



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS Y APLICACION DEL CORTACIRCUITOS
FUSIBLE Y EL ESLABON FUSIBLE

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

Lucio Guillermo Márquez Zapata

Jorge Manuel Tronco

Anturo Sánchez Arzamendi

Carlos Esteban Ramírez

Dir. Univ. Daniel Barrios Morales Frías

MEXICO, D. F.

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	1
1.- FUSIBLES DE BAJA TENSION (HASTA 600 V)	3
FIG. 1.1 Tipos de fusibles de baja tensión	
TABLA 1.1 MEDIDAS DE FUSIBLES	
Descripción del tapón fusible	
Descripción del cartucho fusible	
CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LOS FUSIBLES	
Fusibles Clase G	
Fusibles Clase J	
Fusibles Clase K	
Fusibles Clase L	
Fusibles Clase H	
TABLA 1.2 FUSIBLES CLASES J, K	
TABLA 1.3 FUSIBLES CLASE L	
CARACTERISTICAS DEL LIMITADOR DE CORRIENTE	
FIG. 1.2 Relación CORR-TPO del fusible limitador de corriente.	
FUS. de una operación	
FUS. plata arena	
FUS. sin retardo de tiempo	
FUS. con retardo de tiempo	
FUS. tipo navaja	
Materiales empleados en la fabricación de fusibles	
TABLA 1.4 PUNTOS DE FUSION DE ALEACIONES USADAS COMO FUSIBLES	
2.- FUSIBLES DE ALTA TENSION (TENSIONES MAYORES	19
DE 600 V)	
Clasificación de acuerdo a sus Rel. de Vel. de Fusión	

Eslabón fusible tipo fracc. de
alto impulso

Eslabón fusible tipo M de alto impulso

Eslabón fusible tipo K

Eslabón fusible tipo S

Eslabón fusible tipo T

TABLA 2.1 CORR. DE FUS. PARA ESLABON
FUS. TIPO FRACC.

TABLA 2.2 CORR. DE FUS. DE FUSIB. TIPO H

TABLA 2.3 CORR. DE FUS. DE FUSIB. TIPO K

TABLA 2.4 CORR. DE FUS. DE FUSIB. TIPO S

TABLA 2.5 CORR. DE FUS. DE FUSIB. TIPO T

3.- FUSIBLES DE POTENCIA (ALTA TENSION) 26

Valores nominales de los fusibles

TABLA 3.1 FUSIBLES DE POTENCIA TIPO EXPULSION

Fusibles de Pot. de A.T. Acido Bórico

TABLA 3.2 FUS. DE POTENCIA ACIDO BORICO
(FORMA 1)

TABLA 3.3 FUS. DE POTENCIA ACIDO BORICO
(FORMA 2)

Aplicación de Fus. de Pot.

FIG. 3.1 MMT del fusible limitador de
corriente

FIG. 3.2 MCT del fusible limitador de
corriente

FIG. 3.3 MMT del fusible de Pot. de Acido
Bórico

FIG. 3.4 MCT del fusible de Pot. de Acido
Bórico

4.- CORTACIRCUITOS FUSIBLE 41

Cortacircuito cubierto

Cortacircuito de eslabón fusible

Descubierto

Cortacircuito Fusible Tipos: Expulsión simple y expulsión doble

Especificaciones de un cortacircuito

FIG. 4.1 Cortacircuitos fusible tipo expulsión simple

FIG. 4.2 Cortacircuitos fusible tipo doble expulsión

TABLA 4.1 DATOS TECNICOS DEL CORTACIRCUITO Fusible intemperie (simple y doble expulsión)

TABLA 4.2 DIMENSIONES DEL CORTACIRCUITO EXPULSION SIMPLE

TABLA 4.3 DIMENSIONES DEL CORTACIRCUITO DOBLE EXPULSION

TABLA 4.4. PROPIEDADES FISICAS

Selección del Cortacircuito Fusible

Condiciones de servicio

TABLA 4.5 CORRECCIONES POR ALTITUD

Caract. Elect.

TABLA 4.6 CARACT. ELECT. DEL CORTACIRCUITO TIPO DISTRIB.

TABLA 4.7 TENSIONES DE PRUEBA

TABLA 4.8 TENSIONES LIMITE DE RADIO INTERFERENCIA

Características Térmicas

Características mecánicas

5.- PRUEBAS 56

Pruebas al eslabón fusible

Pruebas al cortacircuito

TABLA 5.1 PRUEBAS DE DISEÑO

6.-	SELECCION DE FUSIBLES SEGUN SU APLICACION	59
	Aplicaciones en baja tensión	
	Aplicaciones en alta tensión	
7.-	COORDINACION DE FUSIBLES	62
	FIG. 7.1 Sistema Selectivo	
	FIG. 7.2 Principio general de coordinación	
	TABLA 7.1 SELECTIVIDAD TIPICA EN B.T.	
	FIG. 7.3a Ejemplo de Coord. Selectiva	
	FIG. 7.3b Ejemplo de Coord. Selectiva	
	Lineamientos básicos para para redes aéreas	
	Coordinación fusible a fusible en redes de distribución	
	FIG. 7.4 Coordinación de fusibles	
	FIG. 7.5 Coordinación fusible-fusible mediante sus curvas MMT y MCT	
8.-	PROYECTO DE PROTECCION MEDIANTE FUSIBLES	75
	DE UNA RED DE DISTRIBUCION	
	FIG. 8.1 Diagrama unifilar	
	TABLA 8.1 DATOS DE LOS TRANSFORMADORES	
	TABLA 8.2 DATOS DE LAS LINEAS	
	FIG. 8.2 Disposición de los conductores	
	TABLA 8.3 VALORES BASE DE POTENCIA, TENSION, CORRIENTE E IMPEDANCIA	
	Cálculo de las corrientes nominales e impedancias de sec. positiva y neg. de las líneas	
	Cálculo de las impedancias de sec. cero de las líneas	
	Valores en P.U de las imp. de sec. (+), (-) y (0) de las líneas, cargas,	

transformadores y generador

FIG. 8.3 Diagrama de imped. de sec. (+)

FIG. 8.4 Diagrama de imped. de sec. (-)

FIG. 8.5 Diagrama de imped. de sec. (0)

Cálculo de las impedancias equivalentes
de sec. (+) y (-) en cada punto de falla

Cálculo de la impedancia equivalente de
sec. (0) en cada punto de falla

TABLA 8.4 IMPEDANCIAS EQUIVALENTES
CALCULADAS Y CORRIENTE BASE

Cálculo de las corrientes y potencias
de corto circuito

TABLA 8.5 VALORES CALCULADOS DE I_{cc} y
 MV_{acc}

TABLA 8.6 FUSIBLES SELECCIONADOS Y
COORDINADOS

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

INTRODUCCION

En toda instalación eléctrica ya sea residencial, industrial o comercial (baja tensión) como en las redes de distribución (alta tensión), se requiere contar con un dispositivo que garantice la apertura rápida y eficaz del circuito cuando durante la operación del mismo, se presente una sobrecorriente.

Esta sobrecorriente puede ser debida a sobrecargas prolongadas o bien a la presencia de un circuito corto.

La sobrecorriente producirá una sobre elevación de temperatura (por efecto Joule) fenómeno que se aprovecha para la operación del dispositivo mencionado, llamado eslabón fusible, listón fusible o simplemente fusible.

El fusible es un elemento que impide que la temperatura inherente producida por la corriente circulante, alcance valores superiores a los prefijados por los materiales aislantes presentes en la instalación. Es, en otras palabras, un elemento de protección.

El fusible se utiliza en circuitos tanto de baja como de alta tensión, quedando conectado en serie en el circuito.

En ambos casos se requiere contar con un soporte mecánico aislante, con medios de conexión y desconexión eléctrica para su fácil y eficaz instalación, llamado tapón o cartucho si se trata de un fusible para baja tensión o bien cortacircuitos fusible o desconectador portafusible si se trata de un fusible para alta tensión.

La efectividad de los eslabones fusibles determinan la continuidad eléctrica en un sistema y protegen a los elementos contra sobrecorrientes y corto circuitos.

CAPITULO 1

FUSIBLES DE BAJA TENSION (HASTA 600 VOLTS)

1. FUSIBLES DE BAJA TENSION (HASTA 600 VOLTS)

Los fusibles de baja tensión tienen rangos de corriente, voltaje y capacidad interruptiva que no deberán excederse en su aplicación. Algunos fusibles son clasificados de acuerdo a su capacidad limitadora de corriente, como lo establecen las normas nacionales e internacionales, de esta manera se designan por una clase de letra, tal como:

D, J, K-1, K-5, K-9, L, H

Dichas capacidades límites de corriente las establecen las normas, de acuerdo al máximo pico de corriente que pasa por el fusible, y a la máxima energía I^2t que fluye por el mismo cuando libera una falla.

Como se dijo anteriormente, existen 2 principales categorías de fusibles:

- a) Tapón fusible
- b) Cartucho fusible.

TAPON FUSIBLE



a) Fusible Base Edison.



b) Tipo Casquillo 0-60 Amp.

CARTUCHOS FUSIBLE:



c) Tipo Navaja 70-600 Amp.



d) Tipo Perno 601-6000 Amp.

FIG. 1.1 TIPOS DE FUSIBLES DE BAJA TENSION.

TABLA 1.1. VALORES NOMINALES DE FUSIBLES DE ACUERDO A CORRIENTES Y VOLTAJE.

0 - 600 AMP.			601-6000 AMP.
250V O MENOS AMPERS	300V O MENOS AMPERS	600V O MENOS AMPERS	600 O MENOS AMPERS
30	15	30	800
60	20	60	1 200
100	30	100	1 600
200	60	200	2 000
400		400	2 500
600		600	3 000
			4 000
			5 000
			6 000

DESCRIPCION DE FUSIBLES

TAPON FUSIBLE.- Muy conocido por las personas debido a su amplia aplicación como protector de circuitos derivados en sistemas eléctricos residenciales.

Un tapón fusible de base Edison consiste en un alambre o tira de metal fusible dentro de un pequeño receptáculo de porcelana con un disco de mica colocado en la parte frontal, por donde se puede ver al eslabón fusible.

Estos fusibles tienen un uso confinado a los circuitos clasificados con un máximo de 127 volts se fabrican para diversos valores nominales de corriente:

3, 6, 10, 12, 15, 20, 25 y 30 ampers

CARTUCHO FUSIBLE.- Un cartucho fusible típico consiste en un tubo de papel, fibra o algún material similar rígido tratado, con el eslabón fusible dentro del tubo. Se monta una pieza de contacto de algún tipo en cada extremo del tubo y el eslabón fusible se conecta entre estas piezas metálicas de contacto en el interior del tubo.

Los cartuchos fusibles pueden ser renovables y no renovables.

Los cartuchos fusibles renovables contienen eslabones fusibles que se pueden cambiar cuando se funden. Se fabrican en tipos que tienen terminales de casquillo o de cuchilla de cobre o latón en los extremos del tubo.

En los cartuchos fusibles no renovables (para usarse una sola vez), el elemento fusible consiste en un alambre fusible, estirado a lo largo del tubo, en un compuesto aislante entre las terminales de los extremos del tubo. Cuando se funde el eslabón fusible, el compuesto interior extingue cualquier arco que pueda desarrollarse.

NEC (National Electrical Code) clasifica los cartuchos fusibles y portafusibles en capacidades de 0 - 600 AMP y de 601 - 6000 AMP.

Los fusibles marcados de 0 - 600 AMP. tienen tres clasificaciones de voltaje:

0 - 600 AMP	No arriba de 250V
0 - 60 AMP	No arriba de 300V
0 - 600 AMP	No arriba de 600V

Para 250V no hay capacidades superiores a los 600A, sin embargo, se pueden usar fusibles de 600V en voltajes menores.

Todos los fusibles reconocidos por NEC que tienen capacidades interruptivas que exceden los 10 000 AMP. deben tener -- marcada en su etiqueta su capacidad interruptiva.

CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS

U.L. (Underwriters Laboratories Inc.) y NEMA (National --- Electrical Manufacturers Association) han establecido estandar para la clasificación de fusibles por medio de letras.

La clase de letra puede designar capacidad interruptiva, di mensiones físicas, grado de limitación de corriente y máxima energía liberada en I^2t bajo condiciones específicas de prueba, o, las mismas letras pueden indicar combinaciones - de estas características.

FUSIBLES CLASE G.- Son fusibles miniatura para hasta 300V nominales, usados principalmente en sistemas de 480Y/277 -- Volts fase a tierra. Los encontramos disponibles en capacidades de hasta 60 AMPS y capacidad interruptiva de hasta 100 000 AMPS eficaces simétricos. Las medidas del cartucho para 15, 20, 30 y 60 AMPS son todos de diferente longitud.

Los fusibles Clase G son considerados como de retardo de -- tiempo por U.L si tienen un tiempo mínimo de retardo de 12

seg. para el 200% de su capacidad de corriente.

FUSIBLES CLASE J.- Son fusibles capaces de interrumpir ---
100 000 ó 200 000 AMPERS C.A. de acuerdo con las normas de
U.L. Son etiquetados como limitadores de corriente y utili-
zados en sistemas de 600 Volts. o menos, con dimensiones --
que no sean intercambiables con otras clases de fusibles. -
Esta clase de fusibles no son del tipo de retardo de tiempo.

FUSIBLES CLASE K.- Son los fusibles según normas de U.L.--
tal como K-1, K-5 o K-9. Estas normas han prescrito para -
la misma corriente de pico de fuga y valores I^2t de cada --
subclase, siendo la clase K-1 la que tiene los valores más
bajos y la clase K-9 la que tiene los valores más altos (me-
nos restringidos) de dimensiones igual a la clase H. Estos
fusibles son del tipo no renovale. Sus niveles de capaci--
dad interruptiva son de 50 000, 100 000 ó de 200 000 AMPERS.

No son etiquetados como limitadores de corriente. Las pala-
bras "retardo de tiempo" en la etiqueta indican que el fa-
bricante ha doptado la prueba opcional de normas U.L. para
esta característica. El empleo de fusibles clase K permite
que el equipo y sus circuitos sean empleados en sistemas de
corriente de falla potenciales en exceso de 10 000 AMPERS.

FUSIBLES CLASE L.- Los fusibles con capacidad de 800 a ---
6 000 AMPERS, diseñados para interrumpir de 100 000 a - - -
200 000 AMPERS C.A., son clasificados por U. L. y normas --
NEMA como clase L y etiquetados como limitadores de corriente
te: con aislamiento para 600 VOLTS C.A. o menos, y de dimensi
ones específicas mayores que las de otros fusibles de 600
VOLTS.

Su diseño es apropiado para ser atornillado a las barras col
lectoras y no se emplean portafusibles.

Estos fusibles no incorporan retardo de tiempo en los términi
nos aquí definidos, sin embargo, los tiempos de apertura --
por sobrecarga varían entre diferentes valores dentro de --
las normas establecidas. No hay fusibles de 250V en esta -
clase.

FUSIBLES CLASE H (0-600 AMP.).- Estos fusibles tienen di--
mensiones enlistadas por NEC, por lo que se les suele conside
rar como fusibles NEC. A pesar de que estos fusibles no -
están etiquetados con una capacidad interruptiva han sido -
probados por U.L. en circuitos que pueden rendir (desarro--
llar) 10 000 AMP.C.A. Se encuentran para 600 ó 250 VOLTS -
nominales. Los fusibles "H" más comunes pueden ser:

- a) Renovables
- b) No renovables

El cartucho fusible ordinario de una operación (no renovable) es el tipo más viejo de uso común hoy en día. Su eslabón es de zinc o cobre y tienen capacidades de interrupción limitadas.

El uso de fusibles de una operación decrece cada día, debido a su limitada capacidad de interrupción y falta de retardo de tiempo intencional.

Los fusibles clase H renovables son similares a los de una operación, excepto que se puede retirar el elemento fusible que ha fundido y cambiarlo por uno nuevo.

Los eslabones de renovación son usualmente hechos de zinc; sus terminales se sujetan con tornillos a las terminales del fusible.

Para que U.L. considere a los fusibles clase H no renovables como de retardo de tiempo, deben tener un tiempo mínimo de apertura de 10 segundos a 500% de corriente nominal.

TABLA 1.2.- FUSIBLES CLASES J, K. CORRIENTES MAXIMAS PICO DE FUGA I_p DISPONIBLES E I^2t COMO ESTABLECE U.L. PARA UNA CORRIENTE DE 100 000 AMPS. SIMETRICOS.

CLASE	CAPACIDAD Amperes	CORRIENTE PICO (AMPERS)	I^2t Amperes cuadrados- seg.
J	30	7 500	7×10^3
	60	10 000	30×10^3
	100	14 000	80×10^3
	200	20 000	300×10^3
	400	30 000	$1\ 100 \times 10^3$
	600	45 000	$2\ 500 \times 10^3$
K-1	30	10 000	10×10^3
	60	12 000	40×10^3
	100	16 000	100×10^3
	200	22 000	400×10^3
	400	35 000	$1\ 200 \times 10^3$
	600	50 000	$3\ 000 \times 10^3$
K-5	30	11 000	50×10^3
	60	21 000	200×10^3
	100	25 000	500×10^3
	200	40 000	$1\ 600 \times 10^3$
	400	60 000	$5\ 000 \times 10^3$
	600	80 000	$10\ 000 \times 10^3$
K-9	30	14 000	50×10^3
	60	28 000	250×10^3
	100	35 000	650×10^3
	200	60 000	$3\ 500 \times 10^3$
	400	80 000	$15\ 000 \times 10^3$
	600	130 000	$40\ 000 \times 10^3$

TABLA 1.3.- FUSIBLES CLASE L

RANGO DE FUSIBLES (AMPERS)	I_p (AMPERS)	I^2t [(AMP ²) SEG]
601-800	80 000	10 000 X 10 ³
801-1 200	80 000	12 000 X 10 ³
1 201-1 600	100 000	22 000 X 10 ³
1 601-2 000	120 000	35 000 X 10 ³
2 001-2 500	165 000	75 000 X 10 ³
2 501-3 000	175 000	100 000 X 10 ³
3 001-4 000	220 000	150 000 X 10 ³
4 001-5 000		350 000 X 10 ³
5 001-6 000		350 000 X 10 ³

CARACTERISTICAS DE LOS FUSIBLES

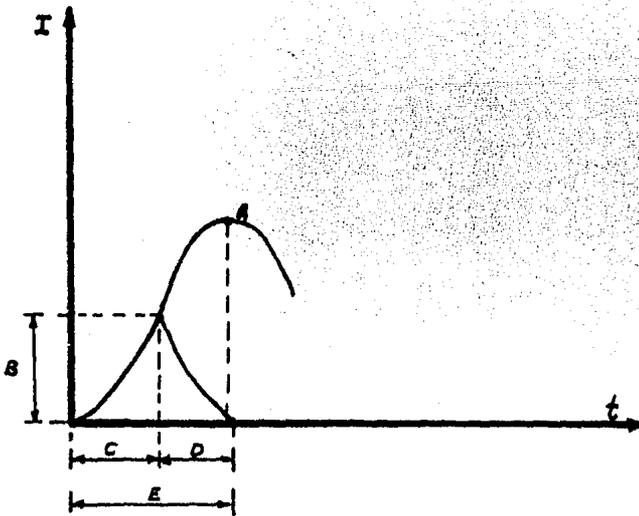
FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE.- Es un cartucho fusible, el cual podrá interrumpir todas las corrientes disponibles que abarca el rango interruptivo. Dentro del alcance de -- sus valores de limitación de corriente, limita el "tiempo - de apertura" a voltaje nominal a un intervalo igual o menor que el mayor primer medio ciclo o primer pico simétrico, y limita la corriente pico de fuga a un valor menor que la co rriente pico que sería posible si el fusible fuera reemplazado por un conductor sólido de la misma impedancia. Notamos que la limitación de corriente únicamente es efectiva a un valor específico de la misma. U.L. únicamente reconoce y permite etiquetar a las clases J y L como limitadores de

corriente, aún cuando los fusibles de la clase K son, de hecho, limitadores de corriente en cierto grado.

Es, en cierta forma, un elemento diseñado para funcionar -- únicamente en corriente de falla de alta magnitud, el cual no operará en sobrecargas menores sin considerar el tiempo. Este elemento deberá ser siempre usado en serie con un fusible o un interruptor para que estos últimos protejan contra sobrecargas o circuitos cortos menores. Un caso típico es el de los interruptores moldeados con fusibles integrados.

En resumen el fusible limitador de corriente está diseñado para abrir el circuito en algún punto antes que la corriente de falla alcance su valor máximo. El valor en este instante se conoce como corriente de ruptura.

La FIG. 1.2 muestra la relación corriente-tiempo con las características del fusible limitador de corriente.



- A. Corriente máxima de falla
- B. Corriente de ruptura
- C. Tiempo que funde el eslabón fusible
- D. Después que se funde el eslabón fusible la corriente forma arcos a través de los extremos rotos del mismo, bajando ésta a cero.
- E. Tiempo que necesita el fusible para eliminar la corriente de falla.

FIGURA 1.2 RELACION CORRIENTE-TIEMPO DEL FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE.

FUSIBLE DOBLE ELEMENTO.- Son los cartuchos fusible que tienen elementos responsables de la corriente de dos diferentes características de fusión en serie, en un solo cartucho. Uno de estos elementos puede consistir en dos componentes, uno a cada extremo del segundo elemento, para obtener un mejor balance del calor generado. Esta construcción es nor-

malmente usada en los fusibles con retardo de tiempo.

FUSIBLES DE UNA OPERACION.- Son aquellos fusibles no renovables, pero generalmente este término se emplea para describir cualquier fusible clase H no renovable, el cual tiene un solo elemento fusible adecuado para interrumpir fallas no mayores de 10 000 AMP. eficaces.

FUSIBLE RENOVABLE.- Es un fusible en el cual el elemento, (generalmente un eslabón), puede ser reemplazado después -- que el fusible ha abierto. Este tipo de fusible ha ido perdiendo popularidad en México debido a que no puede interrumpir con seguridad más de 10 000 AMP; además, los eslabones sobrados de capacidad pueden dar lugar a una condición insegura para el equipo y el personal.

FUSIBLES PLATA-ARENA.- Este término, no muy comúnmente empleado, se refiere a cualquier fusible compuesto de eslabones de plata y arena de sílice como material de relleno. - Todos los fusibles limitadores de corriente modernos tienen este diseño.

FUSIBLES SIN RETARDO DE TIEMPO.- Son aquellos que no tienen incorporado un retardo de tiempo intencional. Son generalmente empleados en circuitos que no sean de motores o en

combinación con interruptores en el que este último proporciona protección contra sobrecargas y el fusible brinda protección en el rango de corrientes de corto circuito. No suele usársele en circuitos de motores, excepto en combinación con arrancadores en donde un relevador de sobrecarga proporciona protección contra esta sobrecarga, y el fusible brinda protección únicamente contra corto circuito.

FUSIBLES CON RETARDO DE TIEMPO.- Estos fusibles tienen incorporado un retardo de tiempo intencional para el rango de sobrecargas. Esta característica permite a menudo la selección de fusibles con capacidades cercanas a la corriente de plena carga del motor. El fusible de retardo de tiempo del tipo de doble elemento es extensamente usado como protección contra sobrecorrientes de motores sin la posibilidad de necesidades de la apertura debidas a la corriente de arranque.

FUSIBLES TIPO NAVAJA.- Es el tipo de construcción de los fusibles arriba de 60 AMPERS. Las terminales en cada extremo son barras planas de cobre pulido y centradas al eje del tubo. FIG. 1.1(c).

MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACION DE FUSIBLES

Los fusibles se fabrican mediante aleaciones cuyos puntos de fusión se encuentran entre los 60°C y los 200°C.

En su fabricación se usan principalmente los siguientes metales en proporciones diferentes:

<u>Metal</u>	<u>Símbolo</u>
Bismuto	Bi
Plomo	Pb
Estaño	Sn
Cadmio	Cd
Mercurio	Hg
Zinc	Zn

La tabla muestra los puntos de fusión para diversas aleaciones.

TABLA 1.4 PUNTOS DE FUSION DE ALEACIONES USADAS COMO FUSIBLES.

% DE COMPOSICION QUIMICA					PUNTO DE FUSION
Bi	Pb	Sn	Cd	Hg	°C
20	20	-	-	60	20
50	27	13	10	-	72
52	40	-	8	-	92
53	32	15	-	-	96
54	26	-	20	-	103
29	43	28	-	-	132
-	32	50	18	-	145
50	50	-	-	-	160
15	41	44	-	-	164
33	-	67	-	-	166
20	-	80	-	-	200

Los metales para fusibles del tipo eslabón descubierto, encapsulado y de expulsión se fabrican con algunas aleaciones de bajo punto de fusión. El aluminio se usa también en cierto grado; de esta manera, una sobrecorriente de magnitud suficiente puede obviamente fundir el fusible y por consiguiente abrir el circuito si el arco resultante se autoextingue. Como es natural, se prefieren aquellos metales que volatilizan con el calor a aquellos que dejan residuos en estado incandescente.

La capacidad de cada fusible depende críticamente de su forma, dimensión, montaje, encapsulado y cualquier otro factor que afecte su capacidad disipativa de calor.

CAPÍTULO 2

FUSIBLES DE ALTA TENSION (TENSIONES MAYORES DE 600V)

2. FUSIBLES DE ALTA TENSION (TENSIONES MAYORES DE 600 V)

Los eslabones fusibles para alta tensión pueden ser clasificados de acuerdo con sus relaciones de velocidad de fusión en:

ESLABON FUSIBLE TIPO FRACCIONARIO DE ALTO IMPULSO.- Son los eslabones fusibles con relaciones de velocidad de fusión que varían desde 67 para la capacidad nominal de 1/3 de ampere, hasta 19 para la capacidad nominal de 15 amperes.

ESLABON FUSIBLE TIPO "H" ALTO IMPULSO.- Estos fusibles comprenden las relaciones de velocidad de fusión que van desde 20 hasta 6.9 para capacidades nominales de 1 a 8 amperes respectivamente.

ESLABON FUSIBLE TIPO "K" (RAPIDO).- Son aquellos eslabones fusibles con relaciones de velocidad de fusión que varían desde 6 hasta 8 para capacidades nominales de 6 a 200 amperes respectivamente.

ESLABON FUSIBLE TIPO "S" (ESTANDARD).- Se denomina así a aquellos con relaciones de velocidad de fusión que varían desde 6.89 hasta 7.77 para las capacidades nominales de 5 a 200 amperes respectivamente.

ESLABON FUSIBLE TIPO "T" (LENTO).- Se denomina de esta manera a los eslabones fusibles cuyas relaciones de velocidad de fusión van desde 10 hasta 13 para capacidades nominales de 6 a 200 amperes respectivamente.

Por medio de las siguientes tablas se muestran las diferentes corrientes de fusión para los tipos de eslabón fusible mencionados.

TABLA 2.1 CORRIENTES DE FUSION PARA ESLABONES FUSIBLES TIPO FRACCIONARIO DE ALTO IMPULSO.

CORRIENTES NOMINALES	CORRIENTE DE FUSION PARA 300 SEGUNDOS		CORRIENTE DE FUSION PARA 10 SEGUNDOS		CORRIENTE DE FUSION PARA 0.1 SEGUNDOS		RELACION VELOCIDAD DE FUSION
	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	
1/3	0.63	0.77	2.07	2.87	42.30	51.70	67.10
1/2	0.85	1.03	2.55	4.25	42.30	51.70	49.70
3/4	1.35	1.65	3.97	6.62	42.30	51.70	31.30
1	1.98	2.42	5.55	9.25	64.80	79.20	32.70
1 1/4	2.43	2.97	6.67	11.12	64.80	79.20	26.60
1 1/2	2.70	3.30	7.50	12.50	64.80	79.20	24.00
2	3.60	4.40	8.25	13.75	64.80	79.20	18.00
2 1/2	4.84	5.80	13.12	21.87	117.00	143.00	27.60
2 3/4	5.67	6.93	18.00	30.00	202.50	247.00	35.71
3 1/2	6.57	8.03	21.00	35.00	225.00	275.00	34.20
4	7.56	9.24	27.75	46.25	279.00	341.00	36.90
5 1/2	10.08	12.32	34.50	57.50	342.00	418.00	33.90
7	12.60	15.40	35.60	59.30	342.00	418.00	27.10
10	18.00	22.00	36.70	61.20	342.00	418.00	19.00
15	27.00	33.00	51.20	80.00	509.00	616.00	18.80

TABLA 2.2 CORRIENTES DE FUSION PARA ESLABONES FUSIBLES TIPO H, DE ALTO IMPULSO

CORRIENTES NOMINALES	CORRIENTE DE FUSION PARA 300 SEGUNDOS		CORRIENTE DE FUSION PARA 10 SEGUNDOS		CORRIENTE DE FUSION PARA 0.1 SEGUNDOS		RELACION VELOCIDAD DE FUSION
	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	
1	2.6	3.5	6.9	9.0	52	80	20.0
2	3.5	4.4	9.2	12.2	88	132	25.1
3	4.6	6.0	11.0	16.0	88	132	19.1
5	7.3	9.5	14.4	17.8	88	132	12.1
8	12.8	15.0	15.0	18.3	88	132	6.9

TABLA 2.3 CORRIENTES DE FUSION PARA ESLABONES FUSIBLE TIPO K (RAPIDO)

CORRIENTES NOMINALES	CORRIENTE DE FUSION PARA 300 O 600 SEGUNDOS*		CORRIENTE DE FUSION PARA 10 SEGUNDOS		CORRIENTE DE FUSION PARA 0.1 SEGUNDOS		RELACION DE VELOCIDAD DE FUSION
	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	
VALORES PREFERIDOS							
6	12.0	14.0	13.5	20.5	72	86	6.0
10	19.5	23.4	22.5	34.5	128	154	6.6
15	31.0	37.2	37.0	55	215	258	6.9
25	50	60	60	90	350	420	7.0
40	80	96	98	146	565	680	7.1
65	128	153	159	237	918	1 100	7.2
100	200	240	258	388	1 520	1 820	7.6
140	310	372	430	650	2 470	2 970	8.0
200	480	576	760	1 150	3 880	4 650	8.1
VALORES INTERMEDIOS NO PREFERIDOS							
8	15	18	18	27	97	116	6.5
12	25	30	29.5	44	166	199	6.6
20	39	47	48.0	71	273	328	7.0
30	63	76	77.5	115	447	546	7.1
50	101	121	126	188	719	862	7.1
80	160	192	205	307	1 180	1 420	7.4
1	2	2.4	#	10	#	58	...
2	4	4.8	#	10	#	58	...
3	6	7.2	#	10	#	58	...
5	10	12	10	15	58	70	6.5

* 300 segundos para eslabones fusible de 100 amperes nominales y menores.

. 600 segundos para eslabones fusible de 140 y 200 amperes nominales.

NOTA: # No se indica valor mínimo, ya que el requisito de norma es que los eslabones de 1, 2, 3 amperes nominales deben poder coordinarse con el de 6 amp. nominales, pero no necesariamente entre ellos.

TABLA 2.4 CORRIENTES DE FUSION PARA ESLABONES FUSIBLE TIPO S (ESTARD)

CORRIENTES NOMINALES	CORRIENTE DE FUSION PARA 300 O 600 SEGUNDOS		CORRIENTE DE FUSION PARA 10 SEGUNDOS		CORRIENTE DE FUSION PARA 0.1 SEGUNDOS		RELACION DE VELOCIDAD DE FUSION
	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	
VALORES PREFERIDOS							
7	14	16.8	15.8	18.96	110	132	7.85
10	18	21.6	21.5	25.8	152	182.4	8.44
15	28.5	34.2	32	38.4	230	276	8.07
25	48	57.6	51	61.2	360	432	7.50
40	76	91.2	90	108	600	720	7.89
65	125	150	140	168	920	1 104	7.36
100	190	228	225	270	1 500	1 800	7.89
200	430	516	710	852	3 300	3 960	7.67
VALORES INTERMEDIOS NO PREFERIDOS							
20	37	44.4	42	50.4	295	354	7.97
30	57	68.4	64	76.8	440	528	7.72
50	95	114	110	132	750	900	7.89
80	152	182.4	175	210	1 150	1 380	7.57
125	257	308.4	405	486	1 800	2 160	7.00
150	315	378	510	612	2 500	3 000	7.94
VALORES HASTA 5 AMPERES							
1	1.8	2.16	2.08	2.50	13.78	16.54	7.66
2	3.6	4.32	4.14	4.97	25.56	30.67	7.10
3	5.4	6.48	6.07	7.28	39.90	47.88	7.39
5	9.5	11.5	10.2	12.24	66	79.2	6.89

TABLA 2.5 CORRIENTES DE FUSION PARA ES LABONES FUSIBLE TIPO "T" (LENTO)

CORRIENTES NOMINALES	CORRIENTE DE FUSION PARA 300 O 600 SEGUNDOS		CORRIENTE DE FUSION PARA 10 SEGUNDOS		CORRIENTE DE FUSION PARA 0.1 SEGUNDOS		RELACION DE VELOCIDAD DE FUSION
	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	
VALORES PREFERIDOS							
6	12.0	14.4	15.3	23.0	120	144	10.0
10	19.5	23.4	26.5	40.0	224	269	11.5
15	31.0	37.2	44.5	67.0	388	466	12.5
25	50	60	73.5	109	635	762	12.7
40	80	96	120	178	1 040	1 240	13.0
65	128	153	195	281	1 650	1 975	12.9
100	200	240	319	475	2 620	3 150	13.1
140	310	372	520	775	4 000	4 800	12.9
200	480	576	850	1 275	6 250	7 470	13.0
VALORES INTERMEDIOS NO PREFERIDOS							
8	15.0	18.0	20.5	31.0	166	199	11.1
12	25.0	30.0	34.5	52.0	296	355	11.8
20	39.0	47.0	57.0	85.0	496	595	12.7
30	63	76	93.0	138	812	975	12.9
50	101	121	152	226	1 310	1 570	13.0
80	160	192	248	370	2 080	2 500	13.0
VALORES MENORES DE 6 AMPERES							
1	2	2.4	#	11	#	100	...
2	4	4.8	#	11	#	100	...
3	6	7.2	#	11	#	100	...

* 300 segundos para eslabones fusibles de 100 amperes nominales y menores.

. 600 segundos para eslabones fusibles de 140 y 200 amperes nominales.

NOTA: # no se indica valor mínimo ya que el requisito de norma es que los eslabones de 1, 2 y 3 amperes nominales deben poder coordinarse con el de 6 amp. nom., pero no necesariamente entre ellos.

CAPITULO 3

FUSIBLES DE POTENCIA

3. FUSIBLES DE POTENCIA

Los fusibles de potencia se identifican por las siguientes características:

- 1.- Nivel básico de aislamiento al impulso (NBAI)
- 2.- Aplicación primaria en estaciones y subestaciones
- 3.- Construcción mecánica básicamente adaptada para montarse en estaciones y subestaciones.

Los fusibles de potencia tienen otras características que los diferencia de los cortacircuitos fusible de distribución tales como:

- a) Se encuentran disponibles para mayores valores nominales de tensión
- b) Corrientes de carga nominales mayores
- c) Mayores valores de corriente interruptiva
- d) Se encuentra en formas apropiadas para aplicaciones en interior y en gabinete, así como en todos tipos para aplicaciones en exterior.

El fusible de potencia consiste de una unidad formada por una cuchilla desconectadora y el propio cartucho fusible de potencia.

Los dos tipos básicos de fusible de potencia:

a) Tipo expulsión y

b) Tipo limitador de corriente

interrumpen sobre corrientes de manera radicalmente diferente. El tipo expulsión, como el de distribución, interrumpe sobrecorrientes mediante la acción de desionización de los gases liberados del revestimiento de la cámara del fusible por el calor del arco establecido al fundirse dicho fusible.

El tipo limitador de corriente interrumpe una sobre corriente cuando el arco que se establece por la fusión del elemento fusible se sujeta a la restricción mecánica y acción de enfriamiento de un polvo o revestimiento de arena que rodea al elemento fusible.

La forma mas antigua del fusible de potencia para alta tensión fue el tipo expulsión y fue consecuencia del corta circuito fusible de distribución, usando tubos portafusibles mas grandes y pesados para hacer frente a los requerimientos de mayores voltajes e interrupción de corrientes de corto circuito.

El fusible de potencia del tipo expulsión posee características de operación similares a las de un cortacircuito de distribución, excepto que el ruido, la emisión de gases y la flama son grandemente aumentados según que el tubo porta-

fusible sea alargado y reforzado para soportar mayores tensiones y mayores corrientes de falla; es por esto, que este tipo de fusible ha sido restringido para usarse en exteriores solamente y, generalmente, en subestaciones que se encuentran a distancias remotas de casas habitación.

Los fusibles de potencia del tipo expulsión se usan para protección contra fallas en transformadores de potencia de pequeño y mediano tamaño o bancos de capacitores de subestaciones.

La capacidad interruptiva limitada de estos primitivos fusibles de potencia del tipo expulsión aparejados con su inhabilidad para ser usados dentro de edificios y recintos conducen al desarrollo de una nueva forma de fusible tipo expulsión conocido como fusible de ácido-bórico o material sólido. En este fusible, el material usado para obtener la acción de desionización necesaria para interrumpir sobre corrientes no es orgánica. Los beneficios que se obtienen del uso del ácido bórico son:

1.- Para dimensiones físicas idénticas de cámaras de interrupción, un fusible recubierto con ácido bórico puede interrumpir:

a) Un mayor voltaje en el circuito.

- b) Una mayor sobrecorriente en estructuras de igual resistencia.
- c) Todo el rango de corrientes desde la mínima de fusión hasta la interruptiva nominal inclusive.
- d) Arcos de energía más bajos, emisión reducida de gases y flama que es posible en un fusible donde se usan fibras orgánicas como relleno.

2.- El gas que se libera del ácido bórico no es combustible y es altamente desionizante, lo que reduce la magnitud de la flama.

3.- El más significativo rasgo obtenido con el uso del ácido bórico es su habilidad para controlar la descarga de gas del fusible que ha operado.

Cuando el ácido bórico queda expuesto al calor del arco, libera vapor, el cual puede ser condensado al estado líquido, convirtiendo dicho gas en un adecuado dispositivo de enfriamiento.

Los fusibles de potencia de material sólido han permitido ampliar el uso de fusibles de potencia.

En forma virtualmente simultánea con el desarrollo del fusible de potencia de ácido bórico de material sólido, se introdujo una versión americana del fusible limitador de co--

riente o plata-arena, desarrollándose dos formas:

- 1a.- Fusibles limitadores de corriente para ser usados solos y coordinados con arrancadores de motores de alta tensión y gran capacidad en circuitos de distribución de 2 400V y 4 160V.
- 2a.- La segunda fue una línea de fusibles limitadores de corriente disponibles para usarse desde 2 400V a 34 500V en transformadores de distribución y pequeña potencia.

Los fusibles limitadores de corriente tienen otras características que han conducido a su uso extensivo en circuitos de distribución de gran capacidad en mediana y alta tensión.

- a) La interrupción de sobre corrientes es realizada -- sin la expulsión de productos o gases del arco ya -- que toda la energía de operación del arco es absorbida por el relleno de arena del fusible y poste--- riormente liberada a relativamente bajas temperaturas. Esto permite al fusible limitador de corriente, ser usado en interiores o recintos de pequeñas dimensiones ya que no existe ruido que le acompañe en su operación.
- b) La acción limitadora de corriente o reducción de co

rriente a través del fusible a un valor menor que el disponible del sistema de distribución de potencia en la ubicación del fusible, ocurre si el valor de sobrecorriente excede grandemente la corriente - continua nominal del fusible. De este modo, una reducción de corriente reduce el esfuerzo y el posible daño al circuito o al equipo mismo, reduciendo también la onda de choque al sistema de potencia.

- c) Se logran muy altas capacidades interruptivas en -- virtud de su acción limitadora de corriente, de tal manera que estos fusibles de potencia pueden aplicarse en circuitos de distribución de mediana o alta tensión de muy alta capacidad de corto circuito.

VALORES NOMINALES DE LOS FUSIBLES

FUSIBLES TIPO EXPULSION PARA ALTA TENSION.- Esta categoría tiene su principal empleo en aplicaciones exteriores a niveles de subtransmisión. Los valores disponibles de este fusible están dados en la siguiente tabla.

TABLA 3.1 FUSIBLES DE POTENCIA DEL TIPO EXPULSION

KV NOMINALES	CORRIENTE CONTINUA MAX	CAPACIDAD TRIFASICA SIMETRICA MAX. DE INTERRUPCION EN MVA
7.2	100, 200, 300, 400	102
14.4	100, 200, 300, 400	406
23	100, 200, 300, 400	785
34.5	100, 200, 300, 400	1 174
46	100, 200, 300, 400	1 988
69	100, 200, 300, 400	2 350
115	100, 200	3 100
138	100, 200	2 980
161	100, 200	3 480

FUSIBLES DE POTENCIA DE ALTA TENSION DE ACIDO BORICO MATE--
RIAL SOLIDO.- Los encontramos disponibles en dos formas:

1a.- La forma de unidad fusible, en la cual el elemento fusible, el elemento de interrupción y el elemento de operación, están todos combinados en una estructura tubular aislada, con la unidad completa reemplazable.

2a.- La forma del portafusible y unidad de relleno de la cual, solamente la unidad de relleno es reemplazable después de su operación.

Las capacidades de los fusibles de la forma 1, mismos que se usan en exteriores a voltajes de subtransmisión, se dan en la siguiente tabla.

TABLA 3.2 FUSIBLES DE POTENCIA DE ACIDO BORICO MATERIAL -- SOLIDO (FORMA 1a.)

KV NOMINALES	CORRIENTE MAXIMA CONTINUA (AMP.)	CAPACIDAD TRIFASICA SIMETRICA MAX. DE INTERRUPCION (MVA)
34.5	100, 200, 300	2 000
46	100, 200, 300	2 500
69	100, 200, 300	2 000
115	100, 250	2 000
138	100, 250	2 000

Los fusibles de la forma 2 se usan indistintamente en interiores y exteriores a voltajes de distribución altos o medianos. En la siguiente tabla se dan sus capacidades:

TABLA 3.3 FUSIBLES DE POTENCIA DE ACIDO BORICO MATERIAL -- SOLIDO (FORMA 2)

KV NOMINALES	CORRIENTE MAXIMA CONTINUA (AMP.)	CAPACIDAD TRIFASICA SIMETRICA MAX. DE INTERRUPCION (MVA)
2.4	200, 400, 720	155
4.16	200, 400, 720	270
7.2	200, 400, 720	325
14.4	200, 400, 720	620
23	200, 300	750
34.5	200, 300	1 000

Los fusibles de potencia limitadores de corriente disponibles para la protección de transformadores de potencial, -- transformadores auxiliares de potencia y bancos de capacitores, se encuentran en la siguiente tabla:

TABLA 3.4 FUSIBLES DE POTENCIA LIMITADORES DE CORRIENTE

KV NOMINALES	CORRIENTE MAXIMA CONTINUA (AMP.)	CAPACIDAD TRIFASICA SIMETRICA MAX. DE INTERRUPCION (MVA)
2.4	100, 200, 450	155-210
2.4/4.16	450	360
4.8	100, 200, 300, 400	310
7.2	100, 200	620
14.4	50, 100, 175, 200	780-2 950
23	50, 100	750-1 740
34.5	40, 80	750-2 600

La capacidad de interrupción de los fusibles para transformadores de potencia, es de cerca de 2 000 MVA trifásicos - simétricos, para voltajes de 14.3 hasta 34.5 KV.

Algunos fusibles de potencia limitadores de corriente son - clasificados por medio de la letra E en vez de su corriente.

Los clases 100 E y menos, abren en 300 seg. para corrientes entre 200% y 240% de su E nominal. Los fusibles clase E -- son generalmente clasificados como de respaldo.

Algunos fusibles de distribución limitadores de corriente - son clasificados con la letra C; éstos, abren en 1 000 seg. para corrientes entre 170% y 240% de su clasificación C.

Los fusibles disponibles para ser usados en arrancadores de motores han sido designados por la letra R.

Estos fusibles R están disponibles en capacidades de 2 R -- hasta 36 R, arriba de 5 500 V, y tienen una capacidad de interrupción asimétrica superior a 80 000 amp. rms en 500 V.

Algunos fabricantes de estos fusibles han asignado capacidades de máxima corriente continua de 70 A para el clase 2 R y superior a 650 A para el 6 R. Estas capacidades están basadas para temperatura ambiente de 55°C.

Otros fabricantes usan la clase R para indicar que en 20 seg., el fusible abre para una capacidad 100 veces la clase de éste; esto es, un fusible de 12 R abre en 30 seg. con una corriente de 1 200 A.

Estos fusibles son seleccionados por su característica de coordinarse con el motor y controlador de motores, proporcionando así, protección contra corto circuito.

APLICACION DE FUSIBLES DE POTENCIA.- Se les utiliza en sistemas de más de 161 KV para proteger los circuitos de transmisión, transformadores de potencia y de potencial, así como bancos de capacitores. Asimismo, pueden proporcionar protección de respaldo para fallas en el secundario de transformadores.

Los modernos fusibles de potencia de alta tensión, tienen la capacidad y características para proporcionar protección contra sobre corrientes de, virtualmente, todos los tipos y medidas en el rango de sistemas de distribución, desde un simple circuito radial en baja o alta tensión.

Por último, los fusibles de potencia tienen la cualidad de (en virtud de su alta capacidad interruptiva) poder sustituir a los interruptores en los sistemas de distribución.

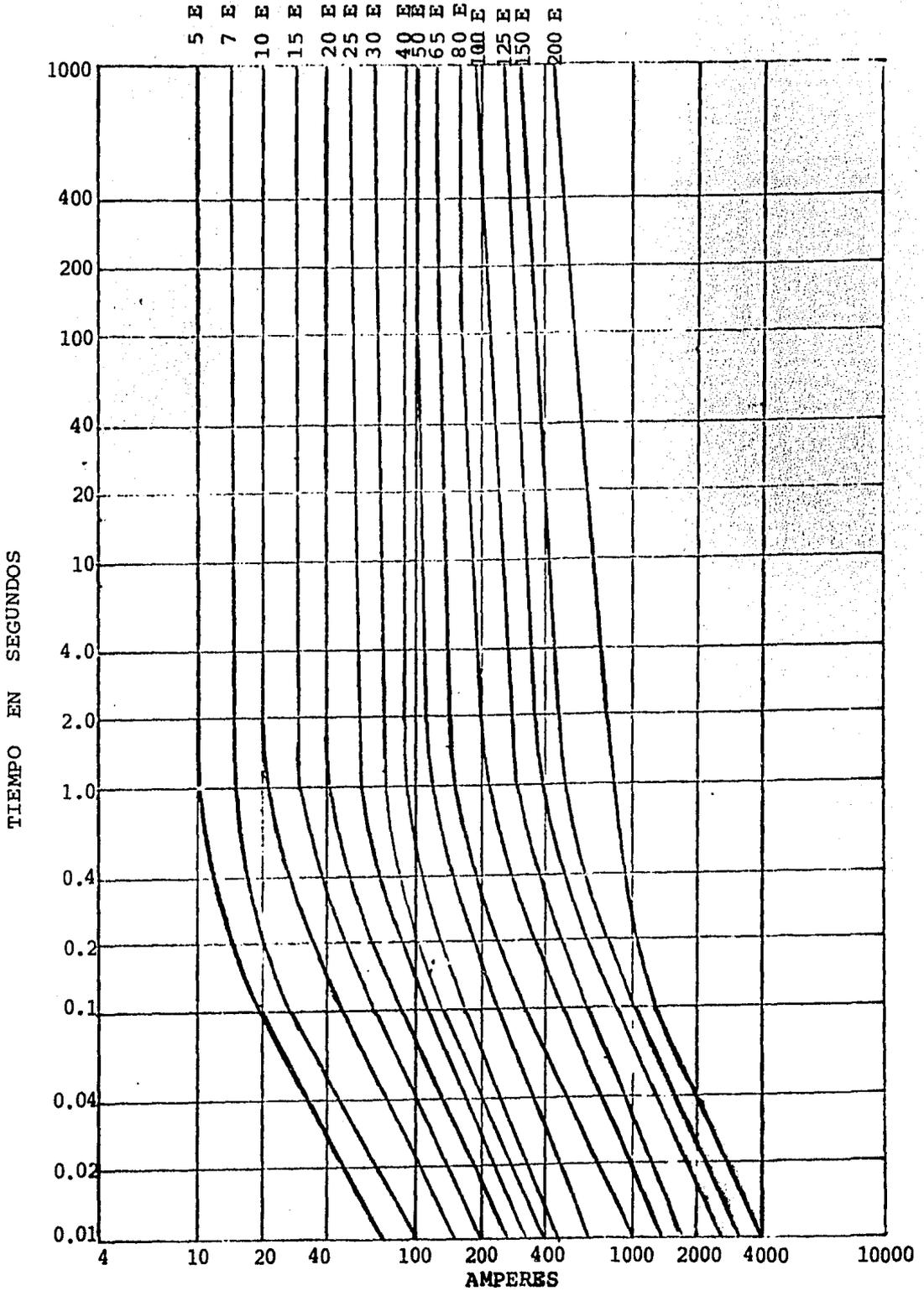


FIG 3.1 CURVAS CAREACTERIZICAS TIEMPO MINIMO DE FUSION FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE

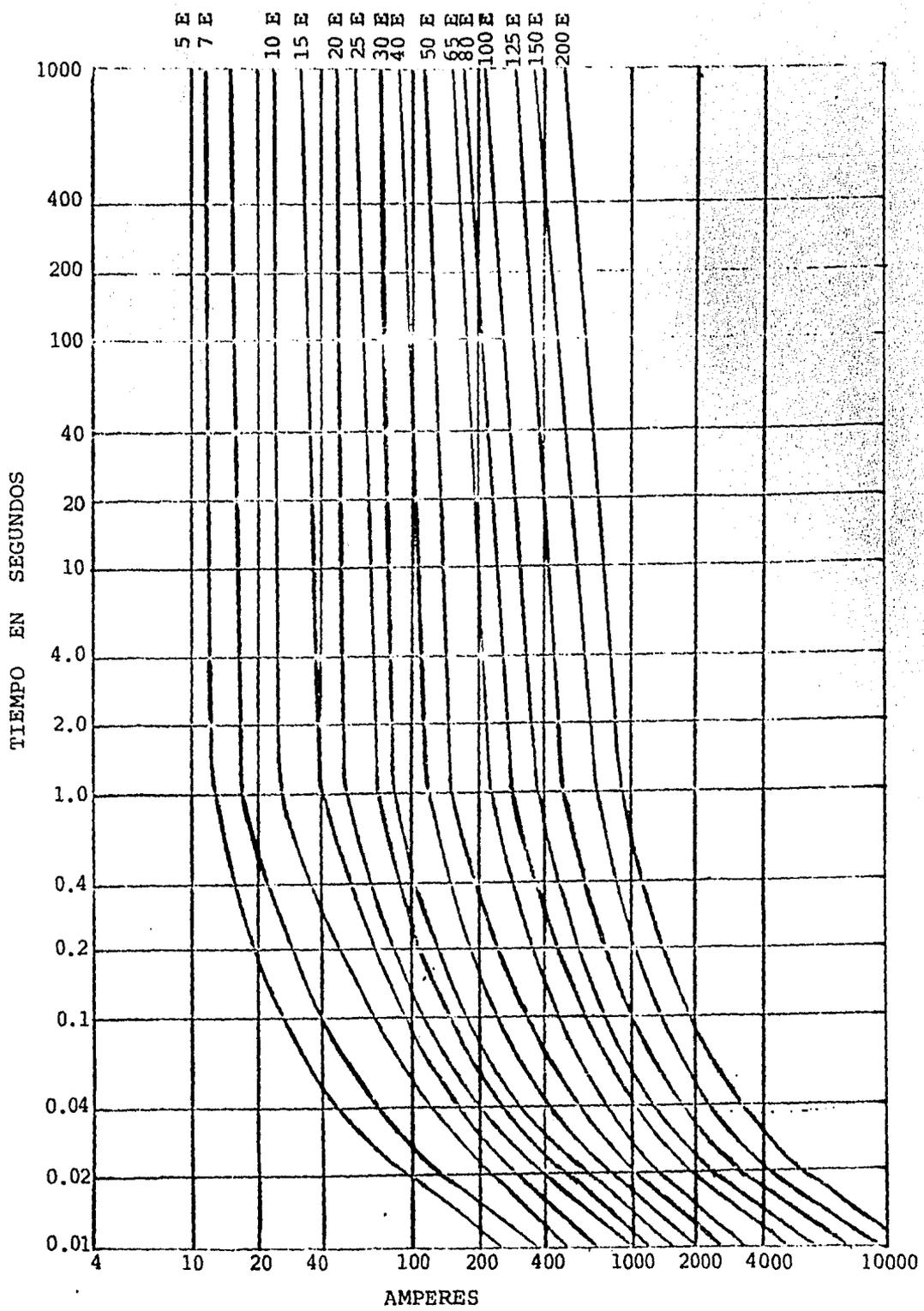


FIG 3.2 CURVAS CARACTERISITICAS TIEMPO DE INTERRUPCION TOTAL FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE

15 E
 20 E
 25 E
 30 E
 40 E
 50 E
 65 E
 80 E
 100 E
 125 E
 150 E
 175 E
 200 E
 250 E
 300 E
 400 E
 2-250 E
 2-300 E
 2-400 E

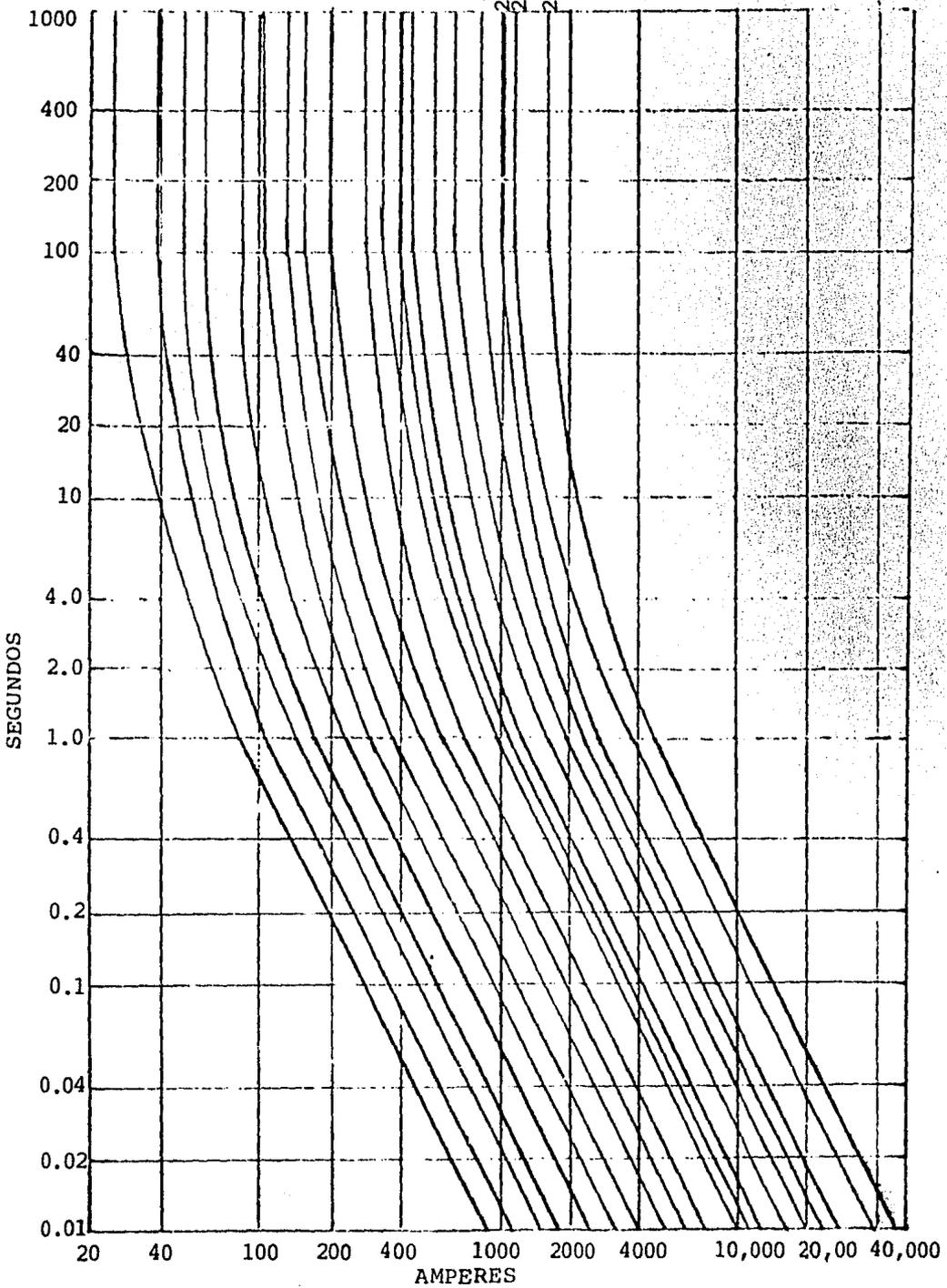


FIG 3.3 CURVAS CARACTERISTICAS TIEMPO MINIMO DE FUSION FUSIBLES DE POTENCIA ALTA TENSION ACIDO BORICO

15 E
 20 E
 25 E
 30 E
 40 E
 50 E
 65 E
 80 E
 100 E
 125 E
 150 E
 175 E
 200 E
 250 E
 300 E
 400 E
 2-250 E
 2-300 E
 2-400 E

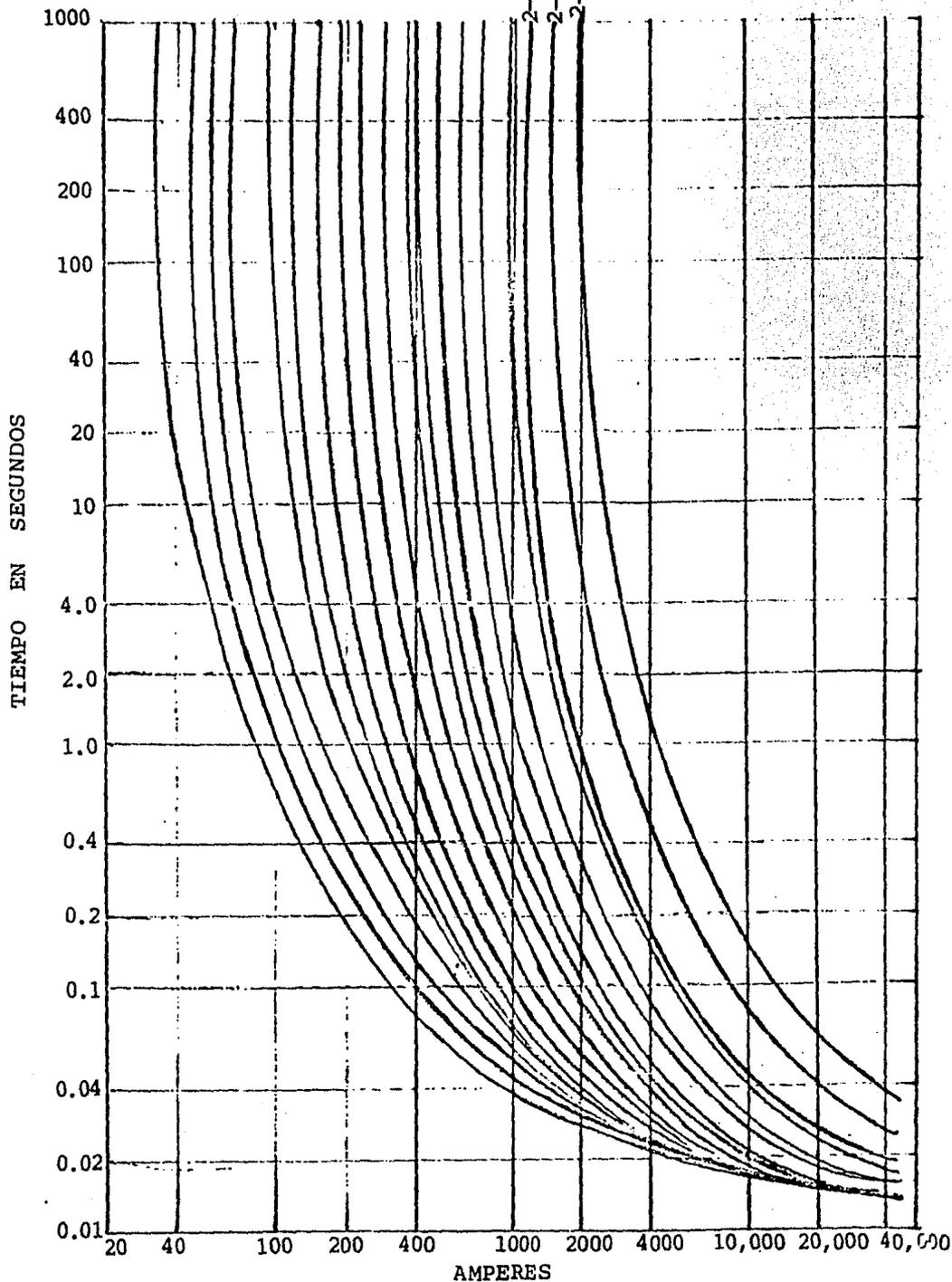


FIG 3.4 CURVAS CARACTERIZICAS TIEMPO DE INTERRUPCION TOTAL FUSIBLES DE POTENCIA ALTA TENSION ACIDO BORICO

CAPITULO 4

CORTACIRCUITOS FUSIBLE

4. CORTACIRCUITOS FUSIBLE

Es un dispositivo formado por partes metálicas de conducción, soporte del fusible, aisladores y herrajes de sujeción que pueden o no incluir el eslabón fusible. El portafusible es la parte desmontable del cortacircuito fusible, diseñada para montar en ella el eslabón fusible.

Existen diversos tipos de cortacircuitos fusible:

CORTACIRCUITO FUSIBLE.- Es aquel en el cual los contactos, portafusible y eslabón fusible, están completamente cubiertos por una envoltura aislante.

CORTACIRCUITO DE ESLABON FUSIBLE DESCUBIERTO.- Es un cortocircuito que no utiliza tubo portafusible y en el cual el eslabón fusible se coloca directamente al soporte quedando visible y expuesto. Se le utiliza en distribución rural.

CORTACIRCUITOS FUSIBLE TIPO EXPULSION SIMPLE Y DOBLE.- Es un cortacircuitos que tiene un tubo portafusible dentro del cual va el eslabón fusible. La extinción del arco se realiza por el principio de expulsión. Este tipo se utiliza para distribución urbana.

ESPECIFICACIONES DEL CORTACIRCUITOS FUSIBLE

Los cortacircuitos fusible se especifican por sus siguientes características eléctricas:

- a) Tensión nominal
- b) Corriente nominal
- c) Capacidad interruptiva nominal

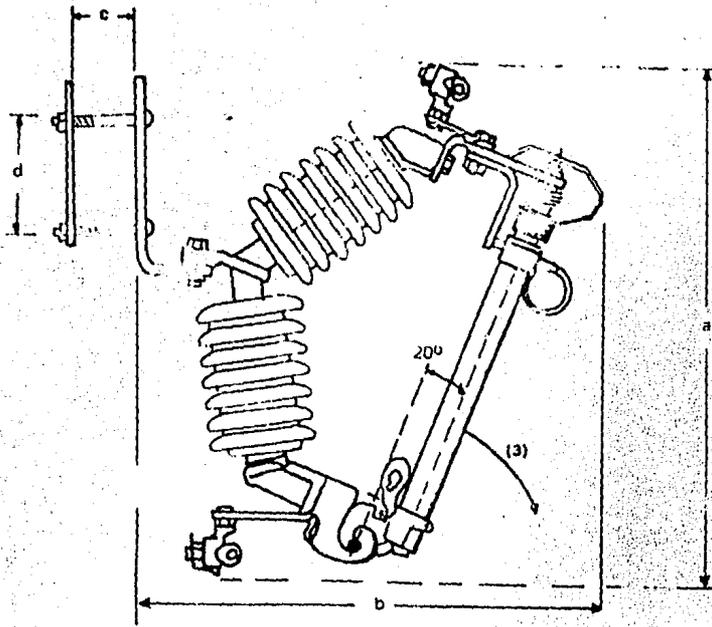


Fig. 4.1 CORTACIRCUITOS DE SIMPLE EXPULSION

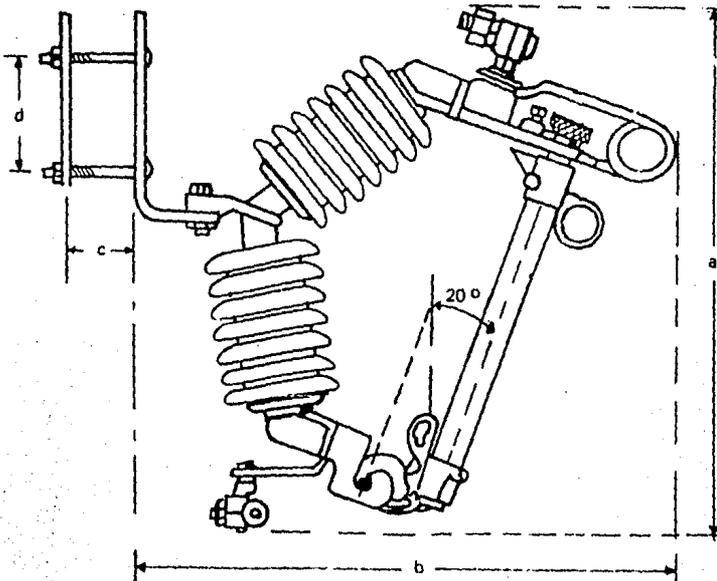


Fig. 4.2 CORTACIRCUITOS DE DOBLE EXPULSION

TABLA 4.1 DATOS TECNICOS DEL CORTACIRCUITOS FUSIBLE INTEMPERIE TIPO EXPULSION

CARACTERISTICAS ELECTRICAS							
DENOMINACION				Kv	14.4	23	34.5
TENSION MAXIMA DE DISEÑO				Kv	15	27	38
Tensión Aguantable de prueba	Terminal a Tierra	A 60 Hz	Seco 1 Min.	Kv	35	42	70
			Húmedo 10 Seg.	Kv	30	36	60
		Al impulso con onda de 1.2 X 50		Kv	95	125	150
	Terminal a Terminal	A 60 Hz seco 1 Min.		Kv	35	42	70
		Al impulso onda de 1.2		Kv	95	125	150
	TENSION DE FLAMEO	A 60 Hz	Seco	Kv	75	95	135
Húmedo			Kv	40	50	100	
Al impulso onda de 1.2		Kv	135	170	225		
TENSION DE PERFORACION (AISL.)				Kv	115	145	195
RADIO		Tensión prueba ⁶⁰ Hz		Kv	9.41	15.66	22
INTERFERENCIA		Máxima a 1 Mhz			250	250	250
CORRIENTE NOMINAL				Amp.	100	200	200
CORRIENTE INTERRUPTIVA (EFICAZ)			Simétrica	Amp.	[□] 5600/ [△] 8000	[□] 4000/ [△] 6000	1 300
			Asimétrica	Amp.	[□] 8000/ [△] 10000	[□] 6000/ [△] 8000	2 000
DISTANCIAS		Fuga		mm	270	394	770
		Flameo en seco		mm	207	303	592

□ : SIMPLE EXPULSION
△ : DOBLE EXPULSION

DIMENSIONES DEL CORTACIRCUITO FUSIBLE INTEMPERIE, TIPO EX--PULSION (SIMPLE Y DOBLE).

TABLA 4.2 DIMENSIONES DEL CORTACIRCUITOS FUSIBLE TIPO SIM--PLE EXPULSION.

CORTACIRCUITOS DE SIMPLE EXPULSION			
TENSION NOMINAL KV	14.4	23	34.5
DIMENSIONES EN mm			
a	457	558	786
b	431	444	762
c	89		
d	127		

TABLA 4.3 DIMENSIONES DEL CORTACIRCUITOS FUSIBLE TIPO DO--BLE EXPULSION.

CORTACIRCUITOS DE DOBLE EXPULSION		
TENSION NOMINAL KV	14.4	23
DIMENSIONES EN mm		
a	470	540
b	500	520
c	89	
d	127	

TABLA 4.4 PROPIEDADES FISICAS

CANTIDAD DE AISLADORES POR POLO	2
ANGULO DE APERTURA	160°
HERRAJE DE MONTAJE	Vertical. El tubo portafusible queda a 20° respecto a la vertical
SERVICIO	INTEMPERIE

Las características para el simple y el doble son - las mismas excepto que el doble tiene mayor capacidad interruptiva. Estos valores indicados son un - ejemplo. La gama de valores de capacidad interruptiva se encuentran especificadas en le tabla 4.6.

De Fig. 4.1: Al fundirse el fusible, la expulsión de los - gases se efectúa por la abertura inferior del tubo portafusible.

De Fig. 4.2: La expulsión de los gases se efectúa por am-- bos extremos del tubo portafusible.

SELECCION DEL CORTACIRCUITO FUSIBLE

Para una selección adecuada del cortacircuito fusible, es conveniente tener en consideración:

- a) Condiciones de servicio
- b) Características eléctricas
- c) Características térmicas
- d) Características mecánicas

CONDICIONES DE SERVICIO.- Se consideran normales a una temperatura del medio ambiente no mayor de 40°C , y a una altitud hasta de 1 000 M.S.N.M.

Para temperaturas y altitudes mayores existen factores de corrección según lo muestra la tabla 4.5.

TABLA 4.5 CORRECCION POR ALTITUD.

ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m)	FACTOR DE CORRECCION APLICABLE A		
	PRUEBAS DIELECTRICAS	CORRIENTE NOMINAL	TEMPERATURA AMBIENTE
COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 4
1 000	1.00	1.00	1.00
1 200	0.98	0.99	0.99
1 500	0.95	0.99	0.98
1 800	0.92	0.98	0.97
2 100	0.89	0.98	0.96
2 400	0.86	0.97	0.94
2 700	0.83	0.96	0.93
3 000	0.80	0.96	0.92
3 600	0.75	0.95	0.90
4 300	0.70	0.93	0.87
4 900	0.65	0.92	0.85
5 500	0.61	0.91	0.82
6 100	0.56	0.90	0.80

En la tabla se indican 3 factores de corrección:

- a) Columna 2.- Se aplica exclusivamente para las pruebas - dieléctricas.
- b) Columna 3.- Da el factor de reducción de corriente, si se opera dentro de la temperatura máxima ambiente establecida.
- c) Columna 4.- Da el factor de reducción de temperatura máxima ambiente, si se opera a corriente nominal.

NOTA: Para una determinada corrección, se usan las columnas 3 6 4, pero no ambas.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS.- Estas se determinan conforme a los siguientes incisos:

a) Corriente nominal.

La cual debe verificarse conforma a las pruebas de elevación de temperatura.

b) Tensión nominal y máxima de diseño.

La tensión nominal es un valor característico que define un parámetro de operación y la tensión máxima de diseño es la determinada por la mayor tensión del cortacircuito fusible para el cual se diseña.

c) Frecuencia nominal.

Esta es de 60 Hertz.

d) Capacidad interruptiva nominal.

La cual se determina según lo indican las pruebas de capacidad interruptiva.

e) Nivel básico de aislamiento al impulso (NBAI).

Los valores de NBAI deben verificarse por las pruebas de tensión al impulso especificados por las pruebas dieléctricas y las pruebas de frecuencia y forma de onda de la tensión de prueba. (1.2 X 50 μ s).

f) Corriente nominal de interrupción con carga.

Cuando el equipo incluye esta característica, se determina por las pruebas de interrupción con carga.

La corriente de interrupción con carga puede tener un valor que llegue hasta la corriente nominal de operación del cortacircuito, incluyendo las corrientes de excitación de transformadores y/o de carga capacitiva de líneas de distribución que normalmente están asociadas dentro de las capacidades nominales del cortacircuito. Estas interrupciones deben realizarse con cualquier capacidad del eslabón fusible que recomiende el fabricante.

En la tabla 4.6 que a continuación se muestra, se resumen los incisos anteriores de las características eléctricas.

TARLA 4.6

CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE CORTACIRCUITOS FUSIBLE TIPO DISTRIBUCION.

TIPO DE REACTANCIA		Nº DE PÓLOS	Nº DE CABLES	CORRIENTE NOMINAL	CORRIENTE INTERRUPTIVA NOMINAL SIMETRICA (S) Y ASIMETRICA (A) EN KILOAMPERES A LAS TENSIONES INDICADAS.								VALOR DE LA CAPACIDAD INTERRUPTIVA NOMINAL	NOMENCLATURA DE LA CAPACIDAD INTERRUPTIVA NOMINAL	RANGO DE LAS DIMENSIONES DEL CONTACTOR DE COBRE TERMINAL, TODOS LOS DATOS EN MILIMETROS		TENSION NOMINAL			
INDICACION	Nº DE CABLES				TENSIONES EN KV.										X	R		MILIMETROS		KV
					2.6	5.2	7.8	15	18	27	38	S						A	DE	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)						
CORTACIRCUITOS CUBIERTOS																				
4.16	5.8	60	50	2.5	3.0	1.6	2.0					5	SN	3.25 - 8.03	0.128 - 0.316	4.16				
	5.2	60	50	6.3	8.0	4.0	5.0					5	SP	3.25 - 8.03	0.128 - 0.316					
	5.2	60	100	4.0	5.0	2.5	3.0					5	SN	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447					
	5.2	60	100	6.3	8.0	4.0	5.0					5	SP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447					
	5.2	60	100	11.2	14.0	8.0	10.0					5	SEP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447					
	5.2	60	200	11.2	14.0	8.0	10.0					5	SP	7.34 - 14.61	0.289 - 0.575					
5.2	60	200	15.0	20.0	12.5	15.0					5	SEP	7.34 - 14.61	0.289 - 0.575						
7.2	7.8	75	50				1.4	2.0				8	SN	3.25 - 8.03	0.128 - 0.316	7.2				
	7.8	75	50				2.8	4.0				8	SP	3.25 - 8.03	0.128 - 0.316					
	7.8	75	100				2.8	4.0				8	SN	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447					
	7.8	75	100				5.5	8.0				8	SEP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447					
	7.8	75	100				3.55	5.0				8	SP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447					
	7.8	75	100				7.1	10.0				8	SEP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447					
	7.8	75	100				13.2	20.0				12	SUP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447					
	7.8	75	200				2.8	4.0				8	SN	6.53 - 14.61	0.257 - 0.575					
7.8	75	200				8.6	12.0				8	SP	6.53 - 14.61	0.257 - 0.575						
7.8	75	200				13.2	20.0				12	SEP	6.53 - 14.61	0.257 - 0.575						
7.8	75	200				15.0	22.5				12	SUP	6.53 - 14.61	0.257 - 0.575						
13.8	15	95	100				2.8	4.0				8	SP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447	13.8				
	15	95	100				5.6	8.0				8	SEP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447					
	15	95	100				10.6	16.0				12	SUP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447					
	15	95	200				2.8	4.0				8	SN	6.53 - 14.61	0.257 - 0.575					
	15	95	200				7.1	10.0				8	SP	6.53 - 14.61	0.257 - 0.575					
	15	95	200				10.6	16.0				12	SEP	6.53 - 14.61	0.257 - 0.575					
	15	95	200				13.2	20.0				12	SUP	6.53 - 14.61	0.257 - 0.575					
23	27	125	100							2.5	3.5	8	SP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447	23				
	27	125	100							4.0	6.0	12	SEP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447					
	27	125	100							8.0	12.0	12	SUP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447					
	27	150	100							4.0	6.0	12	SP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447					
34.5	38	150	100								1.3	2.0	15	SN	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447	34.5			
	38	150	100								5.0	8.0	15	SP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447				
	38	200	100								5.3	5.0	15	SP	4.11 - 11.35	0.162 - 0.447				
CORTACIRCUITOS TIPO ESLABON FUSIBLE EXPUESTO (LA CAPACIDAD INTERRUPTIVA, COEF. SA 11,88 APLICA AL ESLABON FUSIBLE)																				
7.2	7.8	75	50				1.2	1.2				1.33		3.25 - 6.38	0.128 - 0.251	7.2				
13.8	15	95	50				1.2	1.2				1.33		3.25 - 6.38	0.128 - 0.251	13.8				
17	18	125	50						0.75	0.75		1.33		3.25 - 6.38	0.128 - 0.251	17				

NOTAS:
 1/- LOS VALORES DE LA REACTANCIA (X) Y LA RESISTENCIA (R) SON LOS TOTALES DE LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITO USADO EN LA PRUEBA, CONECTADOS EN SERIE CON EL CORTACIRCUITOS.
 2/- SN = SERVICIO NORMAL. SP = SERVICIO PESADO. SEP = SERVICIO EXTRA PESADO. SUP = SERVICIO ULTRA PESADO.

g) Características dieléctricas.

Los aislamientos de los cortacircuitos deben estar dise
ñados de tal forma que soporten sin falla las pruebas -
dieléctricas con los valores establecidos en la siguien
te tabla.

TABLA 4.7 TENSIONES DE PRUEBA.

TENSION DEL CORTACIRCUITOS		TENSIONES NO DISRUPTIVAS MINIMAS				
		DE TERMINAL A TIERRA			DE TERMINAL A TERMINAL	
NOMINAL KV	MAXIMA DE DISEÑO KV	PRUEBA EN SE CO A FRECUEN CIA NOMINAL (1 Min.) KV-rmc	PRUEBA EN HU MEDO, DE BA JA FRECUEN-- CIA (10 Seg.) KV-rmc	PRUEBA AL IM PULSO (NBAI) ONDA DE 1.2/50 μ s KV-CRESTA	PRUEBA EN SECO A -- FRECUEN-- CIA NOMI NAL (1min) KV-rmc	PRUEBA AL IMPULSO - (NBAI) ON DA DE 1.2/50 μ s KV-CRESTA
COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 4	COLUMNA 5	COLUMNA 6	COLUMNA 7
4.16	5.2	21	20	60	21	60
7.2	7.8	27	24	75	27	75
13.8	15.0	35	30	95	35	95
17.0	18.0*	42	36	125	42	125
23.0	27.0	42	36	125	42	125
34.5	38.0	70	50	150	58	150

* Aplicable solamente a cortacircuitos de eslabón fusible descubierto.

h) Niveles de radio-interferencia.

Los límites de tensión de radio-interferencia son 250 para frecuencia de 1 000 Khz.

TABLA 4.8 TENSIONES LIMITE DE RADIO INTERFERENCIA.

TENSION DEL CORTACIRCUITOS		TENSION DE PRUEBA V	TENSION LIMITE DE RADIO-INTERFERENCIA A 1 000 Khz
KV NOMINAL	KV MAXIMA DE DISEÑO		
COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 4
4.8	5.2	5 770	250 μ v
7.2	7.8	8 320	250 μ v
14.4	15.0	9 410	250 μ v
17.0	18.0*	15 660	250 μ v
25.0	27.0	15 660	250 μ v
34.5	38.0	22 000	250 μ v

* Aplicable solamente a cortacircuitos de eslabón fusible descubierto.

CARACTERISTICAS TERMICAS.- Estas se definen en base al incremento de temperatura.

Las pruebas de temperatura deben realizarse con el eslabón

fusible de la máxima capacidad para el cual ha sido diseñado el cortacircuito y de acuerdo con lo indicado en las --- pruebas de elevación de temperatura, bajo las condiciones - de corriente nominal.

Se considera que el cortacircuitos ha cumplido con esta --- prueba si no presenta deterioro en ninguna de sus partes y los valores máximos de temperatura se ajustan:

a) Para todas las partes conductoras.

Quando se prueba con eslabón fusible: 30°C (excepto el propio eslabón fusible).

Si los contactos son de plata a plata: 40°C.

b) Para todas las partes aislantes (excepto aquellas que - forman parte del eslabón fusible):

CLASE DE AISLAMIENTO	INCREMENTO DE TEMPERATURA °C
90	30
105	50
130	65

CARACTERISTICAS MECANICAS.- Están dadas por:

a) Dimensiones del portafusible para usar fusibles tipo -- universal.

b) Arreglos y dimensiones de los herrajes.

CAPITULO 5

PRUEBAS

5. PRUEBAS

Tanto el eslabón fusible como el cortacircuito fusible son sometidos a pruebas mediante las cuales se determina si cumple con los requisitos que establecen las normas vigentes.

PRUEBAS AL ESLABON FUSIBLE

Al eslabón fusible se le aplican las siguientes pruebas de diseño:

- 1.- De tensión mecánica
- 2.- De corriente tiempo mínimo de fusión
- 3.- De corriente tiempo máximo de interrupción total
- 4.- Del tubo protector del elemento fusible
- 5.- De corriente tiempo corto
- 6.- De precarga
- 7.- De elevación de temperatura
- 8.- Pruebas a temperaturas diferentes de 25°C
- 9.- De expulsión de materiales

El fabricante efectuará estas pruebas a 30 eslabones fusibles como mínimo.

PRUEBAS AL CORTACIRCUITO.- Al cortacircuito se le aplican dos tipos de prueba que son:

a) De diseño

B) De rutina

PRUEBAS DE DISEÑO.- Estas deben realizarse para verificar un diseño o cuando se haga algún cambio que afecte el funcionamiento del propio aparato.

TABLA 5.1 PRUEBAS DE DISEÑO	CLAVE
1.- Pruebas dieléctricas (Resistencia ohmica del aislamiento, tensión aplicada y tensión al impulso)	X
2.- Pruebas de presión estática para tapón de alivio	X ₁
3.- Pruebas de capacidad interruptiva	X
4.- Pruebas de interrupción con carga	X _o
5.- Pruebas de radio interferencia	X
6.- Pruebas de elevación de temperatura	X
7.- Pruebas a herrajes de montaje	X
<p>X: Para todos los cortacircuitos</p> <p>X_o: Solamente para cortacircuitos con dispositivo para abrir con carga.</p> <p>X₁: Sólo para cortacircuitos con tapón de alivio.</p>	

PRUEBAS DE RUTINA.- Estas pruebas son:

- a) De tensión y tiempo (corregida por densidad del aire).

CAPITULO 6

SELECCION DE FUSIBLES SEGUN SU APLICACION

6. SELECCION DE FUSIBLES SEGUN SU APLICACION

La selección de un fusible como medio de protección depende de las características del sistema que se desea proteger.

La aplicación de los fusibles exige el conocimiento de los siguientes valores:

- a) Tensión nominal
- b) Corriente nominal
- c) Capacidad interruptiva

APLICACIONES EN BAJA TENSION

Tapón fusible:

Se utiliza para servicio residencial (hasta 2 fases).

Tapón fusible de doble elemento:

Cualquier tipo de circuito derivado, protección de motores pequeños (monofásicos).

Cartucho fusible no renovable:

Se sugiere para protección de líneas principales y de alimentación. En cortacircuitos con dificultades poco frecuentes.

Cartucho fusible renovable:

Líneas principales y de alimentación. Circuitos donde las fallas son frecuentes.

Cartucho fusible de doble elemento:

Líneas principales y de alimentación; circuitos de motores o ramales para utensilios; protección contra sobrecarga en un motor.

Fusibles de plata-arena:

Tipo interruptor de corriente alta. Es adecuado para líneas principales y de alimentación que necesitan una alta capacidad de interrupción.

Tipo limitador de corriente:

Es adecuado para líneas principales y de alimentación en que se debe limitar la corriente de falla.

No limitadores de corriente:

Son especialmente adecuados para los conductores de servicio de alta capacidad, líneas principales y secundarias de alimentación en que se desea la operación rápida del fusible en las fallas por corto circuito, limitando la corriente a un valor que no dañará o destruirá el equipo (los interruptores o ductos

por ejemplo) que tendrá que conducir la corriente de falla hasta que se abra el circuito.

Limitador de corriente de doble elemento:

Es adecuado para usarse en centros de control de motores, donde el retardo de tiempo permite el arranque del motor, pero el elemento limitador de corriente, protege contra las fuerzas destructoras térmicas y magnéticas de las corrientes de corto circuito muy altas, limitando la corriente a un valor mas bajo.

APLICACIONES EN ALTA TENSION

Fusibles clase universal:

Protección de transformadores, líneas de subtransmisión y distribución.

Fusibles de potencia:

Protección de:

- Líneas de transmisión
- Transformadores de potencia
- Transformadores de potencial
- Bancos de capacitores.

CAPITULO 7

COORDINACION DE FUSIBLES

7. COORDINACION DE FUSIBLES

Coordinación es la relación tiempo corriente entre fusibles o entre éstos y otros dispositivos de protección que se conectan en serie. Con la coordinación se pretende que únicamente quede fuera de servicio la parte dañada, para evitar interrupciones en el resto del sistema.

Debido a que el sistema de distribución eléctrica es el corazón de la mayoría de las instalaciones de tipo comercial, industrial y residencial, es imperativo prever cualquier interrupción de potencia eléctrica. Las interrupciones innecesarias pueden ser evitadas con la apropiada selección de dispositivos protectores para cualquier condición normal del sistema.

La coordinación selectiva de fusibles puede ser definida como el aislamiento completo de un circuito fallado sin afectar otros equipos de interrupción del sistema y manteniendo la continuidad en el mismo.

Para obtener un completo aislamiento de una falla (excepto en un circuito monofásico) todos los conductores de las fases deberán abrir. Si solamente una o dos fases (de un circuito trifásico) abren, la falla permanece conectada al sistema a través de los circuitos de carga.

Bajo estas condiciones, la corriente de falla puede ser reducida pero no eliminada. La figura siguiente muestra como operarfa un sistema colectivo.

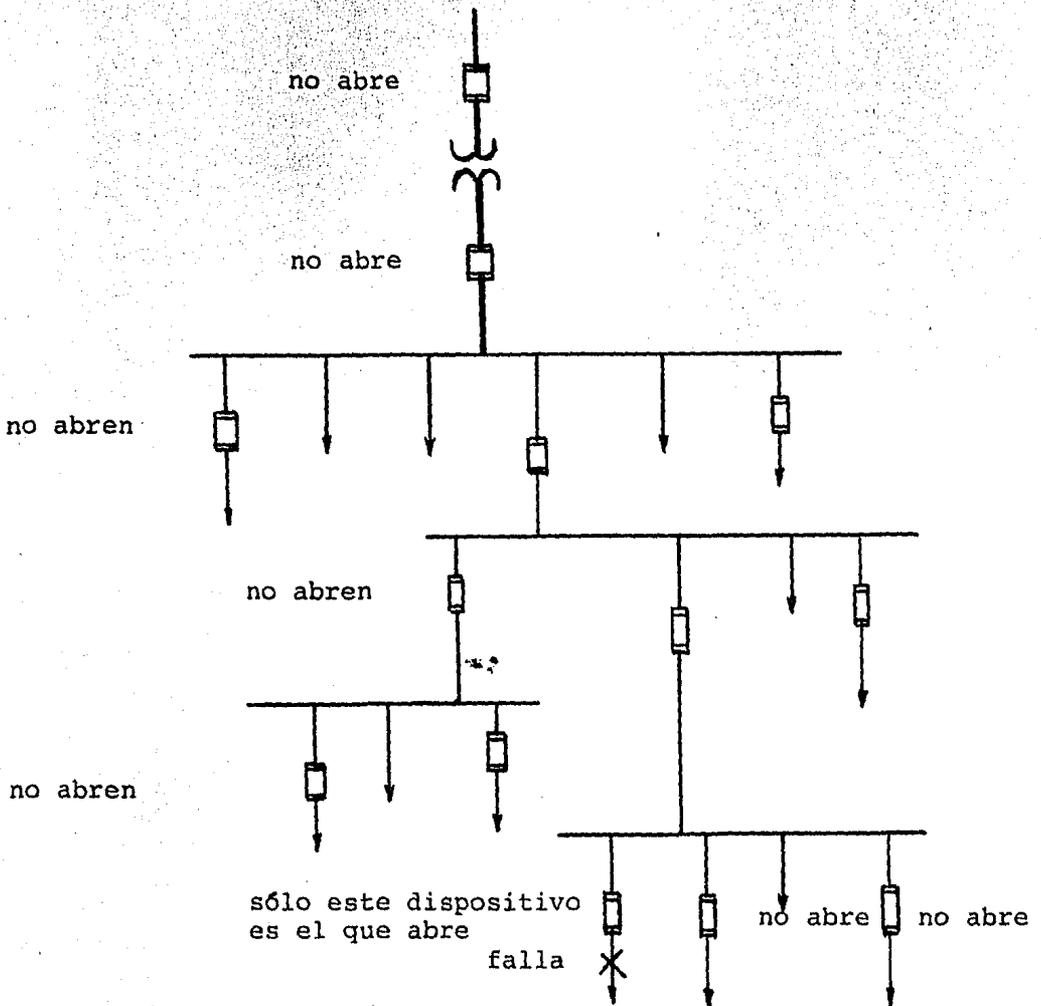


Fig 7.1 SISTEMA SELECTIVO

En la operación selectiva de dispositivos protectores de sobrecorriente las 3 fases deberán abrir siempre que las cargas trifásicas estén involucradas.

Por medio de la siguiente figura se muestra el principio general por medio del cual los fusibles están coordinados para cualquier valor de corriente de corto circuito.

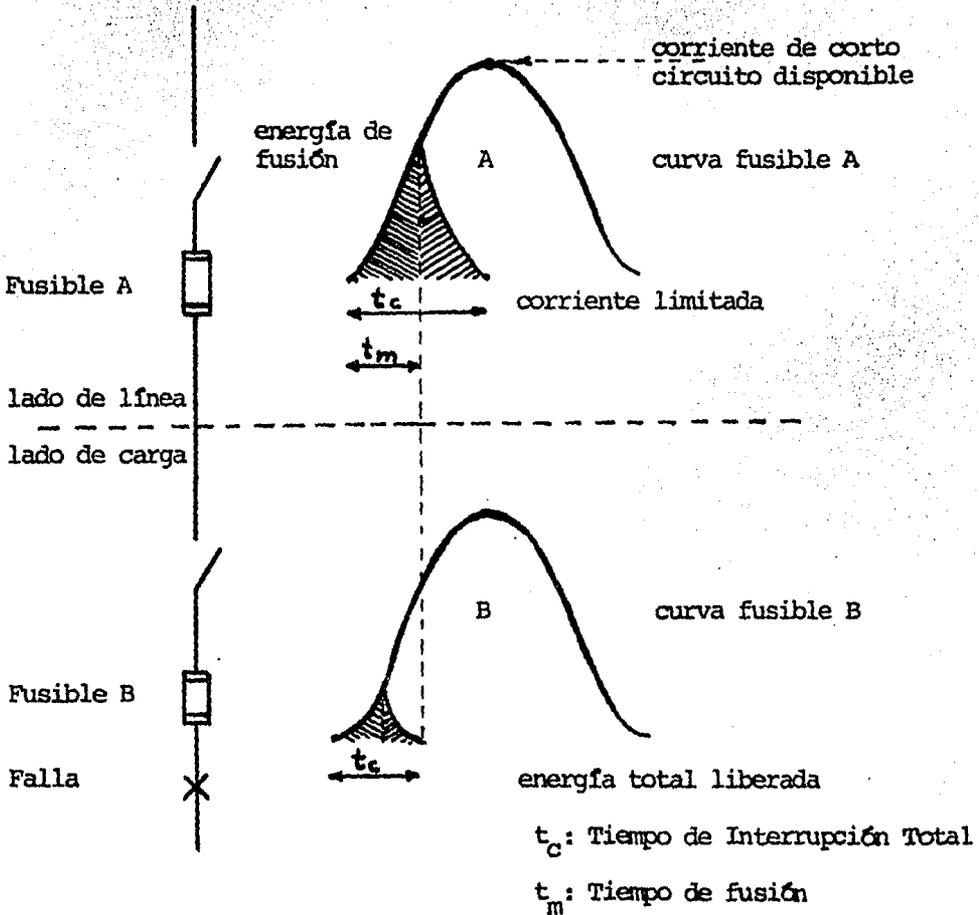


Fig 7.2 PRINCIPIO GENERAL DE COORDINACION

La energía total liberada por el fusible "B" deberá ser menor que la del fusible "A"

TABLA 7.1 SELECTIVIDAD TIPICA DE FUSIBLES EN BAJA TENSION

	LADO DE CARGA							
	Clase L	Clase L	Clase K1	Clase J	Clase K5	Clase K5	Clase J	Clase G
	Retardo de tiempo 601 - 6000A		0 - 600 A		Retardo de tiempo 0 - 600 A	Lim.corr. 15-600A		0-60A
Clase L Retardo de tiempo 601-6000 A	2:1	2:1	2:1	2:1	4:1	3:1	3:1	-
Clase L 601-6000 A	2:1	2:1	2:1	2:1	6:1	5:1	5:1	-
Clase K1 0-600 A			3:1	3:1	8:1	4:1	4:1	4:1
Clase J 0-600 A			3:1	3:1	8:1	4:1	4:1	4:1
Clase K5 Retardo de tiempo 0-600 A			1.5:1	1.5:1	2:1	1.5:1	1.5:1	1.5:1
Clase K5 Retardo de tiempo Limit.de corp. 0-600 A			1.5:1	1.5:1	4:1	2:1	2:1	2:1
Clase J Retardo de tiempo 15-600 A			1.5:1	1.5:1	4:1	2:1	2:1	2:1

-59-

LADO DE LINEA

En la aplicación de fusibles, la coordinación puede realizarse haciendo uso de la tabla de relación de coordinación selectiva.

La tabla 7.1 nos muestra una forma típica de coordinación selectiva para varias combinaciones de fusibles.

Esta tabla es muy general y no puede aplicarse igualmente de las mas bajas a las mas altas capacidades en todas las líneas de fusibles y en todas las corrientes disponibles.

Como ejemplo de aplicación de la tabla 7.1, consideramos la siguiente figura en la cual se desea coordinar dos fusibles (uno en el lado de línea y otro en el lado de carga). En el lado de la línea ha de usarse un fusible de 1200 amperes y en el lado de carga uno de 400 amperes.

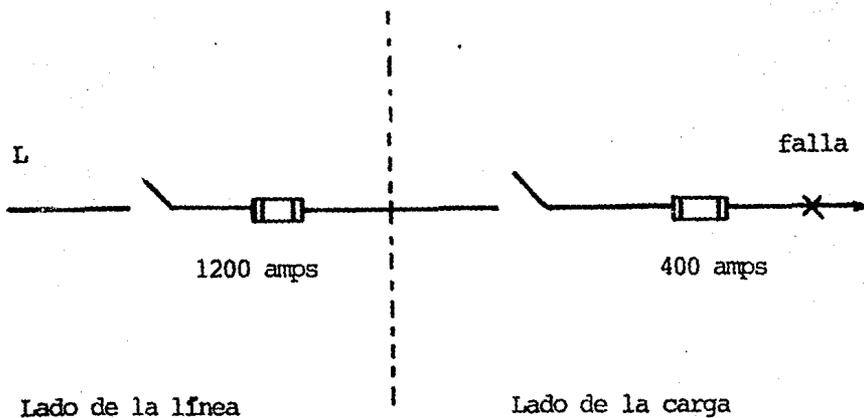


Fig 7.3a

La relación de capacidades de corriente es:

$$R = \frac{1200}{400} = \frac{3}{1}$$

La relación es 3:1

De: Aplicación de fusibles para baja tensión, vemos que los fusibles clase L son apropiados para proteger líneas principales. Consultando la tabla 7.1, vemos que para una relación 3:1, un fusible clase L con retardo de tiempo (601-6000 amperes) puede coordinarse con un K-5 con retardo de tiempo limitador de corriente o con un clase J con retardo de tiempo.

Se seleccionará (según necesidades), el clase K-5, con lo que se tiene la coordinación que muestra la figura:

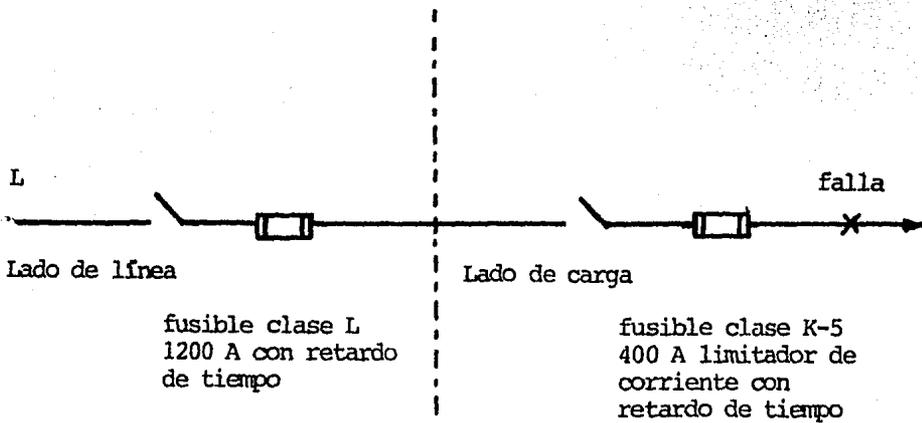


Fig 7.3b

La protección selectiva coordinada puede efectuarse con los dispositivos modernos de proyección de acción rápida para aislar los circuitos con fallas del resto del sistema.

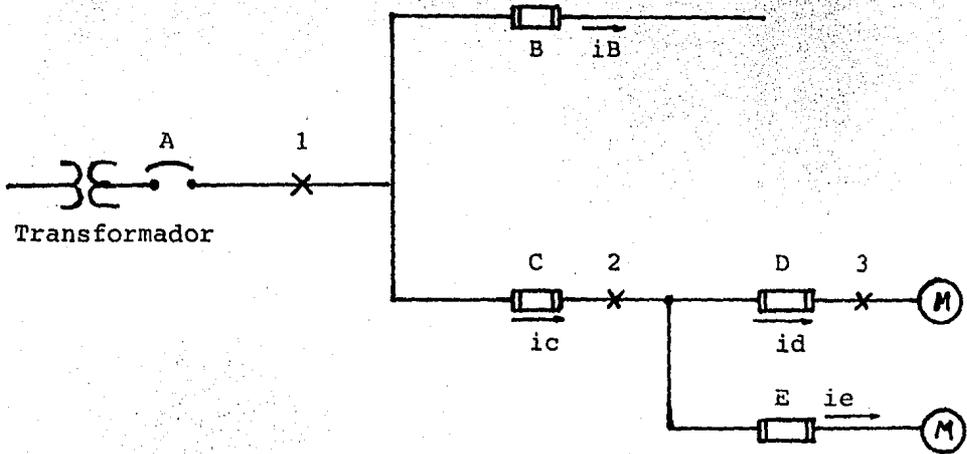


Fig 7.4 COORDINACION DE FUSIBLES

- si ocurre una falla en 1, debe abrirse el interruptor principal A.
- si ocurre una falla en 2, debe abrir el fusible C.
- si ocurre una falla en 3, debe abrir el fusible D.

Al ocurrir la falla en 1, todos los circuitos derivados quedan sin alimentación.

Los fusibles D y E deben ser más sensibles a las sobrecargas que el fusible C; esto es, por el fusible C pasaría la suma de corrientes i_d E i_e por lo que C deberá tener un punto de fusión mayor que los fusibles D ó E.

De la misma manera, el termomagnético en A soporta la suma de corrientes i_B E i_C por lo que deberá operar en un tiempo mayor que el de los fusibles B ó C.

Recordemos que existen tres tiempos característicos de operación de un fusible.

- 1.- Tiempo mínimo de fusión. Es el intervalo que existe entre la aparición de la falla y el momento en que el elemento es roto por fusión y se establece el arco.
- 2.- Tiempo de arqueo. Es el intervalo durante el cual persiste el arco eléctrico.
- 3.- Tiempo máximo de limpieza. Intervalo de tiempo entre la aparición de la falla y la apertura total del elemento fusible; es la suma del tiempo mínimo de fusión y el tiempo de arqueo.

En la coordinación de elementos fusibles, se debe considerar los siguientes aspectos:

- 1.- El elemento fusible no debe operar a causa de corriente de carga, debe ser capaz de mantener el flujo de la corriente de carga máxima sin calentarse al grado de modificar sus características originales.
- 2.- Para coordinar sus tiempos de operación con las del equipo adyacente, debemos estar conscientes de que para valores cercanos al tiempo mínimo de fusión, el fusible perderá sus características de diseño y aún cuando el elemento no sea fundido, no se apegará a sus tiempos originales.
- 3.- La falla no es librada hasta que se rebasa el valor de tiempo máximo de limpieza.

Para elementos fusibles utilizados para protección de subestaciones y líneas de subtransmisión, es necesario especificar el voltaje de operación.

En la aplicación de elementos fusibles deben considerarse las características de los dispositivos de protección adyacentes a éste y las del circuito, buscando la correcta operación y discriminación de la falla a través de la coordinación de los tiempos de operación.

LINEAMIENTOS BASICOS PARA REDES AEREAS

Los estudios estadísticos efectuados en sistemas de distribución aérea, demuestran que hasta el 95% de las fallas son transitorias.

Las causas típicas de dichas fallas pueden resumirse en:

- 1.- Conductores que por acción del viento se tocan.
- 2.- Descargas atmosféricas sobre algún aislador.
- 3.- Animales que puentean alguna superficie conectada a tierra con los conductores o conductores entre sí.
- 4.- Ramas de árboles, antenas, láminas, etc.
- 5.- Sobrecargas momentaneas que producen ondas de corriente, mismas que pueden hacer operar los dispositivos de protección.
- 6.- Contaminación ambiental.
- 7.- Vandalismo.

La experiencia real de fallas demuestra que en el primer recierre se elimina hasta el 88% de ellas, en el segundo un 5% y en el tercero un 2% más, quedando un promedio del 5% de fallas permanentes.

Para la ubicación correcta del equipo de protección se debe tener en cuenta lo siguiente:

- 1.- El primer punto lógico a proteger será la salida del alimentador.
- 2.- Idealmente el origen de cada ramal debería considerarse como punto de seccionalización con el objeto de limitar el retiro de servicio al menor segmento práctico del sistema.
- 3.- Se debe tomar en cuenta la facilidad de acceso al equipo de protección que se instale.
- 4.- La decisión definitiva sobre el grado de protección debe quedar sujeta a una evaluación técnico-económica que tome en cuenta la inversión inicial en los equipos contra los ahorros en costo y beneficio a largo plazo.

COORDINACION FUSIBLE-FUSIBLE EN REDES DE DISTRIBUCION

La regla esencial para la coordinación fusible-fusible establece que el tiempo máximo de apertura del fusible que actúa como protección primaria no debe exceder del 75% del tiempo mínimo del fusible que actúa como protección de respaldo.

Consideremos el siguiente circuito en el cual se desea realizar una coordinación fusible-fusible:

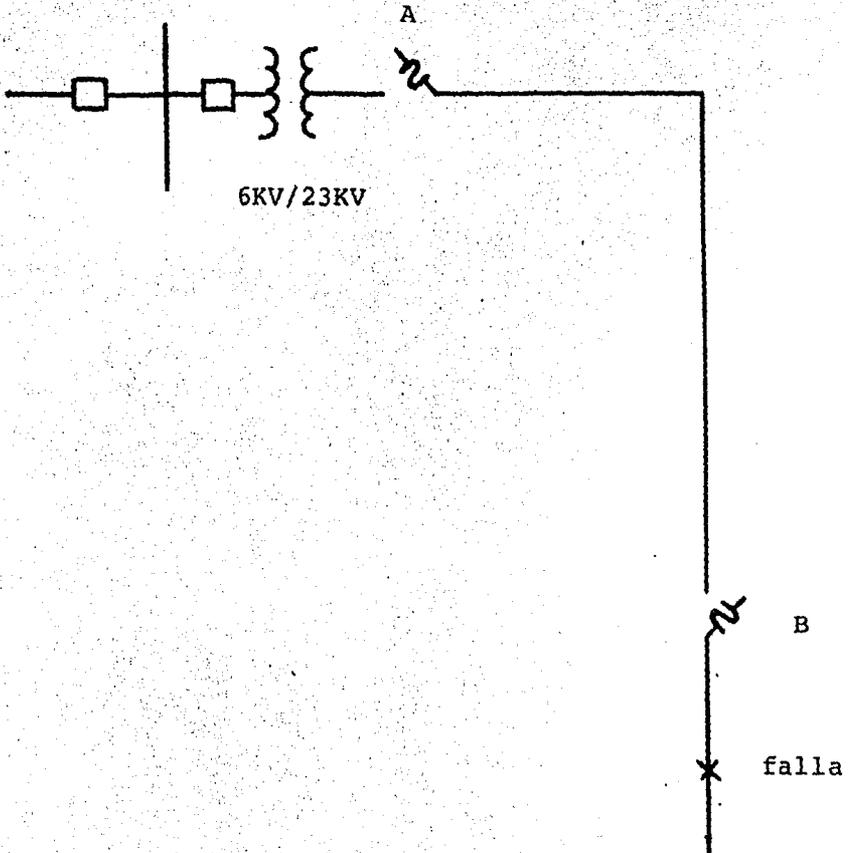


Fig 7.5a

Tomando en cuenta las curvas tiempo-corriente de fusión se tiene:

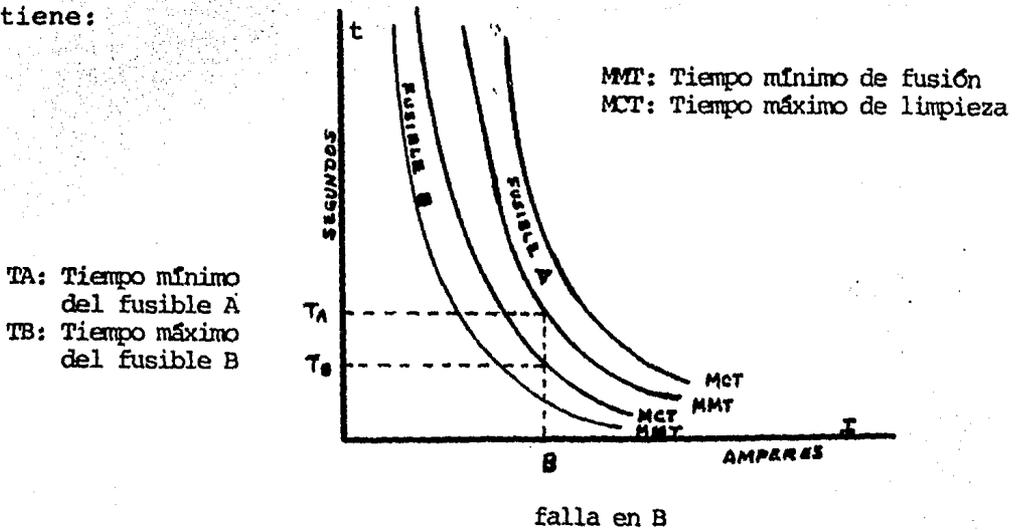


Fig. 7.5b

Para que la coordinación del fusible B con el fusible A sea satisfactoria, debe cumplirse que:

$$\frac{T_B \times 100}{T_A} < 75\% \quad \text{o también:} \quad \frac{MCT_B \times 100}{MMT_A} < 75\%$$

La coordinación de fusibles debe contemplar también que sus tiempos de operación no alcancen las curvas de daño de conductores y transformadores.

CAPITULO 8

PROYECTO DE PROTECCION MEDIANTE FUSIBLES DE UNA RED DE
DISTRIBUCION

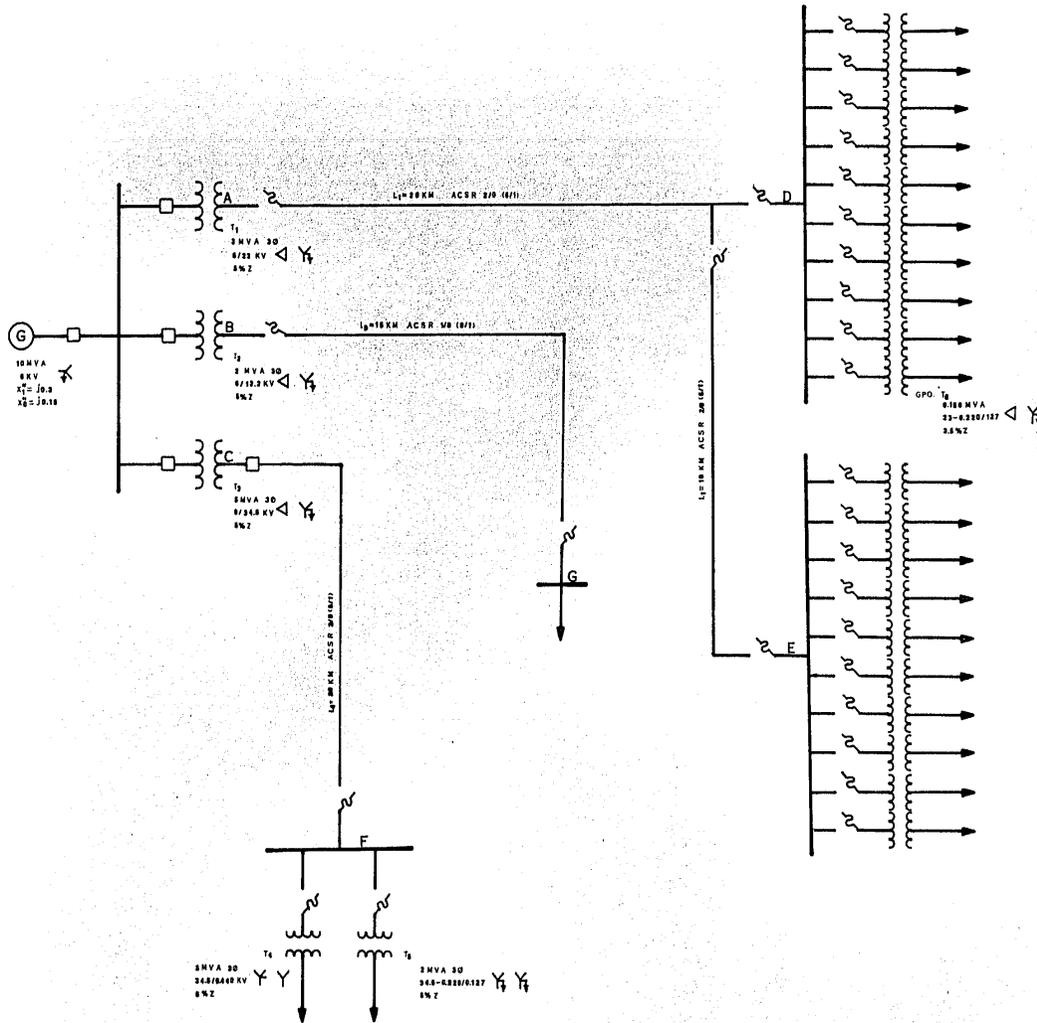
8. PROYECTO DE PROTECCION MEDIANTE FUSIBLES DE UNA RED DE DISTRIBUCION DADA

Con el objeto de realizar una aplicación de los conocimientos sobre fusibles y cortacircuitos fusible estudiados anteriormente, se considerará un sistema de distribución que alimenta zonas urbanas, rurales e industriales.

La altitud en los puntos en que se ha de instalar los dispositivos de protección es:

PUNTO	ALTITUD
A	950 mts
B	950 "
C	950 "
D	800 "
E	900 "
F	1000 "
G	1500 "

La figura 8.1 muestra el diagrama unifilar del sistema de distribución.



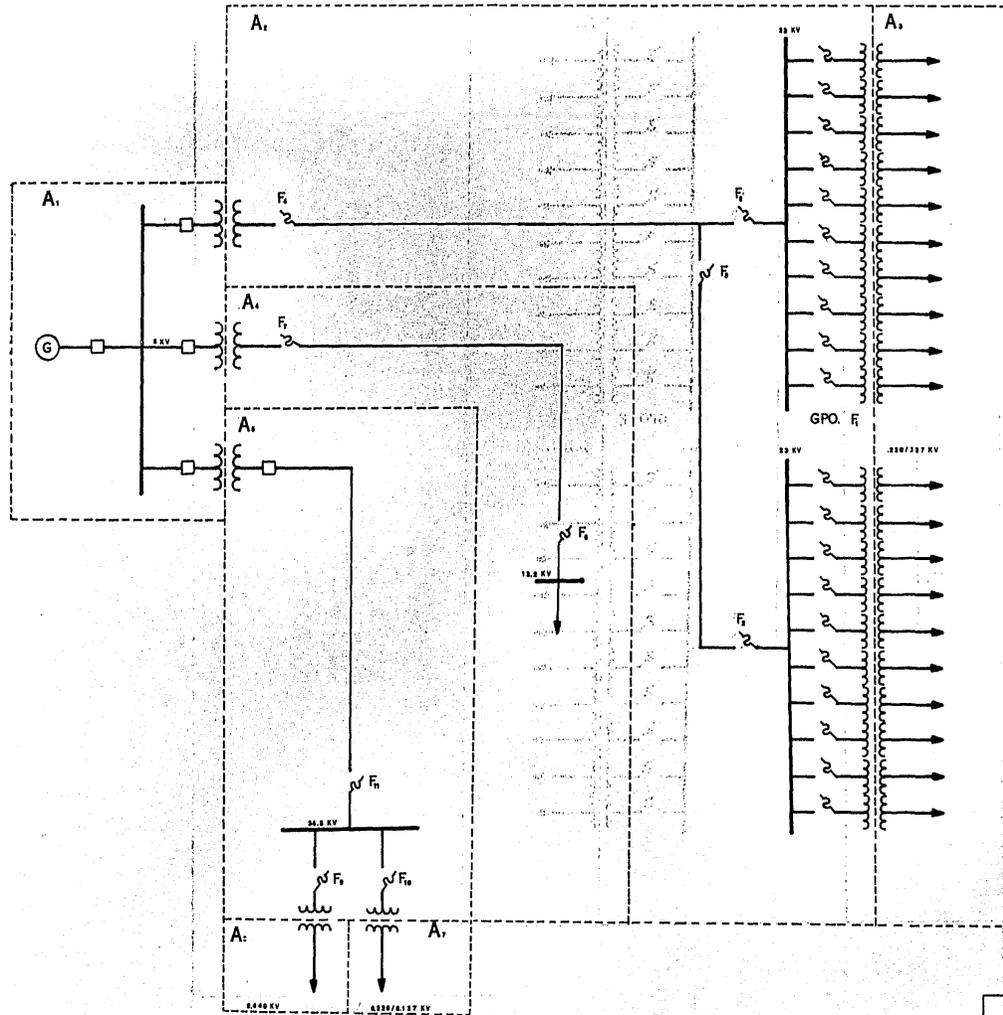
SINBOLOGIA

- ⊙ GENERADOR
- ⌚ TRANS. DE DISTRIBUCION
- INTERRUPTOR
- ⌚ FUSIBLE
- LINEA DE DISTRIBUCION
- CARGA

NOTAS

1. TODOS LOS TRANS. DEL GPO. T₀ TIENEN LOS MISMOS VALORES NOMINALES
2. LAS CARGAS ESTAN A UN FP=0.8 ATRAS
3. EL GEN. TRABAJA A UN FP=0.8 ATRAS

U N A M FACULTAD DE INGENIERIA PLANO DE TESIS		
DIAGRAMA UNIFILAR		
SISTEMA DE DISTRIBUCION		
ESCALA SE		ACOTACION 1/4
13x18.4		F.P. 1314



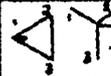
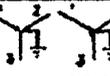
NOTAS

1. A_i AREA CON UN MISMO NIVEL DE VOLTAJE

UNAM		
FACULTAD DE INGENIERIA		
PLANO DE TESIS		
DIAGRAMA UNIFILAR		
SISTEMA DE DISTRIBUCION		
ESCALA	SE	ACOTACION SA
13-81-84		FIG. 618

Los transformadores tienen los siguientes valores nominales.

TABLA 8.1 DATOS DE LOS TRANSFORMADORES

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Cantidad	1	1	1	1	1	20
MVA	3	2	5	3	2	0.15
KV ₁ /KV ₂	6/23	6/13.2	6/34.5	34.5/ 0.440	34.5-.220/ .127	23-0.220/ .127
Z	5%	5%	5%	6%	6%	3.5%
Conexión						

DATOS DEL GENERADOR:

$$S = 10 \text{ MVA}$$

$$X''_1 = X''_2 = j 0.3 \text{ P.U.}$$

$$V = 6 \text{ KV}$$

$$x''_0 = j 0.15 \text{ P.U.}$$

$$fp = 0.9$$

TABLA 8.2 DATOS DE LAS LINEAS

	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
Longitud km	20	10	15	30
Calibre	ACSR 2/0 (6/1)	ACSR 2/0 (6/1)	ACSR 1/0 (6/1)	ACSR 2/0 (6/1)

DISPOSICION DE LOS CONDUCTORES:

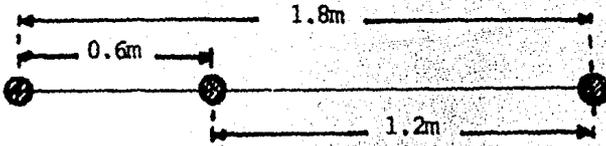


Fig 8.2

Las cargas están a f.p = 0.8

Separando el sistema en áreas de igual tensión, se obtienen los KV base de cada área para una potencia base de 30 MVA

$$3 \phi = 10 \text{ MVA}_1 \phi.$$

Fijados los KVA y KV bases, los valores de corrientes e impedancias base se obtienen a partir de las expresiones (3) y (4).

$$V_n = \frac{V_L}{3} \quad (1)$$

$$\text{KVA } \phi = \frac{\text{KVA}_{3 \phi}}{3} \quad (2)$$

$$I_B = \frac{\text{KVA}_B \text{ } 1\phi}{\text{KV}_B \phi} \quad (3)$$

$$Z_B = \frac{(\text{KV}_B)^2 \text{ } 1\phi}{\text{MVA}_{1\phi}} \quad (4)$$

$$Z_{B2} = Z_{B1} \times \frac{(\text{KV}_{B1})^2}{\text{KV}_{B2}} \frac{\text{MVA}_{B2}}{\text{MVA}_{B1}} \quad (5)$$

Tabla 8.3 VALORES BASE DE POTENCIA, TENSION CORRIENTE E IMPEDANCIA

Areas	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
S _B	30 MVA 3 φ = MVA 1 φ					
KV _{nB}	3.464	13.28	0.127	7.62	19.92	0.254
I _{BL}	2887	753	78740	1312.33	502	39370
Z _B	1.2	17.636	0.0016	5.806	39.68	0.0065

CALCULO DE LAS CORRIENTES NOMINALES E IMPEDANCIAS DE SECUENCIAS POSITIVA, NEGATIVA Y CERO DE LAS LINEAS

a) Distancia media geométrica:

$$DMG = \sqrt[3]{(0.6)(1.2)(1.8)} = 1.09m = 3'7"$$

b) De tablas, el valor de X_d para 3'7" es:

$$X_d = 0.1549$$

Línea 1:

$$20 \text{ km} = 12.43 \text{ Mi}$$

$$I = \frac{KVA}{3 \text{ KV}} = \frac{3000}{3(23)} = 75.31 \text{ amp}$$

Para f.p = 0.8 atrasado:

$$I = 75.31 (0.8 - j 0.6) = 60.24 - j 45.18 \text{ amp}$$

$$I_n = 75.31 \angle -36.9^\circ \text{ amp (corriente pequeña para el conductor)}$$

$$Z_L = R_a + jX_L = R_a + j (X_a + X_d)$$

$$R_a = 0.706 \ \Omega/\text{Mi} (12.43 \text{ Mi}) = 8.776 \ \Omega$$

$$X_a = 0.554 \ \Omega/\text{Mi} (12.43 \text{ Mi}) = 6.886 \ \Omega$$

$$X_d = 0.1549 \ \Omega/\text{Mi} (12.43 \text{ Mi}) = 1.925 \ \Omega$$

$$Z_{1L_1} = 8.776 + j 8.81 = 12.44 \angle 45.1^\circ \ \Omega$$

Línea 2:

Esta línea tiene las mismas características que L_1 y como su longitud es $1/2 L_1$, su impedancia es:

$$Z_{1L_2} = 6.22 \angle 45.1^\circ \ \Omega$$

$$I_n = \frac{75.31}{2} = 37.65 \angle -36.9^\circ$$

Línea 3:

$$I = \frac{\text{KVA}}{3 \text{ KV}} = \frac{2000}{3 (13.2)} = 87.5 \text{ amp (corriente pequeña)}$$

Para f.p = 0.8

$$I_n = 87.5 \angle -36.9^\circ$$

De tablas, obtenemos los valores de R_a , X_a y X_d :

$$R_a = 0.883 \ \Omega/\text{Mi} (9.32 \text{ Mi}) = 8.23 \ \Omega$$

$$X_a = 0.568 \ \Omega/\text{Mi} (9.32 \text{ Mi}) = 5.3 \ \Omega$$

$$X_d = 0.1549 \ \Omega/\text{Mi} (9.32 \text{ Mi}) = 1.444 \ \Omega$$

$$Z_{1L_3} = R_a + j (X_a + X_d) = 8.23 + j 6.744 \\ = 10.64 \angle 39.3^\circ \Omega$$

Línea 4:

$$I = \frac{KVA}{3 KV} = \frac{5000}{3 (34.5)} = 83.67 \text{ amp}$$

Para f.p = 0.8

$$I_n = 83.67 \angle -36.9^\circ \text{ amp}$$

Para corriente pequeña

$$R_a = 0.706 \Omega/\text{Mi} (18.645 \text{ Mi}) = 13.16 \Omega$$

$$X_a = 0.554 \Omega/\text{Mi} (18.645 \text{ Mi}) = 10.33 \Omega$$

$$X_d = 0.1549 \Omega/\text{Mi} (18.645 \text{ Mi}) = 2.888 \Omega$$

$$Z_{1L_4} = 13.16 + j 13.22$$

$$Z_{1L_4} = 18.65 \angle 45.1^\circ \Omega$$

IMPEDANCIAS DE SECUENCIA (+), (-) Y CERO DE LAS CARGAS CONECTADAS A LOS TRANSFORMADORES T4, T5, T6, CON F.P = 0.8 ATRASADO Y CONSIDERANDO Z_0 COMO EL 50% DE Z_1

Para el T4:

$$Z_{1,2} C_{T4} = \frac{(0.44)^2}{3} = 0.0645 \angle 36.9^\circ \Omega$$

$$Z_0 C_{T4} = \frac{0.0645}{2} \angle 36.9^\circ = 0.0322 \angle 36.9^\circ \Omega$$

Para el T5:

$$Z_{1,2} C_{T5} = \frac{(0.22)^2}{2} = 0.0242 \angle 36.9^\circ \quad \Omega$$

$$Z_0 C_{T5} = \frac{0.0242}{2} \angle 36.9^\circ = 0.0121 \angle 36.9^\circ \quad \Omega$$

Para el T6:

$$Z_{1,2} C_{T6} = \frac{(0.22)^2}{0.15} = 0.323 \angle 36.9^\circ \quad \Omega$$

$$Z_0 C_{T6} = \frac{0.323}{2} \angle 36.9^\circ = 0.161 \angle 36.9^\circ \quad \Omega$$

IMPEDENCIAS DE SECUENCIA CERO DE LAS LINEAS

Línea 1:

$$R_a = 8.77 \quad \Omega$$

$$R_e = 0.286 \quad \Omega/\text{Mi} \times 12.43 \text{ Mi} = 3.555 \quad \Omega$$

$$X_a = 0.554 \quad \Omega/\text{Mi} \times 12.43 \text{ Mi} = 6.886 \quad \Omega$$

$$X_e = 2.888 \quad \Omega/\text{Mi} \times 12.43 \text{ Mi} = 35.898 \quad \Omega$$

$$2X_d = 2 \quad (1.925) = 3.85 \quad \Omega$$

$$Z_{0L_1} = R_a + R_e + j (X_a + X_e - 2X_d)$$

$$Z_{0L_1} = 12.33 + j 38.93 = \underline{40.84 \angle 72.4^\circ}$$

Línea 2:

La línea 2 tiene las mismas características de la línea 1 y como su longitud es la mitad de la línea 1, su impedancia

de secuencia cero es:

$$Z_{O L_2} = 1/2 Z_{O L_1} = \underline{\underline{20.42 \angle 72.4^\circ}} \Omega$$

Línea 3:

$$R_a = 8.23 \Omega$$

$$R_e = 0.286 \Omega/\text{Mi} \times 9.323 \text{ Mi} = 2.666 \Omega$$

$$X_a = 0.568 \Omega/\text{Mi} \times 9.323 \text{ Mi} = 5.3 \Omega$$

$$X_e = 2.888 \Omega/\text{Mi} \times 9.323 \text{ Mi} = 26.93 \Omega$$

$$2X_d = 2 (1.444) = 2.888 \Omega$$

$$Z_{O L_3} = 8.23 + 2.666 + j (5.3 + 26.93 - 2.888)$$

$$Z_{O L_3} = 10.9 + j 29.3 = \underline{\underline{31.3 \angle 69.6^\circ}} \Omega$$

Línea 4:

$$R_a = 13.16 \Omega$$

$$R_e = 0.286 \Omega/\text{Mi} \times 18.645 \text{ Mi} = 5.3 \Omega$$

$$X_a = 0.554 \Omega/\text{Mi} \times 18.645 \text{ Mi} = 10.3 \Omega$$

$$X_e = 2.888 \Omega/\text{Mi} \times 18.645 \text{ Mi} = 53.8 \Omega$$

$$2X_d = 2 (2.888) = 5.8 \Omega$$

$$Z_{O L_4} = 13.16 + 5.3 + j (10.3 \times 53.8 - 5.8)$$

$$Z_{O L_4} = 18.5 + j 58.4 = \underline{\underline{61.3 \angle 72.4^\circ}} \Omega$$

VALORES EN POR UNIDAD DE LAS IMPEDENCIAS DE SECUENCIA POSITIVA,
NEGATIVA Y CERO DE LAS LINEAS, CARGAS, TRANSFORMADORES Y
GENERADOR.

1. De las líneas: $\bar{z}_1 = \bar{z}_2$

$$\bar{z}_{1,2} L_1 = \frac{12.44 \angle 45.1^\circ}{17.636} = 0.705 \angle 45.1^\circ \text{ P.U.}$$

$$\bar{z}_{1,2} L_1 = \frac{40.84 \angle 72.4^\circ}{17.636} = 2.316 \angle 72.4^\circ \text{ P.U.}$$

$$\bar{z}_{1,2} L_2 = \frac{0.705 \angle 45.1^\circ}{2} = 0.353 \angle 45.1^\circ \text{ P.U.}$$

$$\bar{z}_0 L_2 = \frac{2.316 \angle 72.4^\circ}{2} = 1.16 \angle 72.4^\circ \text{ P.U.}$$

$$\bar{z}_{1,2} L_3 = \frac{10.64 \angle 39.3^\circ}{5.806} = 1.832 \angle 39.3^\circ \text{ P.U.}$$

$$\bar{z}_0 L_3 = \frac{31.3 \angle 69.6^\circ}{5.806} = 5.4 \angle 69.6^\circ \text{ P.U.}$$

$$\bar{z}_{1,2} L_4 = \frac{18.65 \angle 45.1^\circ}{39.68} = 0.47 \angle 45.1^\circ \text{ P.U.}$$

$$\bar{z}_0 L_4 = \frac{61.3 \angle 72.4^\circ}{39.68} = 1.545 \angle 72.4^\circ \text{ P.U.}$$

2. De la carga C:

$$z_{1,2} C = \frac{(13.2)^2}{2} = 87.12$$

$$\text{con f.p} = 0.8: Z_{1,2} C = 87.12 \angle 36.9^\circ$$

$$Z_0 C = 1/2 Z_{1,2} C = 43.56 \angle 36.9^\circ$$

Los valores en por unidad de $Z_{1,2} C$ y $Z_0 C$ son:

$$\bar{Z}_{1,2} C = \frac{87.12 \angle 36.9^\circ}{5.806} = 15.005 \angle 36.9^\circ \text{ P.U}$$

$$\bar{Z}_0 C = \frac{43.56 \angle 36.9^\circ}{5.806} = 7.5 \angle 36.9^\circ \text{ P.U}$$

3. De las cargas nominales de los transformadores:

$$\bar{Z}_{1,2} C_{T4} = \frac{0.0645 \angle 36.9^\circ}{0.0065} = 9.928 \angle 36.9^\circ \text{ P.U}$$

$$\bar{Z}_0 C_{T4} = \frac{0.0322 \angle 36.9^\circ}{0.0065} = 4.954 \angle 36.9^\circ \text{ P.U}$$

$$\bar{Z}_{1,2} C_{T5} = \frac{0.0242 \angle 36.9^\circ}{0.0016} = 15.125 \angle 36.9^\circ \text{ P.U}$$

$$\bar{Z}_0 C_{T5} = \frac{0.0121 \angle 36.9^\circ}{0.0016} = 7.562 \angle 36.9^\circ \text{ P.U}$$

$$\bar{Z}_{1,2} C_{T6} = \frac{0.323 \angle 36.9^\circ}{0.0016} = 201.66 \angle 36.9^\circ \text{ P.U por c/transf.}$$

$$\bar{Z}_0 C_{T6} = 1/2 (201.66 \angle 36.9^\circ) = 100.83 \angle 36.9^\circ \text{ P.U por c/transf.}$$

La impedancia equivalente por cada grupo de 10 transforma-

dores es: $\bar{Z}_{e1,2} C_{T6}$

$$\bar{Z}_{e1,2} C_{T6} = \frac{201.66}{10} \angle 36.9^\circ = 20.166 \angle 36.9^\circ \text{ P.U.}$$

$$\bar{Z}_O C_{T6} = \frac{100.83}{10} \angle 36.9^\circ = 10.083 \angle 36.9^\circ \text{ P.U.}$$

4. De los transformadores:

$$\bar{Z}_{1,2} T_1 = \bar{Z}_O T_1 = 0.05 \frac{(30)}{10} = j 0.5 \text{ P.U.}$$

$$\bar{Z}_{1,2} T_2 = \bar{Z}_O T_2 = 0.05 \frac{(30)}{2} = j 0.75 \text{ P.U.}$$

$$\bar{Z}_{1,2} T_3 = \bar{Z}_O T_3 = 0.05 \frac{(30)}{5} = j 0.3 \text{ P.U.}$$

$$\bar{Z}_{1,2} T_4 = \bar{Z}_O T_4 = 0.06 \frac{(30)}{3} = j 0.6 \text{ P.U.}$$

$$\bar{Z}_{1,2} T_5 = \bar{Z}_O T_5 = 0.06 \frac{(30)}{2} = j 0.9 \text{ P.U.}$$

$$\bar{Z}_{1,2} T_6 = \bar{Z}_O T_6 = 0.035 \frac{(30)}{.15} = j 7 \text{ P.U.}$$

5. Del generador con F.P = 0.9:

$$\bar{X}''_1 = 0.3 \frac{(30)}{10} = j 0.9 \angle 25.8^\circ \text{ P.U.}$$

$$\bar{X}''_2 = 0.3 \frac{(30)}{10} = j 0.9 \angle 25.8^\circ \text{ P.U.}$$

$$\bar{X}''_O = 0.15 \frac{(30)}{10} = j 0.45 \angle 25.8^\circ \text{ P.U.}$$

FIGURA 8.3 DIAGRAMA DE IMPEDENCIAS DE SECUENCIA POSITIVA

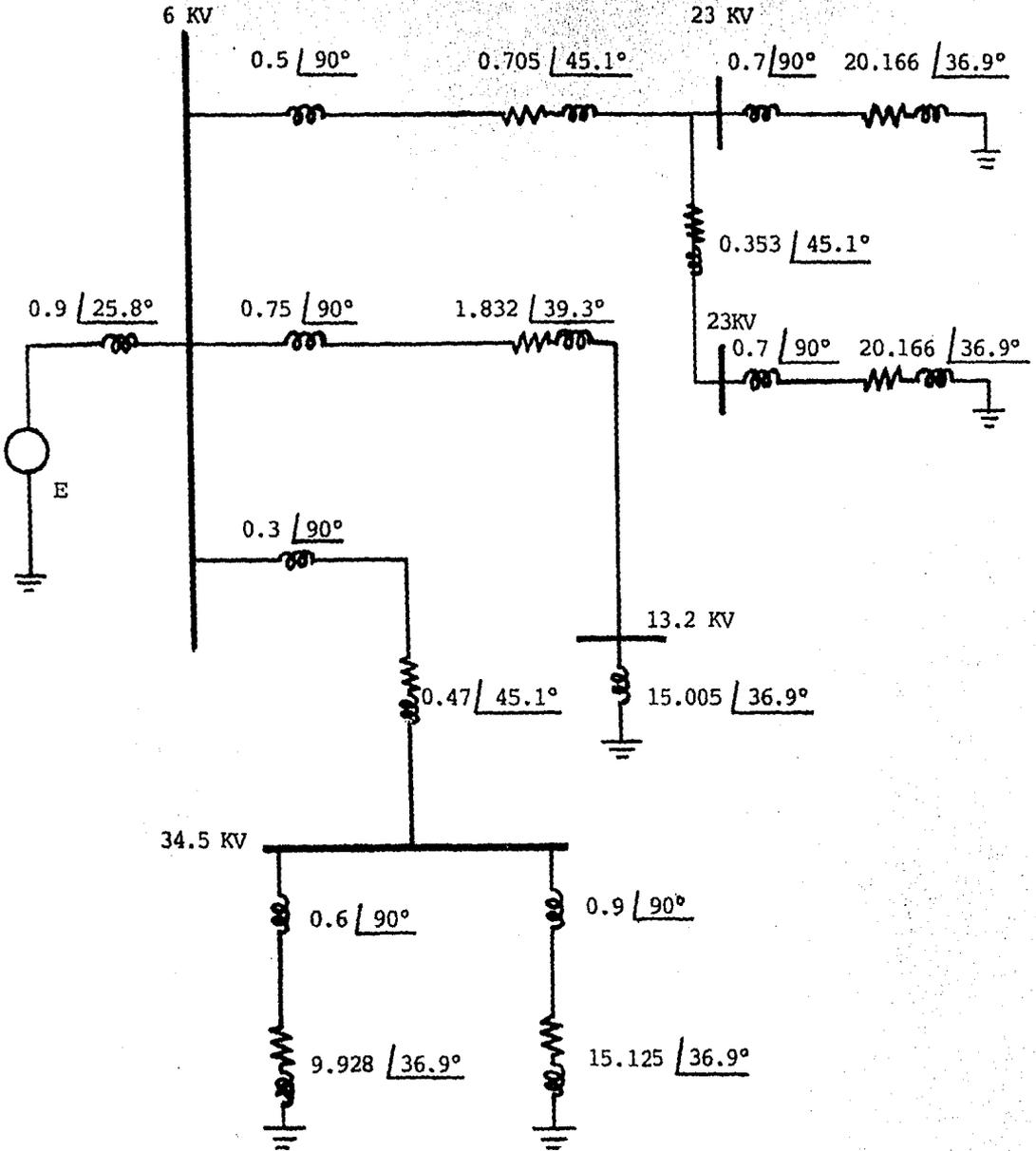


FIGURA 8.4 DIAGRAMA DE IMPEDENCIAS DE SECUENCIA NEGATIVA

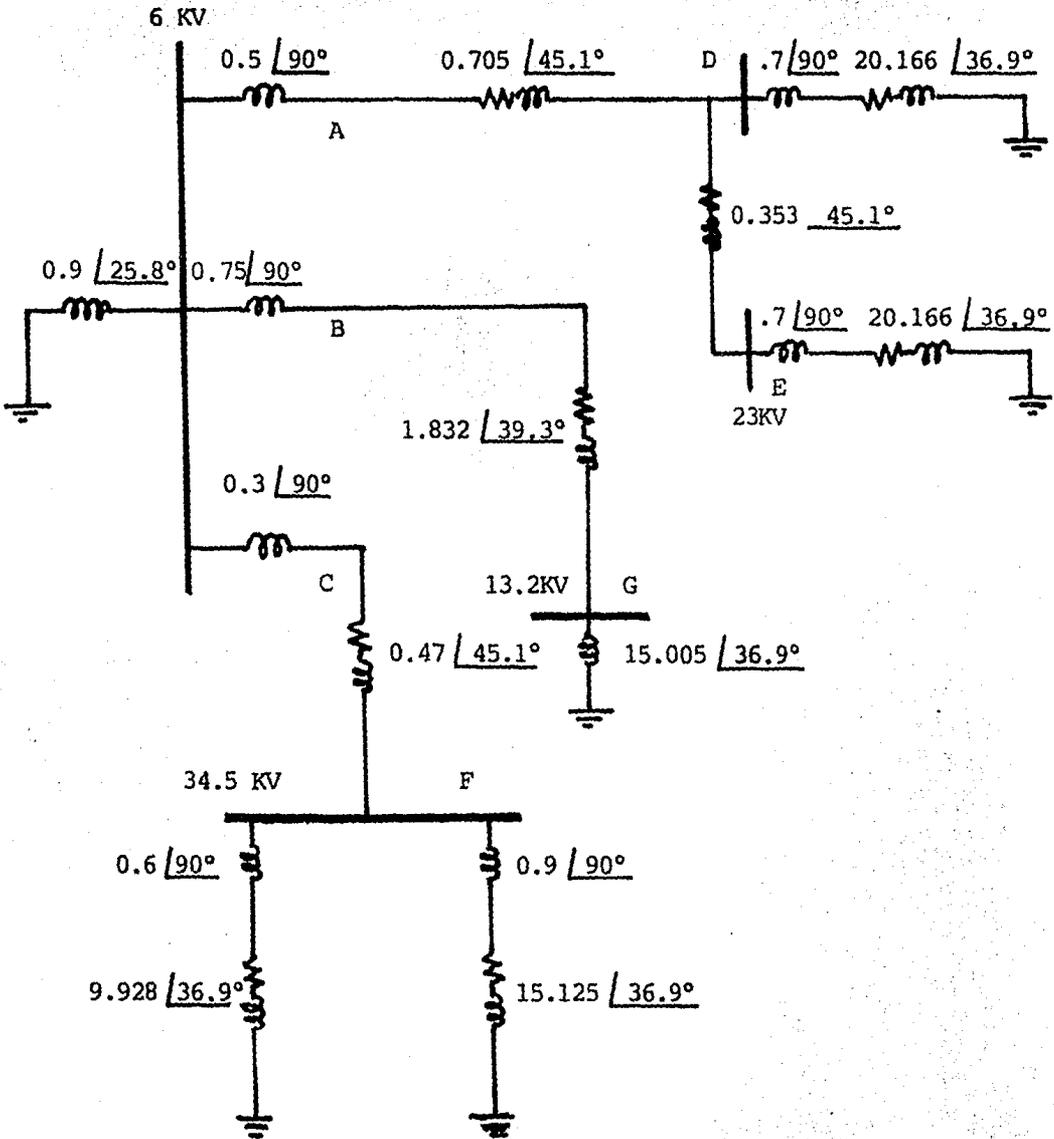
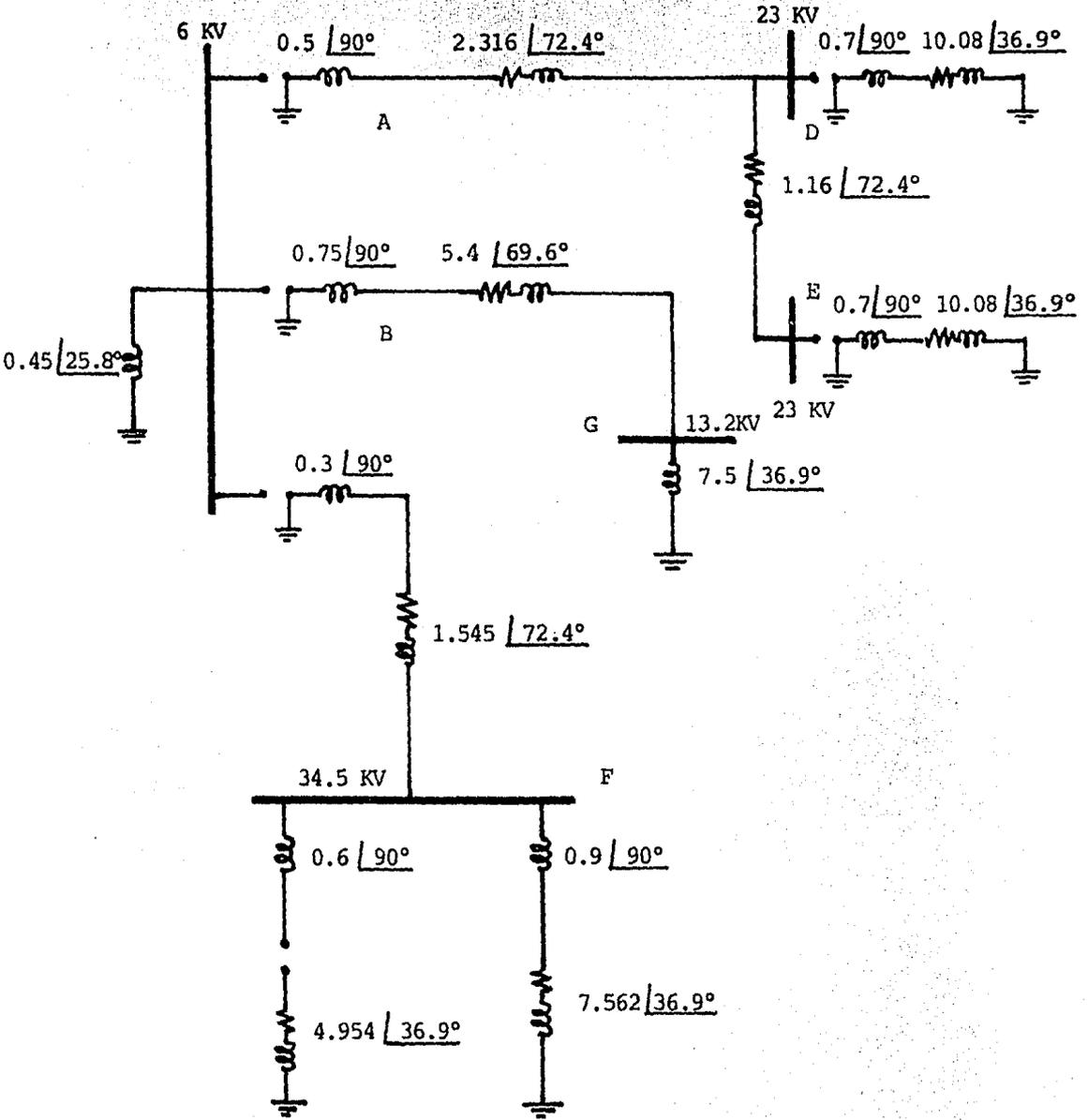


FIGURA 8.5 DIAGRAMA DE IMPEDENCIAS DE SECUENCIA CERO

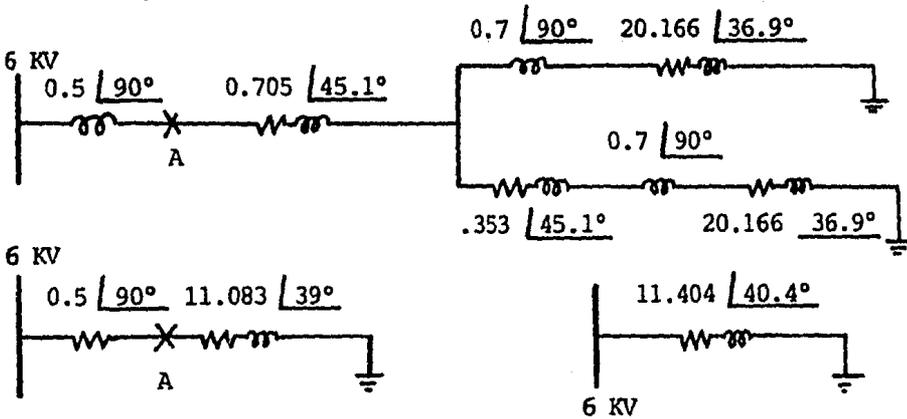


LOS PUNTOS A,B,C,D,E,F, Y G SON PUNTOS DE FALLA.

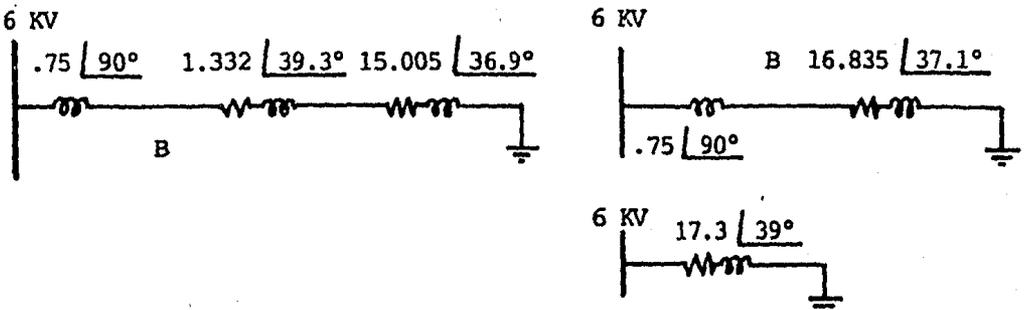
Con el objeto de simplificar los cálculos de la impedancia equivalente de secuencia positiva para cada punto de falla, se hará una reducción de impedancias a la derecha de cada punto de falla (figura 8.3).

La impedancia equivalente de secuencia positiva es igual a la de secuencia negativa.

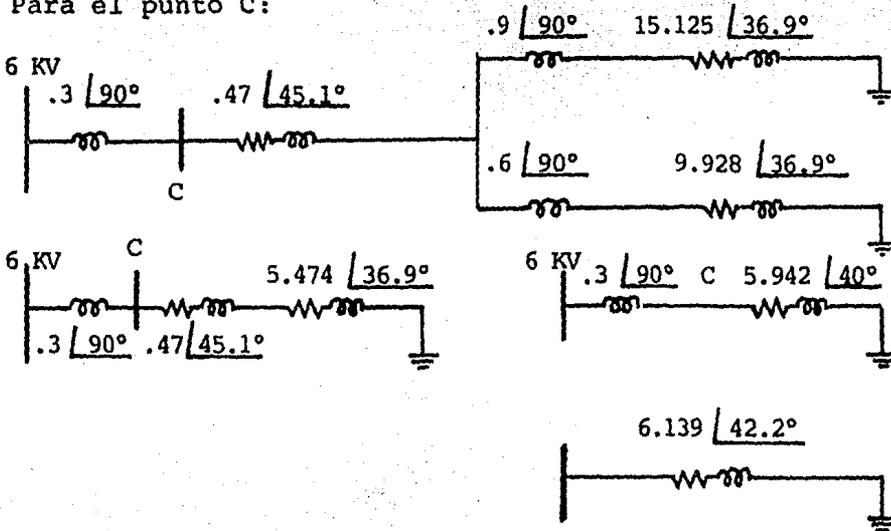
Para el punto A, se tiene:



En el punto B, se obtiene:

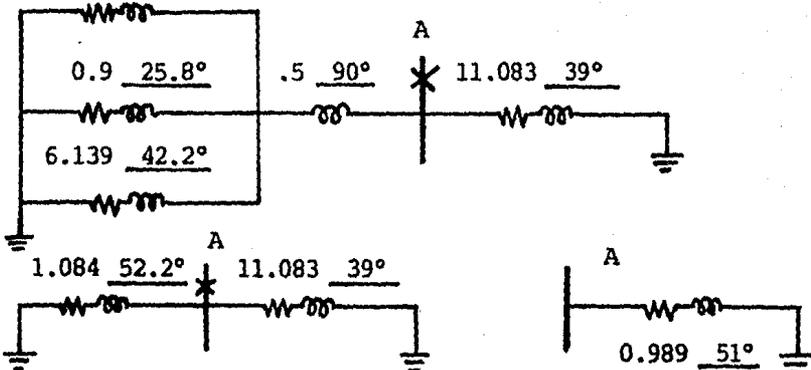


Para el punto C:



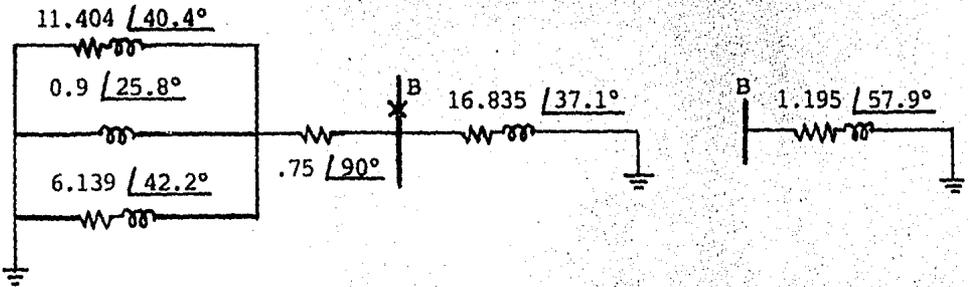
Para una falla en A, su impedancia equivalente de secuencia (+) y (-) es:

$$17.3 \angle 39^\circ$$



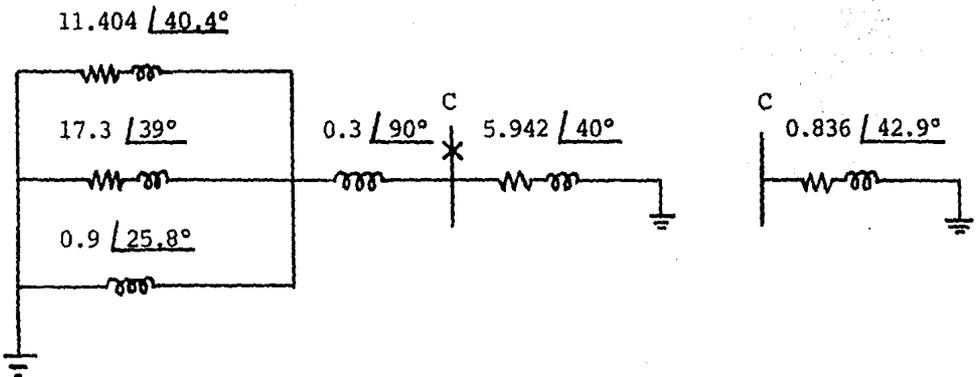
$$\left. \bar{Z}_{1,2} \right]_A = 0.989 \angle 51^\circ$$

Para una falla en B:



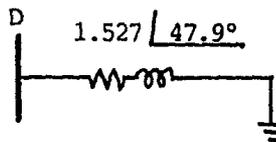
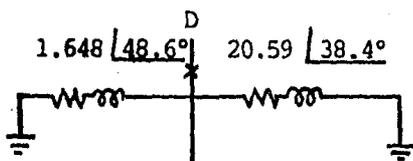
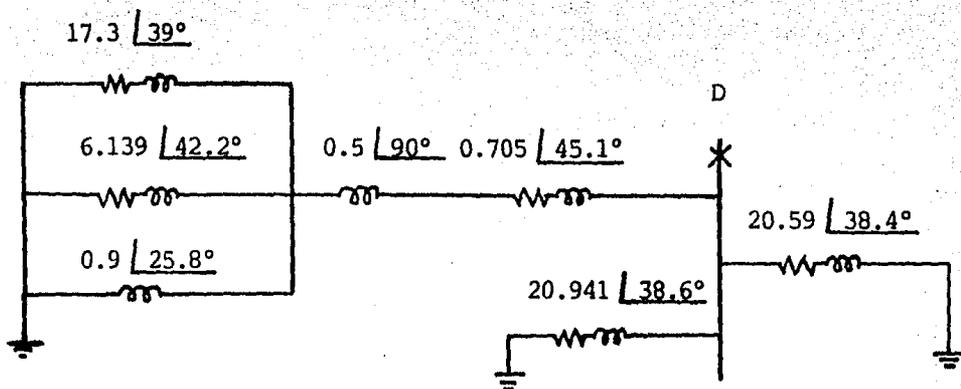
$$\bar{Z}_{1,2} \Big|_B = 1.195 \angle 57.9^\circ$$

Para una falla en C:



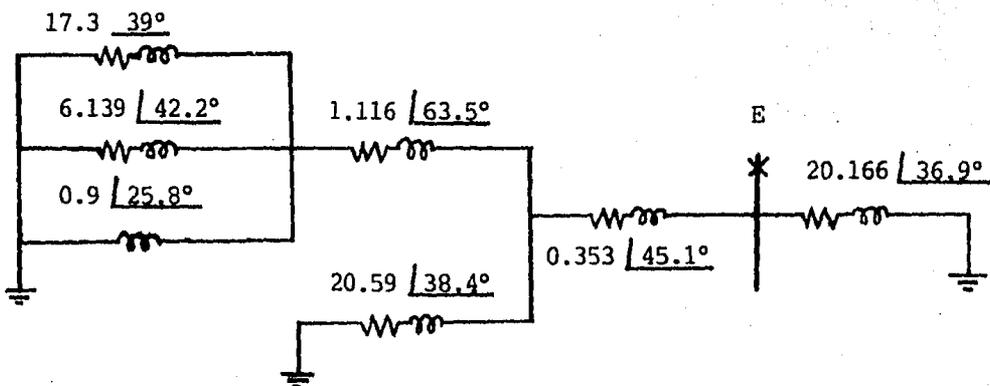
$$\bar{Z}_{1,2} \Big|_C = 0.836 \angle 42.9^\circ$$

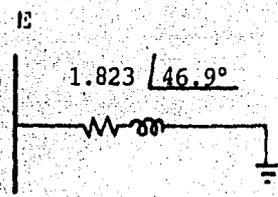
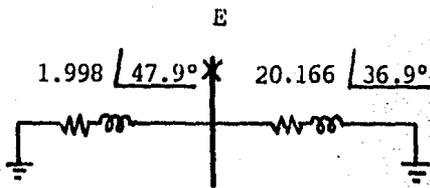
Para una falla en D:



$$\bar{Z}_{1,2} \Big|_D = 1.527 \angle 47.9^\circ$$

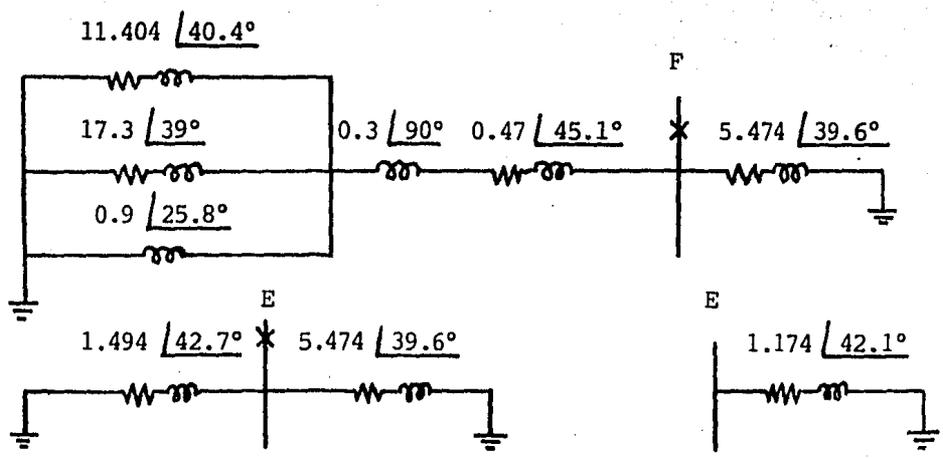
Para una falla en E:





$$\bar{Z}_{1,2} \Big|_E = 1.823 \angle 46.9^\circ$$

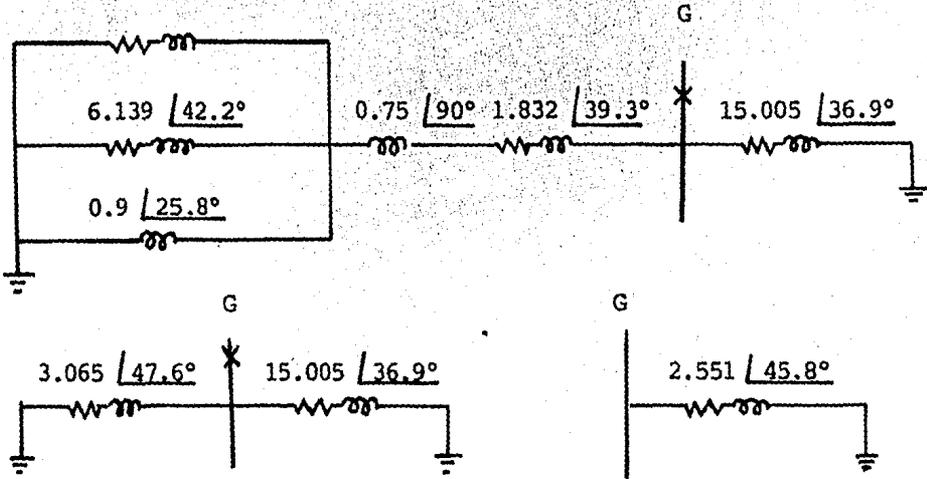
Para una falla en F:



$$\bar{Z}_{1,2} \Big|_F = 1.174 \angle 42.1^\circ$$

Para una falla en G:

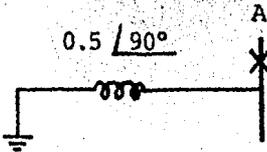
$$11.404 \angle 40.4^\circ$$



$$\bar{z}_{1,2} \Big] G = 2.551 \angle 45.8^\circ$$

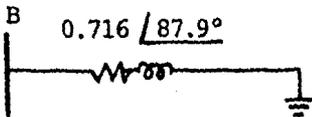
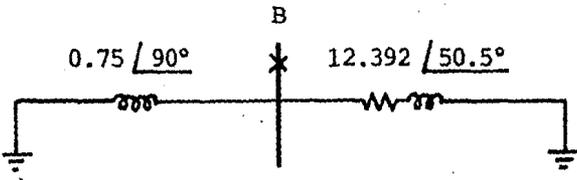
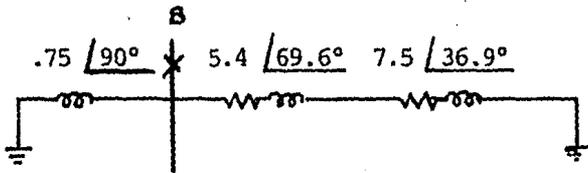
CALCULO DE LAS IMPEDENCIAS EQUIVALENTES DE SECUENCIA CERO, A PARTIR DEL DIAGRAMA DE LA FIGURA 8.5

En el punto A:



$$\bar{Z}_O \Big|_A = 0.5 \angle 90^\circ$$

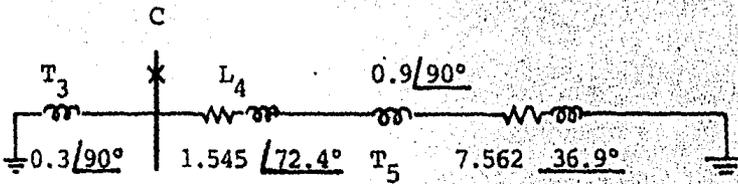
La impedancia equivalente de secuencia cero vista desde el punto B de falla es:



$$\bar{Z}_O \Big|_B = 0.716 \angle 87.9^\circ$$

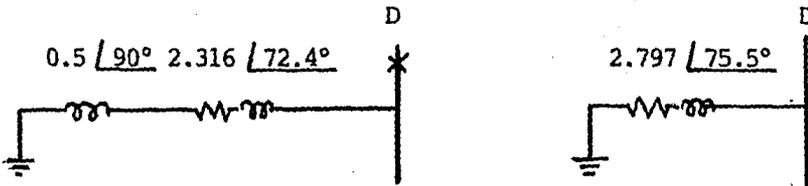
Punto C:

La impedancia de secuencia cero vista desde el punto C es:



Punto D:

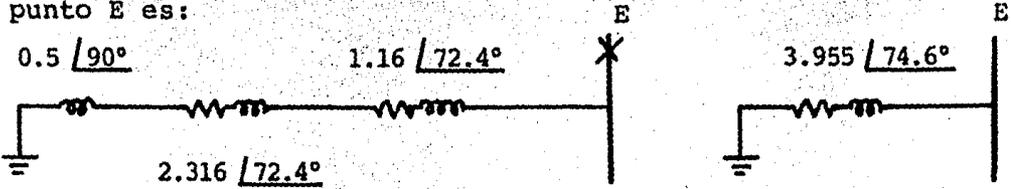
La impedancia equivalente de secuencia cero vista desde el punto D es:



$$\bar{z}_0 \Big|_D = 2.797 \angle 75.5^\circ$$

Punto E:

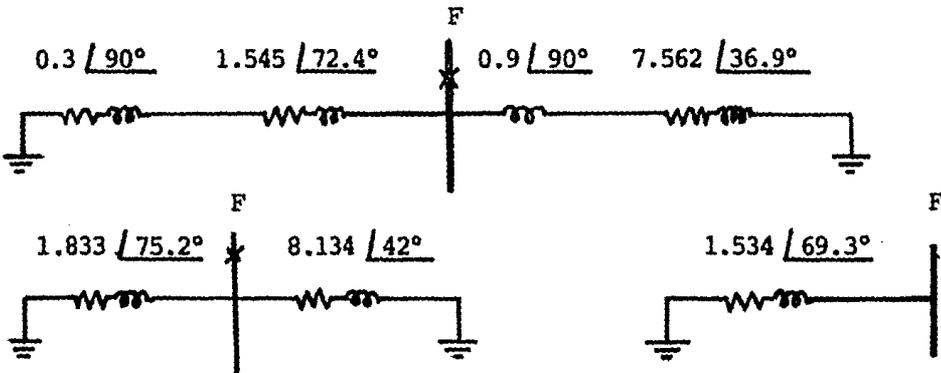
La impedancia equivalente de secuencia cero vista desde el punto E es:



$$\bar{Z}_0 \Big|_E = 3.955 / 74.6^\circ$$

Punto F:

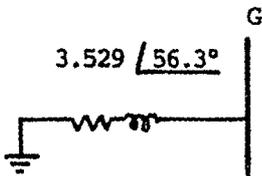
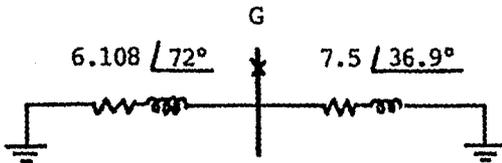
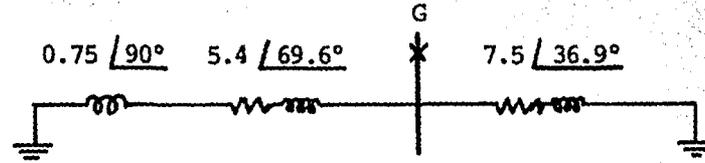
La impedancia equivalente de secuencia cero vista desde el punto F es:



$$\bar{Z}_0 \Big|_F = 1.534 / 69.3^\circ$$

Punto G:

La impedancia equivalente de secuencia cero vista desde el punto G es:



$$\bar{Z}_O \Big|_G = 3.529 / 56.3^\circ$$

En la tabla siguiente se muestran los valores de las impedancias $\bar{Z}_{1,2}$, \bar{Z}_O , $2\bar{Z}_1 + \bar{Z}_O$ y los valores correspondientes de I_B

Tabla 8.4

Punto de Falla	$\bar{z}_{e_{1,2}}$	\bar{z}_o	$2\bar{z}_1 + \bar{z}_o$	I_B Amp
A	0.989 $\angle 51^\circ$	0.5 $\angle 90^\circ$	2.387 $\angle 58.6^\circ$	753
B	1.195 $\angle 57.9^\circ$	0.716 $\angle 87.9^\circ$	3.031 $\angle 64.7^\circ$	1312.33
C	0.836 $\angle 42.9^\circ$	0.285 $\angle 86.7^\circ$	1.888 $\angle 48.9^\circ$	502
D	1.527 $\angle 47.9^\circ$	2.797 $\angle 75.5^\circ$	5.682 $\angle 61.1^\circ$	753
E	1.823 $\angle 46.9^\circ$	3.955 $\angle 74.6^\circ$	7.38 $\angle 61.3^\circ$	753
F	1.174 $\angle 42.1^\circ$	1.534 $\angle 69.3^\circ$	3.778 $\angle 52.8^\circ$	502
G	2.551 $\angle 45.8^\circ$	3.529 $\angle 56.3^\circ$	8.596 $\angle 50^\circ$	1312.33

CALCULO DE LAS CORRIENTES Y POTENCIAS DE CORTO CIRCUITO. PARA EL CALCULO DE I_{cc} ASIMETRICA USAREMOS EL FACTOR 1.6

En A:

$$I_{cc} 3\phi = \frac{1}{0.989} = 1.011 \text{ P.U}$$

$$I_{cc} 3\phi = 1.011 (753) = 761 \text{ amperes simétricos}$$

$$I_{cc} 3\phi \text{ asim} = 761 (1.6) = 1218 \text{ amperes asimétricos}$$

$$I_{cc} \phi = \frac{3}{2.387} = 1.257 \text{ P.U}$$

$$I_{cc} \phi = 1.257 (753) = 946 \text{ amps sim}$$

$$I_{cc} \phi \text{ asim} = 946 (1.6) = 1514 \text{ amps asim}$$

$$MV_{Acc} = MVA_B \times I_{cc} 3 \phi$$

$$MV_{Acc} 3 \phi = 30 (1.011) = 30 \text{ MVA sim}$$

$$MV_{Acc} 3 \phi \text{ asim} = 30 (1.6) = 48 \text{ MVA asim}$$

$$MV_{Acc} \phi = 30 (1.253) = 38 \text{ MVA sim}$$

$$MV_{Acc} \phi \text{ asim} = 37 (1.6) = 60 \text{ MVA asim}$$

En B:

$$\bar{I}_{cc} 3 \phi = \frac{1}{1.195} = 0.837 \text{ P.U}$$

$$I_{cc} 3 \phi = 0.837 (1312.33) = 1098 \text{ amps sim}$$

$$I_{cc} 3 \phi \text{ asim} = 1098 (1.6) = 1757 \text{ amps asim}$$

$$\bar{I}_{cc} \phi = \frac{3}{3.031} = 0.9898 \text{ P.U}$$

$$I_{cc} \phi = 0.9898 (1312.33) = 1299 \text{ amps sim}$$

$$I_{cc} \phi \text{ asim} = 1299 (1.6) = 2078 \text{ amps asim}$$

$$MV_{Acc} 3 \phi = 30 (0.837) = 25 \text{ MV}_{Acc} \text{ sim}$$

En C:

$$\bar{I}_{cc} 3 \phi = \frac{1}{.836} = 1.196 \text{ P.U}$$

$$I_{cc} 3 \phi = 1.196 (502) = 600 \text{ amps sim}$$

$$I_{cc} 3 \phi \text{ asim} = 600 (1.6) = 961 \text{ amps asim}$$

$$\bar{I}_{cc} \phi = \frac{3}{1.888} = 1.589 \text{ P.U.}$$

$$I_{cc} \phi = 1.589 (502) = 798 \text{ amps sim}$$

$$I_{cc} \phi \text{ asim} = 798 (1.6) = 1276 \text{ amps asim}$$

$$MVAcc \ 3 \ \phi = 30 (1.196) = 36 \text{ MVA sim}$$

$$MVAcc \ \phi = 30 (1.589) = 48 \text{ MVA sim}$$

En D:

$$\bar{I}_{cc} \ 3 \ \phi = \frac{1}{1.527} = 0.655 \text{ P.U.}$$

$$I_{cc} \ 3 \ \phi = 0.655 (753) = 493 \text{ amps sim}$$

$$I_{cc} \ 3 \ \phi \text{ asim} = 493 (1.6) = 789 \text{ amps asim}$$

$$\bar{I}_{cc} \ \phi = \frac{3}{5.682} = 0.528 \text{ P.U.}$$

$$I_{cc} \ \phi = 0.528 (753) = 398 \text{ amps sim}$$

$$I_{cc} \ \phi \text{ asim} = 398 (1.6) = 636 \text{ amps asim}$$

$$MVAcc \ 3 \ \phi = 30 (0.655) = 20 \text{ MVA sim}$$

En E:

$$\bar{I}_{cc} \ 3 \ \phi = \frac{1}{1.823} = 0.548 \text{ P.U.}$$

$$I_{cc} \ 3 \ \phi = 0.548 (753) = 413 \text{ amps sim}$$

$$I_{cc} \ 3 \ \phi \text{ asim} = 413 (1.6) = 661 \text{ amps asim}$$

$$\bar{I}_{cc} \phi = \frac{3}{7.38} = 0.406 \text{ P.U.}$$

$$I_{cc} \phi = 0.406 (753) = 306 \text{ amps sim}$$

$$I_{cc} \phi \text{ asim} = 306 (1.6) = 490 \text{ amps asim}$$

$$MVA \ 3 \ \phi = 30 (0.548) = 16.4 \text{ MVA sim}$$

En F:

$$\bar{I}_{cc} \ 3 \ \phi = \frac{1}{1.174} = 0.852 \text{ P.U.}$$

$$I_{cc} \ 3 \ \phi = 0.852 (502) = 428 \text{ amps sim}$$

$$I_{cc} \ 3 \ \phi \text{ asim} = 428 (1.6) = 684 \text{ amps asim}$$

$$\bar{I}_{cc} \ \phi = \frac{3}{3.778} = 0.794 \text{ P.U.}$$

$$I_{cc} \ \phi = 0.794 (502) = 399 \text{ amps sim}$$

$$I_{cc} \ \phi \text{ asim} = 399 (1.6) = 638 \text{ amps asim}$$

$$MVAcc \ 3 \ \phi = 30 (0.852) = 26 \text{ MVA sim}$$

$$MVAcc \ \phi = 30 (0.794) = 24 \text{ MVA sim}$$

En G:

$$\bar{I}_{cc} \ 3 \ \phi = \frac{1}{2.551} = 0.392 \text{ P.U.}$$

$$I_{cc} \ 3 \ \phi = 0.392 (1312.33) = 514 \text{ amps sim}$$

$$I_{cc} \ 3 \ \phi \text{ asim} = 514 (1.6) = 823 \text{ amps asim}$$

$$\bar{I}_{cc} \ \phi = \frac{3}{8.596} = 0.349 \text{ P.U.}$$

$$I_{cc} \phi = 0.349 (1312.33) = 458 \text{ amps sim}$$

$$I_{cc} \phi \text{ asim} = 458 (1.6) = 733 \text{ amps asim}$$

$$MV_{Acc} 3 \phi = 30 (0.392) = 12 \text{ MVA}$$

Para seleccionar adecuadamente los fusibles, se considerará un 20% de aumento por sobre carga y 25% por corrientes de arranque en motores, lo que hace un total de 45% adicional para las corrientes nominales, obteniéndose el siguiente cuadro de valores:

Tabla 8.5

PUNTO	In 1.45In amps		I _{cc} 3φ amps		I _{cc} φ amps		MV _{Acc} 3φ		MV _{Acc} φ		
	sim	asim	sim	asim	sim	asim	sim	asim	sim	asim	
A	76	110	761	1218	946	1514	30	48	37.7	60	
B	88	88	1098	1757	1299	2078	25	40	30	48	
C	84	122	600	961	798	1276	36	58	48	77	
D	1T	3.8	5.5	493	789	398	636	20	32	16	25
	10T	38	55								
E	1T	3.8	5.5	413	661	306	490	16.4	26	12	19.5
	10T	38	55								
F	T4	50.2	73	428	684	398	637	26	42	24	38.4
	T5	33.5	49								
G	88	88	514	823	458	733	12	19.5	10.5	17	

De la tabla anterior (8.5):

1T : Un transformador T4 : Transformador 4
 10T : 10 Transformadores T5 : Transformador 5

A excepción del punto G, los cortacircuitos instalados en A, B, C, D, E, y F no necesitan corrección por altura o temperatura.

En el mencionado punto G la corrección por densidad del aire que deberán tener los cortacircuitos fusibles es:

N B A I para 13.8 Kv = 95 Kv según tabla 4.6 (col 3)
 factor de corrección por temp. = 98 .. según tabla 4.5 (col 4)

$$N B A I \Big]_G = \frac{95 \text{ KV}}{0.98} = 97 \text{ KV}$$

Los cortacircuitos que han de instalarse en el punto G deberán tener un N B A I = 97 KV.

La sig. tabla resume las características de los cortacircuitos

Punto	Tensión Eficaz KV	N B A I KV	CORTACIRCUITO TIPO Expulsión Simple	Cantidad
A	7.2	75	Descubierto	3
B	7.2	75	"	3
C	7.2	75	"	-
D	23	125	"	36
E	23	125	"	33
F	34.5	150	"	9
G	13.8	97	"	3

Los fusibles clase universal seleccionados, se dan en la sig. tabla.

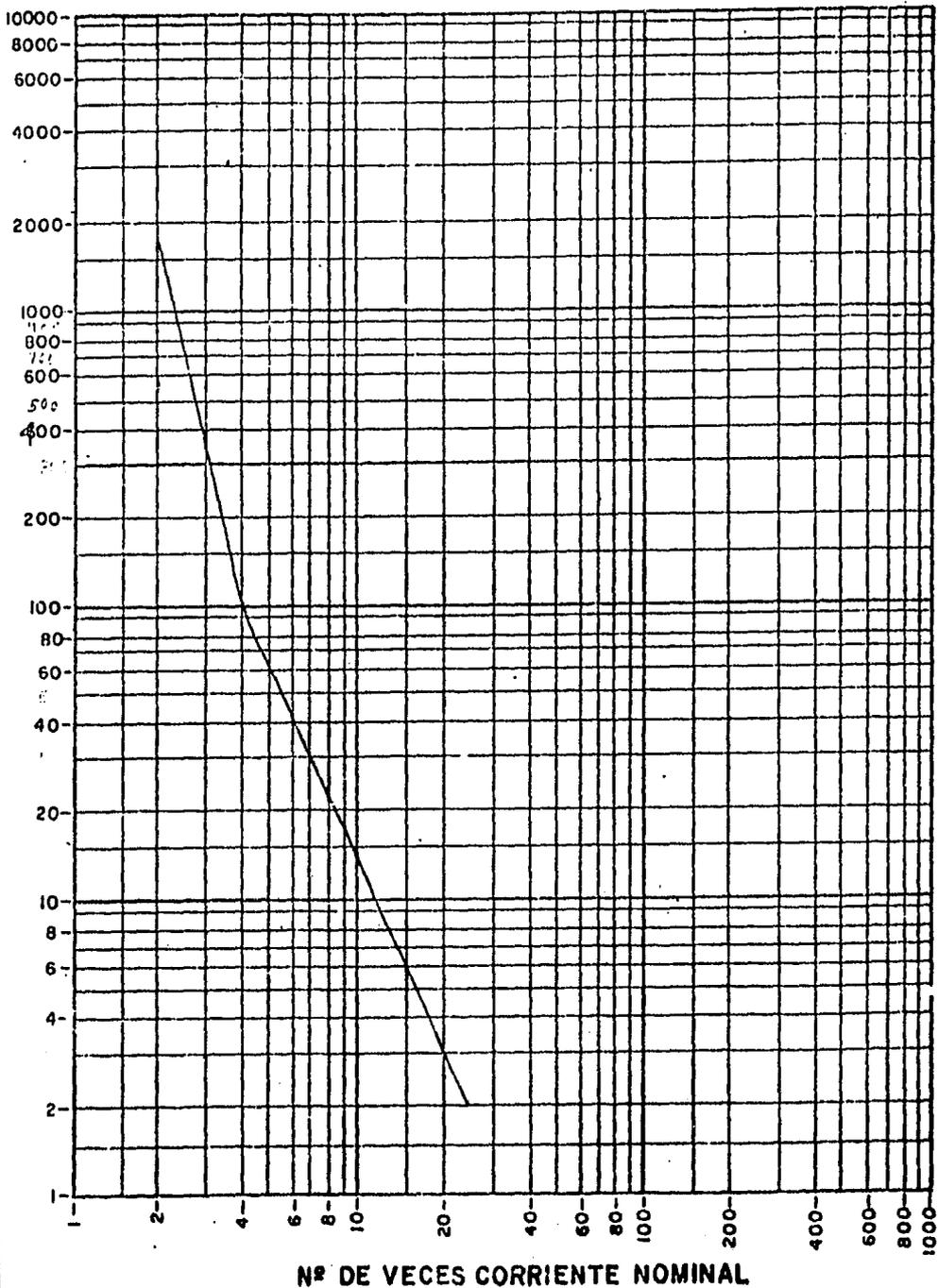
NUMERO DE FUSIBLE	1.45 In Amp'	I c c Am	FUSIBLE CLASE U. SELECCIO- NADO.	M M T SEG.	M C T SEG.	No. de FUS.
F ₁	5.5	39.8	8-N	0.29	0.4	60
F ₂	55	398	65-K	0.58	0.69	6
F ₃	55	306	65-S	1.05	1.47	3
F ₄	110	761	150-S	2.2		3
Int.5			Interruptor			
F ₆	88	458	95-N	0.75	0.86 seg.	3
F ₇	88	1098	200-N	2.8	5.3 seg.	3
Int.8			Interruptor			
F ₉ T ₄	49	398	50-N	0.15	0.19	3
F ₁₀ T ₅	73	398	75-N	0.27	0.33	3
F ₁₁	122	398	125-N	4.7	12	3
F ₁₂	122	600	Interruptor	20	20	
13			Interruptor			
14			Interruptor			

M M T MINIMUM MELTING TIME (TIEMPO MINIMO DE FUSION)

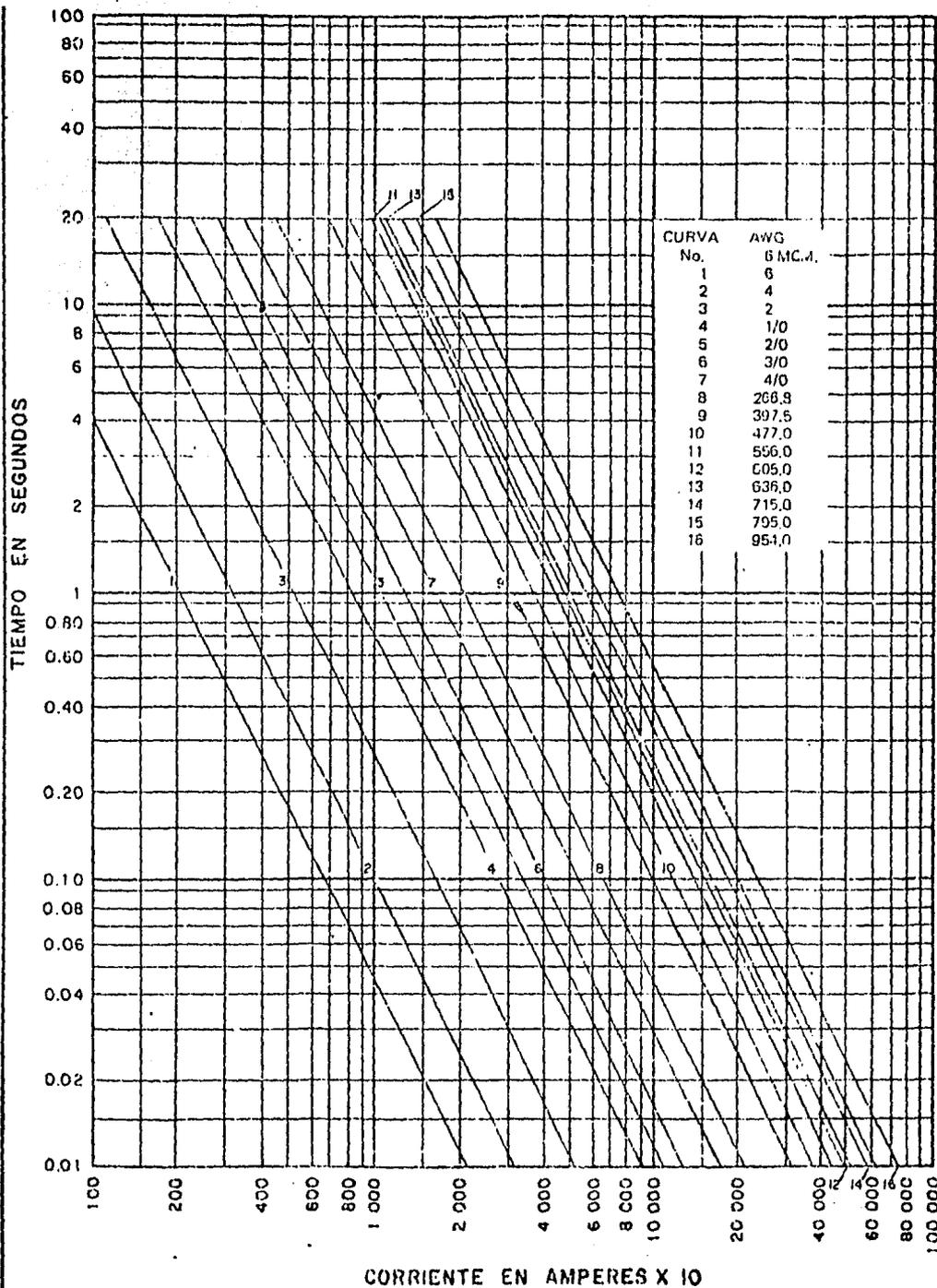
M C T MAXIM CLEARING TIME (TIEMPO DE INTERRUPCION TOTAL)

CURVA DE DAÑO TRANSFORMADORES DE POTENCIA

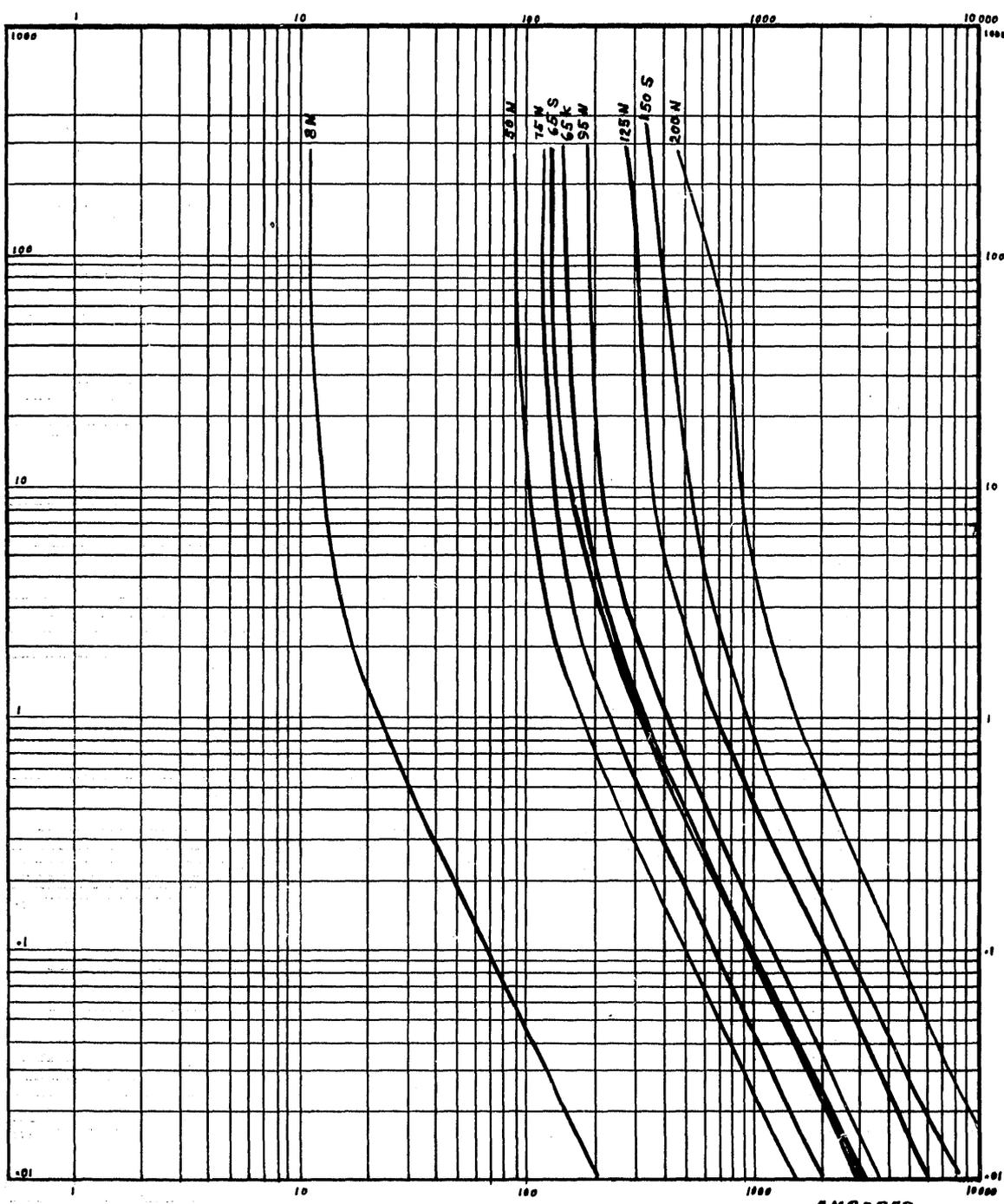
(MAYORES A 500 KVA)



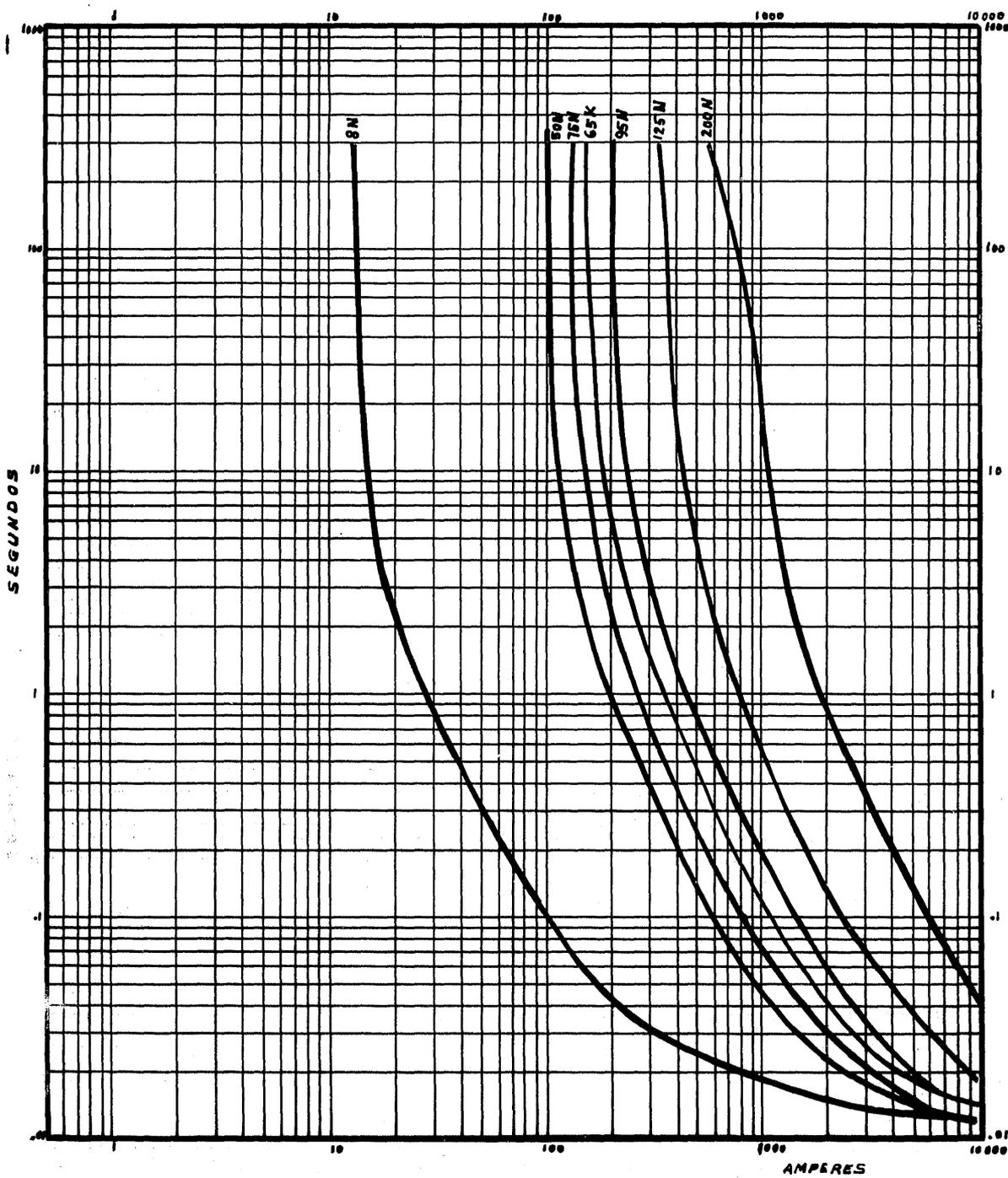
CURVAS DE DAÑO PARA CONDUCTORES DE ACSR



SEGUNDOS



CURVAS CARACTERISTICAS
CORRIENTE TIEMPO MINIMO DE FUSION
FUBILES CLASE UNIVERZAL



CURVAS CARACTERIZICAS CORRIENTE-TIEMPO DE INTERRUPCION TOTAL
 FUSIBLES CLASE UNIVERSAL

C O N C L U S I O N E S

El trabajo de tesis desarrollado nos ha permitido conocer los diferentes tipos de eslabones fusibles y los cortacircuitos fusible que se han diseñado para resolver los problemas de sobre corrientes que se presentan en los sistemas eléctricos de potencia, tanto en alta como en baja tensión.

Dada la amplia gama de valores de interrupción, y altos valores de capacidad interruptiva que pueden obtenerse con estos dispositivos, aunados a su economía comparada con interruptores, resulta aconsejable tomar en cuenta la utilización de cortacircuitos durante el proyecto de un sistema.

BIBLIOGRAFIA

1. Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems (IEEE).
2. Cortacircuitos Fusibles de Distribución para Tensiones Mayores de 600 V (Normas CCONNIE).
3. Eslabones Fusibles Universales clase Distribución para Tensiones Mayores de 600 V, hasta 34.5 KV (Normas CCONNIE).
4. Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales (Enriquez Harper).
5. Manual de Instalaciones Eléctricas (Editorial Diana).
6. Standard Handbook for Electrical Engineers.
Donald G. Fink. (Mc Graw Hill Book Company).
7. Industrial Power Systems Handbook. (Donald Beeman).
8. Standard Handbook for Electrical Engenners. (Knowlton).
9. Fusibles de Baja Tensión (Federal Pacific).
10. Procedimiento para Coordinación de Protecciones de Sobrecorriente en Sistemas de Distribución (C.F.E.)