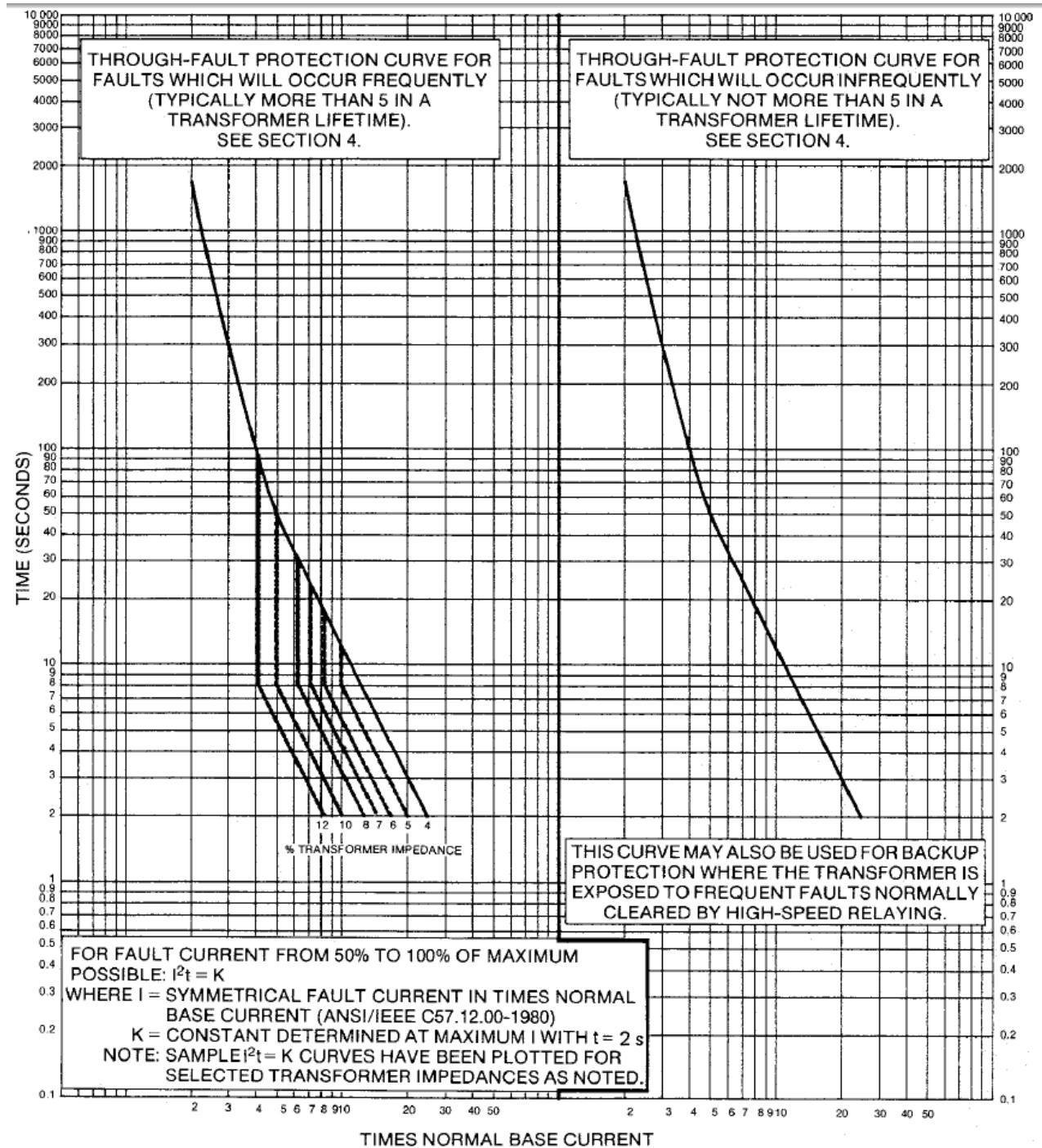
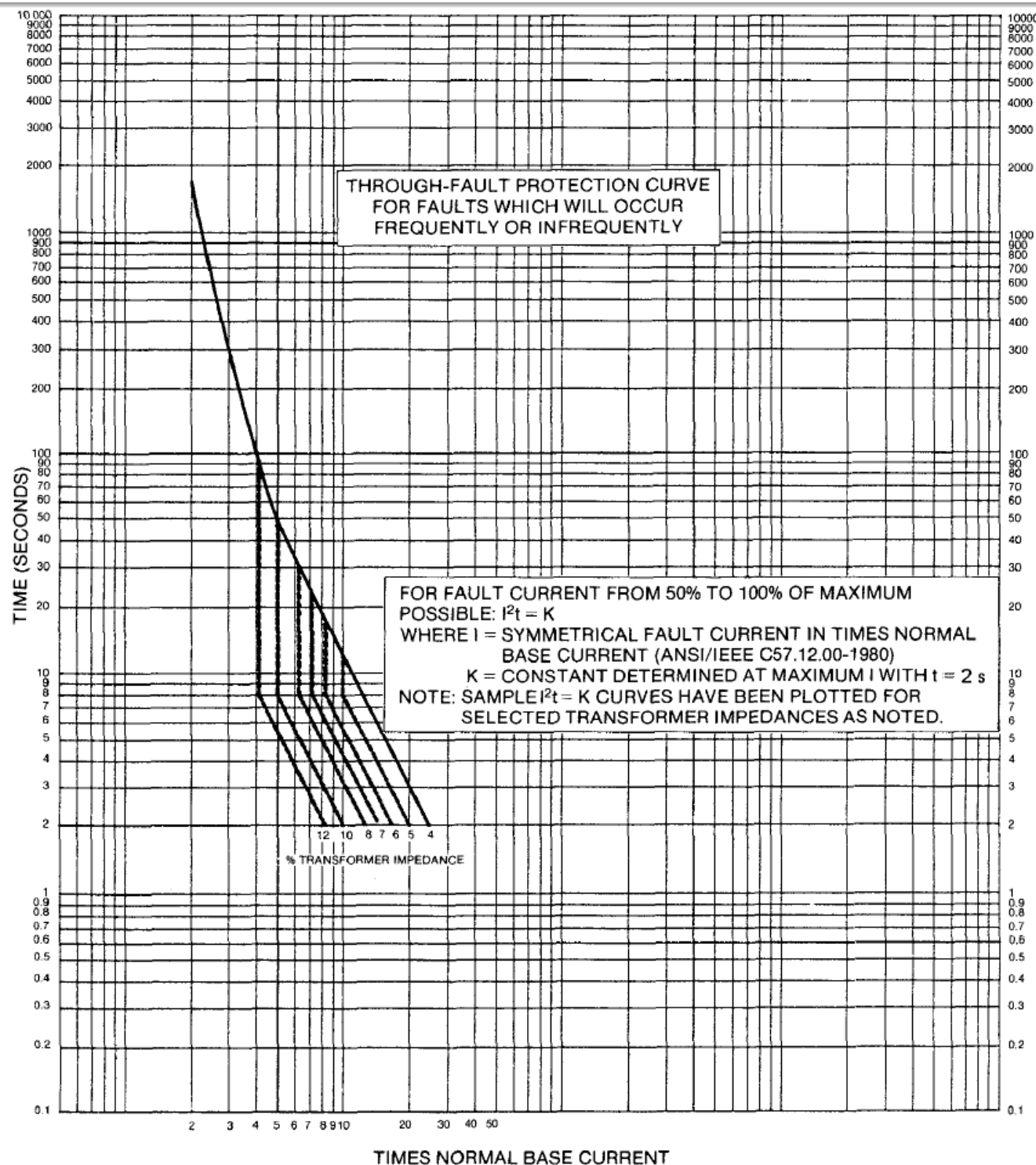


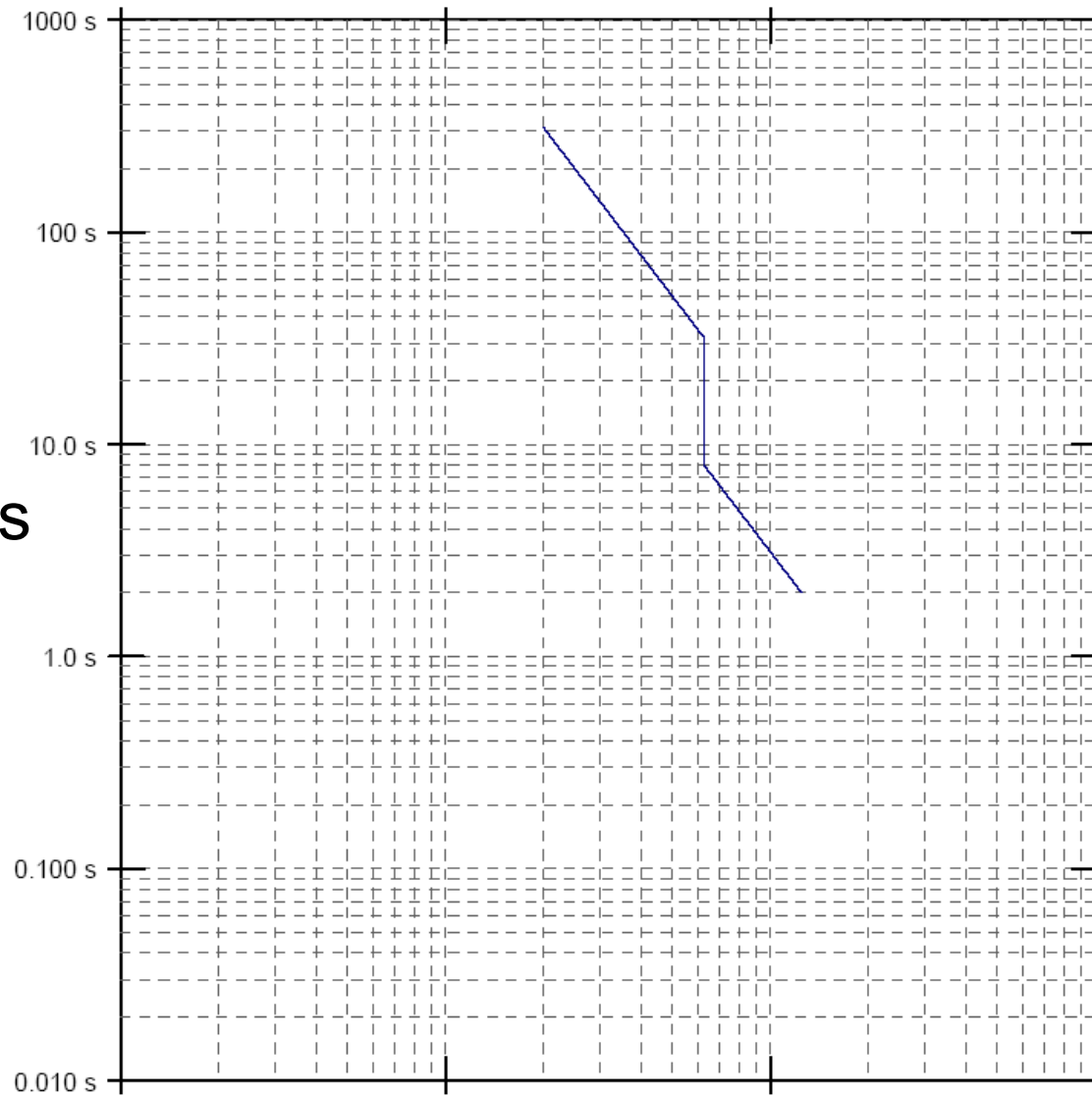
Fig A4
Category IV Transformers
Above 10000 kVA Single-Phase
Above 30000 kVA Three-Phase





EJEMPLO- Límite Térmico

Transformadores





Límites Térmicos Transf.

Para transformadores tridevanados.

- A) Seleccionar Categoría de acuerdo a capacidad Onan, del devanado Principal.
- B) Dibujar la curva de acuerdo a la Z propia de cada par de devanados y de acuerdo a la capacidad onan mínima de cada par de devanados.

Límites Térmicos Motores

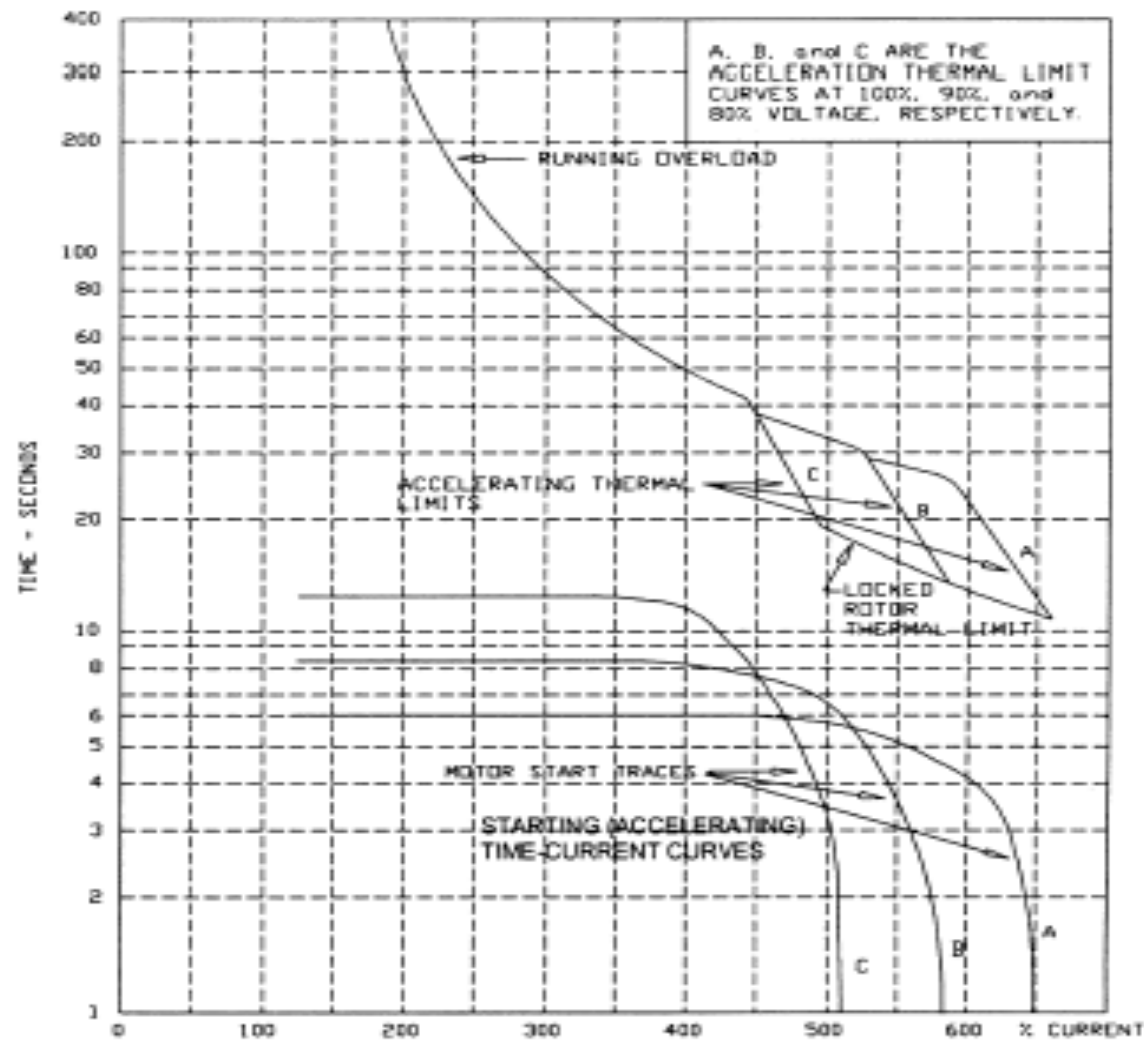
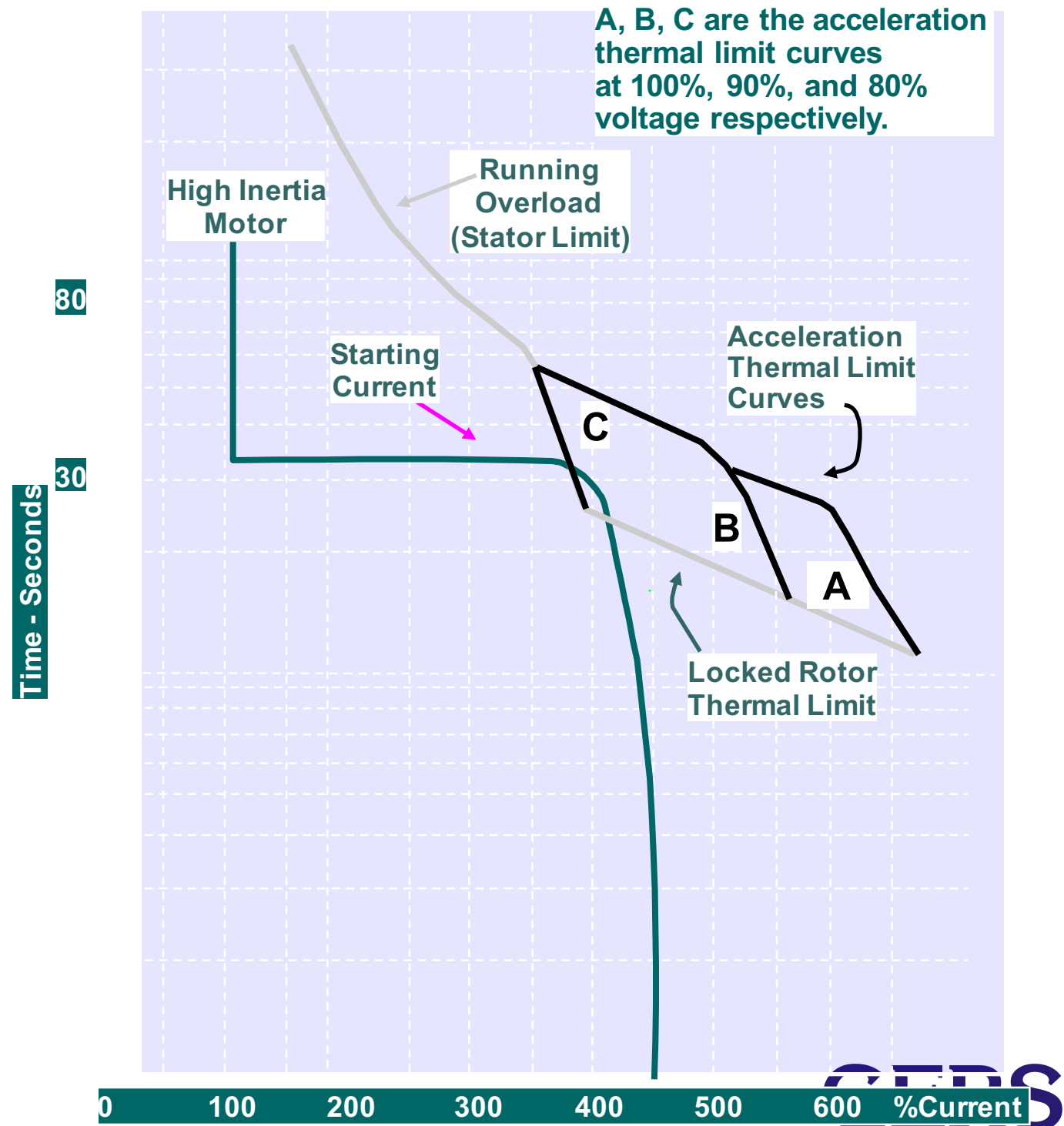
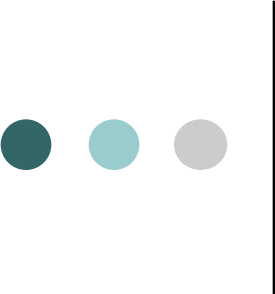


Figure 6 (b)—Typical time-current and thermal limit curves
(adapted from IEEE Std 620-1996, Figure 1)

Límite térmicos
para un motor de
alta inercia



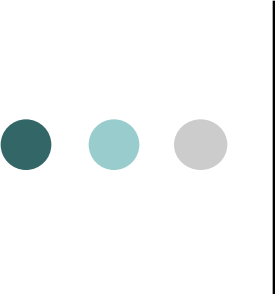


CORRIENTES DE AVALANCHA **(Rush: Inrush- Outrush)**

Son las corrientes que generalmente se presentan durante un tiempo muy breve (~ 100 mseg) inmediatamente después de la energización de un componente eléctrico.

Ejemplos: transformadores, circuitos de distribución.

En los bancos de condensadores se denomina “outrush”, pero es conceptualmente similar.



PASOS PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE COORDINACIÓN

- Recopilación de información.
- Estudio de cortocircuito.
- Cálculo de ajustes.
- Verificación de ajustes.
- Implementación de ajustes.

Concepto SELECTIVIDAD

