

E L E M E N T O S D E P R O T E C C I O N
D E S I S T E M A S
I N D U S T R I A L E S
D E B A J O V O L T A J E

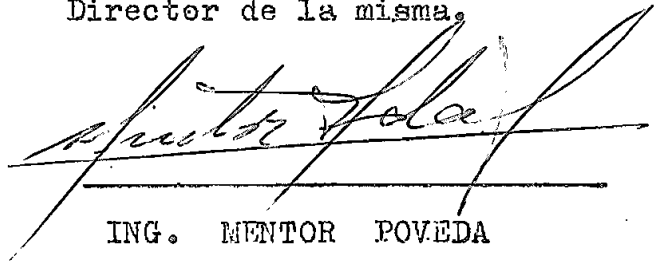
TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO
DE INGENIERO ELECTRICO EN LA ESPECIALI
ZACION DE POTENCIA DE LA ESCUELA POLI-
TECNICA NACIONAL.

Carlos Guillermo Yáñez Gutiérrez

Quito, Marzo 1979

CERTIFICO QUE:

El Sr. CARLOS GUILLERMO YANEZ GUTIERREZ ha realizado esta - tesis bajo mi dirección, como Director de la misma.



ING. MENTOR POVEDA

Quito, marzo 1979

DEDICATORIA:

A LA MEMORIA DE MI MADRE
ZOILA VICTORIA
A MI PADRE Y HERMANOS.

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi agradecimiento al Ing. Mentor Poveda por su colaboración en la elaboración del presente trabajo; a todas las personas que me guiaron, a mi hermana Martha por el manuscrito y a la Flia. Guanoluisa Hidalgo.

I N D I C E

PAG. #

CAPITULO I

1.1	Introducción	.....	14
1.2.	Propósitos de la Protección.		14

CAPITULO 2

2.	Elementos de Protección y sus Aplicaciones.		16
2.1.	Síntomas de Fallas		17
1	Aumento del Valor de la Corriente		17
2-	Reducciones de Voltaje		17
3	Suma de Corrientes		17
4	Variaciones de Impedancia		18
5-	Inversiones de Potencia		18
6	Velocidad de Variación de la Corriente		18
7-	Componentes de Secuencia		19
2.2.	Equipo de Protección		19
2.2.1.	Protección por Sobrecorriente		20
2.3.	Fusibles para Bajo Voltaje		20
2.3.1.	Criterio para Selección de Fusibles		21
a-	Rango de Voltaje		21
b-	Rango Continuo de Corriente		22
c-	Rango de Interrupción		23
d-	Rango de Limitación de Corriente		23
e-	Selección para Coordinación		23
2.3.2.	Fusibles Estandarizados para Bajo Voltaje		24
2.3.3.	Tipos de Fusibles en Bajo Voltaje (Normas Americanas).		26

a-	Fusibles Tipo Tapón	26
b-	Fusibles Tipo Cartucho	26
c-	Fusibles para Protección Suplementaria	26
d-	Fusibles Especiales	26
e-	Requerimientos	27
2.3.3.1.	Fusibles Tipo Tapón	27
1	Fusibles Tipo Tapón Ordinario	28
2	Fusibles Tapón Tipo "S"	29
2.3.3.2.	Fusibles Tipo Cartucho,	30
1	Fusibles Clase H	31
2	Fusibles Clase G	34
3	Fusibles Clase K	35
4	Fusibles Clase J	39
5	Fusibles Clase L	42
6	Fusibles Clase R	44
7	Fusibles Clase T	48
8	Fusibles Clase CC	48
2.3.3.3.	Fusibles para Protección Suplementaria	49
1	Micro Fusibles	49
2	Fusibles Miniatura	50
3	Diversos Fusibles	50
2.3.3.4.	Fusibles Especiales	51
1	Fusibles para Capacitores.	51
2	Protectores de Cables	52
3	Fusibles para Semiconductores	53
4	Fusibles para Soldadoras	57
2.3.4.	Fusibles Limitadores de Corriente	58
1	Operación y Características	58

2	Factor de Potencia y Relación x/r	58
3	Comportamiento de la Corriente de Corto Circuito.	60
4	Concepto de Limitación de Corriente	62
5	Representación Gráfica del pico de la Corriente Permitida I_p .	66
6	Ejemplo	67
2.3.5.	Fusibles para Bajo Voltaje según Normas-DIN y VDE.	69
2.3.5.1.	Fusibles Tipo Botella	69
1	Construcción	69
2	Aislamiento del Cuerpo	69
3	Contactos	69
4	Elemento Fusible	69
5	Características Tiempo-Corriente	70
6	Formas Físicas de los Fusibles Tipo Botella.	70
7	Indicador	71
8	Capacidades Estandarizadas	71
9	Descripción General	71
10	Terminales	71
11	Bases Portafusibles y Dimensiones	71
12	Portafusibles Click LK	71
13	Portafusibles Reiter Tipo LR	71
14	Unidades Semirebajadas.	81
2.3.5.2.	Fusibles de Cinta Extintora Tipo HRC	81
1	Introducción	81
2	Características	81
3	Poder de Ruptura	81
4	Generalidades	81

5	Características Tiempo-Corriente	83
6	Selectividad	83
7	Capacidades Estandarizadas	86
8	Dimensiones	88
9	Bases Unipolares y Tripolares de los <u>fusi</u> <u>bles HRC</u>	89
9a	General	89
9-b	Bases Unipolares	89
9-c	Seccionadores Fusibles Tripolares	89
10	Tipos de Bases Terminales y Dimensiones	90
2.4.	Interruptores de Bajo Voltaje	93
2.4.1.	Tipo Americano	93
2.4.1.1.	Interruptores de Caja Moldeada	93
1	Elementos Componentes	94
2	Operación del Mecanismo de Disparo Independiente	95
3	Disparo con Retardo de Tiempo	95
4	Disparo Instantáneo	96
5	Curvas Características de Operación	96
6	Compensación de Temperatura Ambiente	98
7	Tipo de Carga	98
8	Tipo de Ambiente	99
9	Interruptores de Caja Moldeada con Fusibles In- corporados.	99
10	Requerimientos de los Interruptores de Cada Mol- deada.	102
2.4.1.2.	Interruptores de Potencia en Bajo Voltaje	104
1	Operación del Mecanismo de Disparo Independiente	104
2	Aparato de Disparo en Sobrecorriente	105
3	Disparo Instantáneo de Acción Directa	105
4	Disparo con Retardo de Tiempo	106

5	Disparo de Largo Retardo de Tiempo	106
6	Capacidades Estandarizadas	107
7	Interruptor con Fusibles Incorporados	113
2.4.2.	Interruptores del Tipo Europeo	117
1	Interruptores para Motores	117
2	Interruptores de Trinquete	117
3	Interruptores de Potencia	117
2.5.	Relés	120
2.5.1.	Relés de Sobrecarga	120
1	Funcionamiento	121
2	Clasificación	121
2.5.2.	Relés de Sobrecorriente	122
1	Principios	122
2	Relé de Sobrecorriente Tipo Inducción con Retardo de Tiempo.	123
3	Accesorios de Disparo Instantáneo	124
4	Relés de Sobrecorriente de Estado Sólido	124
5	Tipos de Relés y sus Curvas Características	124
6	Tipos Especiales de Relés de Sobrecorriente	133
6-a	Relé de Sobrecorriente para Control de Voltaje.	133
6-b	Relé Direccional de Sobrecorriente	133
6-c	Relé Direccional de Sobrecorriente con Resistencia de Voltaje.	135

CAPITULO 3

3 .	Aplicación de los Elementos de Protección	137
3.1.	Protección de Generadores	137
3.1.1.	Protección de Generadores por Relés	137
3.2.	Protección de Motores	144

3.2.1.	Protección por Sobrecorriente	145
3.2.2.	Sobrecargas	146
1	Protección de Sobrecargas	147
2	Protección de Sobrecarga por Fusibles	148
3	Protección de Sobrecarga por Relés	149
4	Causas Comunes para Fallas	151
5	Tipos Comerciales de Relés de Sobrecarga	151
5-a	Relevador Térmico de Sobrecarga de Aleación Fusible	153
5-b	Relé Térmico de Sobrecarga Bimetálico	154
6	Selección del Relé Térmico de Sobrecarga	155
7	Relé Magnético de Sobrecarga	158
3.2.3.	Relés Térmicos de Protección (Tipo Europeo)	159
1	Curva Característica de un Relé Térmico	162
2	Relé Térmico Diferencial	163
2.a.	Funcionamiento	163
2.b.	Estabilización de los Bimetales	163
2.c.	Sobrecarga Simétrica	164
2.d.	Sobrecarga Asimétrica	165
3	Elección de los Relés Térmicos	166
4	Forma de Regular un Relé Térmico	167
5	Relés Electromagnéticos	168
6	Protección Contra Corto-Circuitos.	169
3.3.	Protección de Conductores	171
1	Nomenclatura	171
3.3.1.	Protección de Conductores contra Corto - Circuito.	171
1	Corriente de Corto-Circuito	171
a-	Corriente de Falla de una Fase	171
b-	Máxima Corriente de Corto-Circuito	171

c-	Corriente de Corto-Circuito Basada en la Capacidad del Equipo.	175
d-	Corriente de Falla a Tierra.	178
2	Temperatura del Conductor	178
a-	Elevación de Temperatura del Conductor de Fase.	178
b-	Elevación de Temperatura de la Pantalla y Revestimiento.	179
c-	Capacidad máxima de Corriente de Corto- - Circuito.	180
d-	Curvas de Temperatura Tiempo-Corriente.	181
e-	Temperatura Inicial.	181
3.3.2.	Aparatos de Protección.	183
1	Tiempo Total de Despeje de la Falla	183
a-	Relé - Interruptor	183
b-	Interruptor con Disparo Directo	183
c-	Fusibles.	183
2	Aparatos de Disparo y Tiempo de Disparo.	183
3	Características Tiempo-Corriente de los - Aparatos de Protección.	184
3.3.3.	Protección del Conductor contra Sobrecargas	186
3.3.3.1.	Capacidad de Corriente de Carga Normal.	186
1	Flujo de Calentamiento y Resistencia Térmica	186
2	Capacidad de Conducción	186
3	Factor de Temperatura que reduce la Capaci - dad Normal (TDF)	186
4	Factor Reductor de la Capacidad en Grupo de Conductores.	187

3.3.3.2.	Capacidad de Sobrecarga	187
1	Temperatura de Carga Normal	187
2	Corriente y Temperatura del Conductor	188
3	Temperatura de Carga de Emergencia	190
4	Corriente de Sobrecarga de Emergencia	190
5	Corto Tiempo de Sobrecarga	190
3.3.3.3.	Aparatos de Protección contra Sobre - Cargas.	191
1	Características Tiempo - Corriente	191
2	Relés de Sobrecorriente	192
3	Relés Térmicos de Sobrecorriente o A- paratos Bimetálicos.	192
4	Fusibles	192
5	Disparo por Bobinas Magnéticas o Senso <u>r</u> res Estáticos a 180 V.	192
6	Interruptores Termomagnéticos de Caja Moldeada con Bobinas Magnéticas.	193
3.3.3.4.	Protección Física de Conductores	193
3.4.	Protección de Equipo en General	194
3.5.	Protección de Transformadores	195
3.5.1.	Sistema de Conservación del Líquido	196
1	Tanque Sellado	196
2	Tanque de Expansión	197
3	Manómetro Indicador del Nivel Líquido	198
4	Manómetro de Presión del Vacío	199
3.5.2.	Fallas en Transformadores	200
3.5.3.	Protección	201
3.5.4.	Protección Térmica de Sobrecarga	202

3.5.4.1.	Indicador de Temperatura del Líquido.	203
2	Relés Térmicos	204
3	Punto Caliente del Equipo de Temperatura	206
4	Enfriamiento por Aire Forzado	207
3.5.5.	Protección Contra Corriente de Corto-Circuito	208
1	Aparato Sensor de Gases	209
2	Aparato de Desfogue de Presión	210
3	Relés de Presión	210
4	Aparatos Densores de Corriente	212
5	Protección por Fusibles	214
6	Protección por Relés de Sobrecorriente	215
7	Relés Diferenciales	215
3.5.6.	Conclusión	218
3.6.	Ejemplo de Aplicación	219
3.6.1.	Fórmulas	220
3.6.2.	Cálculo del Conductor al Motor	223
3.6.3.	Cálculo del Alimentador	223
3.6.4.	Recomendaciones para Dimensionar la Protección	223
3.6.5.	Cálculos	225
3.6.6.	Diagramas y Cálculos	229
3.6.7.	Conclusión	242

CAPITULO 4.

4.	Conclusiones y Recomendaciones	243
4. a.	Conclusiones	243
4. b.	Recomendaciones	245
4.1.	Bibliografía	246

CAPITULO 1

1.1. INTRODUCCION.

El presente trabajo tiene como objeto dar una idea general de los elementos básicos utilizados más comunmente - en protección de sistemas industriales de bajo voltaje como- son:

- Fusibles;
- Interruptores; y,
- Relés.

Dada la variedad de tipos de instalaciones eléctricas, sería muy difícil tratar de abarcar una gran diversidad de problemas, por lo que unicamente se ha realizado un enfoque de los aspectos generales y más sobresalientes, basándonos naturalmente en el reglamento de obras e instalaciones - vigentes, así como las recomendaciones de fabricantes de - equipo y material eléctrico.

La utilización correcta de los elementos para protección descritos en el presente trabajo dependerá del tipo de circuito, el criterio utilizado para el diseño de la protección, así como el costo de la inversión inicial a realizarse.

1.2. PROPOSITOS DE LA PROTECCION.

El principal propósito de la protección en todo sistema eléctrico es el limitar al máximo posible el número de - fallas que pudiesen ocurrir, a pesar de que es imposible eli-

minarlas en su totalidad.

Puesto que cuando se origina una falla en el sistema eléctrico, se paralizan los procesos de producción, y las pérdidas de tiempo y dinero comparadas con el costo del equipo utilizado para eliminar la falla es en la mayoría de las veces considerables, es entonces justificable la inversión de carácter económico que se requiera hacer para conseguir la mejor continuidad en el servicio; y en la mayoría de los casos es justificable que una industria posea un grupo de emergencia, que suministre parte o la totalidad la energía necesaria para las diferentes máquinas, evitándose así la paralización de los trabajos por falta de energía eléctrica proveniente de la Empresa Suministradora.

CAPITULO 2:

2. ELEMENTOS DE PROTECCION Y SUS APLICACIONES (7)

Las plantas industriales en la actualidad dependen de la energía eléctrica para ^vfuncionamiento o protección de los equipos y para los procesos de elaboración de los diferentes productos.

Pero siempre existen fallas que interrumpen su operación, a pesar del cuidado que se haya tenido en la fabricación del equipo, el esmero con que se haya instalado, y/o, a pesar del cuidado con el cual se lo haya mantenido.

Debido a que son prácticamente inevitables estas fallas, lo importante es entonces diseñar la instalación de tal manera que el equipo o circuito se pueda desconectar lo más pronto posible, para que el daño que pueda ocasionar la falla se disminuya a un mínimo.

El costo de una interrupción total, normalmente significa una pérdida total de la producción, por lo que se deduce que es lógico que este costo deba ser mucho mayor que el equipo que localiza la falla y la elimina del sistema; sin que el resto del equipo interrumpa sus operaciones.

De lo expuesto podemos deducir lo adecuados y valiosos que son los dispositivos de protección para el sistema de una planta industrial.

La protección a usar debe ser motivo de cuidadoso diseño para que su operación corresponda a dichos objetivos.

Así, la protección debe operar en todo corto-circuito cualquiera que sea su ubicación, causa y magnitud de la corriente de falla, debe eliminar solo los sectores falla (7).- Ver Referencias Bibliográficas.

dos, debe ser lo más insensible posible a transformaciones que se realicen en el sistema.

2.1. SINTOMAS DE FALLAS. (2)

La aplicación de la protección vendrá determinada por los síntomas de falla que sirven para la detección de la misma, siendo los más importantes los siguientes:

1. Aumento del Valor de la Corriente.-

Es la base de la llamada protección de sobrecorrientes, que es la más importante, se usa en alimentadores, en equipo de respaldo, etc.

2. Reducciones de Voltaje.-

Se usa en partida de motores, su uso es restringido ya que un voltaje nulo no siempre corresponde a una falla, como es el caso de un circuito simplemente desenergizado, y puede haber fuertes caídas de voltaje sin que exista fallas. Por otra parte, en caso de fallas que involucren 1, 2, ó 3 fases, los voltajes son tan diferentes que no permitirían los ajustes necesarios para la sensibilidad de los instrumentos.

3. Suma de Corriente.-

Esta idea ha llevado al uso de la protección diferencial que es un sistema muy adecuado ya que es independiente de las condiciones de carga, es selectivo y puede ser muy rápido ya que no necesita coordinarse con otros elementos de protección.

Se usa en protección de Generadores, transformadores Barras y Líneas, esta protección puede desarrollarse en dos maneras:

- a.- La llamada propiamente diferencial o de comparación de fases, que establece la diferencia de los factores de las corrientes de entrada y salida.

b.- La dirección en la que se comparan los sentidos de circulación de las potencias a la entrada y salida de un determinado sector.

4. Variaciones de Impedancia.-

Se usa como criterio para detectar fallas en Líneas Eléctricas fundamentalmente.

Tiene importancia el uso de la cantidad eléctrica impedancia, ya que ella reúne las ventajas de voltaje y corriente, es independiente de ésta, y es proporcional a la distancia y puede en algunos casos servir para protección direccional. Su uso ha dado origen entre otras a la llamada protección de impedancia o distancia.

5. Inversiones de Potencia.-

Se usa en protección en zonas que el sistema se desarrolla en anillo o con variaciones de alimentación.

Es interesante el uso de la cantidad potencia eléctrica como base para la protección, ya que tiene sentido absoluto a diferencia de voltajes, corrientes, etc., que por ser circulantes solo permiten indicar sentidos arbitrarios de referencia. En casos de fallas existe ~~si~~, la dificultad de que en ese punto el voltaje es casi nulo y en consecuencia la potencia no puede medirse. Por otra parte en esas circunstancias el factor de potencia es muy bajo y los relevadores no podrían operar. Esto exige el uso de instrumentos muy sensibles y cuyo torque máximo no se produzca cuando el factor de potencia sea no, sino para un valor menor.

6. Velocidad de Variación de la Corriente.-

Se usa como criterio para detectar oscilaciones recuperables y para impedir en ellas operación de las protecciones normales.

7. Componentes de Secuencia.-

Se han desarrollado varios tipos de protecciones basadas en detectar y operar con estas cantidades entre las que tenemos la protección residual que opera con las componentes de secuencia cero.

La Protección Industrial (en bajos voltajes) no puede alejarse en sus principios básicos de la protección para altos voltajes, pero en un sistema industrial se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Las distancias de los circuitos son cortas.
- Las potencias son relativamente menores
- La protección se concentra más a los equipos, dependiendo de las fallas que estos puedan tener, etc.

En base a estos factores anotados, se desarrollará este estudio, en el mismo que se dará mayor énfasis a las fallas más comunes que suceda en una planta industrial y el equipo más recomendado a utilizarse para su protección.

2.2. EQUIPO DE PROTECCION.

La aislación de un corto-circuito requiere de la aplicación de ciertos equipos de protección, los cuales sensibilizarían un flujo anormal de corriente y eliminarían la porción afectada del sistema.

El aparato de sensibilización así como el de corte pueden ser completamente separados o interconectados únicamente a través de conexiones externas, pueden ser un solo aparato, o un aparato mecánicamente separado pero acoplado la función como si fuese uno solo.

Entre los principales equipos de protección podemos anotar los siguientes, cada uno de los cuales serán tratados más adelante:

- fusibles;
- Interruptores "BREAKERS"
- Relés

2.2.1. Protección por Sobrecorriente.-

La protección por sobrecorriente o protección contra corto-circuitos, está basada en la coordinación de protecciones individuales y entre ellas de un determinado número de elementos con el propósito de limitar lo máximo posible que la corriente de corto-circuito afecte a los equipos, y que el valor de la onda de corriente creada por la falla sea eliminada lo más rápidamente posible.

Debido a la importancia del valor que alcanza la corriente en un corto-circuito y a los efectos del mismo, el presente estudio está orientado a determinar las causas y su mejor modo de limitar las corrientes excesivas.

2.3. FUSIBLES PARA BAJO VOLTAJE. (8).

Los fusibles para uso en bajo voltaje tienen:
Dimensiones, Corriente y Voltaje establecidos por las Regulaciones y Normalizaciones pertinentes.

Los fusibles se usan para protección de sobrecorrientes y corto-circuitos y constan en cada fase de un elemento conductor metálico intercalado en serie con el circuito eléctrico y diseñado de modo que el calentamiento de la corriente normal del circuito no produzca una variación substancial en las propiedades físicas del elemento, pero si esta corriente excede de un valor predeterminado el elemento se funde interrumpiendo de esta manera el circuito. El elemento queda dañado ya que se corta en dos partes y es necesario reemplazarlo para tener continuidad en el servicio de energía eléctrica.

Por lo general el elemento fusible va dentro de un tubo de fibra u otro material, que tiene una función múltiple, que va desde una simple protección mecánica hasta fijar el DH / dt ; siendo: H el calor desarrollado y de extinguir el arco que se produzca, además la operación de los fusibles no depende de un complicado movimiento de partes mecánicas, además ocupan poco espacio y peso.

2.3.1. CRITERIO PARA LA SELECCION DE FUSIBLES.- (14).

La aplicación que se dé al elemento en cada caso determinará la selección del tipo de fusible utilizado, pudiendo en muchas ocasiones utilizarse más de un determinado rango de fusibles.

La selección de un tipo de fusible apropiado, depende principalmente de cinco factores:

- Rango de Voltaje.
- Rango continuo de Corriente, dependiendo del tipo de carga.
- Rango de interrupción.
- Rango limitador de corriente.
- Selección para coordinación.

a. -Rango de Voltaje.- El rango de voltaje que tenga un fusible debe ser equivalente al rango de voltaje del circuito para el cual es aplicado el fusible. El rango da la medida (dimensión) de la capacidad de resistir un voltaje específico con un rango de corriente, mejor dicho, el rango de voltaje es la facilidad del fusible de extinguir rápidamente el arco después de fundir la TIRA FUSIBLE, y a prevenir que el voltaje del circuito abierto del sistema reencienda nuevamente el arco entre los terminales que quedan del elemento (fusible).

Un fusible nunca puede ser ni debe ser aplicado en los sistemas en los cuales el voltaje exceda al que posea el fusible.

Cuando se tiene un sistema de potencia de 600 voltios o menor los fusibles de rango de voltaje alto pueden aplicarse en circuitos de más bajo valor de voltaje.

Entre los rangos o valores nominales de los fusibles podemos anotar los siguientes en bajo voltaje:

- 600 voltios
- 500 voltios
- 300 voltios
- 250 voltios
- 125 voltios

b. - Rango Continuo de Corriente.- Tipo Carga.-

El rango o valor de corriente que circulará continuamente por el fusible, se seleccionará tomando en consideración el tipo de carga a ser protegida. Para brindar confianza en la protección en sobrecarga y corto-circuito, el rango de amperaje de un fusible sería equivalente a la capacidad de corriente que circule normalmente por el circuito a una temperatura ambiente de unos 25°C.

En casos especiales se permitirá que el rango del fusible sea mayor que la capacidad de corriente normal, tal es el caso de un circuito que alimenta a un motor.

Los circuitos alimentadores a motores o a circuitos con corrientes transitorias mayores que las normales o corrientes transitorias de magnetización requieren consideraciones especiales.

Así los fusibles sin retardo de tiempo son generalmente de un rango del 300% o menor del amperaje del motor, y así mismo unicamente pueden brindar protección contra cortos circuitos.

Los fusibles de elementos dobles y fusibles con retardo de tiempo pueden soportar operaciones con corrientes transitorias y pueden recobrar sus propiedades para brindar protección digna de confianza contra sobrecarga o corto-circuito.

c. - Rango de Interrupción.

Como rango de interrupción se entiende a la capacidad que tiene el fusible para abrir el circuito eléctrico bajo severas condiciones de falla, con una destrucción violenta de sí mismo.

El rango de interrupción de un aparato de sobrecorriente es la máxima corriente de corto-circuito que el aparato puede interrumpir con seguridad a un determinado voltaje.

Los fusibles en bajo voltaje pueden tener rangos de interrupción de 10.000, 50.000, 100.000 ó 200.000 amperios r.m.s. simétricos.

d. - Rango de Limitación de Corriente.

Es necesario brindar al sistema protección contra sobrecorrientes, incluyendo la protección contra sobrecarga y cortocircuitos, para proteger de esta manera a conductores, controles, transformadores, etc., de daños peligrosos por intermedio de fusibles que tengan un adecuado rango de limitación de corriente.

La protección contra cortocircuitos de las componentes de un sistema de distribución requieren de los fusibles para limitar y liberar la energía durante el corto-circuito a los elementos comprometidos. La energía que puede llegar a tener un fusible en el momento del corto-circuito no puede exceder los valores que éste puede resistir para fundirse, y es así como actualmente los modernos fusibles limitadores de corriente ofrecen este tipo de ventajas de que al momento de una falla cortan la corriente de falla antes de que ésta llegue a alcanzar magnitudes peligrosas.

e. - Selección para Coordinación.

Es importante realizar una selección apropiada de los fusibles utilizados para prevenir que fusibles no involucrados en proteger el sector falloso operen indevidamente.

2.3.2. - Fusibles Estandarizados para BAJO VOLTAJE.

El siguiente trabajo tiene como objeto dar información de las clases y/o tipos de fusibles: así como detalles específicos como sus dimensiones, capacidades de voltaje y corriente de trabajo y capacidades de interrupción en corto-circuito.

Esta información está basada lógicamente en la investigación y la experiencia de los resultados obtenidos a través de varios años con los distintos tipos de los principales fabricantes de estos elementos de protección.

Ahora bien, en cada clase se indicará valores y características específicas de cada uno como:

- Capacidad de corriente.
- Capacidad de Voltaje.
- Capacidad de interrupción.
- Dimensiones.
- Si son Renovables o No Renovables.
- Si poseen o No retardo de tiempo.

Siendo la mayoría de los fusibles clasificados con capacidades para 250 voltios y 600 voltios, y considerando el voltaje del circuito al cual cada capacidad puede ser aplicada se puede seguir la siguiente recomendación:

- Fusibles (con capacidad) de 250 voltios pueden ser utilizados en circuitos de 120, 240/120, 208 y 240 voltios.
- Fusibles (con capacidad) de 600 voltios pueden ser utilizados en cualquier circuito que tenga una capacidad de voltaje menor a este valor.

CLASIFICACION DE LOS FUSIBLES DE BAJO VOLTAJE
(0-600 VOLTIOS).

FUSIBLES SUPLEMENTARIOS

FUSIBLES PARA PROTECCION DE CORTOCIRCUITO, Y SOBRECORRIENTE, EN ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DE FUERZA E ILUMINACION.

FUSIBLES PARA PROPOSITOS ESPECIALES

FUSIBLES NO LIMITADORES DE CORRIENTE

FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE

TIPO TAPON

CARTUCHO CLASE H.

CLASE K.

CLASE G.

CLASE J.

CLASE T.

CLASE L.

CLASE R.

CLASE CG.

CLASE
K-1

CLASE
K-5

CLASE
K-9

CLASE
RK-1

CLASE
RK-5

TABLA # 1



2.3.3 TIPOS DE FUSIBLES EN BAJO VOLTAJE. (2), (4).

Según las normas y regulaciones americanas, como la NEC, ANSI, NEMA, Underwrites Laboratories, tienen definiciones y requerimientos similares en su mayoría. Los fusibles de bajo voltaje se los puede dividir dentro de cuatro grandes categorías como sigue; tomando en cuenta como base las regulaciones de la Underwrites Laboratories, pues las restantes varían muy poco con relación a ésta.

a. Fusibles Tipo Tapón.-

Designados para protección de circuitos y ramales en fuerza e iluminación, estos fusibles son para sistemas de voltaje equivalente a 125 voltios, y en capacidades de 0 - 30 amperios.

b. Fusibles Tipo CARTUCHO.-

Fusibles designados para protección de alimentadores y ramales de fuerza e iluminación en las siguientes clases: H, G, K-1, K-5, K-9, J, L, RK1, RK5, T, CG.

c. Fusibles para Protección Suplementaria en Sobre-corriente.

Son utilizados donde el ramal del circuito o una aplicación equivalente no está involucrada. Estos son usualmente fusibles pequeños para protección de aparatos eléctricos y pequeños equipos electrónicos.

d. Fusibles Especiales.-

Designados para brindar protección suplementaria contra sobre-corrientes, donde el ramal del circuito no está involucrado. Este tipo de fusible es para protección de aparatos eléctricos como capacitores, rectificadores e interruptores que incluyen fusibles, etc.

e. REQUERIMIENTOS. (2).

Los fusibles tipo cartucho anteriormente mencionados por lo general deben cumplir con los siguientes requerimientos:

1. Los fusibles pueden llevar hasta el 110% de su capacidad continuamente.
2. Los fusibles con capacidades de 0 - 60 amperios, pueden operar una hora y los fusibles con capacidades de 61-600 amperios dos horas cuando soportan una corriente del 135% de la capacidad normal. Los fusibles clasificados sobre los 600 amperios pueden operar dentro de cuatro horas cuando soportan una corriente del 150% de su capacidad normal.
3. Las diferentes capacidades de los fusibles en corriente y voltajes hace que éstos tengan diferentes dimensiones, con lo cual se evita el intercambio accidental.
4. Todos los fusibles tienen por lo general un rango de interrupción de 10.000 amperios de corriente alterna a su capacidad de voltaje indicado, pero en algunos de ellos los valores de interrupción son de 100.000 y 200.000 amperios.r.m.s. simétricos.

A continuación al hablar de cada uno de ellos se dará detalles más específicos de cada uno de ellos.

2.3.3.1.- Fusibles Tipo TAPON. (2),(4),(14).

Los fusibles tipo tapón son clasificados para 125 voltios, y son disponibles con un régimen de trabajo en capacidades de hasta los 30 amperios.

Su utilización está limitada únicamente a sistemas de voltaje de 125 voltios o menos entre fases, pero cuando se utiliza en circuitos que para el suministro de energía tengan neutro, en este caso, el voltaje entre los conductores no debe ser superior a 125 voltios con relación al neutro.

Los fusibles Tipo TAPON pueden ser utilizados en los siguientes sistemas de voltaje:

120	voltios	.....	1 fase	.....	2 conductores
120	voltios	.....	2 fases	.....	3 conductores
240/120	voltios	.....	1 fase	.....	3 conductores
208/120	voltios	.....	1 fase	.....	3 conductores
208/120	voltios	.....	3 fases	.....	4 conductores

Los fusibles tipo TAPON tienen capacidad de interrupción de corto-circuito de 10.000 amperios simétricos de corriente alterna y en cada uno de los cuales viene marcado el tipo de corriente a ser utilizado.

1. - Fusible Tipo TAPON ORDINARIO.

Conocido comunmente como "BASE EDISON" su símbolo "W", funciona satisfactoriamente cuando es empleado para protección de equipos que no tengan corrientes transitorias fuertes, como es el caso de brindar protección a un motor; en cuyo caso no es aconsejable por tener un retardo de tiempo muy pequeño, pues la corriente de arranque del motor puede hacer que el fusible opere, además se deberá tener en cuenta de si el circuito tiene o no otra carga adicional conectada a éste.

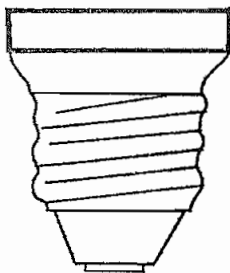


Figura # 1

2. - Fusible TAPON TIPO "S".

Su símbolo es "S", tiene como particularidad eliminar las operaciones innecesarias puesto que éste tipo de fusible posee un retardo de tiempo más largo que el anterior, con lo que se consigue que las corrientes de arranque de los motores no produzcan alteración de consideración en sus propiedades.

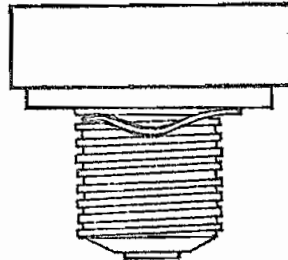


Figura # 2

NOTA: Los fusibles tipo TAPON tienen un tiempo de operación de 12 segundos a 200% de su capacidad normal de corriente.

El fusible tipo "S", está hecho en tres tamaños (capacidades) evitándose de esta manera posibles intercambios involuntarios así:

0	....	15	Amperios
16	....	20	Amperios
21	....	30	Amperios

El adaptador es el acople perfecto entre el fusible y el porta-fusible cuando se requiere hacer una adaptación de uno a otro tipo.

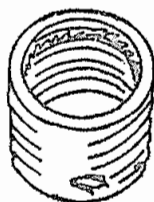


Figura # 3

2.3.3.2.- Fusibles Tipo CARTUCHO. (2).

Los fusibles tipo Cartucho, los que detallaremos a continuación son los más utilizados en la industria. Esta variedad de tipos hace que cada uno de ellos tenga características especiales propias.

Como las dimensiones de los fusibles son distintas- de acuerdo a su capacidad de voltaje y corriente, en la tabla # 2, se agrupa aquellos fusibles de igual dimensión en sus - portafusibles, los mismos que son estandarizados debiendo tomarse en cuenta las características especiales que tienen sus terminales en cada tipo.

Clasificación de los Fusibles según su
Capacidad de Voltaje y Corriente.

0 - 600 Amperios			601 - 6000 Amp.
250 voltios o menos	300 voltios o menos	600 voltios o menos	600 voltios o menos
Amperios	Amperios	Amperios	Amperios
0 - 30	0 - 15	0 - 30	601 - 800
31 - 60	16 - 20	31 - 60	801 - 1200
61 - 100	21 - 30	61 - 100	1201 - 1600
101 - 200	31 - 60	101 - 200	1601 - 2000
201 - 400		201 - 400	2001 - 3000
401 - 600		401 - 600	3001 - 4000
			4001 - 5000
			5001 - 6000

(2) pag. 96

Tabla # 2

Los fusibles del tipo CARTUCHO se dividen en dos -
grandes categorías, así:

- Fusibles Limitadores de Corriente.
- Fusibles No Limitadores de Corriente.

1. - Fusibles CLASE H. (2), (4), (19).

Fusibles para 250 y 600 voltios, con capacidad de co
rriente comprendida entre 0 - 600 amperios, estos fusibles no
llevan marcada su capacidad de interrupción, pero se asume que
este valor es de 10.000 amperios r.m.s. de corriente alterna.

Los más comunes en este tipo son:

- Fusibles No Renovables.
- Fusibles Renovables.

- a. El fusible de cartucho clase H No Renovable, es utilizado hasta hoy en día, su tira fusible es de Zn o Cu, y tiene limitada capacidad de interrupción, además posee retardo de tiempo opcional.
- b. El fusible clase H renovable es similar al fusible no renovable, excepto que en este tipo se puede reemplazar el elemento tirafusible después de ocurrida la falla en el circuito, el elemento tirafusible es por lo general hecho de Zn y sus terminales se sujetan a los extremos del cartucho, no poseen retardo de tiempo.

NOTA: Cuando se especifica que tienen retardo de tiempo, los fusibles No Renovables Clase H, tienen un tiempo de operación mínimo de 10 segundos a 500% de su capacidad de corriente.

La etiqueta de un fusible en este tipo debe llevar la siguiente leyenda:

- Capacidad de corriente.
- Capacidad de voltaje.
- Marca de fábrica.
- Si es para c.a. o para c.d.
- Renovables o no Renovables
- No es indispensable marcar su clase "H"

Los fusibles clase H son de gran aplicación en la industria por cuatro razones fundamentales:

1. Son fusibles disponibles en el mercado a un precio bajo.
2. La inmensa utilización que tienen, pues pueden aplicarse en cualquier punto del sistema para protección contra corrientes de corto-circuito, siempre y cuando estos valores no excedan su capacidad de interrupción.
3. Se puede instalar en Switchs, arrancadores, paneles, etc. que tengan corrientes de falla cuyo valor no exceda el de

interrupción del fusible.

4. La gran mayoría de los fabricantes en fusibles enalte -
cen las virtudes que poseen esta clase de fusibles a pesar
de tener solo 10.000 amperios de capacidad de interrupción.

Dimensiones.-

Las dimensiones de estos fusibles están dadas en
pulgadas en la tabla # 5.

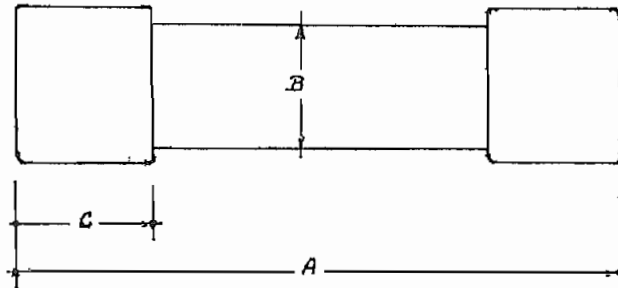


Figura 4 (a)

Tipo Anillo de Refuer-
zo. 0-60 Amperios

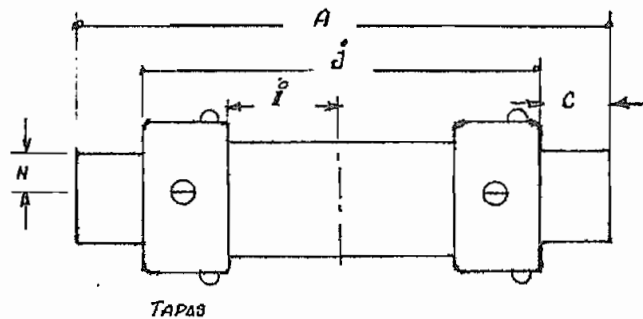
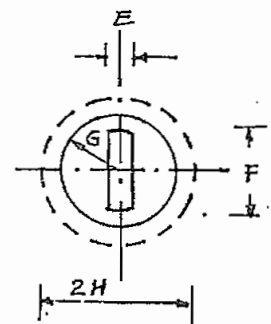


Figura 4 (b)



Tipo Cuchillas
61 a 600 Amperios

2.- Fusibles de Cartucho CLASE G. (2),(4),(19).

Los fusibles pertenecientes a esta clase son fusibles pequeños para una capacidad de voltaje de 300 voltios y con capacidades de 0 - 60 amperios, utilizados también en sistemas de 480/277 voltios para una conexión fase - tierra.

Los portafusibles designados para este tipo de fusibles tienen dimensiones de acuerdo al tipo de fusible para evitar de esta manera intercambios involuntarios en sus distintas capacidades.

Los fusibles clase G no son considerados como fusibles con retardo de tiempo pero en cambio éstos poseen un tiempo mínimo de retardo de 12 a 25 segundos a un valor del 200% de su capacidad, lo cual permite se pueda utilizar en circuitos que posean cargas inductivas pequeñas, razón para utilizarse en ramales de circuitos.

Dimensiones:- Las dimensiones para este tipo de fusible están dadas en pulgadas en la tabla # 3.

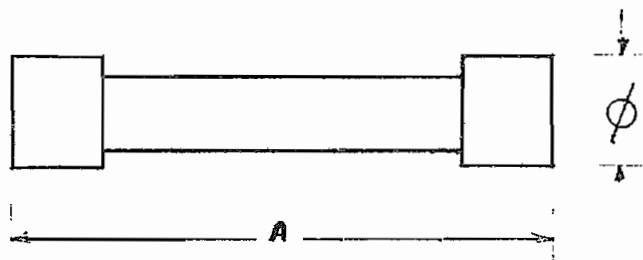


Figura # 5

Dimensiones de los Fusibles Clase G

Amperios	Longitud en Pulgadas
0 - 15	1 $\frac{5}{16}$
16 - 20	1 $\frac{13}{32}$
21 - 30	1 $\frac{5}{8}$
31 - 60	2 $\frac{1}{4}$

(4) pag. 70

Tabla # 3

Además el diámetro del cartucho para todas las capacidades es el mismo, variando únicamente su longitud como se puede apreciar en la tabla anterior; el valor del diámetro es: $\phi = 13/32$ pulgadas. Este fusible pertenece a la clase de los Limitadores de Corriente.

3.- Fusible CLASE K. (2),(4),(19).

Fusibles con capacidad para sistemas de 250 y 600 - voltios, en capacidades desde 0-600 amperios, el fusible clase K está diseñado y construido de tal manera de permitir el paso de un valor de corriente pico máximo I_p con una disipación de energía de un valor $I^2 t$; en consecuencia cuando un fusible posee estas características se denomina "Limitador de Corriente".

Los fusibles clase K, pertenecen al tipo de fusibles No Renovables, pueden ser intercambiables con los fusibles clase "H", además poseen una capacidad de interrupción alta en capacidades de 50.000, 100.000 y 200.000 amperios r.m.s. simétricos; la Underwrites Laboratories subdivide en dos

grandes grupos a los fusibles clase "K", así:

- Efecto Rápido Clase K-1
- Retardo de tiempo ... Clases K-5 y K-9

Los fusibles K-1 brindan un alto grado de limitación de corriente, los fusibles de la clase K-5 brindan un moderado grado de limitación de corriente y los fusibles de la clase K-9 poseen un menor grado de limitación de corriente.

El retardo de tiempo de los fusibles clase K-5 y K-9 se ha aprovechado para la protección de circuitos con corrientes transitorias inductivas, cuando un fusible es considerado con retardo de tiempo debe fundirse en un tiempo mínimo de 10 segundos a 500% de su capacidad normal; además actúa como protección de respaldo.

A continuación se indicará el valor de I_p e $I^2 t$, que posee cada tipo de fusible así:

Valores del PICO de Corriente Permitido

 I_p e $I^2 t$, para los fusibles tipo K

Clase	Capacidad del fusible en Amperios	I_p Amperios	$I^2 t$ Amperios ² x seg.
K - 1	30	10000	7×10^3
	60	12000	30 x
	100	16000	80 x
	200	22000	300 x
	400	35000	1100 x
	600	50000	2500 x
K - 5	30	11000	50 x
	60	21000	200 x
	100	25000	500 x
	200	40000	1600 x
	400	60000	5000 x
	600	80000	10000 x
K - 9	30	14000	50 x
	60	28000	250 x
	100	35000	650 x
	200	60000	3500 x
	400	80000	15000 x
	600	130000	40000 x

(19) pag. 585

Tabla # 4

DIMENSIONES DE LOS FUSIBLES CLASE H, KI, K-5, K-9, "EN PULGADAS"

0 - 600 AMP. 250 VOLTIOS O MENOS, 600 VOLTIOS

O MENOS.

Voltios	Amperios	A	B	C	D	E	F	G ^a	H ^a	I	J ^b
250 v.	0 - 30	2	17/32	1/2	9/16	—	—	—	—	—	—
	31 - 60	3	25/32	5/8	13/16	—	—	—	—	—	—
	61 - 100	5 7/8	—	1	—	1/8	3/4	21/32	19/32	1 1/32	—
	101 - 200	7 1/8	—	1 3/8	—	3/16	1 1/8	15/16	27/32	1 3/16	4 1/8
	201 - 400	8 5/8	—	1 7/8	—	1/4	1 5/8	1 13/64	1 13/64	1 3/16	4 5/8
	401 - 600	10 3/8	—	2 1/4	—	1/4	2	1 29/64	1 29/64	1 17/32	5 3/16
600 v.	0 - 30	5	25/32	1/2	13/16	—	—	—	—	—	—
	31 - 60	5 1/2	1 1/32	5/8	1 1/16	—	—	—	—	—	—
	61 - 100	7 7/8	—	1	—	1/8	3/4	25/32	23/32	1 3/4	—
	101 - 200	9 5/8	—	1 3/8	—	3/16	1 1/8	1 1/16	63/64	2 1/4	6 1/8
	201 - 400	11 5/8	—	1 7/8	—	1/4	1 5/8	1 29/64	1 29/64	2 1/2	7 1/8
	401 - 600	13 3/8	—	2 1/4	—	1/4	2	1 23/32	1 23/32	2 11/16	8 3/16

a.. MAXIMA DIMENSION

b.. LA LONGITUD PUEDE SER MENOR

(4) pag. 69

Tabla # 5

4.- Fusibles CLASE J. (2),(4),(19).

Los fusibles de Clase J, son No Renovables, y son Limitadores de Corriente, de gran poder de interrupción capacitiva.

Los fusibles de Clase J tienen dimensiones físicas - específicas, los fusibles de este tipo son más pequeños que - los fusibles clase H para 600 voltios.

Son fusibles para 600 voltios o menos, de corriente-alterna unicamente y son hechos para capacidades de corriente-de 0 - 600 amperios. Su capacidad de interrupción es de 200,000 amperios r.m.s. simétricos, son fusibles de efecto rápido.

Sus dimensiones se indican en la tabla # 7 y 8. Los fusibles Clase J no son intercambiables con ningún otro tipo y es requerimiento el llevar en su etiqueta la leyenda de Limitador de Corriente.

La corriente I_p (pico máximo permitido) y la energía-permitida $I^2 t$; son valores relativamente menores comparados a los fusibles de clase K-1, para una misma capacidad de corriente.

Este tipo de fusible puede ser utilizado en la pro-tección de circuitos donde la carga es resistiva, o donde el - despeje de la falla sea lo más violenta posible, protegiendo--de esta manera al sistema y a los equipos de la corriente de corto-circuito.

El retardo de tiempo para estos fusibles no está es-tablecido. Existen en varios valores de retardo de tiempo, de-pendiendo de la carga, y pueden ser aplicados en la protección de alimentadores con carga inductiva, como motores, transformadores o calentamientos inductivos; así el mínimo retardo de - tiempo de operación es de 10 segundos a 500% de su capacidad - normal.

Los valores de capacidad I_p e I^2t están tabulados en la tabla siguiente:

Valores Permitidos de I_p e I^2t , para los fusibles Clase "J"			
Clase	Capacidad del fusible Amperios	I_p Amperios	I^2t Amp. ² x seg.
J	30	7500	7×10^3
	60	10000	30 x
	100	14000	80 x
	200	20000	300 x
	400	30000	1100 x
	600	45000	2500 x

(2) pag. 98

Tabla # 6

Los valores de sus dimensiones están dados en pulgadas para los fusibles Clase J, para 600 voltios o menos y capacidades de 0 - 600 amperios.

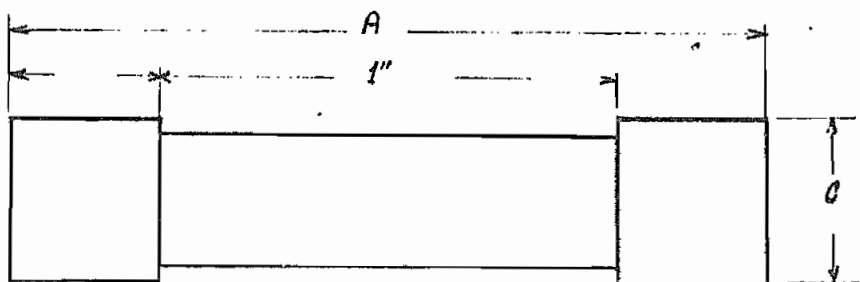


Figura # 7 (a)

Tabla # 7

Amperios	A	B	C
0 - 30	$2 \frac{1}{4}''$	$\frac{1}{2}$	$\frac{13}{16}$
30 - 60	$2 \frac{3}{8}''$	$\frac{5}{8}$	$\frac{11}{16}$

(4) pag. 72

Nota: La distancia de 1" (una pulgada) es la distancia mínima que debe haber entre las partes vivas del fusible.

Dimensiones para los fusibles Clase J (61-600 amperios).

Amperios	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
61-100	4 5/8	3 5/8	1 1/8	3/4	1/8	1	1/2	9/32	3/8	2 5/8
101-200	5 3/4	4 3/8	1 5/8	1 1/8	3/16	1 3/8	1 1/16	9/32	3/8	3
201-400	7 1/8	5 1/4	2 1/8	1 5/8	1/4	1 7/8	15/16	13/32	17/32	3 3/4
401-600	8	6	2 5/8	2	3/8	2 1/8	1	17/32	1 1/6	3 3/4

(4) pag. 72

Tabla # 8

Nota: Todas las dimensiones anteriores están dadas en pulgadas en este caso también se indica la distancia mínima desde el punto medio del fusible al punto más cercano que posea tensión.

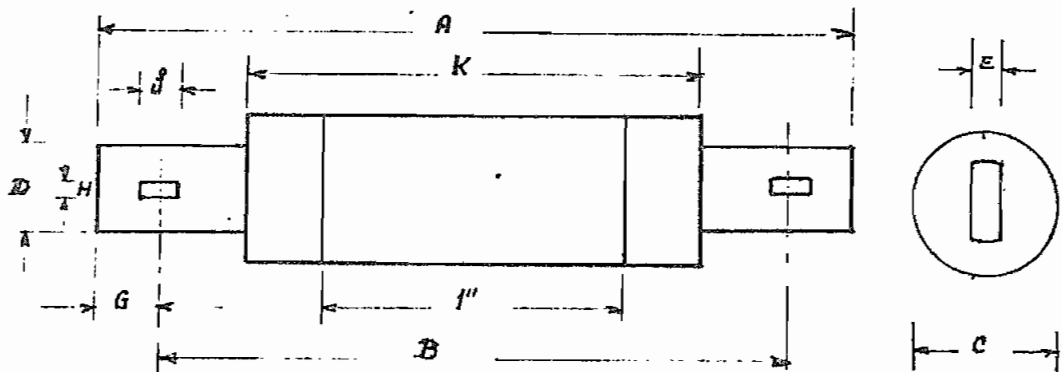


Figura # 7 (b)

5.- Fusibles Clase "L". (2),(4),(19)

Los fusibles clase L tienen dimensiones físicas específicas y terminales tipo perno.

Son fusibles Limitadores de Corriente, poseen gran capacidad de interrupción capacitiva y son del tipo No renovables.

Los fusibles clase L son fabricados unicamente para una capacidad de voltaje en corriente alterna de 600 voltios, y su capacidad de corriente va hasta los 6.000 amperios.

Los tipos disponibles en los distintos valores de capacidad de corriente son: 600, 800, 1.200, 1.600, 2.000, 3.000, 4.000, 5.000 y 6.000 amperios, con una capacidad de interrupción de 200.000 amperios r.m.s. simétricos.

Los fusibles de la Clase L no son intercambiables con otra clase de fusibles y su montaje en barras es de forma especial, a continuación se detallan datos de dimensiones en pulgadas. (Tabla N^o 9).

Además algunos fusibles clase L tienen un mínimo de retardo de tiempo de .4 segundos al 500% de la capacidad normal no son listados con retardo de tiempo.

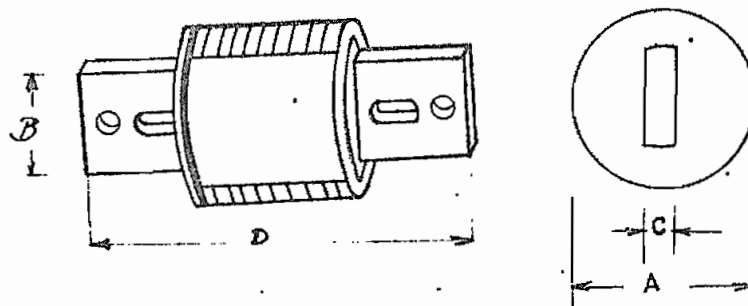


Figura # 8

Dimensiones de los fusibles Clase L
(601 - 6.000 Amperios)

Tamaño del cartucho (Amperios)	A máximo	B nominal	C nominal	D nominal
601 - 800	$2 \frac{17}{32}$	2	$\frac{3}{8}$	$8 \frac{5}{8}$
801 - 1200	$2 \frac{25}{32}$	2	$\frac{3}{8}$	$10 \frac{3}{4}$
1201 - 1600	$3 \frac{1}{32}$	$2 \frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$	$10 \frac{3}{4}$
1601 - 2000	$3 \frac{17}{32}$	$2 \frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$10 \frac{3}{4}$
2001 - 2500	$5 \frac{1}{32}$	$3 \frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$10 \frac{3}{4}$
2501 - 3000	$5 \frac{1}{32}$	4	$\frac{3}{4}$	$10 \frac{3}{4}$
3001 - 4000	$5 \frac{25}{32}$	$4 \frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$10 \frac{3}{4}$
4001 - 5000	$7 \frac{5}{32}$	$5 \frac{1}{4}$	1	$10 \frac{3}{4}$
5001 - 6000	$7 \frac{5}{32}$	$5 \frac{3}{4}$	1	$10 \frac{3}{4}$

(4) pag. 73

Tabla # 9

Estos fusibles son marcados en su etiqueta como Limitadores de Corriente, con los valores máximo de I_p (valor permitido pasar) e $I^2t.$, de acuerdo con lo indicado en la tabla # 10.

Muchos fusibles tipo L con retardo de tiempo, se funden aproximadamente en 4 segundos a 500% de capacidad de corriente normal.

Los fusibles clase L son primordialmente utilizados en los Switchs y circuitos con interruptores de potencia para brindar protección por sobrecorriente y sujetados a sus bases por medio de pernos.

La tabla # 10 indica los valores de I_p e I^2t , que posee cada tipo (tamaño) de los fusibles Clase L.

Pico Máximo Permitido de I_p e I^2t , para los Fusibles Clase L.

Capacidad del fusible Amperios	I_p Amperios	I^2t Amp. ² x Segund.
601 - 800	80000	10000 x 10 ³
801 - 1200	80000	12000 x
1201 - 1600	100000	22000 x
1601 - 2000	120000	35000 x
2001 - 2500	165000	75000 x
2501 - 3000	175000	100000 x
3001 - 4000	220000	150000 x
4001 - 5000	-	350000 x
5001 - 6000	-	350000 x

(2) pag. 99

Tabla # 10

b. - Fusibles Clase "R". (2),(4),(19)

Los fusibles clase R, son fabricados para una (capacidad en) voltaje para 250 y 600 voltios de corriente alterna y para una capacidad de corriente de 0 - 600 amperios y su construcción es unicamente del tipo No Renovable; poseen una capacidad de interrupción de 200000 amperios simétricos r.m.s. Los fusibles clase R son fusibles limitadores de corriente y son definidos en dos clase:

$$R \begin{cases} RK - 1 \\ RK - 5 \end{cases}$$

Ambos satisfacen el pico máximo recomendado I_p (valor de corriente permitida pasar) y el pico de I^2t (Tabla # 10) actualmente los fusibles de la Clase RK-1 y RK-5 son los fusibles K-1 y K-5 con un anillo de refuerzo en sus extremos y f:

sible tipo cuchillas modificado de acuerdo a los requerimientos de los fusibles clase R, todos los fusibles pueden ser marcados en su etiqueta como limitadores de corriente.

Los fusibles clase RK-5 pueden ser designados con retardo de tiempo si ellos no operan en un tiempo menor de 10 segundos a 500% de la capacidad del fusible, los fusibles de clase RK-1, de efecto rápido no pueden contar con un retardo de tiempo de 10 segundos a un valor del 500% de la capacidad normal del fusible.

Los fusibles Clase R tienen sus terminales con características especiales para evitar de esta manera peligros de intercambio.

La dimensión de los fusibles clase R es la misma hasta la letra I de las dimensiones dadas en la tabla # 5 para los fusibles clase H y K (K-1, k-5 y K-9); las dimensiones adicionales para la Clase R están dadas en la siguiente tabla # 12.

Como se puede apreciar la unica diferencia entre los fusibles clase H y Clase K, con los fusibles clase R, es el anillo de metal como refuerzo en sus extremos (0-60 amperios) y construcción de las cuchillas (61 - 600 amperios) y la configuración es especial para estos dos tipos de terminales en cada tipo de fusible respectivamente.

Valor máximo del pico de corriente permitida
para los fusibles tipo R, I_p e $I^2 t$.

Capacidad en Amperios	Entre la entrada y					
	50 KVA		100 KVA		200 KVA	
	$I^2 t \times 10^3$	$I_p \times 10^3$	$I^2 t \times 10^3$	$I_p \times 10^3$	$I^2 t \times 10^3$	$I_p \times 10^3$
0 - 30	50	11	50	11	50	14
31 - 60	200	20	200	21	200	26
61 - 100	500	22	500	25	500	32
101 - 200	1600	32	1000	40	2000	50
201 - 400	5000	50	5000	60	6000	75
401 - 600	10000	65	10000	80	12000	100

(19) pag. 586

Tabla # 11

Dimensiones de los fusibles clase R
(en pulgadas)

Capacidad voltios	Capacidad amperios	J	K	L	M	N
250	0 - 30	—	5/32	5/64	3/8	—
	31 - 60	—	3/16	3/32	5/8	—
	61 - 100	3 3/8	1/2	9/32	—	1/4
	101 - 200	4 1/8	11/16	9/32	—	7/16
	201 - 400	4 5/8	15/16	13/32	—	5/8
	401 - 600	5 3/16	1 1/8	17/32	—	3/4
600	0 - 30	—	3/16	3/32	5/8	—
	31 - 60	—	1/4	3/32	7/8	—
	61 - 100	5 3/8	1/2	9/32	—	1/4
	101 - 200	6 1/8	11/16	9/32	—	7/16
	201 - 400	7 1/8	15/16	13/32	—	5/8
	401 - 600	8 3/16	1 1/8	17/32	—	3/4

(4) pag. 71

Tabla # 12

Representación de las formas de algunos fusibles del tipo R.

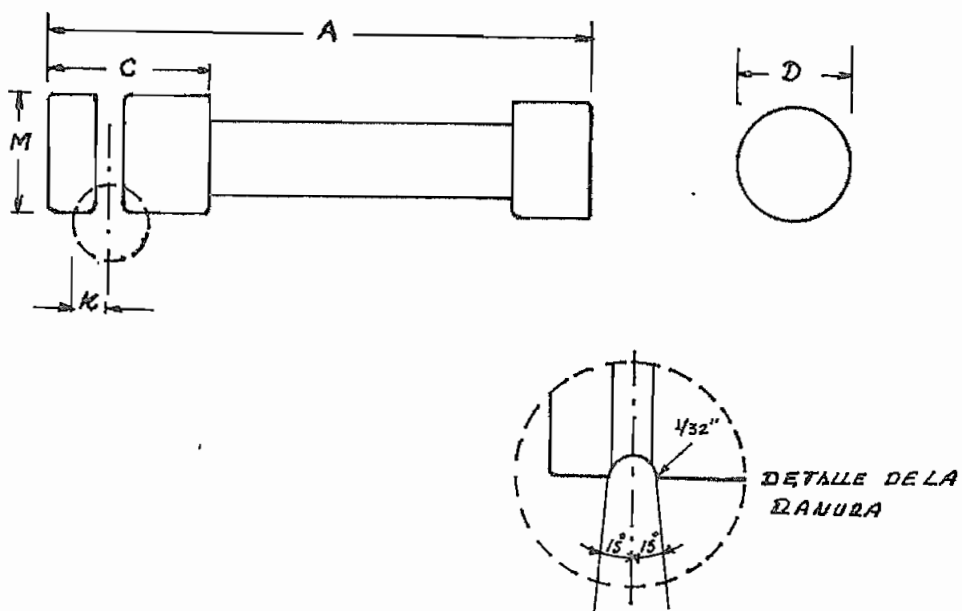


Figura # 9

Tipo Anillo de Refuerzo
0 - 60 Amperios

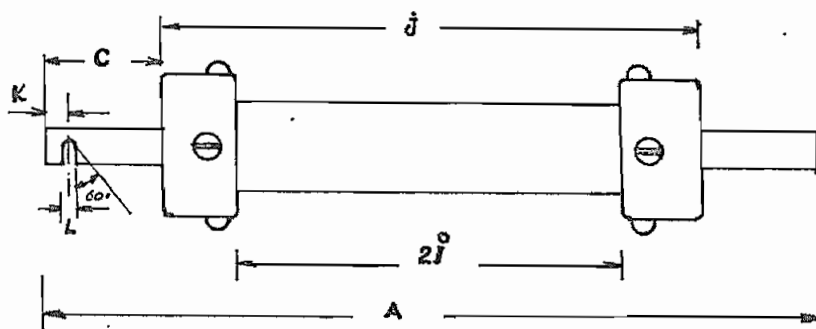
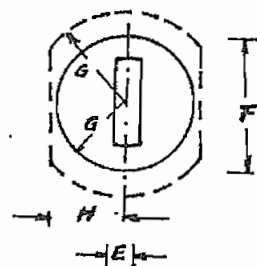


Figura # 10

Tipo Cuchillas
61 - 600 Amperios



7. - Fusibles Clase "T". (4), (19)

Los fusibles Clase "T" es un nuevo tipo de fusible-limitador de corriente, designado para protección de alimentadores y ramales en circuitos, su capacidad de voltaje es para 250 y 600 voltios de corriente alterna unicamente, con rangos (capacidades) desde 0-600 amperios para cada tipo de voltaje; están considerados fusibles limitadores de corriente de efecto rápido, y poseen una capacidad de interrupción de 200.000-amperios r.m.s. simétricos.

Los fusibles clase T son No Renovables, con una configuración de sus terminaciones y sus portafusibles que rechazan todo tipo de fusibles que no sean los de su clase, lo que es ventajoso para evitar intercambios "involuntarios".

La capacidad de estos fusibles limitadores de corriente es equivalente a los valores de I_p e I^2t , que poseen los fusibles clase K-1 (Tabla # 4).

Estos fusibles pequeños y compactos ofrecen económicas ventajas al equipar con estos nuevos fusibles a Switches, paneles de control, etc.

8. - Fusibles Clase "CC" (4).

Estos son fusibles relativamente nuevos, de tamaños-pequeños con la intención de satisfacer el limitado espacio cuando se desea protección de circuitos de control.

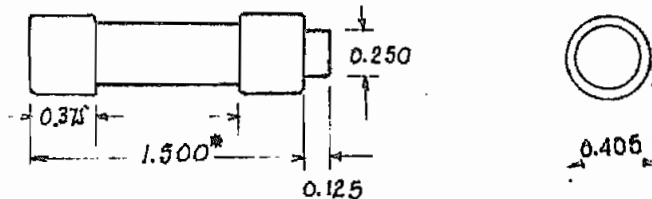
Sus dimensiones se indican en su representación gráfica (figura # 11).

Los fusibles tipo CC, tienen capacidad para 300 voltios y en capacidades de 15 a 20 amperios, con una capacidad de interrupción de 10.000 amperios simétricos de corriente al-

terna; además son considerados como limitadores de corriente.

Fusibles Clase CC dimensiones (pulgadas).

Figura # 11



* Tolerancia = \pm 0.031

Tolerancia para todas las demás mediciones = \pm 0.005

2.3.3.3.- Fusibles para Protección Suplementaria. (4).

Estos fusibles son un complemento de los ya mencionados destinados a la protección de piezas y equipos individuales de componentes internas y de circuitos con un gran número de elementos.

La Underwrites Laboratories ha clasificado en tres clases principales:

- Micro Fusibles
- Fusibles Miniatura
- Diversos Fusibles.

1. - Micro Fusibles.- Los micro fusibles llamados también fusibles Sub-miniatura, son los más pequeños disponibles y existen en varias formas cilíndricas, de prisma cilíndrico o rectangular. Estos pueden tener en sus extremos del fusible alambres o patas. El valor máximo de corriente no excederá los 10 amperios de corriente alterna y la máxima capacidad de voltaje es de 125 voltios.

La capacidad de corto - circuito de un micro fusible es de 50 amperios de corriente alterna.

2.- Fusible Miniatura.- Los fusibles miniatura son fusibles de forma cilíndrica con un terminal en cada extremo. Los terminales pueden ser tipo estandar, con anillo de refuerzo o terminaciones de alambres conectados a los anillos para poder realizar instalaciones especiales.

La longitud puede variar desde 0.787 a 17/16 de pulgada y su diámetro puede variar desde 0.197 a 9/32 de pulgada.

La capacidad de corriente está limitada hasta un valor máximo de 30 amperios de corriente alterna únicamente, y el rango de voltaje puede ser de 125 a 250 voltios de corriente alterna.

Los fusibles miniatura de 125 voltios de capacidad pueden tener un rango de interrupción de 10.000 amperios de corriente alterna. Los de capacidad para 250 voltios pueden tener una capacidad de interrupción comprendido entre 35 y 1.500 amperios de corriente alterna dependiendo del grado de corriente.

3.- Diversos Fusibles.- Este tipo de fusibles tienen una construcción especial, que no pueden ser instalados en portafusibles para las clases H, J, K, L, R y T. Estos son usualmente del tipo anillo de refuerzo con rango sobre los 30 amperios.

El diámetro es de 13/32 de pulgadas el más grande y su longitud de 1 1/8 pulgadas el más largo, con capacidades de voltaje desde 125 voltios a 600 voltios; y poseen una capacidad de interrupción de 10.000 amperios de a.c. a 125 voltios y pudiendo tener hasta un rango de interrupción de 50000 a 10000 amperios de a.c. (opcional).

2.3.3.4. Fusibles No Estandarizados (Especiales).

1. Fusibles Para Capacitores. (2),(19)

Son de 0 - 250 amperios, y 600 voltios de capacidad de corriente alterna.

Son aplicados generalmente en circuitos en conjunción con capacitores para conseguir la corrección del bajo factor de potencia y aislan de esta manera un capacitor falloso del resto del banco.

Los fusibles para capacitores tienen capacidades de corriente que varían desde los 25 a 250 amperios y son generalmente instalados a un valor de 150 a 200% de la capacidad de corriente del capacitor.

Los indicadores son usualmente constituídos como una parte integral de estos fusibles para facilidad de descubrimiento de un elemento falloso con una simple y rápida inspección visual.

Estos fusibles son disponibles con gran variedad de tipos en sus terminales de montaje, en la figura podemos observar uno de estos tipos.

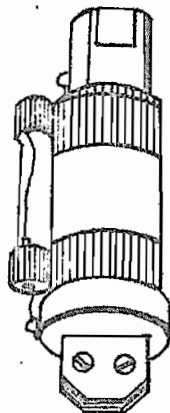


Figura # 12

2. - Protectores de Cables. (2),(19).

Los protectores de cables son disponibles para uso múltiple en cables del circuito y brindar de esta manera protección contra corto-circuito a los conductores.

Los protectores de conductores "cables" poseen capacidades para 600 voltios, con gran capacidad de interrupción de 200.000 amperios r.m.s. simétricos.

Esos van de acuerdo al tipo de cable, ésto es, # 4/0, 500Kcmil, etc. y tienen numerosos tipos de terminaciones, en la figura podemos observar dos tipos diferentes:

- a. Terminales tipo tubular, para conexión entre cables.
- b. Terminales tipo tubular-perno, para conexión cable-barras.

Los fabricantes proveen infinidad de terminaciones acorde a las necesidades requeridas.

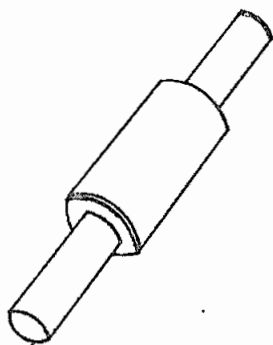


Figura # 13 a.
Tipo Tubular

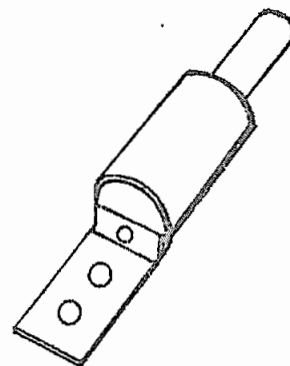


Figura # 13 b.
Tipo Tubular-perno

23

Estos protectores para cables son asignados a brindar protección contra corrientes de cortocircuito a los cables, utilizados primordialmente en redes de bajo voltaje, o en aquellos circuitos que tienen varios conductores desde la entrada hasta el panel, una instalación típica se indica en la figura, y caso de existir una falla los limitadores pueden proteger su "propio" cable.

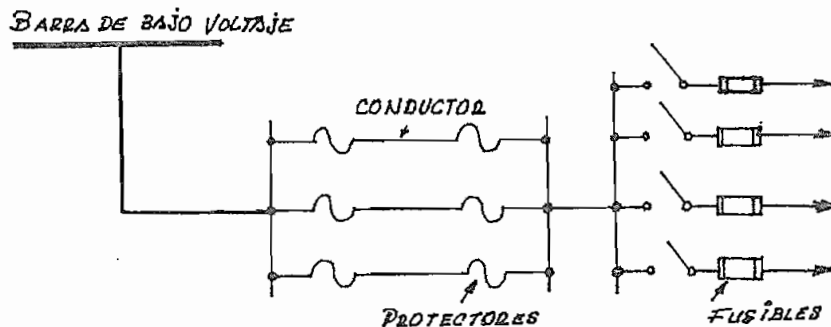


Figura # 14

3.- Fusibles para SEMICONDUCTORES. (2), (19)

Los rectificadores de Silicio (Si) y Germanio (Ge) poseen un valor muy alto de corriente, si consideramos el pequeño tamaño que poseen; sin embargo, su masa que tiene baja calidad origina sobre-cargas capacitivas y así mismo su poca capacidad a sostener grandes corrientes de sobrecarga por algunos períodos de tiempo.

El problema de proteger los semiconductores es, así mismo bastante considerable. Esta clase de protección puede u-

nicamente ser llevada a cabo utilizando aparatos que son extremadamente rápidos eliminando la corriente de corto - circuito.

Fusibles para semiconductores son designados a responder rapidamente a las condiciones de corto -circuito.

Muchos fabricantes de diodos y tiristores proveen hojas de información que especifica los límites de corriente y voltaje continuo, tanto como los límites de tiempo corto; todos estos datos son importantes y comparados con los del fusible elegido.

Las capacidades de voltaje y corriente son usualmente dados en bases r.m.s. y pueden ser relacionados sus datos para un circuito rectificador específico.

Uno de los más comunes y populares circuitos rectificadores es el 3 ϕ (tres fases) como se aprecia en la gráfica - fig. # 15.

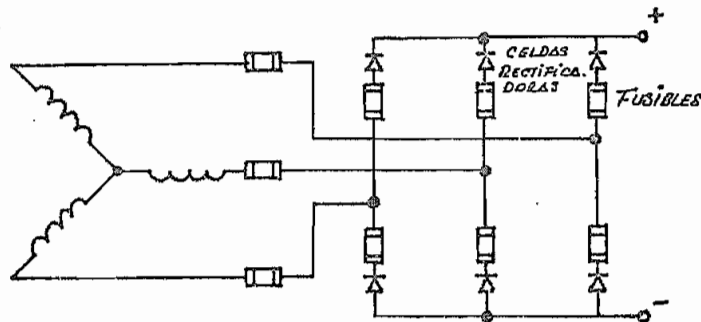


Figura # 15

Los fusibles para rectificadores son seleccionados en base a los siguientes datos:

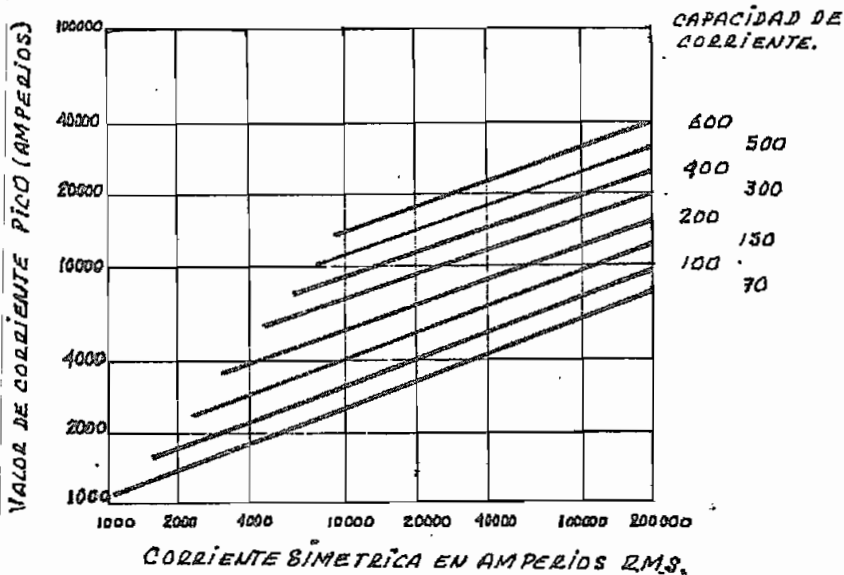
1. El voltaje r.m.s. del transformador en vacío.
- ① 2. El valor r.m.s. de la onda de corriente rectificada a través de la celda.

3. La máxima corriente de corto-circuito que el transformador puede originar.
4. Las características de corto-tiempo de la CELDA incluyendo el pico de corriente I^2t , capaz de resistir, y el pico inverso de voltaje.

El dato del corto-tiempo del valor permitido, los minutos que son proporcionados por los fabricantes de fusibles, por lo general vienen en el valor del pico I_p de corriente que es permitida pasar Vs. la corriente de corto-circuito que se puede tener, y el pico de energía permitido vs. la corriente de corto-circuito.

Las figuras siguientes muestran los valores de los picos permitidos para una familia de fusibles para rectificadores

Figura # 16



- V. Fusible = 600 Vrms.
 V. Prueba = 600 Vrms.
 Frecuencias = 60 Hz.
 Fp. = 15% o menos.
 Angulo = 30° dentro de la onda de voltaje (pico)

Representación gráfica de Energía total eliminada Vs. la Corriente de Corto - Circuito existentes.

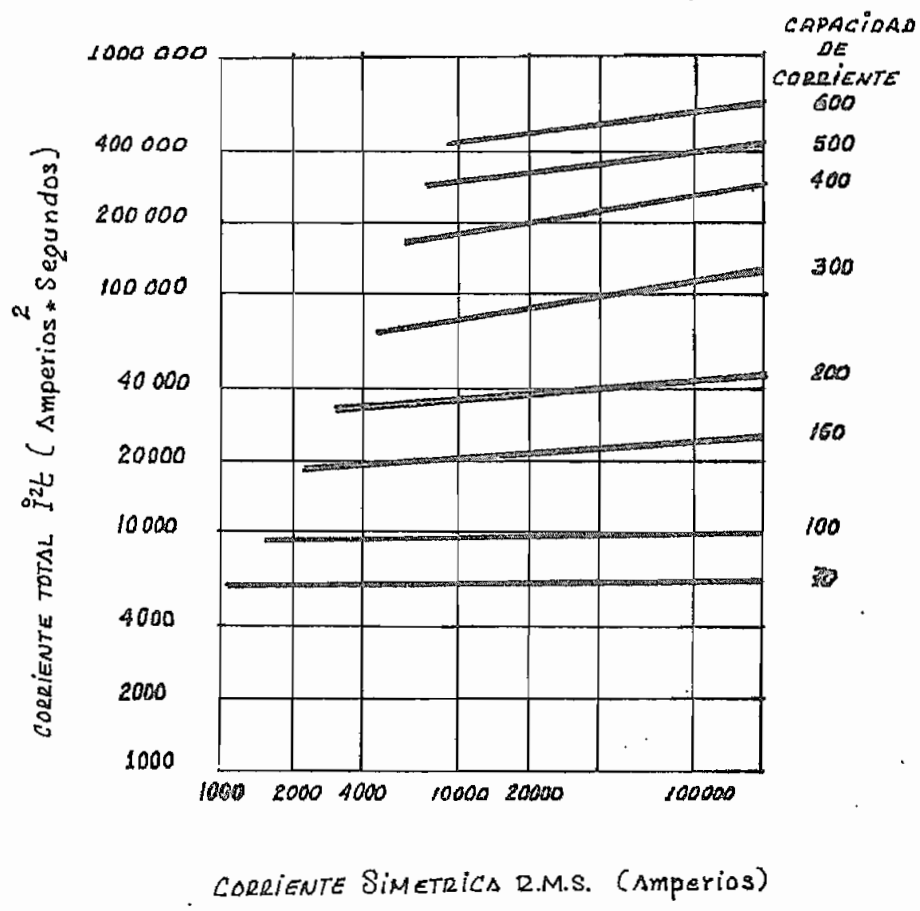


Figura # 17

- V. Fusible = 600 Vrms.
- V. Prueba = 600 Vrms.
- Frecuencias = 60 Hz.
- Fp. = 15% o menos.
- Angulo = 30° dentro de la onda de voltaje (pic)

21

Para cuando se tenga valores de voltaje menores que 600 voltios, multiplicar I^2t por los siguientes factores que se dan en la tabla siguiente:

Voltaje (voltios)	Factor Multiplicador
600	1.00
500	0.85
300	0.65
250	0.50
125	0.30

(2) pag. 102

Tabla # 13

4.- Fusibles para Soldadoras. (2)

Son aparatos limitadores de corriente especiales para ser utilizados en soldadoras unicamente.

Sus características tiempo-corriente son tales que éstos podrían llevar una operación de sobre-carga de las soldadoras durante su funcionamiento y brindar además protección contra corto-circuitos al circuito y al equipo. Estos tienen excesiva corriente capacitiva en su capacidad de operación, que es necesaria para este tipo de servicio.

Los fusibles protectores para soldadoras están disponibles en capacidades nominales de corriente desde 150 amperios hasta 600 amperios y pueden utilizarse en sistemas con voltaje de 600 voltios o menores.

2.3.4. - FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE. (5),(6)

1. Operación y Características.-

La aplicación de los fusibles limitadores de corriente en la protección de equipos contra cortocircuitos en el sistema depende del buen conocimiento que se tenga sobre fusibles para su utilización adecuada; a continuación analizaremos los factores más importantes para su mejor entendimiento.

2. Factor de Potencia y Relación x/r .-

La relación x/r es la que existe en el circuito de un sistema, donde x es la reactancia y r es la resistencia desde el punto de falla hasta la fuente de alimentación; este dato es sumamente importante conocer caso de presentarse una falla de cortocircuito en el sistema.

A la relación x/r , la determina la impedancia del circuito; la relación x/r y el factor de potencia de cortocircuito son inversamente proporcionales como podemos apreciar en la figura # 16.

Fig. # 16

$$\text{Cos. } \phi = r/Z''$$

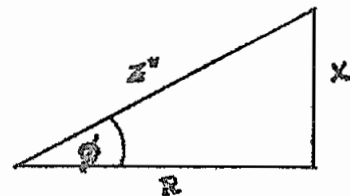
Donde:

r resistencia

x reactancia

Z'' impedancia ... $Z'' = r^2 + jx^2$

ϕ ángulo



La relación x/r depende del punto en que ocurra la falla en el sistema. La experiencia ha demostrado que se puede asumir un valor de x/r máximo igual a 6.6. para propósito de -

protección con seguridad, la probabilidad de exceder este valor es mínima, el valor anterior corresponde a un factor de potencia en corto-circuito de 15%.

No se debe confundir el valor bajo del factor de potencia que se obtiene, puesto que nosotros no estamos hablando del factor de potencia del sistema, sino del factor de potencia que existe al momento de la falla, osea la relación x/r es la que existe desde el punto de falla a la fuente.

La tabla siguiente sirve para convertir los valores de amperios r.m.s. simétricos a valores en amperios picos instantáneos a varios factores de potencia.

Variación del factor de potencia variando la relación X/R , en el sistema, en corto-circuito.

Factor de potencia	relación x/r	Factor por el cual se multiplica la corriente r.m.s. de corto-circuito para encontrar la corriente que el fusible debe interrumpir.
00	0	2.83
10	9.93	2.46
20	4.90	2.18
30	3.18	1.13
40	2.29	1.82
50	1.73	1.69
60	1.33	1.59
70	1.02	1.52
80	0.75	1.46
100	0.00	1.41

(5) pag. 77

Tabla # 14

3. Comportamiento de la Corriente de Corto-Circuito. (5)

Seguidamente vamos a analizar lo que sucede durante los primeros ciclos de una corriente de corto-circuito cuando se presenta una falla, en el sistema, y poder apreciar el efecto de aplicar fusibles limitadores de corriente.

Las figuras siguientes nos permiten analizar las ondas que forma la corriente caso de una falla, la misma que depende fundamentalmente del momento en que ocurra la falla con respecto a la onda de voltaje.

Las dos gráficas indican las condiciones extremas - que podemos tener en un corto-circuito para un circuito de 600 voltios o menos durante el primer $\frac{1}{2}$ ciclo inmediatamente después de la falla, pero el caso de que la onda de corto-circuito sea simétrica es muy remota.

Los fusibles en general son ensayados por sus fabricantes para un factor de potencia que va desde el 20% hasta el 12%.

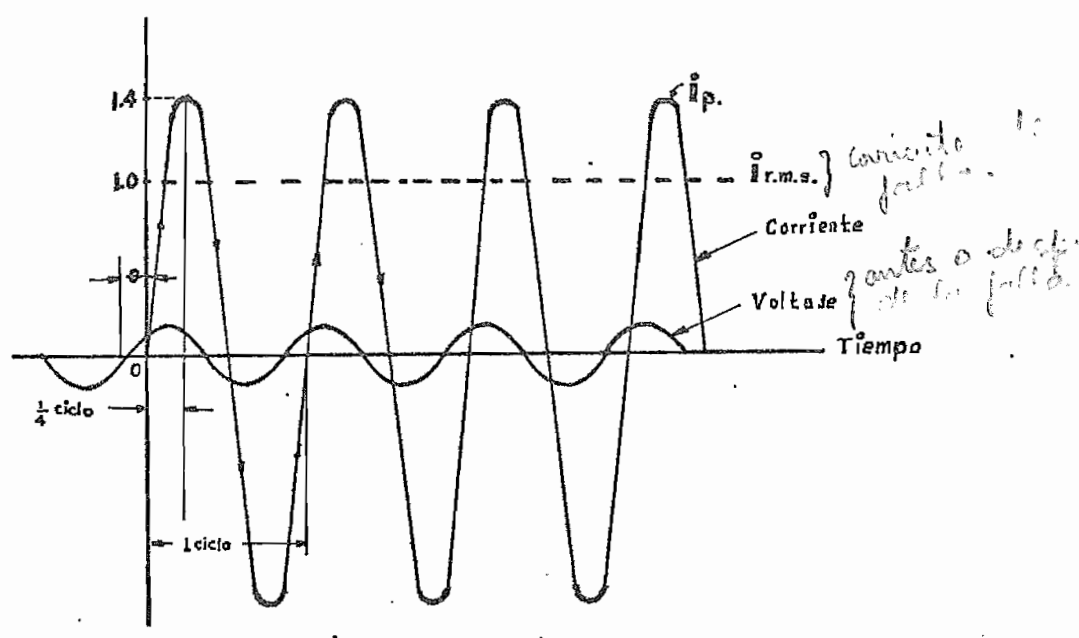


Figura # 17. Corriente de falla "SIMETRICA"

La figura # 17, nos indica la forma de onda que se obtendría en un corto-circuito (se obtendría) en barras cuando se eliminan los fusibles.

El valor instantáneo en el primer ciclo está determinado por el valor

$$I_p = 1.44 \times I_{rms}.$$

Donde:

I_p = valor de la corriente instantánea en el primer ciclo (amperios).

I_{rms} = Corriente de corto-circuito r.m.s. simétricos calculada (amperios).

La figura # 18, muestra la onda de corriente de corto-circuito y su valor de asimetría, para una relación $x/r=6.6$ y un factor de potencia $f_p = 15\%$. El valor multiplicador podemos tomarlo de la tabla # 14, y es equivalente a 2.31; luego

$$I_p = 2.31 \ I_{rms}.$$

Gráfica de la corriente de falla asimétrica.

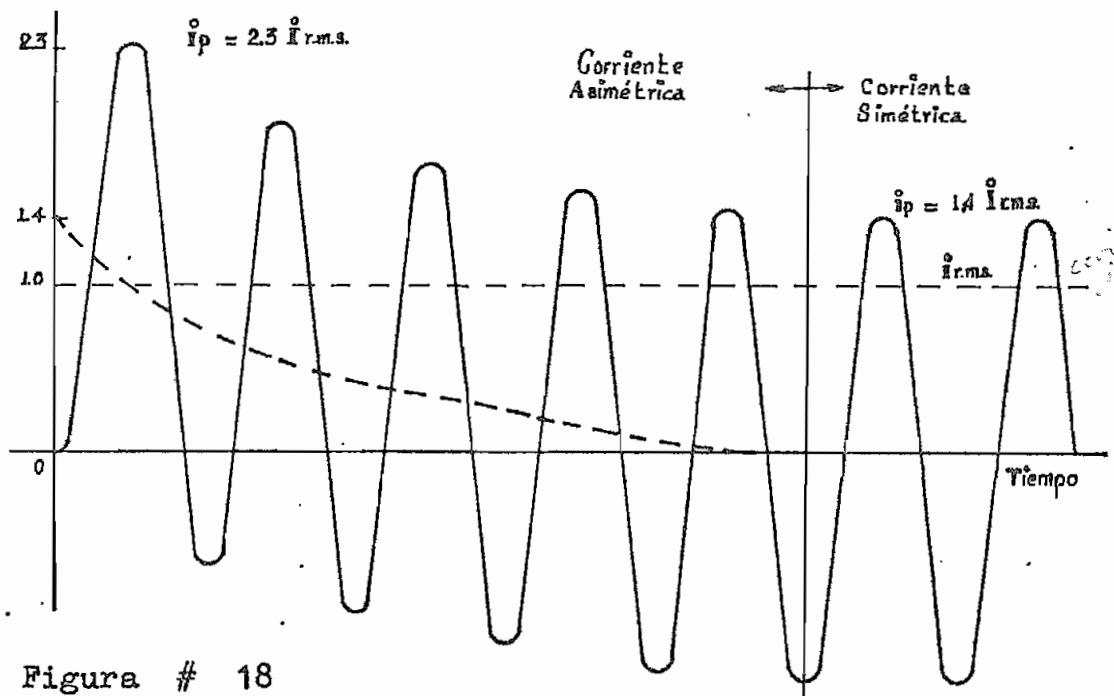


Figura # 18

4. Concepto de Limitación de Corriente. (5),(19)

En la figura # 19, podemos observar, la operación - del fusible limitador de corriente dentro de su capacidad limitadora de corriente.

El semiciclo superior de la corriente representa la corriente de corto-circuito existente en el circuito en caso de falla al reemplazar los fusibles por barras de cobre.

El corte que existe en el semiciclo positivo grande de la onda de corriente como se aprecia en la figura, es el efecto del fusible limitador, evitando de esta manera el paso del valor pico máximo de la corriente de falla; el pico pequeño de la nueva onda es ahora el valor máximo de la corriente de falla y se llama máxima corriente permitida por el fusible.

El valor pico de corriente que se permite pasar no es un valor de corriente r.m.s.; sino que es un valor de corriente instantánea, de lo que podemos concluir que el fusible limitador de corriente ha reducido la corriente de falla desde un valor máximo posible a un valor pico de corriente menor.

Representación gráfica:

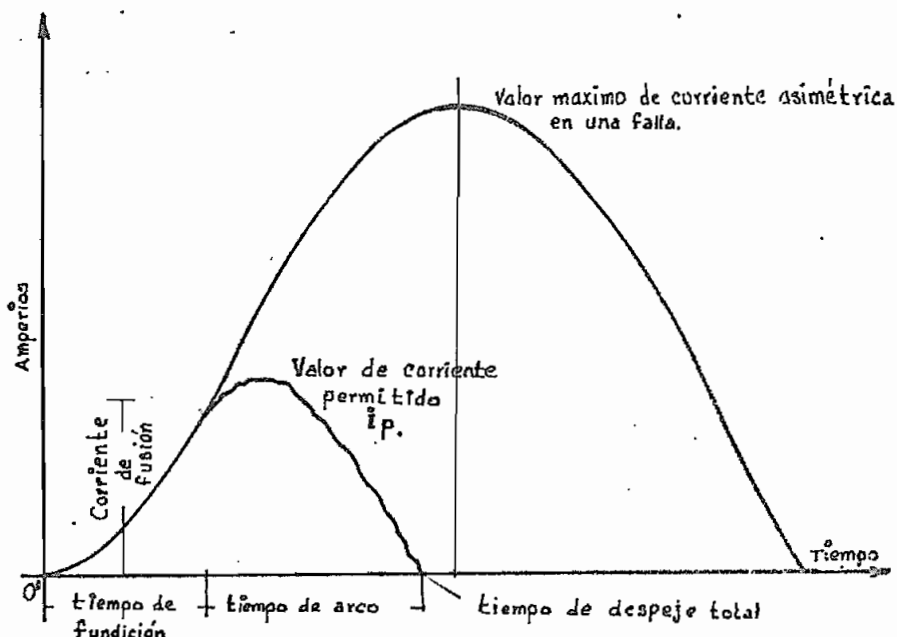


Fig. # 19

Cuando una falla causa una corriente limitada, los fusibles limitadores de corriente actúan limitando la corriente a un valor predeterminado menor al anterior.

La corriente aumenta muy rápidamente en un tiempo muy corto hasta que los elementos del fusible se funden, pero la mayoría de los fusibles limitadores de corriente poseen más de un elemento de tira-fusible. Mientras las tira-fusibles se funden, se forman arcos, estos arcos son pequeños inicialmente los mismos que no poseen suficiente resistencia de arco que al ser introducida al circuito reduzca la corriente a cero. La corriente sigue aumentando en un incremento pequeño, hasta que la resistencia de arco se aumenta, demandando en consecuencia un aumento de corriente mayor, desde este punto la resistencia del arco sigue aumentando hasta que los arcos se apaguen y la corriente se ha reducido a cero, todos estos fenómenos pasan muy rápidamente.

La corriente de corto-circuito puede ser definida como la acción de dos tipos de energía, cada uno de los cuales puede causar un peligro específico y son:

- 1.- I^2t .- Que es la llamada energía térmica, la cual varía dependiendo su valor del cuadrado del valor de la corriente r.m.s. simétrica multiplicada por el tiempo en segundos. El resultado de dicho calentamiento puede causar un calentamiento rápido y peligrosos en la aislación de los cables a menos que estos valores sean reducidos utilizando fusibles limitadores de corriente, o, a menos que se disipe dentro del sistema eléctrico de distribución.
- 2.- I_p^2 .- Es la energía magnética, la misma que es proporcional al cuadrado de la corriente de pico I_p .

Esta energía es la causante de que ocurran las torceduras y dobladuras de las barras y otras componentes del sistema; a menos que ellos posean la propiedad de resistir al esfuerzo de tensión, o puedan ser protegidos por fusibles limitadores de corriente, los cuales poseen la función de limitar el daño causado por esta clase de energía.

Como ya se mencionó anteriormente los fusibles que son limitadores de corriente pueden operar en un tiempo menor al medio ciclo de la onda, limitando de esta manera a solamente a una proporción (valor) sumamente pequeña la corriente de corto-circuito y en consecuencia sus dos componentes anteriores quedan limitadas.

El grado de limitación de corriente depende fundamentalmente del tipo de fusible seleccionado.

Las figuras siguientes dan una idea más concreta de los fenómenos descritos anteriormente.

Figura # 20

Limitación de Corriente.

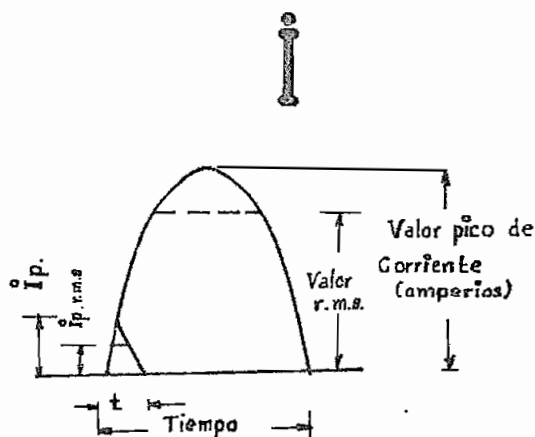


Figura # 20

Figura # 21.

Fuerza Electromagnética.

$$i^2$$

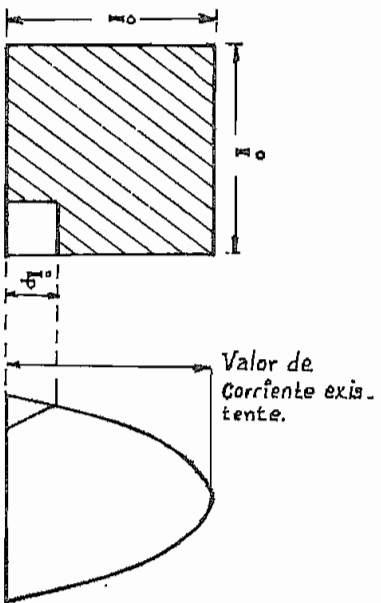
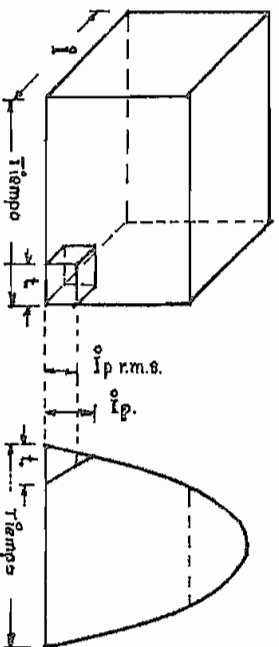


Figura # 22.

Energía Térmica.

$$i^2 t$$



5. - Representación Gráfica del Pico de la Corriente

Permitida I_p (2).

Para determinar el grado o valor de limitación de corriente para los varios tipos de fusibles, podemos hacerlo utilizando las curvas de representación gráfica del pico permitido por los fusibles (proporcionadas por los fabricantes -- para cada tipo y capacidad).

El grado o valor de limitación de corriente depende del tipo y tamaño del fusible utilizado, así como también de la corriente de corto-circuito, como del punto en el que ocurre la falla.

Estas representaciones gráficas nos muestran el valor pico instantáneo de corriente permitida pasar por el fusible como función de la corriente r.m.s. existente; seguidamente con un ejemplo se determinará los detalles más objetivamente.

En la gráfica la línea AB corrida desde el punto A determina la relación entre el valor pico de corriente y la corriente simétrica $I_p = \text{Factor K} \times I_{rms}$. cc.

de donde:

$$I_p = 2.31 I_{rms} \text{ simétricos ... para } x/r = 6.59 \\ fp = 15\%$$

Los datos anteriores son extraídos de la tabla # 14 tanto para la relación x/r , como para el factor de potencia.

La extensión de las líneas a la derecha de la línea-AB, representan en cada caso el efecto que un determinado fusible y tipo representan para un caso particular.

6. Ejemplo.

Para el ejemplo asumimos que: la corriente disponible de corto-circuito en el sistema es de 40.000 amperios r.m.s. simétricos y el circuito está protegido por un fusible tipo K-1 de 100 amperios.

1.- Determinar el pico de corriente permitida.

Paso 1. Determinar el valor de corriente de corto-circuito en la respectiva escala 40.000 amperios.

Paso 2. Trazar una línea verticalmente desde este valor hasta la intersección con la línea del fusible de 100 amperios.

Paso 3. Desde la intersección del paso 2, trazamos una horizontal hasta el corte con el eje de la escala del pico instantáneo de corriente permitida.

Paso 4. Se determina el valor del pico de corriente permitida en amperios 7.500 amperios.

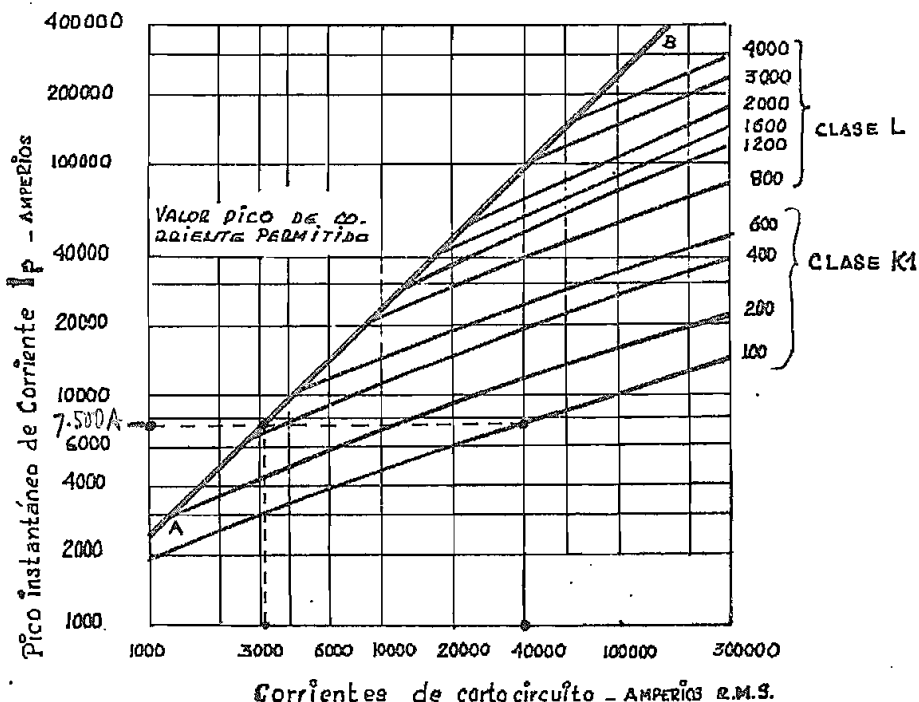


Figura # 23

2.- Determinar anticipadamente el pico de corriente r.m.s. simétrico permitido (aparentemente).

Paso 1. Determinar en la escala el valor de la corriente de corto-circuito 40.000 amperios.

Paso 2. Trazar una línea vertical desde este punto hasta la intersección con la línea del fusible - ... 100 amperios.

Paso 3. Trazar una línea vertical desde la intersección hacia la escala de la corriente de corto-circuito r.m.s. existente 3.200 amperios.

Estos pasos se puede seguir en cada caso particular para determinar los valores calculados anteriormente.

2.3.5. - FUSIBLES PARA BAJO VOLTAJE SEGUN NORMAS DIN Y VDE.

Los fusibles mayormente utilizados en la industria- en lo que se refiere a protección en bajo Voltaje son dos:

- 1.- Fusibles ENCAPSULADOS TIPO "D" (Conocido comunmente - con el nombre de BOTELLA).
- 2.- Fusibles de CINTA EXTINTORA "NH" HRC

2.3.5.1. Fusibles Encapsulados Tipo Botella. (17)

Este tipo de fusi -
bles de efecto rápido y efecto retardado (con retardo de tiem -
po) según DIN 49360 y 49365.

Su fabricación se realiza según las regulaciones -
VDE 0365 para terminaciones de fusible que estén comprometi -
dos en la línea de 500 voltios hasta los 200 amperios.

1. Construcción.-

Para su construcción los fusibles tipo botella-
deben tener los siguientes requisitos necesarios.

2. Aislamiento del Cuerpo,- El cuerpo en sí del cartucho fusible está hecho con material de cerámica de gran poder de compre -
sión y es capaz de resistir los esfuerzos mecánicos y térmi -
cos sin sufrir daño alguno.
3. Contactos.- Sus discos de contacto que posee en la cabeza y -
base, pueden ser hechos de cobre, el elemento fusible queda -
de esta manera cerrado y sellado completamente.
4. Elemento Fusible.- El elemento fusible o tira fusible posee -
un diseño especial el cual brinda la garantía suficiente para
protección contra corto-circuito, además brinda garantía de -
ruptura en crecimientos pequeños de temperatura.

5. Características Tiempo - Corriente.

Las características tiempo-corriente de los fusibles encapsulados tipo "D" pueden ser tomadas de las siguientes representaciones gráficas; tanto para el fusible de efecto rápido como para el fusible de acción retardada.

Características de los fusibles de efecto rápido y retardado

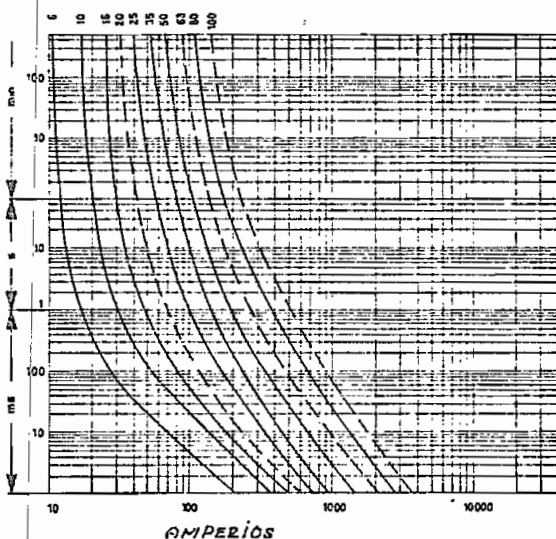


Figura # 25 (a)
Efecto rápido

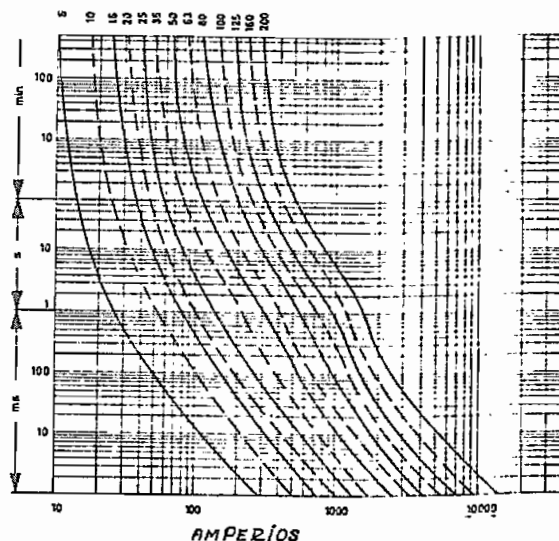


Figura # 25 (b)
Efecto retardado

6. Formas Físicas de los fusibles Tipo "BOTELLA".

A continuación se indican algunas formas y tamaños físicos de estos fusibles para distintas capacidades.

La tira fusible encerrada en el cuerpo de cerámica - es rodeada por arena con el propósito de suprimir los arcos y para que el enfriamiento se realice de una manera más efectiva y segura, evitándose de esta manera peligros de reencendidos - del arco.

7. Indicador,-

Para poder comprobar en un instante cualquiera el estado actual del elemento tira fusible, se coloca un indicador-coloreado que es un disco sujeto a la parte frontal del contacto de plata.

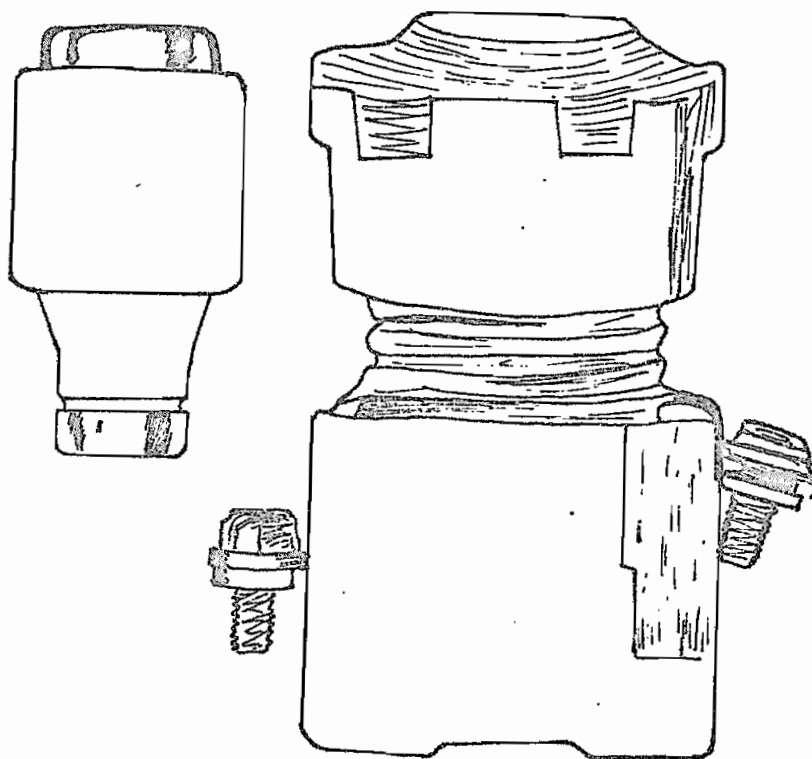
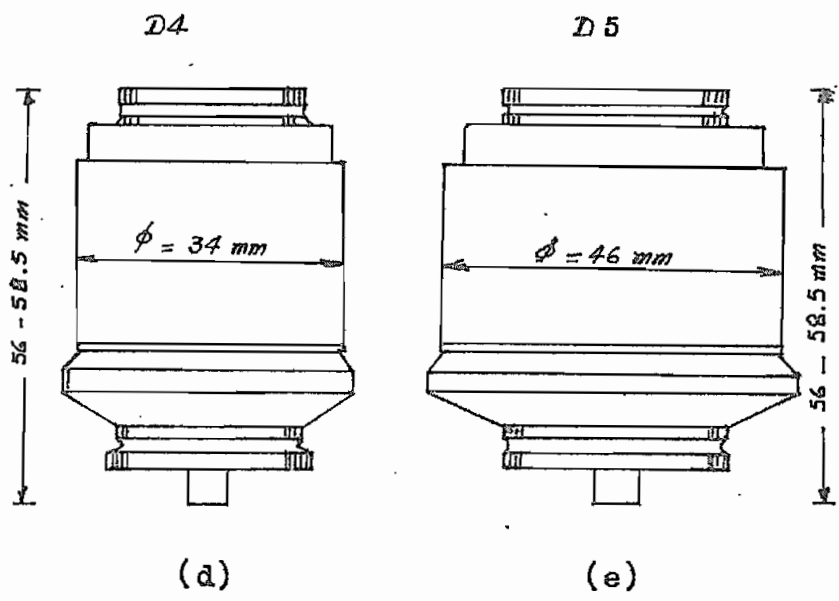
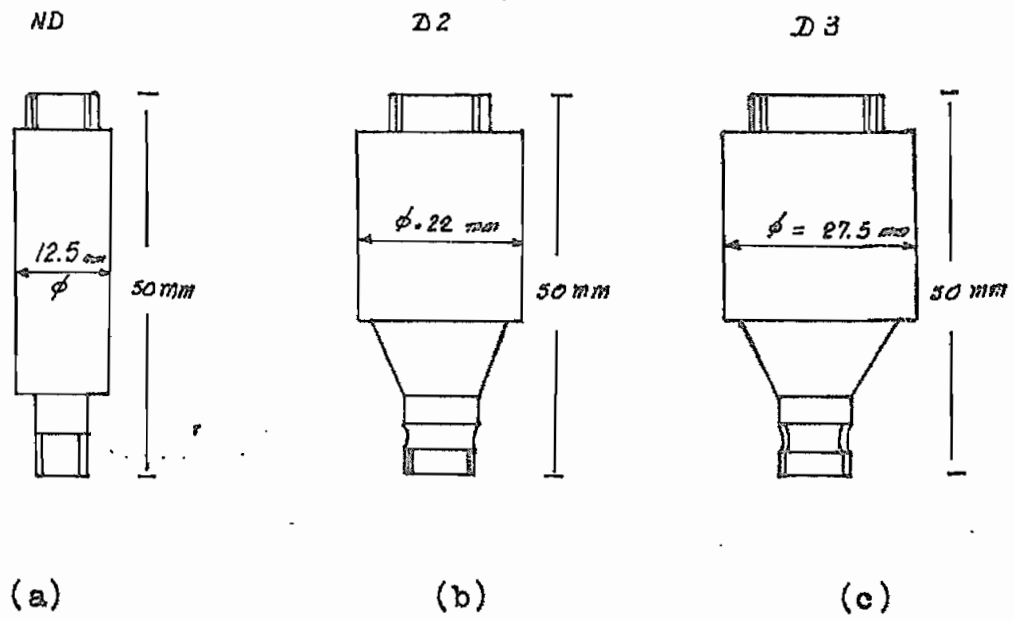


Figura # 24

Fusible Tipo "BOTELLA"



Nota: Todos están hechos de porcelana blanca, y sus partes metálicas son de níquel-plata; además se debe anotar que todas las dimensiones indicadas en cada tipo están dadas en milímetros.

CAPACIDADES ESTANDARIZADAS PARA LOS FUSIBLES TIPO "D" PARA 500 VOLTIOS SEGUN VDE 0635					
Designación de Acción rápida	Capacidad Amperios	Hilo	Designación de Acción Retardada	Hilo	Capacidad Amperios
VND	2	E16	TVND	E16	2
VND	4	E16	TVND	E16	4
VND	6	E16	TVND	E16	<u>6</u>
VND	10	E16	TVND	E16	10
VND	16	E16	TVND	E16	16
VND	20	E16	TVND	E16	20
VND	25	E16	TVND	E16	25
VD2/	2	E27	TVD2/	E27	2
VD2/	4	E27	TVD2/	E27	4
VD2/	6	E27	TVD2/	E27	6
VD2/	10	E27	TVD2/	E27	10
VD2/	16	E27	TVD2/	E27	16
VD2/	20	E27	TVD2/	E27	20
VD2/	25	E27	TVD2/	E27	25
VD3/	35	E33	TVD3/	E33	35
VD3/	50	E33	TVD3/	E33	50
VD3/	63	E33	TVD3/	E33	63
VD4/	80	R 1	TVD4/	R	80
VD4/	100	R	TVD4/	R	100
			TVD5/	R 2"	125
			TVD5/	R 2"	160
			TVD5/	R 2"	200

(17) pag. 3

Tabla # 15

9. Descripción General.-

En lo que tiene relación con las tapas,-
anillos adaptadores, tamaño del anillo, y sus distancias, to -

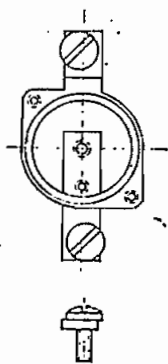
dos estos poseen una dimensión específica dependiendo naturalmente de la capacidad del fusible utilizado.

En consecuencia todas las partes de los portafusibles y demás componentes del fusible, están siendo desarrollados y diseñados tomando en consideración la gran experiencia de los constructores, los mismos que tienen varias utilidades como por ejemplo tableros de distribución, etc.; además la excelente variedad de modelos, formas y tamaños hacen posible seleccionar el más adecuado a los requerimientos.

Sus bases que son de CERAMICA y sus partes metálicas son diseñadas y construídas para resistir con seguridad cualquier tipo de esfuerzo ya sea éste de carácter eléctrico o mecánico con seguridad.

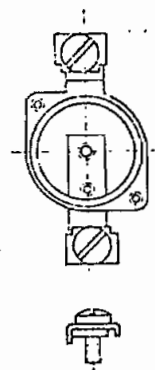
10. Terminales.-

El tipo de terminal seleccionado depende de las cargas conducidas, para este efecto existe cuatro (4) terminales distintos, diferenciándose naturalmente entre cada uno de ellos en las formas de las entradas y salidas de las conexiones.



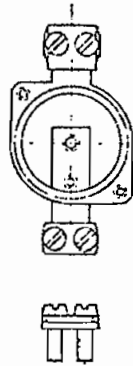
(a)

Terminal de Tornillo



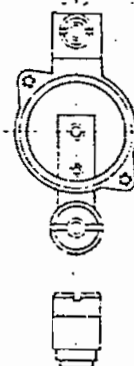
(b)

Terminal Grapa-Tornillo



(c)

Terminal de Tornillo
Gemelo



(d)

Terminal Tornillo - Tapón

Figura # 27 (a,b,c,d)

11. Bases Portafusibles.-

Las bases portafusibles pueden ser de distinta forma y capacidad, dependiendo de la utilización a que esté orientada, así las unidades o bases para tableros de distribución tienen su capacidad hasta los 100 amperios, las unidades universales hasta los 200 amperios, todas estas por lo general son hechas de porcelana, la primera con anillo de tornillo sólido para poder sellar con la tapa al fusible y la segunda también con anillo enroscado; como se puede apreciar en las figuras # 28 y # 29 y # 30 respectivamente; las dimensiones están dadas en milímetros.

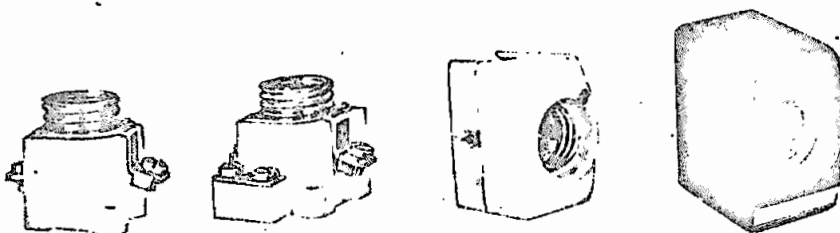


Figura # 28

Dim. BASE PORTAFUSIBLE 500 voltios, hasta 100 amperios.

Nº listado	a	b	c	cl	d	dl	eφ	f	gφ	h	i	k
109	37	29	55	47	28	15	27	72	36	-	-	52
81	38	38	53	46	29	27	38	82	43	-	-	60
81.001	38	38	53	46	29	27	38	82	43	25	12	60
72	46	46	55	48	35	35.5	48	84	52	-	-	73
72.001	46	46	55	48	35	33.5	48	84	52	32	14	73
114	60	60	68	60.5	60.5	46	60	102	70	-	-	102

(17) pag. 5

~~Figura~~ *Tabla* # 16

Nota: Las dimensiones anteriores están dadas en milímetros. El número del listado indica el código, y éste es dependiente de la capacidad del portafusible (amperios).

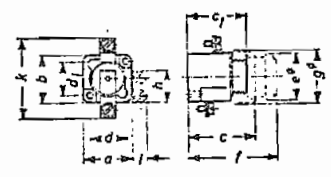


Figura # 29

Dimensiones para el Porta Fusibles para 500 voltios
hasta 200 amperios.

N ^o Listado	a	b	c	d	d1	e ϕ	f
110	45	65	50	33	-	27	67
99	40	70	53	32	-	38	82
195	50	90	53	40	-	48	82
102	67	110	68	57	-	60	102
103	86	140	70	74	32	80	102
199	40	70	54	20	-	38	83
200	50	90	54	20	-	48	83

(17) pag. 6

Tabla # 17

Notas: Las dimensiones están dadas en milímetros.

El número de listado da el tamaño y la capacidad en cada caso y su capacidad del portafusible en amperios.

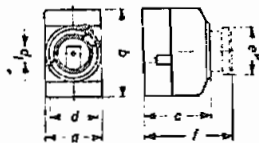


Figura # 30

12. Portafusibles Tipo CLICK LK.

Este tipo de bases poseen un dispositivo terminal para conectarse a una barra colectora con especificaciones DIN sin tornillos, para colocarse en las barras de 35 milímetros de ancho, pudiendo utilizarse con gran satisfacción en tableros de distribución, de medida, de conmutación.

Todas las partes metálicas que pudiesen entrar en contacto con el elemento fusible del tipo "D", están formando una sola pieza con el cuerpo de cerámica, eliminando de esta manera en un gran porcentaje el que puedan quedar ciertas partes flojas.

Las capacidades que puedan soportar son hasta 63 amperios.

Sus características y formas están dadas a continuación.

DIMENSIONES en milímetros

a	b	c	cl	dφ	e	fφ	g	Capacidad Amperio
38	40	52	45	38	79	43	59	25
40	44	53	46	48	80	52	75	63

(17) pag. 6

Tabla # 18

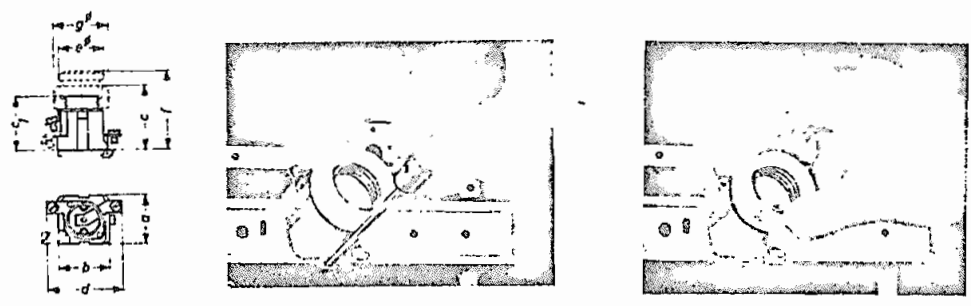


Figura # 31

13. Portafusibles REITER TIPO LR.

Este tipo de portafusibles están siendo especialmente designados para utilizarse en paneles de distribución, si su planificación y utilización se lo realiza en una forma correcta su utilización puede ser más económica que las anteriores.

Los accesorios para el montaje y ajuste de los portafusibles del tipo LR, son designados para montajes sobre una plancha de cobre que puede ser una barra colectora de dimensiones máximas de 10 x 3; o 20 x 4 milímetros; además como las barras colectoras son estandarizadas pueden ser utilizadas sin costo adicional alguno, lo cual reduce el costo apreciablemente, las capacidades por lo general son para 25 y 63 amperios; además estos dos tipos de portafusibles poseen las mismas dimensiones de altura.

DIMENSIONES (milímetros).										
a	b	c	cl	d	d1	eφ	f	gφ	h	Capacidad Amperios
39	41	61	54	27	30	38	88	43	52	25
47	47	61	54	34	34	48	88	52	65	63

(17) pag. 7

Tabla # 19

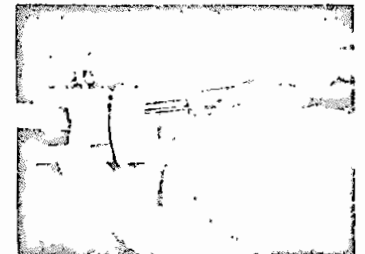
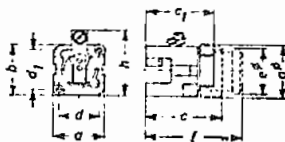


Figura # 32

14. Unidades Semirebajadas para Fusibles TIPO "D" hasta 200 amperios, 500 voltios.

Son fabricados en porcelana blanca, para llevar una sola pieza fusible, con aro sólido en la cerámica, entrada posterior para paneles de conmutación de hasta 18 milímetros de espesor, apropiado para conexión en barras colectoras; sus capacidades son para: 25, 63, 100 y 250 amperios. Todas sus dimensiones están dadas en milímetros.

DIMENSIONES:								
a	b ϕ	c	d	e ϕ	f	g	gl	Capacidad AMP.
42	52	60	44	38	85	12	37	25 amperios
52	62	63	54	48	88	13	38	63 " "
66	80	86	68	60	116	14	44	100 " "
88	102	92	90	80	124	15	47	200 " "

(17) pag. 7

Tabla # 20

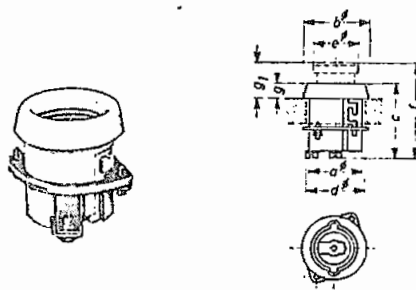


Figura # 33

2.3.5.2. Fusibles de Cinta Extintora Tipo HRC. (8),(18).

1. Introducción.-

Los fusibles de cinta extintora son para 500 voltios (DIN 43620; VDE 0660), poseen alta capacidad de interrupción para baja tensión, y merced a su característica retardada de sobreintensidad y rápida de corto-circuito son de aplicación universal.

El conductor fusible o cinta extintora, tiene estrechamientos de sección de pocas pérdidas y recubrimiento metálico de alto punto de fusión.

Los estrechamientos de sección original da interrupción múltiple en sobreintensidades semejantes a cortocircuitos; el recubrimiento del metal determina el tetrazo de sobreintensidad en caso de sobrecarga. La cinta extintora será soldada a las lengüetas de conexión y estriadas axialmente.

Un dispositivo colocado por el lado frontal indica el estado de la pieza del fusible en el interior; las medidas corresponden a DIN 43620 y se amoldan a todas las bases del fusible normalizadas.

2. Características.-

Las características en la región límite de sobreintensidad están adaptadas a las características de calentamiento de los conductores, y por consiguiente un amplio aprovechamiento y una protección segura de la acción.

Las piezas del fusible en el interior están dimensionadas eléctricamente de tal manera, que pueden funcionar también durante un prolongado período de sobrecarga. Los valores de reacción son prácticamente independientes de la temperatura ambiente.

3. Poder de Ruptura.-

El poder de ruptura para este tipo de fusibles es en todos los casos superior a las potencias que por corto-circuitos se dan en la práctica; y es así como todos los fusibles de la clase de 6 a 1.250 amperios poseen capacidades de corto-circuito de un valor mayor a 100 KA. efectivos a 500 voltios con un factor de $\text{Cos } \phi = 0.1$, por lo tanto todos los fusibles poseen valores que superan los requerimientos mínimos de los establecidos por la norma VDE 0660, que según ésta deben poseer una capacidad básica de 25KA, a $\text{Cos } \phi = 0.4$ y 500 voltios.

Por consiguiente los fusibles de cinta extintora pueden emplearse sin inconveniente alguno en cualquier punto de la red.

4. Generalidades.-

Los fusibles tipo HRC son básicamente empleados en SWITCHES de gran capacidad de manera que puedan brindar seguridad al equipo y a los conductores de la red.

Los fusibles poseen características de acción retardada y rápida, ellos son capaces de cortar una pequeña sobrecorriente con un período de tiempo retardado (acción retardada) pero cuando se presentan corrientes altas, éstos actúan inmediatamente cortando el circuito (efecto rápido).

Los tiempos antes de formarse el arco quedan dentro de las tolerancias de acuerdo con lo especificado por VDE 0660 para fusibles con acción rápida.

5. Características del Fusible TIEMPO - CORRIENTE. (18)

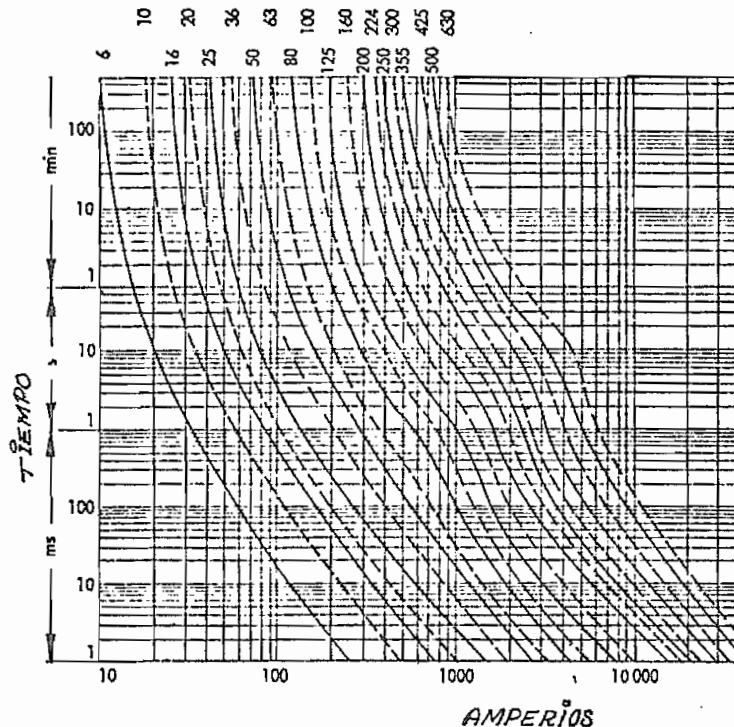


Figura # 34

Las curvas características nos indican el tiempo que un determinado fusible utiliza en fundirse a un determinado valor de corriente.

Las curvas se han especificado para todos los valo -- res de fusibles desde 6 a 630 amperios.

6. Selectividad.-

Debemos anotar que los fusibles tipo HRC, cuando se presenta una falla en el sistema cortan los sectores fa -- llosos y así mismo, los fusibles con baja capacidad de corrien -- te se funden eliminando la corriente.

Los fusibles HRC ofrecen además gran selectividad -- hasta cuando se presentan corrientes de corto-circuito, si la

corriente máxima parcial de corto-circuito no sube hasta más - que el 78% de la corriente total de corto-circuito.

Debe anotarse además que son limitadores de corriente, con lo cual eliminan los picos de las corrientes de corto-circuito, no permitiendo de esta manera el paso del pico máximo y reduciendo este pico a un valor sumamente menor.

El corte del pico máximo posible de la corriente como es una función de la corriente de corto-circuito puede ser calculada y limitado su valor por la aplicación correcta de un fusible como se puede ver en la gráfica siguiente.

EFEECTO DE UN FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE.

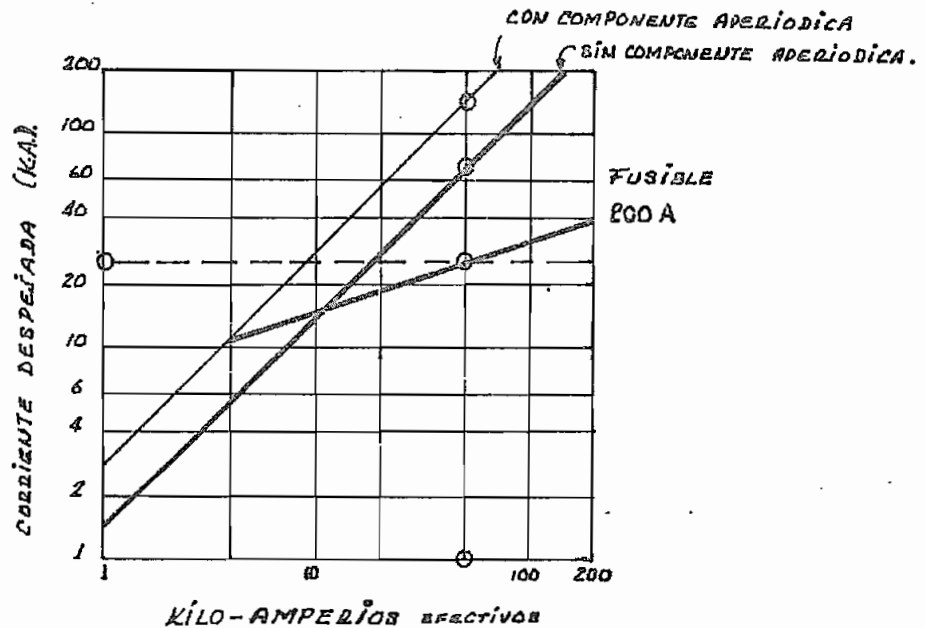


Figura # 35

Tomando como base el diagrama anterior:

- a. Fusible de 200 amperios.
- b. Corriente de corto-circuito trifásica sin el fusible igual a 50 KA. efectivos simétricos.
- c. Corriente de pico sin componente aperiódica ($I_p \sqrt{2}$) = 70 KA.
- d. Corriente de pico con componente aperiódica $I_p \sqrt{2X}$ con $\cos \phi = 0,140$ KA.
- e. Corte de la corriente = 25K.amperios.

7.

CAPACIDADES DE LOS FUSIBLES ENCAPSULADOS DE CINTA EXTINTORA TIPO HRC 500 V; DIN 43620, VDE 0660		
TAMAÑO	DESIGNACION	CAPACIDADES
00	NH 00/	6 amperios TF 10 16 20 25 36 50 63 80 100 125 160
0	NH 0/	6 amp. TF 10 16 20 25 36 50 63 80 100 125 160
1	NH 1/0	16 Amp. TF 20 25 36 50 63

TAMAÑO	DESIGNACION	CAPACIDADES
1	NH 1/0	80 Amp. TF 100 125 160 200 224 250
2	NH 2/	36 Amp. TF 50 63 80 100 125 160 200 224 250 300 355 400
3	NH 3/	300 Amp. TF 355 400 425 500 630
4	NH 4/	500 Amp. TF 630 800 1.000 1.250

8. DIMENSIONES DE LOS FUSIBLES (CUERPO) NH.

Todas las dimensiones del cuerpo del fusible están dados - en milímetros.

Tamaño	Capacidad Amperios	a1	a2	a3	b	c	e1	e2
00	6 - 160	80	54	47	15	44	44	30
0	6 - 160	125	68	65	15	44	44	30
1	16 - 160	135	70	65	25	50	44	30
1	200 - 250	135	70	65	25	50	52	44
2	300 - 400	150	70	65	30	57	52	44
2	300 - 400	150	72	65	30	57	58	52
3	300 - 400	150	72	65	36	69	58	52
3	425 - 630	150	72	65	36	69	70	64
4 ⁺	500 - 1250	200	72	65	49	97	105	90

(18) pag. 5

Tabla # 22

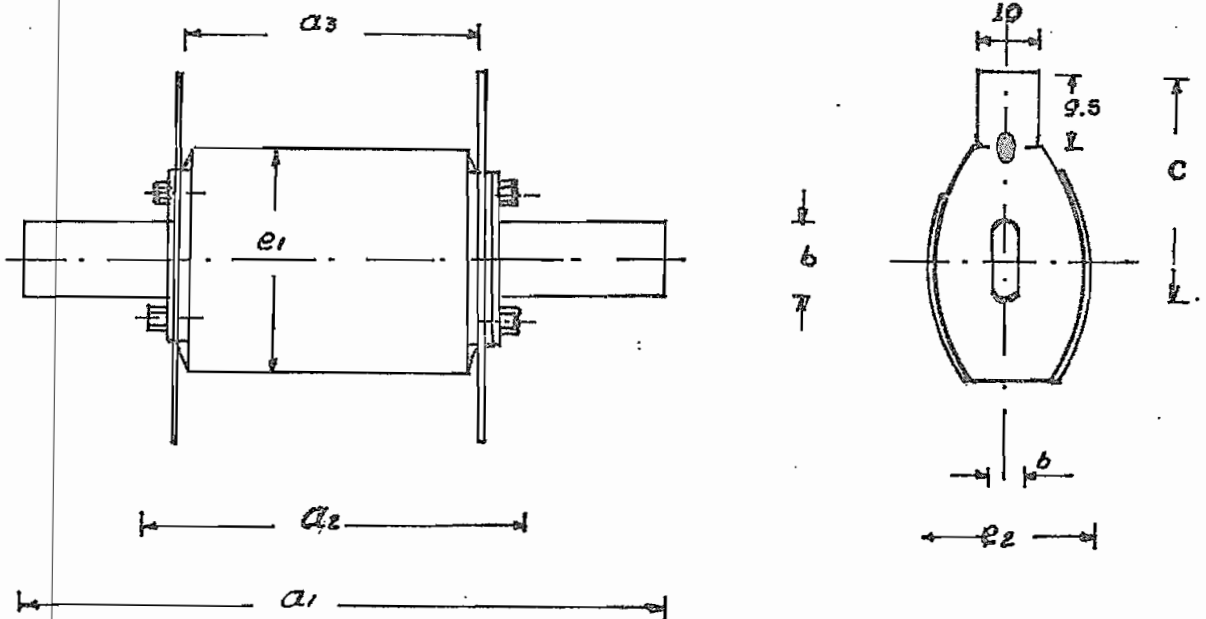


Figura # 36

9. Bases para los fusibles Encapsulados HRC 500 VOLTIOS.
Unipolares y Tripolares.

9.a. General.-

NHUMV = Contacto de cuchillas múltiples tipo reforzado.

El complemento con los fusibles NH, las unidades de cuchillas de contacto múltiple, brindan seguridad en las instalaciones eléctricas, como también en las propiedades térmicas-satisfaciendo de esta manera los requerimientos prácticos actuales, los cuales son designados también como posibles supresores de resistencia en los contactos.

9.b. Bases Unipolares.-

Las medidas de las bases unipolares del fusible están normalizadas y tienen lengüetas de cuchillas para la admisión de fusibles, en capacidades de 100, 160, 250, 400 y 600 amperios a 500 voltios.

Sus soportes de contacto son plateados, de una pieza (contacto lyra) con suspensión independiente, montados en zócalo de esteatita. Las barras de conexión onduladas tienen gran resistencia mecánica y contacto lineal definido.

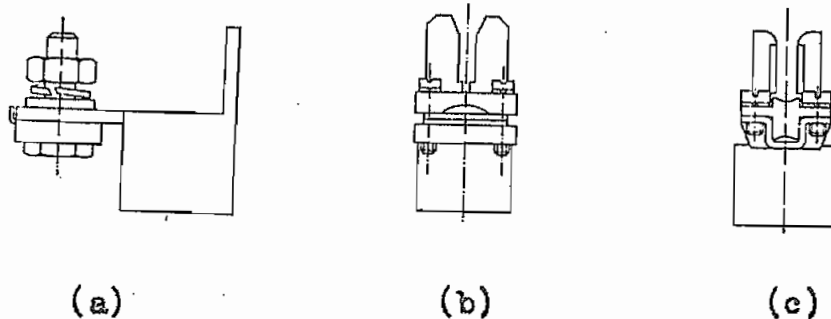
9.c. Seccionador - Fusible - Tripolar

Con el seccionador fusible tripolar se pueden cambiar los juegos de fusibles sin ningún peligro, al mismo tiempo que puede emplearse como desconectador. Las tapas poseen un dispositivo de retención para fusibles, tienen un ángulo de apertura de 90° y son desmontables.

10. Tipos de Bases Terminales para FUSIBLES NH.

Existen tres principales tipos así como se indica - en las figuras siguientes:

BASES PORTAFUSIBLES UNIPOLARES



Símbolo D

Símbolo BK

Símbolo B0

Figura # 37 (a,b,c)

Donde:

- D.- Terminal "tipo hueco" con arandela de resorte y perno de contacto, se utiliza para tamaños de conductores 00 hasta 4.
- BK.- Terminal tipo "silla de montar" con tornillo y anillo de resorte para conductores 00 hasta 2.
- B0.- Terminal tipo "espiga" con tornillo y arandelas de resorte para conductores 00.

Nota: Cuando se desea hacer una combinación de terminales se puede realizarlo poniendo el terminal tipo "D" en un lado y el tipo "BK" en el otro lado.

Las bases unipolares tienen capacidades que van desde 160 - 1.600 amperios y tamaños 00 - 4; dependiendo del tipo de terminal (NHUMV/E).

Las bases con terminaciones especiales tienen capacidad de 100-200 amperios en tamaños 00 y 1 (NHUM/E).

DIMENSIONES Y FORMAS.

Todas sus dimensiones están en milímetros.

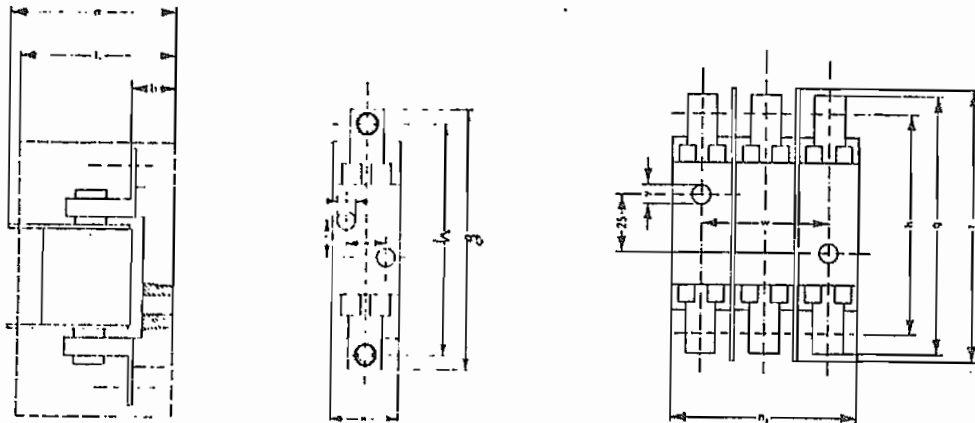


Figura # 38

CUCHILLA DE CONTACTO MULTIPLE NHUMV TIPO REFORZADO									
Tipo	a	b	g	h	n2	t1	t2	w	y
NHUMV/E 00	80	25	120	100	33	-	-	-	7.5
0	90	38	170	150	40	-	-	-	7.5
1	100	38	200	175	56	-	-	-	10.5
2	110	40	230	200	56	-	-	-	10.5
3	120	40	250	210	56	-	-	-	10.5
NHUMV/D 00	80	25	120	100	94	78	130	65	7.5
0	90	38	170	150	118	91	180	78	7.5
1	100	38	200	175	158	95	210	108	10.5
2	110	40	230	200	172	108	240	116	10.5

CUCHILLAS DE CONTACTO MULTIPLE NHUM									
Tipo	a	b	g	h	n2	t1	t2	w	y
NHUM/E 00	80	25	120	100	33	-	-	-	7.5
1	90	35	200	175	56	-	-	-	10.5
NHUMLD 00	80	25	120	100	94	70	130	66	7.5

(18) pag. 8

Tabla # 24

En el punto 2.3.4. se desarrolla la teoría sobre la operación de los tornillos que se han incluido inicialmente con los siguientes tipos, J, K, L, et. En la siguiente parte se trabaja sobre los tipos de acuerdo a normas DIN y VDE. La pregunta sería si la teoría desarrollada en cuanto a la operación de los tornillos es aplicable para estos otros tipos de tornillos.

2.4. INTERRUPTORES DE BAJO VOLTAJE

2.4.1. Tipo Americano. (2), (20)

Los interruptores en bajo voltaje son dispositivos que llevan a cabo funciones tales como interrupción y protección de los circuitos por medio de un mecanismo que opera en forma simultánea a sus contactos.

Se utilizan en sistemas de distribución de corriente alterna de máximo 600 voltios y en sistemas de corriente directa de no más de 250 voltios.

Se encuentran disponibles en dos tipos básicos:

- a. Interruptores de Caja Moldeada (Termomagnéticos).
- b. Interruptores de Potencia. (Electromagnéticos).

Las capacidades a las cuales actualmente están aplicados estos interruptores está basada en las solicitaciones reales, como: capacidades mecánicas, eléctricas y térmicas de la mayoría de sus elementos componentes como:

- Capacidad de voltaje.
- Capacidad de frecuencia.
- Capacidad continua de corriente.
- Capacidad de interrupción.
- Capacidad de corto tiempo de corriente (para interruptores de potencia).

2.4.4.1. Interruptores en Caja Moldeada. (+).

Los interruptores de caja moldeada están disponibles únicamente con disparo magnético instantáneo y por acción térmica.

El disparo magnético marcado puede ser ajustado desde la parte frontal del interruptor (en interruptores grandes). (+).- Ref. (20) pag. 57-70.

11

Estos interruptores son utilizados preferentemente en combinación con arrancadores de motores, donde el interruptor brinda protección de corto-circuito y la protección de sobrecarga en un motor lo proporciona el relé de sobrecarga.

La tabla # 25 indica las capacidades estandarizadas de los interruptores de caja moldeada.

En los interruptores termomagnéticos de caja moldeada el elemento de retrazo de tiempo no puede ajustarse en el lugar de la instalación; ésto con la finalidad de evitar que se modifique el valor del disparo.

Aunque sí el elemento magnético puede ser ajustado en algunos interruptores de los tamaños más grandes, así como las unidades de disparo son intercambiabls en algunos interruptores de caja moldeada.

1. Elementos Componentes.-

Los interruptores de caja moldeada (NEMA ABl) son aparatos conectadores y aparatos de protección automáticos ensamblados en una caja como una unidad integral, la caja está hecha de material aislante. La figura # 39 nos indica las partes componentes de un interruptor de este tipo utilizado en ramales de circuitos hasta los 50 amperios.

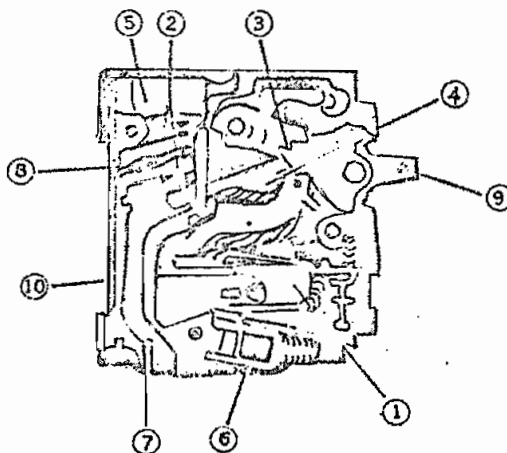


Figura # 39

Donde:

1. Disparador termomagnético.
2. Conjunto de contactos móviles y fijos.
3. Mango para operación de disparo independiente.
4. Mecanismo de operación rápido del interruptor-resorte.
5. Contacto enchufable para la línea.
6. Conector de presión para el terminal del conductor de car
ga.
7. Extinguidor del arco del lado de la carga.
8. Conjunto extinguidor del arco.
9. Mango de operación.
10. Base.

2. Operación del mecanismo de disparo independiente.-

El me
canismo se diseña para asegurar el disparo y la operación de -
rápido cierre y apertura de los contactos por medio de un dis-
positivo de palanca excéntrica y mantener gran presión en los
contactos.

El mecanismo de disparo se construye de manera que -
el contacto no puede ser mantenido cerrado contra una sobrecar
ga o una corriente de corto-circuito.

3. Disparo con Retardo de Tiempo.-

El tiempo de retardo de-
disparo térmico de un interruptor es obtenido a través de la -
flexión del elemento bimetal, el cual actúa trabando el dispa-
rador común hasta que alcanza el valor predeterminado para el
disparo.

Interruptores con retardo de tiempo están disponi --
bles en tamaños pequeños con núcleos y bobinas móviles (inter-
cambiables), son restringidos por un mecanismo amortiguador de
aceite.

4. Disparo Instantáneo.-

El retardo de tiempo en un interruptor de caja moldeada es proporcionado por disparo electromagnético el cual actúa abriendo el interruptor sin retardo intencional cuando la corriente alcanza un valor predeterminado.

El disparo instantáneo en cada polo actúa directamente sobre el disparador común, lo que hace que el disparo sea en todos los polos simultáneamente. El ajuste frontal del disparo instantáneo marcado es suministrado en los interruptores de tamaños más grandes.

5. Curvas Características de Operación.

Las curvas características de un interruptor con retardo de tiempo dan una idea de su operación; las cuales están basadas en el principio de tiempo inverso. Este principio hace que cuando exista sobrecargas de gran magnitud, el tiempo de operación del interruptor para abrir el circuito sea corto.

La posición superior e inferior de cada curva indica el tiempo requerido por el interruptor para disparar debido a las sobrecargas. Las líneas curvas superiores, y las líneas verticales indican el espacio en el que el interruptor se dispara instantáneamente debido a grandes sobrecargas o corrientes de corto-circuito.

La zona inferior a la primera curva indica (figura # 40) la zona en la cual no dispara el interruptor; las dos curvas características son las calibraciones máximas y mínimas entre las que se puede hacer disparar el interruptor; estas curvas límites proporcionan los fabricantes para cada tipo y tamaño y están dentro de las regulaciones respectivas.

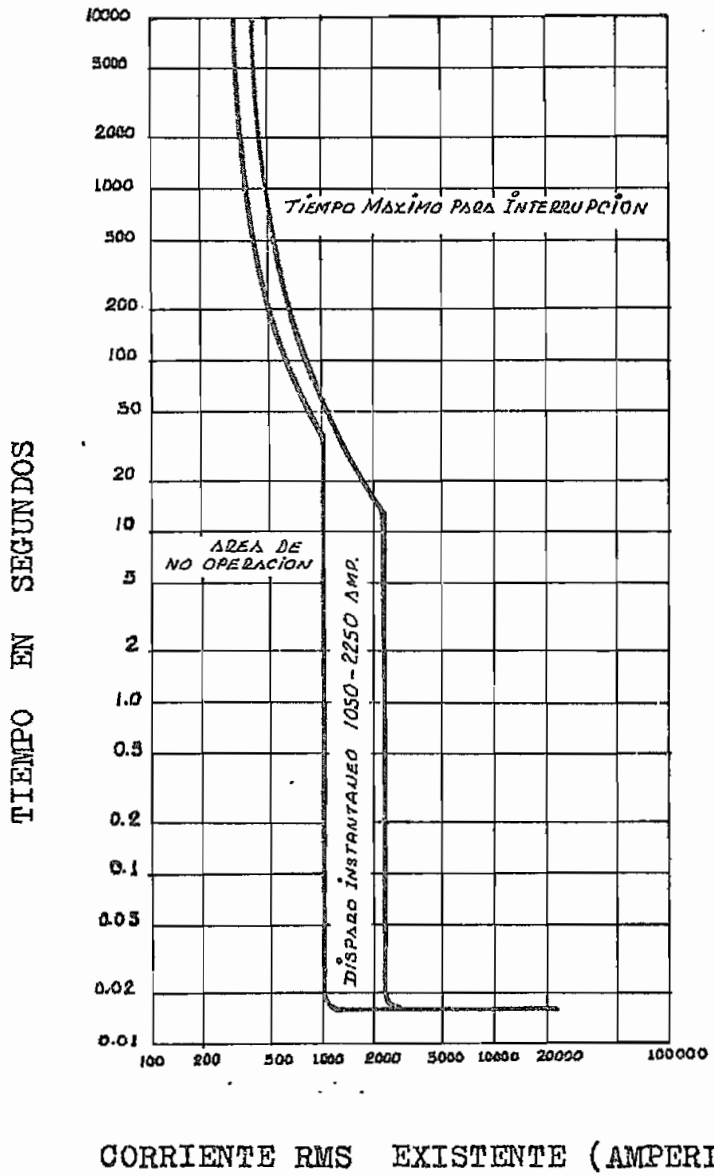


Figura # 40

Curva característica tiempo-corriente para un interruptor de 300 amperios, 600 voltios, 60 Hz, 40°C de temperatura ambiente.

Los interruptores de caja moldeada son distintos a los interruptores de potencia para bajo voltaje en que no hay ajuste del campo semejante a un retardo de tiempo. Este es un ajuste más extenso de el disparo instantáneo en grandes tamaños de interruptores de caja moldeada.

6. Compensación de temperatura ambiente.--

Los interruptores de caja moldeada están disponibles con y sin compensación de temperatura ambiente.

- a.- Interruptores termomagnéticos sin compensación de temperatura ambiente incluido para compensar los factores de cambios de temperatura para los conductores y ajustar el cierre paralelamente.
- b.- Interruptores con compensación ambiental tienen las mismas características de disparo cuando se emplea con o sin caja.

7. Tipo de Carga.--

Los interruptores de caja moldeada son usualmente montados en cajas metálicas, donde los interruptores son calibrados individualmente sin las cajas, como es establecido por la Underwrites Laboratories, la capacidad continua de corriente del interruptor debería corregirse para las más altas temperaturas sin caja a menos que el interruptor esté compensado ambientalmente.

Para satisfacer los requerimientos del NEC, la carga continua no excedería el 80% de la capacidad de corriente del interruptor para la mayoría de cajas; a menos que el interruptor esté siendo aprovechado en el 100% de carga continua en su caja. Cuando algunos interruptores pequeños son agrupados y colocados en un sitio no muy ventilado como en cajas de paneles el circuito cargado no debería exceder del 70% de la capacidad del interruptor.

8. Tipo de Ambiente.-

La presencia excesiva de polvo, humedad, partículas conductivas, aceite, gases corrosivos, o atmósferas peligrosas requieren la utilización de cajas convenientes para este tipo de atmósferas, con el material adecuado.

9. Interruptores de Caja Moldeada con Fusibles Incorporados

Los interruptores tienen integrados fusibles limitadores de corriente, (ver: 2.3.4.); con una capacidad de interrupción de 100.000 y 200.000 amperios r.m.s. simétricos y una capacidad continua de corriente desde 15 a 200 amperios, y están disponibles para aplicaciones en sistemas con capacidad de voltaje hasta los 600 voltios de corriente alterna o 250 voltios de corriente continua unicamente.

Los interruptores con fusibles integrados combinan su funcionamiento con los fusibles limitadores y actúan como si fuesen un solo aparato.

Cada interruptor con fusible está compuesto con un fusible limitador de corriente, con una caja de plugs cambiabile rápidamente en el interior del interruptor. Un elemento de enlace asegura la operación de apertura automáticamente de los contactos del interruptor previo a la renovación de su caja.

En algunos casos se tiene un disparador conectado con los fusibles limitadores de corriente de tal manera que cuando opere el fusible, actúe también un disparador común abriendo todos los polos simultáneamente en el interruptor, lo que provee que se trabaje con una fase menos, en otros casos en cambio la corriente a la cual se funde el fusible dispararía también el interruptor por medio del disparador instantáneo.

Los fusibles y el interruptor proveen coordinación - para proteger contra sobre-corrientes y condiciones de falla - hasta sus capacidades de interrupción.

Las sobrecorrientes y las magnitudes bajas de co - rrientes de falla son eliminados por el disparo termomagnético del aparato, las corrientes de corto-circuito arriba de los valores predeterminados para el interruptor, son despejados por los fusibles limitadores de corriente.

En valores de corriente de corto-circuito menores - que los valores predeterminados (esperados), los fusibles limitadores de corriente no son afectados y el cambio de fusibles - se reduce al mínimo.

Las curvas características del interruptor y la de los fusibles son proporcionadas por los constructores para cada tipo y tamaño, en las cuales se aprecia la zona protegida - y el tiempo de disparo y la zona de no operación.

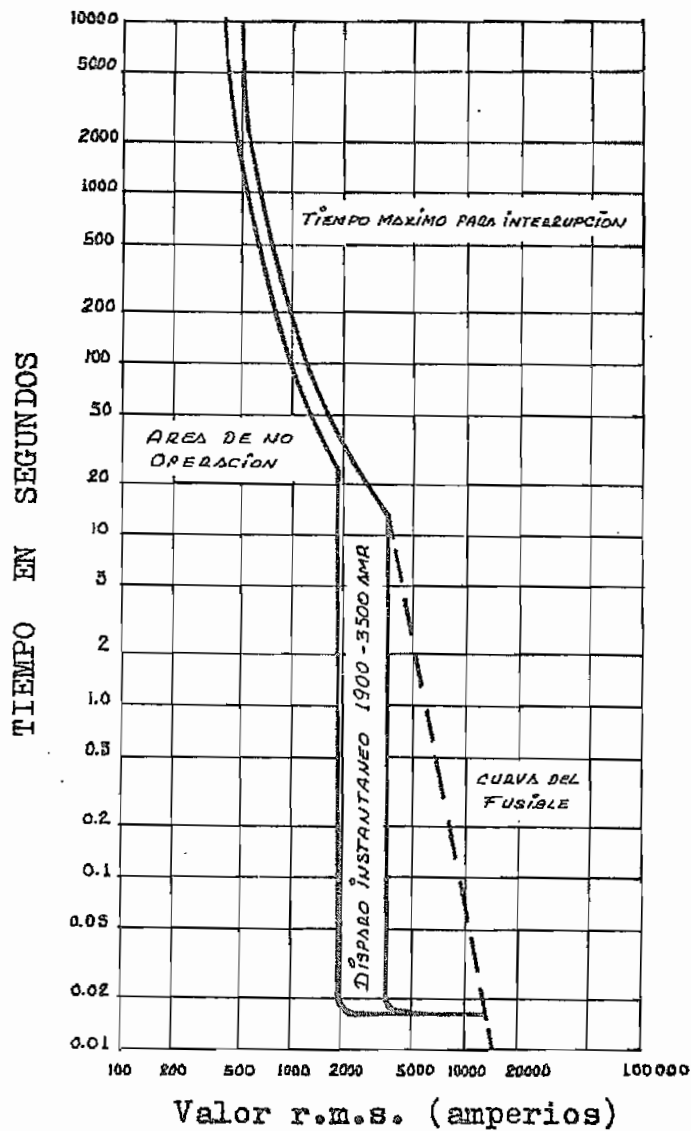


Figura # 41

Curvas características tiempo - corriente
para un interruptor tripolar de:

400 amperios; 60 ciclos

600 voltios ; 40°C. de temperatura
ambiente.

la curva del fusible a que valor corresponde.

10. Requerimientos de los Interruptores de Caja Moldeada.

Los interruptores de caja moldeada deben cumplir los siguientes requisitos, los mismos que son impuestos por las normas respectivas (Underwrites Laboratories).

1. El mecanismo de disparo debe ser sellado para evitar alteraciones.
2. La operación del mecanismo deberá disparar independientemente del mango de sobrecarga.
3. El interruptor puede disparar a 135% y 200 % de la capacidad de corriente que es capaz de transportar sin tiempo definido, especificado de acuerdo a su tamaño.
4. Este deberá pasar un 600 % de la capacidad de interrupción de corriente probado a 50 operaciones, a una capacidad o valor de voltaje previo a un examen de calentamiento.
5. En interruptores de capacidad de 50 amperios y menos y para 125 o 125/250 voltios o menos se requieren cerrar, 4 (cuatro) veces con una carga de lámparas de tungsteno igual a la capacidad del interruptor, a intervalos de 2 minutos sin que sus contactos lleguen a fundirse.
6. El interruptor es capaz de llevar el 100% de capacidad de carga sin exceder los límites de temperatura especificados en el punto (4).
7. El interruptor debe resistir y pasar la prueba de valor de voltaje.
8. Después de satisfacer la prueba (7), el interruptor pasa a recalibración, probados para 135% y 200% de su capacidad.
9. La siguiente prueba a pasar es la de corto-circuito, y consiste de 2(dos) operaciones por polo, más una operación con todos los polos.

10. Después de la prueba de corto-circuito el interruptor - pasa a la prueba de recalibración.
11. Después de completar todas estas pruebas, el interruptor - pasa a la prueba de aislamiento, consistiendo en 1.000 - voltios, más dos veces la capacidad de voltaje entre - las partes vivas y tierra, entre polos con el interrup- tor cerrado, y entre la línea y la carga con el dispara- dor abierto.

Cuando se satisface todas estas pruebas el interrup- tor puede salir al mercado para su empleo como elemento protec- tor.

(20) pag. 60

2.4.1.2. Interruptores de Potencia en Bajo Voltaje. (20)

Los interruptores de potencia en bajo voltaje son switches de trabajo pesado teniendo integrados aparatos de protección.

La construcción se hace en cualquiera de estos dos tipos: 2 polos o 3 polos.

El interruptor de 2 (dos) polos es construido de forma semejante al de 3 (tres) polos con la única diferencia que en el de 2 polos se elimina el polo del centro del interruptor tripolar.

1. Operación del mecanismo de

disparo independiente.- Este mecanismo es generalmente del tipo de energía almacenada, la cual provee una operación positiva de rápida apertura. La energía almacenada es suministrada de un resorte por intermedio de un cargador manual o cargada por un motor eléctrico. El mecanismo de disparo es arreglado así que los contactos no se pueden mantener cerrados, ganando impulso al disparo.

Para operación manual del interruptor, el resorte es cargado por medio de una manibela. Los contactos no se mueven hasta que el resorte esté cargado completamente, tiempo en el cual la energía que está almacenada en el resorte es desenganchada por la acción de una leva, para empujar los contactos hasta la posición de cerrado. La rapidez en el cierre de los contactos es independiente en forma total de el operador. El resorte cerraría y aseguraría al interruptor contra una corriente sin su capacidad.

Para interruptores operados eléctricamente, la energía almacenada en el resorte es realizada por medio de un mo-

tor de potencia fraccionaria, a través de una reducción de ve locidad apropiada de sus engranajes.

El control de potencia requerido por este mecanismo es unicamente una fracción del que se requiere para el meca - nismo de la bobina. Un relé es utilizado para soltar el cerro jo cuando el interruptor es cerrado.

2.- Aparato de disparo en Sobrecorrientes.-

Los aparatos de -- disparo por sobrecorriente para interruptores de potencia en bajo voltaje están disponibles en varias combinaciones neces arias, y con un rango (valor) amplio de calibración incluyendo el largo retardo de tiempo, corto retardo de tiempo y disparo instantáneo.

Para propósitos generales, aplicaciones no seleccio nadas son utilizados el largo retardo de tiempo y el disparo - instantáneo. Para algunas aplicaciones seleccionadas se utili za elementos con largo retardo de tiempo y corto retardo de - tiempo, pero el disparo instantáneo también debe ser utiliza do para propósitos especiales.

La figura # 42 indica las características tiempo-co rriente para un disparo seleccionado en su aplicación.

3. Disparo Instantáneo de Acción Directa.-

Este aparato consig te de láminas de hierro electromagnéticas y un eje de la arma dura la cual coopera con su cometido, o mejor dicho los meca - nismos de disparo de acción directa están montados directamen te en el interruptor y se asocian con el disparo por acción - mecánica directa en respuesta a la magnitud de la corriente - en el circuito.

La escala de calibración indica la corriente estimada para dispararse el interruptor. El elemento electromagnético es energizado por el flujo de la corriente existente en el circuito al cual está protegiendo el interruptor. Si el valor de la corriente excede el valor correspondiente al calibrado de la armadura, la armadura se verá forzada a atraer muchas veces el entrehierro. Pero antes de que se dispare el interruptor transcurre un "retardo" de tiempo intencional.

Para cuando se desea protección contra corrientes de corto-circuito el elemento para disparo instantáneo está calibrado en valores de 400 a 1.000 % de la capacidad continua de corriente de la bobina de sobrecorriente.

4. Disparo de Corto-Retardo de tiempo.-

La construcción y operación del elemento de corto retardo de tiempo es el mismo principio del elemento de disparo instantáneo con la adición de un aparato de regulación medido en ciclos. La armadura tiene arreglado un entrehierro con un resorte en tensión para calibración mínima de lo que se obtiene 3 (tres) distintas bandas de tiempo estandarizadas así:

- mínimo;
- intermedio; y
- máximo.

El rango de calibración va desde el 400 a 1.000% de la capacidad continua de corriente de la bobina de sobrecorriente. Figura # 43.

5. Disparo de largo Retardo de tiempo.-

La construcción y operación del elemento de disparo de largo retardo de tiempo es el mismo que el aparato de disparo instantáneo con la adición

de un aparato de regulación con medida de tiempo para el largo retardo de tiempo.

La armadura tiene un entrehierro con una espiral en tensión para ser calibrada hasta un punto mínimo.

El retardo de tiempo en el aparato consiste en un amortiguador llenado con aceite, en el cual, el aceite puede ser desplazado de un lado a otro por un pistón antes de que el disparo tenga lugar; también se utiliza el pistón en aire. Este es un aparato de reposición rápida. El valor de calibración es del 80 % a 160 % de la capacidad continua de corriente de la bobina. Otros valores de calibración son suministrados desde los fabricantes.

6. Capacidades Estandarizadas.-

La tabla # 26 indica las capacidades estandarizadas de interruptores de potencia en bajo voltaje con aparatos de disparo instantáneo en sobrecorrientes.

La tabla # 27 indica así mismo capacidades de interruptores de potencia en bajo voltaje sin aparatos de disparo instantáneo de las tablas anteriores podemos notar que las capacidades de corriente de corto-circuito para interruptores con aparato de disparo instantáneo de sobrecorrientes en muchos casos mayor que los interruptores sin disparo instantáneo.

CAPACIDADES DE INTERRUPTORES DE CAJA MOLDEADA EN AMPERIOS

TAMAÑO AMP.	CAPACIDAD AMP.	UN POLO-CORRIENTE ALTERNA				2-3 POLOS C.A.		2-3 POLOS, CORRIENTE ALTERNA 600 v.a.c.					
		120 V.		277 V.		120/240 V. 240 V.		240 V.		480 V.		600 V.	
		Sym	Asym.	Sym	Asym.	Sym	Asym.	Sym	Asym	Sym	Asym	Sym	Asym.
100	0-100	5000	5000	—	—	5000	5000	—	—	—	—	—	—
100	0-100	7500	7500	10 000	10 000	7500	7500	18 000	20 000	14 000	15 000	14 000	15 000
100	0-100	—	—	—	—	—	—	65 000	75 000	25 000	30 000	18 000	20 000
100	0-100	—	—	—	—	—	—	100 000	—	100 000	—	100 000	—
200	125-200	—	—	—	—	10 000	10 000	—	—	—	—	—	—
225	125-225	—	—	—	—	10 000	10 000	—	—	—	—	—	—
225	70-225	—	—	—	—	—	—	22 000	25 000	18 000	20 000	14 000	15 000
225	70-225	—	—	—	—	—	—	25 000	30 000	22 000	25 000	22 000	25 000
225	70-225	—	—	—	—	—	—	65 000	75 000	35 000	40 000	25 000	30 000
225	70-225	—	—	—	—	—	—	100 000	—	100 000	—	100 000	—
400	200-400	—	—	—	—	—	—	35 000	40 000	25 000	30 000	22 000	25 000
400	200-400	—	—	—	—	—	—	65 000	75 000	35 000	40 000	25 000	30 000
400	200-400	—	—	—	—	—	—	100 000	—	100 000	—	100 000	—
600	300-600	—	—	—	—	—	—	42 000	50 000	30 000	35 000	22 000	25 000
600	300-600	—	—	—	—	—	—	100 000	—	100 000	—	100 000	—
800	300-800	—	—	—	—	—	—	42 000	50 000	30 000	35 000	22 000	25 000
800	300-800	—	—	—	—	—	—	65 000	75 000	35 000	40 000	25 000	30 000
800	600-800	—	—	—	—	—	—	100 000	—	100 000	—	100 000	—
1000	600-1000	—	—	—	—	—	—	42 000	50 000	30 000	35 000	22 000	25 000
1200	700-1200	—	—	—	—	—	—	42 000	50 000	30 000	35 000	22 000	25 000

CAPACIDADES DE INTERRUPTORES DE POTENCIA EN BAJO VOLTAJE CON DISPARO INSTANTANEO

VOLTAJE VOLTIOS	VOLT. MAXIMO VOLTIOS.	AISLANTE VOLTIOS	CORRIENTE CC. TRIFASICA AMP. SIMETRICOS	TAMAÑO AMPERIOS	CAPACIDAD DE CORRIENTE AMPERIOS.
600	635	2200	14000	225	40 - 225
600	635	2200	22000	600	40 - 600
600	635	2200	42000	1600	200 - 1600
600	635	2200	42000	2000	200 - 2000
600	635	2200	65000	3000	2000 - 3000
600	635	2200	85000	4000	4000
480	508	2200	22000	225	40 - 225
480	508	2200	30000	600	100 - 600
480	508	2200	50000	1600	400 - 1600
480	508	2200	50000	2000	400 - 2000
480	508	2200	65000	3000	2000 - 3000
480	508	2200	85000	4000	4000
240	254	2200	25000	225	40 - 225
240	254	2200	42000	600	150 - 600
240	254	2200	65000	1600	600 - 1600
240	254	2200	65000	2000	600 - 2000
240	254	2200	85000	3000	2000 - 3000
240	254	2200	130000	4000	4000

CAPACIDADES DE INTERRUPTORES DE POTENCIA EN BAJO VOLTAJE SIN DISPARO INSTANTANEO

VOLTAJE VOLTIOS	VOLTAJE VOLTIOS	AISLANTE VOLTIOS	CORTOCIRCUITO TRIFASICO AMP. SIMETR.	TAMAÑO AMPERIOS	CAPACIDAD DE CORRIENTE TIEMPO DE BANDA MINIMA	DE LOS APARATOS TIEMPO DE BANDA INTERM.	EN AMPERIOS TIEMPO DE BANDA MAX.
600	635	2200	14000	225	100 - 225	125 - 225	150 - 225
600	635	2200	22000	600	175 - 600	200 - 600	250 - 600
600	635	2200	42000	1600	350 - 1600	400 - 1600	500 - 1600
600	635	2200	42000	2000	350 - 2000	400 - 2000	400 - 2000
600	635	2200	65000	3000	2000 - 3000	2000 - 3000	2000 - 3000
600	635	2200	85000	4000	4000	4000	4000
480	508	2200	14000	225	100 - 225	125 - 225	150 - 225
480	508	2200	22000	600	175 - 600	200 - 600	250 - 600
480	508	2200	42000	1600	350 - 1600	400 - 1600	500 - 1600
480	508	2200	50000	2000	350 - 2000	400 - 2000	500 - 2000
480	508	2200	65000	3000	2000 - 3000	2000 - 3000	2000 - 3000
480	508	2200	85000	4000	4000	4000	4000
240	254	2200	14000	225	100 - 225	125 - 225	150 - 225
240	254	2200	22000	600	175 - 600	200 - 600	250 - 600
240	254	2200	42000	1600	350 - 1600	400 - 1600	500 - 1600
240	254	2200	50000	2000	350 - 2000	400 - 2000	500 - 2000
240	254	2200	65000	3000	2000 - 3000	2000 - 3000	2000 - 3000
240	254	2200	85000	4000	4000	4000	4000

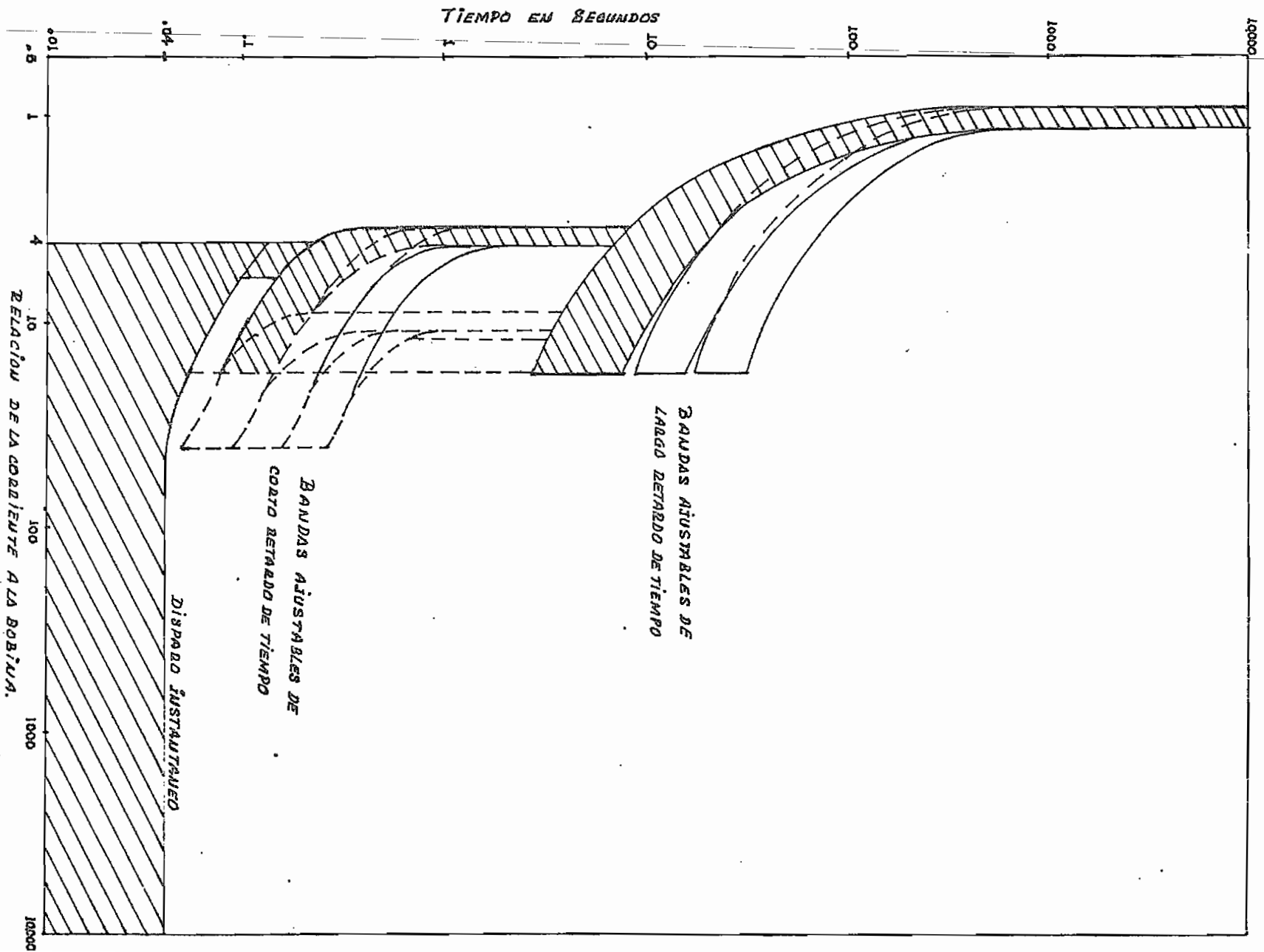


Figura # 42 (a)

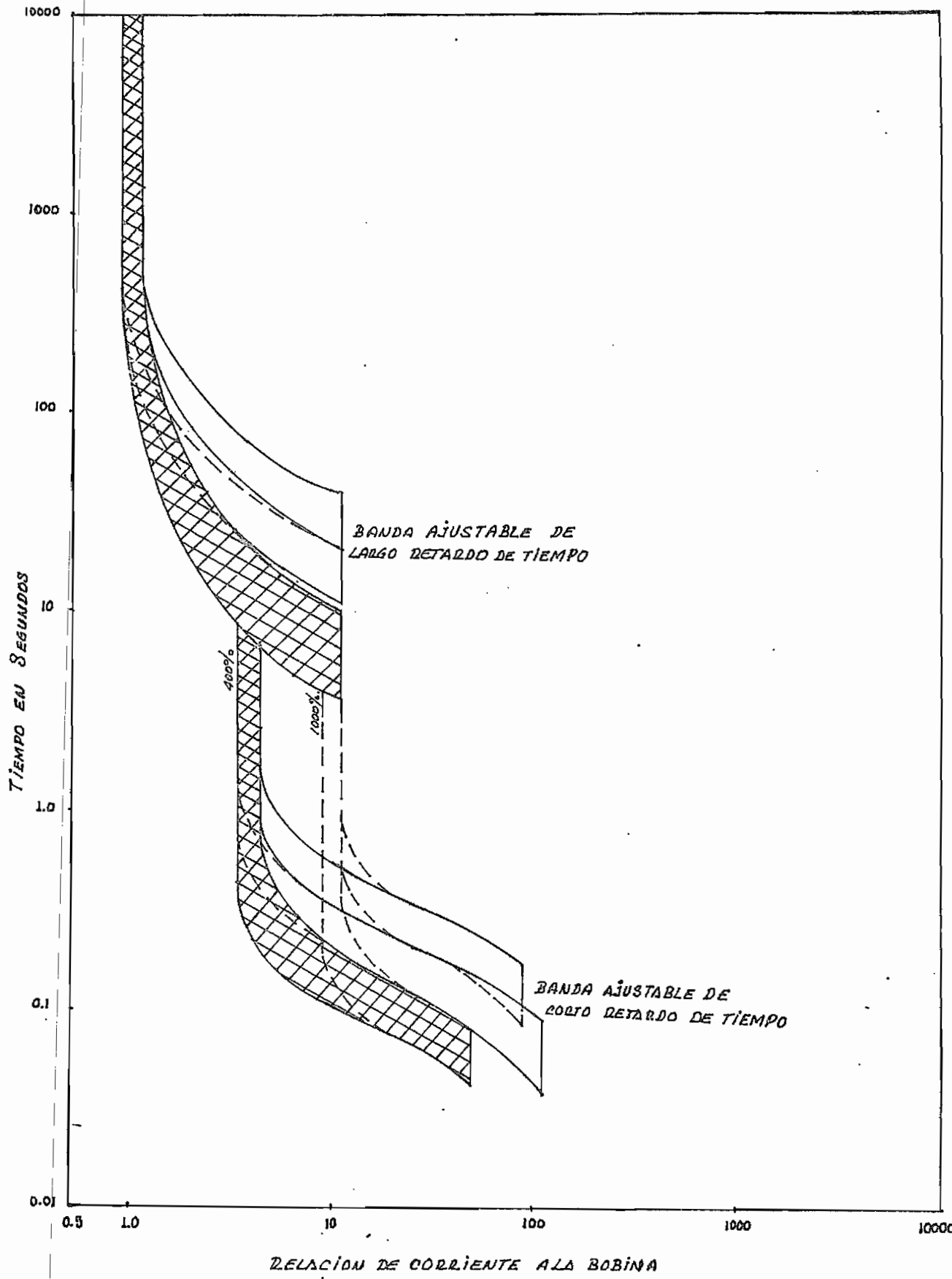


Figura # 42 (b)

7. Interruptor con fusibles incorporados.-

Este aparato consiste en un solo aparato compacto - en el cual se combinan las características del interruptor de potencia en bajo voltaje y la de los fusibles limitadores de corriente.

El interruptor brinda rapidez en su funcionamiento de retardo y disparo instantáneo según se lo haya calibrado - para brindar protección contra una determinada corriente de falla. Los fusibles están seleccionados de manera que no operan con corrientes menores a su valor designado a limitar y que pueda ser de hasta los 200.000 amperios.

Aparatos contra pérdida de fase son incorporados - en todo interruptor con fusibles incorporados, lo que consiste en el disparo de las bobinas por medio de un gatillo conectado en paralelo con cada uno de los fusibles limitadores de corriente, que opera cuando se funde un fusible, evitando de esta manera funcione el sistema con pérdidas de fase.

8.-Aparatos de disparo con Elementos de Estado Sólido.

Los aparatos de disparo con elementos de estado sólido, reciben la señal de corriente para su funcionamiento - desde transformadores, comunmente llamados sensores de corriente.

Uno o más de estos sensores de corriente son montados en cada polo del circuito interruptor y suministran una señal de voltaje a los relés del aparato de disparo con elementos de estado sólido, esta señal es proporcional a la corriente que circula por el interruptor.

La potencia al disparador es también proporcionada por los sensores de corriente.

Las componentes de estado sólido son arregladas para detectar condiciones de sobrecorriente y mandar una señal de disparo al circuito interruptor de un valor un tanto menor al seleccionado de tiempo-corriente.

Los elementos de estado sólido suministran características de disparo de largo retardo, corto retardo, e instantáneo o varias combinaciones de estas características, Fig. # 44.

Ambos, la corriente mínima de disparo y el disparo con retardo de tiempo son ajustados para el largo retardo de tiempo y corto retardo de tiempo al disparo, la corriente mínima de disparo es ajustable para el disparo instantáneo.

Algunos aparatos de disparo de elementos sólidos brindan medidas para la protección de fallas a tierra juntamente con aparatos de protección de sobrecorriente de fase.

En aquellas aplicaciones en que el circuito tenga cuatro conductores, transformadores de corriente externa se requieren para protección de fallas a tierra.

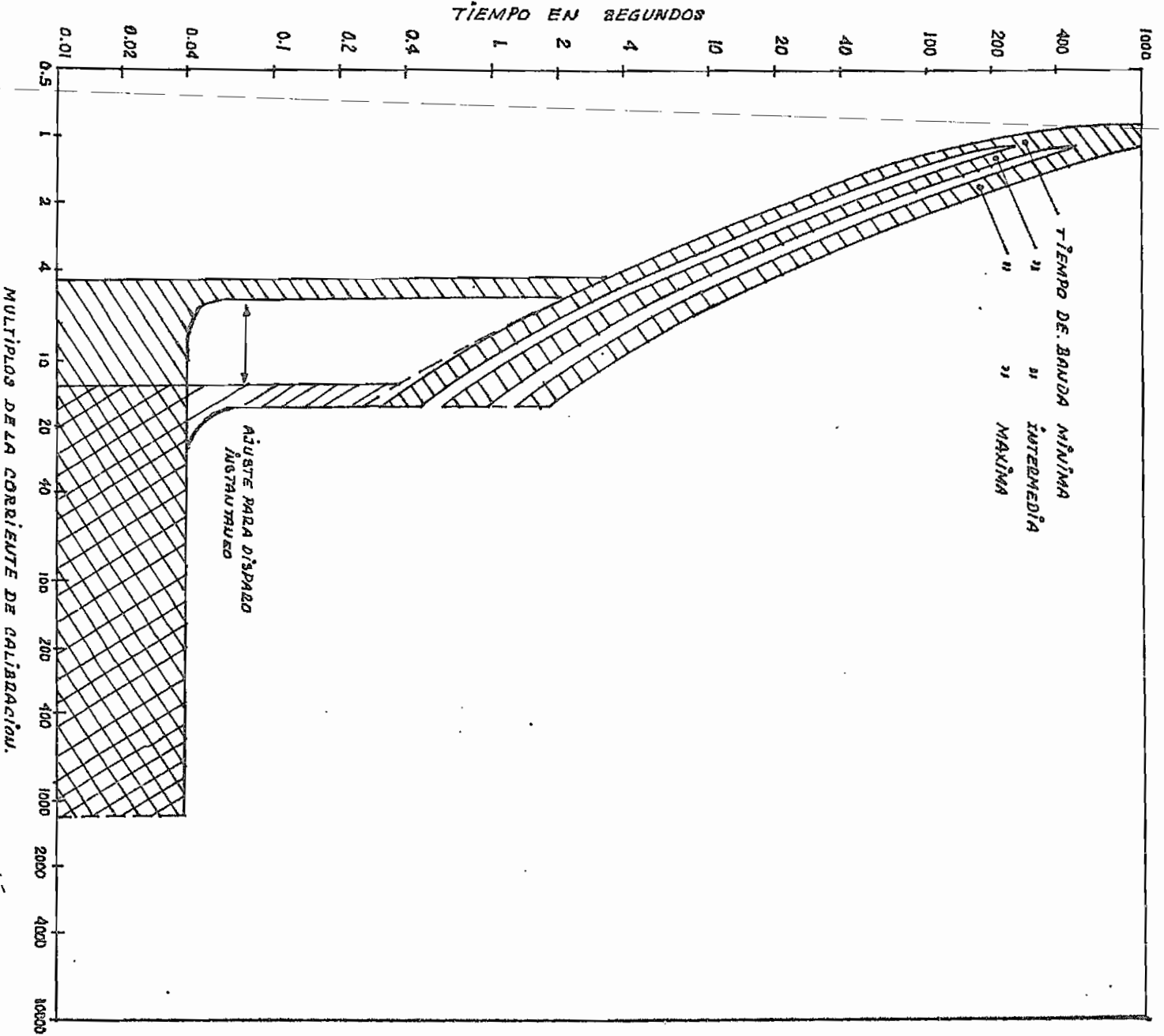


Figura # 43

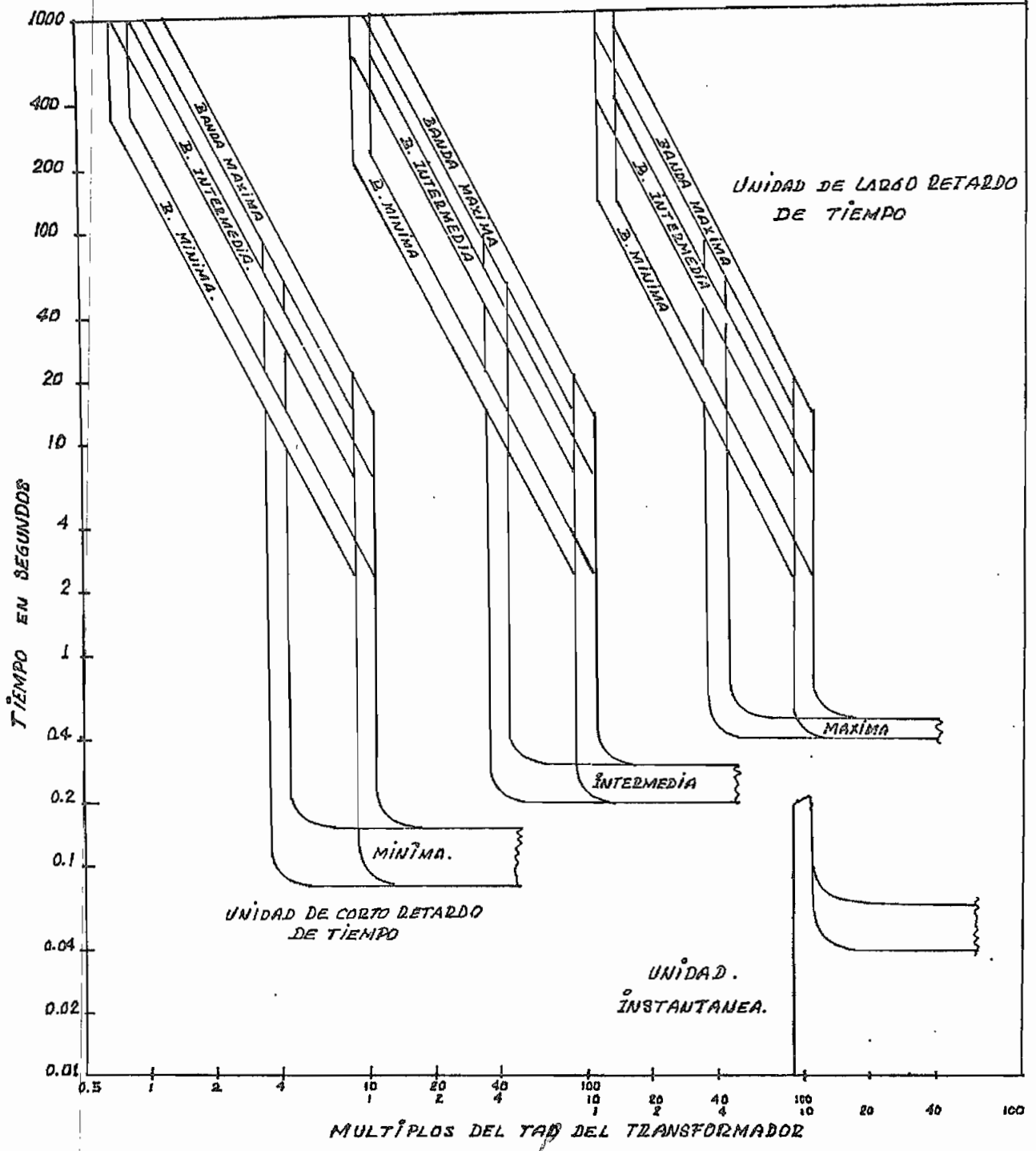


Figura # 44

2.4.2. Interruptores del Tipo Europeo Hasta 600 voltios o Menos. (8).

Los interruptores son clasificados de acuerdo a varios puntos de vista (fijaciones) fijamente dadas (VDE. 0660/4.62) haciendo distinción por su funcionamiento.

El tipo de interruptor que para nuestro estudio nos interesa son los interruptores para motores, e interruptores de potencia.

Los interruptores para motores con poder de conexión nominal y de ruptura nominal corresponden a las reglas para carga en corto-circuito (VDE 0660 / 4.62, art.62).

1. Interruptores para motores.-

Llamados guardamotor, o contactores con disparadores térmicos de sobreintensidad, desconectan en todos los polos, incluso cuando existen anomalías en una fase. Con elevado poder de ruptura, tienen disparadores de corto-circuito y son entonces interruptores de potencia para protección de motores.

2. Interruptores de Trinquete.-

Para la protección de motores con capacidad de 500 voltios, hasta 16 amperios; tienen desenganche térmico de sobreintensidad, trinquete por pestillo acodado con desenganche libre y accionamiento por botones de presión; se fabrican con placa frontal de fundición para poder empotrar.

3. Interruptores de Potencia.-

Los interruptores de potencia son aparatos de maniobra con capacidad de ruptura de corto-circuito (poder de ruptura nominal según VDE 0660). Por esta razón tienen disparadores electromagnéticos de so -

breintensidad (disparadores de corto-circuito) y de desenganche libre mecánico; equipado con distintos desenganches adicionales según sea el uso previsto, son entonces interruptores de protección para motores, transformadores, generadores o para líneas eléctricas.

Para proceder a su elección se parte de la corriente nominal de ruptura del interruptor, el cual tiene que corresponder a la máxima corriente de corto-circuito que puede presentarse en el lugar de emplazamiento.

Algunos interruptores poseen escalas para ajustes tanto para los disparadores magnéticos como para los térmicos, accesibles desde afuera.

La tabla # 28 indica las capacidades de interruptores en bajo voltaje.

(8) pag. 216

CAPACIDAD DE INTERRUPTORES DE BAJO VOLTAJE											
CORRIENTE NOMINAL DEL INTERRUPTOR AMP.	CORRIENTE TRIFASICA (K.A.)							CORRIENTE CONTINUA.			
	Nº POLOS	220/380 V.		500 V.		1000 V.		Nº POLOS	220 V. KA	440 V. KA	600 V. KA
		cos ϕ 0.6-1	cos ϕ 0.4	cos ϕ 0.6-1	cos ϕ 0.4	cos ϕ 0.6-1	cos ϕ 0.4				
16	3	10/5	—	2.5	—	—	—	3 ^{1x}	10	—	—
32	3	5	—	2.5	—	—	—	3 ^{1x}	5	—	—
63	3	5	—	5	—	—	—	3 ^{1x}	5	5	5
100	3	6	—	6	—	—	—	3 ^{1x}	6	6	6
150	3	10	—	10	—	—	—	3 ^{1x}	10	10	10
200	3	—	25	—	25(100)	—	—	3 ^{1x}	25	25	25
400	3	25	25	25	25(80)	—	—	3 ^{1x}	25	25(100)	25
630	3	33	26	33	26(80)	25	20	2	50	40(100)	30
1000	3	33	26	33	26(100)	25	20	2	50	40(100)	30
1400	3	33	26	33	26(100)	25	20	2	50	40(100)	30
2000-8000	3	80	60	60	48(100)	45	35	2	80	60(100)	45

1x... DOS POLOS CONECTADOS EN SERIE.

2... LOS VALORES ENTRE PARENTESIS RIGEN PARA INTERRUPTORES LIMITADORES DE ENERGIA.

Los interruptores de potencia para protección de - motores de 16 y 32 amperios a 500 voltios, a 220 voltios, no poseen fusibles incorporados, tienen alta capacidad de interrupción.

Interruptores con capacidad de 63 a 400 amperios,- para 500 a 600 voltios, a 220 voltios, no poseen fusibles incorporados, tienen alta capacidad de interrupción.

Interruptores con capacidad de 63 a 400 amperios,- para 500 - 600 voltios, poseen adicionalmente fusibles incorporados de cinta extintora.

2. 5. R E L E S

Una de las dificultades en el estudio de las protecciones es la gran variedad de relés, puesto que éstos se fabrican con diferentes características para cumplir con los requerimientos especiales derivados de los diversos problemas que pueden aparecer en la protección de un sistema, los relés en bajo voltaje utilizan los mismos principios que los utilizados en alta tensión, por lo tanto no se profundizará en sus detalles.

Básicamente para nuestro estudio podemos decir que en la industria podemos tener dos tipos de relés, esto por la aplicación que se da a estos elementos, así, para protección de motores industriales y para equipo más pesado; el funcionamiento tanto para los de tipo Americano como para el tipo Europeo es el mismo en sus principios; cuando se trate la aplicación de relés en motores se anotarán sus diferencias más generales.

2.5.1. Relés de Sobrecarga. (10)

El relé de sobrecarga es el más importante en todo sistema industrial donde se tenga motores y para el presente estudio es importante conocer su funcionamiento.

El relé de sobrecarga es el corazón de la protección del motor, como el fusible de elemento doble (fusible con retardo de tiempo), el relé de sobrecarga tiene características de tiempo inverso en el disparo o apertura; permitiendo mantener la conducción durante el período de arranque, pero dando protección a las pequeñas sobrecargas cuando el motor esté funcionando.

121

(12) Contrariamente al fusible, éste puede repetir su operación de apertura por varias veces, más no así los fusibles; se debe anotar en cambio que éstos no brindan protección contra corto-circuitos, como sí lo hacen los interruptores.

1. Funcionamiento.-

Consiste en una unidad sensible a la corriente conectada en la línea al motor, más un mecanismo que actúa por medio de la unidad, que sirve para directa o indirectamente interrumpir el circuito.

Por ejemplo en un arrancador manual dispara una especie de aldaba mecánica que hace que el arrancador abra sus contactos y desconecte el motor de la línea.

En los arrancadores magnéticos una sobrecarga abre un juego de contactos que se encuentran en el mismo relé de sobrecarga, estos contactos son alambrados (conectados) en serie con la bobina del arrancador en el circuito de control del arrancador magnético, al abrirse el circuito de la bobina hace que los contactos del arrancador se abran desconectando así el motor de la línea.

2. Clasificación.-

Pueden ser clasificados así:

1. Relé térmico de sobrecarga.
2. Relé magnético.

Los relés de sobrecarga magnéticos reaccionan únicamente a los excesos de corriente y no son afectados por la temperatura.

En los relés térmicos de sobrecarga la operación depende de la elevación de temperatura causada durante la sobrecarga por la corriente circulante.

2.5.2. Relés de Sobrecorriente. (2)

1. Principios.-

Los relés utilizados en la industria son básicamente de tres tipos:

- Atracción electromagnética
- Tipo inducción
- Relés electrónicos de estado sólido.

Se debe anotar que los relés electrónicos de estado sólido se están introduciendo en la industria como una gran ventaja en lo que a protección se refiere; sus características son por lo general comparables a los relés del tipo inducción, pero con mayor selectividad de protección y por su extraordinaria rapidez.

El relé de atracción electromagnética utiliza el principio de atracción por bobina; los elementos básicos de este relé son: la bobina y el émbolo magnetizado; o de una armadura articulada que es atraída por un electroimán.

Cuando el circuito es energizado con corriente de valor mínimo de funcionamiento, la bobina atrae al émbolo magnetizado hasta la posición en la cual sus contactos se cierran dando una señal para el disparo.

La calibración del tornillo es necesaria para ajustar la posición inicial del émbolo magnetizado; un rango común de calibración en los relés de este tipo es de 1: 4.

2. Relés de Sobrecorriente tipo Inducción con Retardo de Tiempo.- (2).

El relé con retardo de tiempo más comunmente utilizado para protección de un sistema utiliza el principio del disco de inducción; cuyo principio es también utilizado en los contadores de energía, y cuanso se aplica a la construcción de relés, éstos poseen algunas características variadas de tiempo; dependiendo, sus diferencias del diseño eléctrico y mecánico; sus características son de tiempo inverso.

El disco es laminado y empotrado, montado sobre un eje giratorio, el movimiento de los contactos es asegurado a un eje. El torque de operación en el disco es producido electromagnéticamente.

El amortiguamiento magnético produce sujeción (frenado) después que el disco ha comenzado a moverse, esto es lo que brinda la característica de tiempo deseado.

La escala de tiempo indica la posición inicial del movimiento del contacto cuando el relé es desenergizado, su calibración controla el tiempo necesario que el relé se demora en cerrar sus contactos, los relés construidos con este principio tienen características de tiempo inversas, esto controla "Media" la operación de los relés, lentamente con valores bajos de sobrecorriente, pero cuando la corriente se incrementa el tiempo de operación decrece, limitándose de esta manera la rapidez a la cual el disco puede recorrer.

Si la corriente continúa incrementándose, la curva de tiempo del relé tendería a alcanzar un valor constante. Diferentes curvas tiempo corriente de los relés pueden ser obtenidas por modificaciones mínimas del diseño electromagnético.

3. Accesorios de disparo Instantáneo.- (2)

El relé del tipo inducción es generalmente suministrado con un elemento instantáneo del tipo-disco operado con corriente alterna auxiliar, este elemento es suministrado con un rango de calibración ajustable de 1:4 y este es ajustado para grandes corrientes las cuales operarían el elemento con un retardo de tiempo. Los contactos de este elemento son conectados en paralelo con los contactos de el elemento de retardo de tiempo, o éstos son conectados a terminales separados.

4. Relés de Sobrecorriente de Estado Sólido.--(2)

La mayoría de los relés nuevos están utilizando la tecnología de elementos de estado sólido. Las características tiempo-corriente son obtenidas a través de circuitos de tiempo R.C., las curvas características de tiempo-corriente y los taps de calibración son similares a los relés del tipo inducción; los relés de sobrecorriente de estado sólido tienen las mismas aplicaciones como los relés de inducción y son particularmente empleados donde se posee severas condiciones de medio ambiente, o donde se requiere un dispositivo de reposición rápido (veloz).

5. Tipos de Relés de Sobrecorriente y sus curvas Características.(2).

Los relés de sobrecorriente están generalmente disponibles en las siguientes capacidades de corriente.

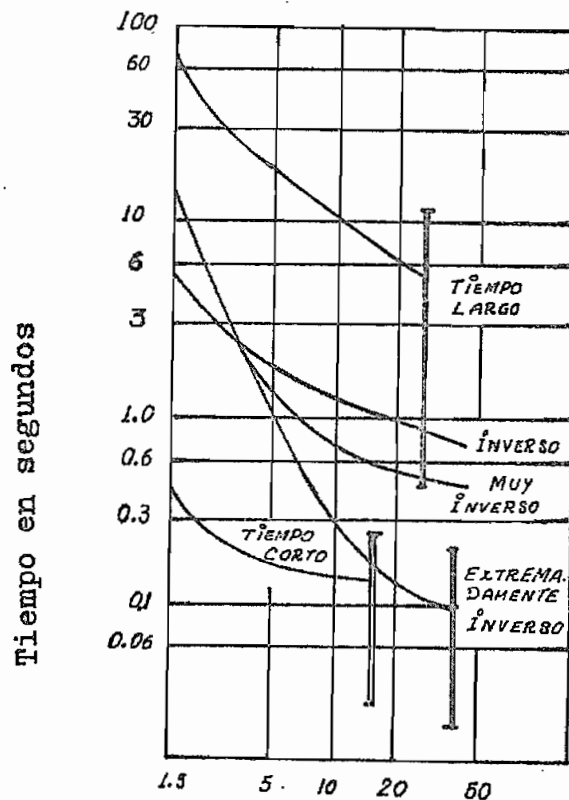
CLASE	TAPS
0.5 - 2.5 (o 0.5 - 2)	0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 2.5
1.5 - 6 (o 2 - 6)	1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6
4 -16 (o 4 -12)	4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 16

Nota: Algunos modelos tienen rangos extensos.

Los relés pueden ser especificados a tener un simple o doble circuito de contactos de cierre para disparar uno o dos interruptores.

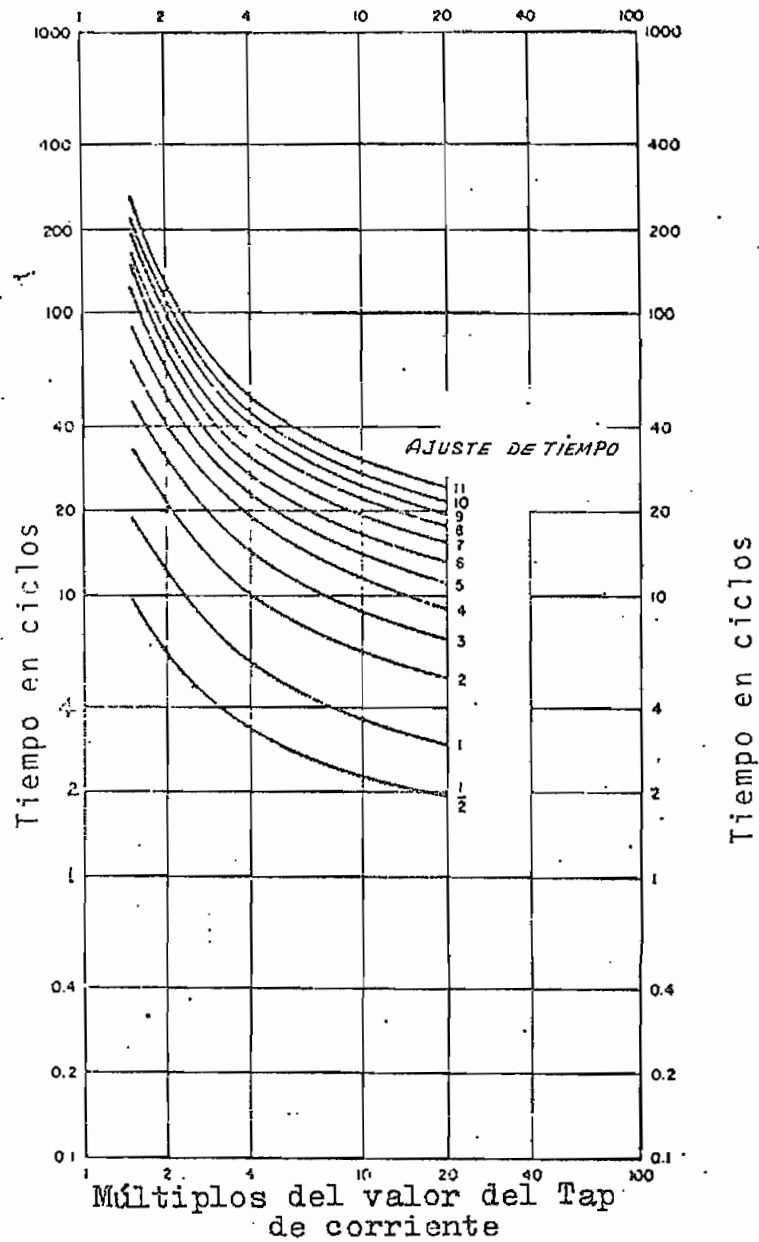
Las curvas características de tiempo-corriente para una variedad de relés se indican a continuación en las figuras # 46 (a, b, c, g). Estas características indican el tiempo cuando se aplican los múltiplos de taps de corriente en un relé.

La figura # 45 indica las formas que tienen cinco tipos de relés de inducción con el dial en el tiempo 5.



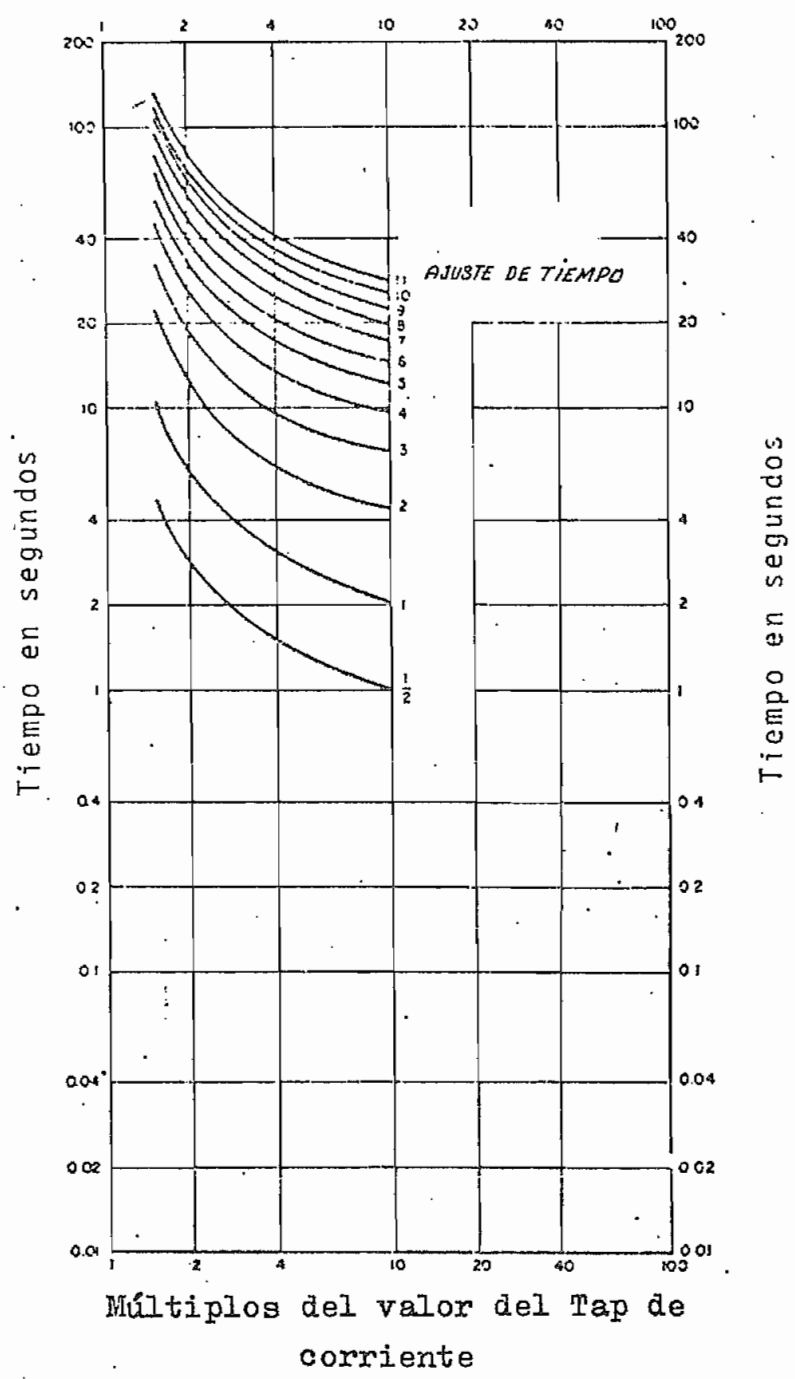
Múltiplos del Tap de Corriente

Figura # 45



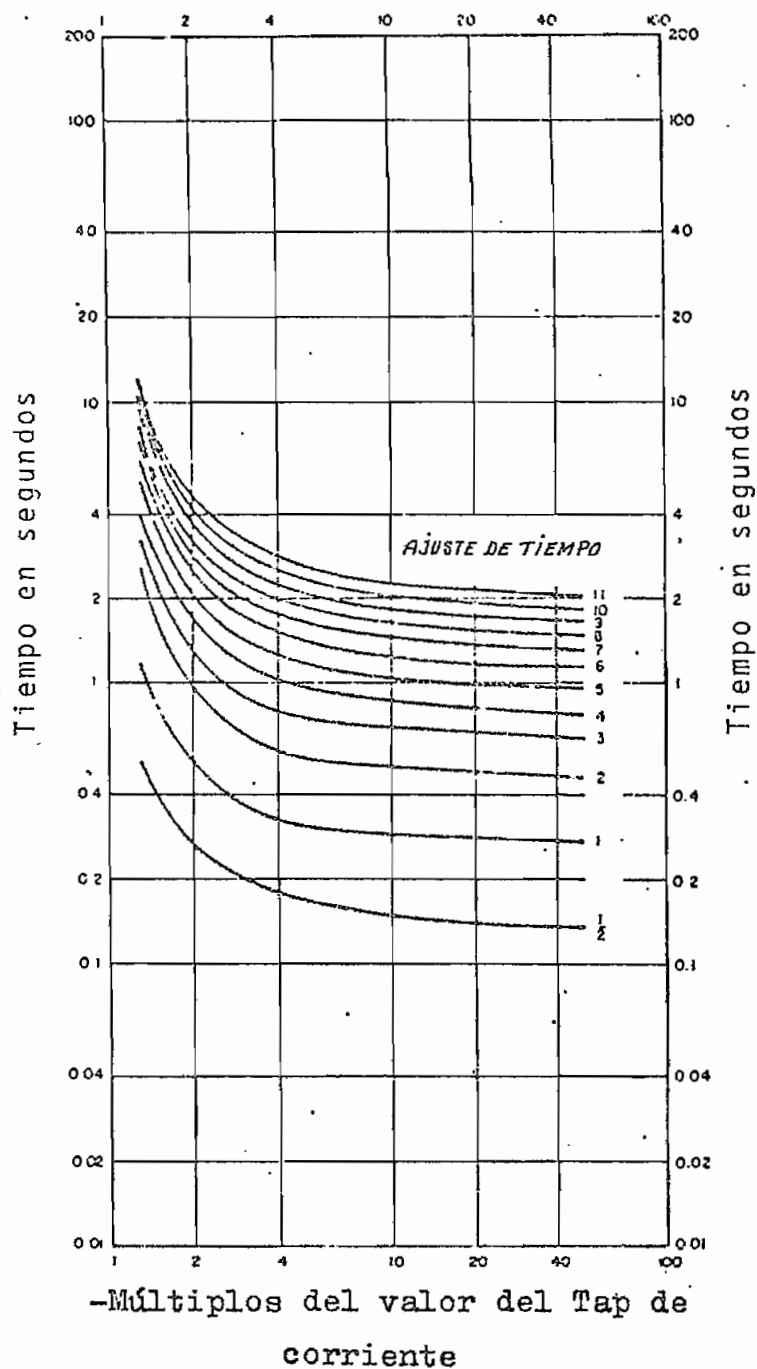
Relé con Corto Retardo de Tiempo

Figura # 46 (a)



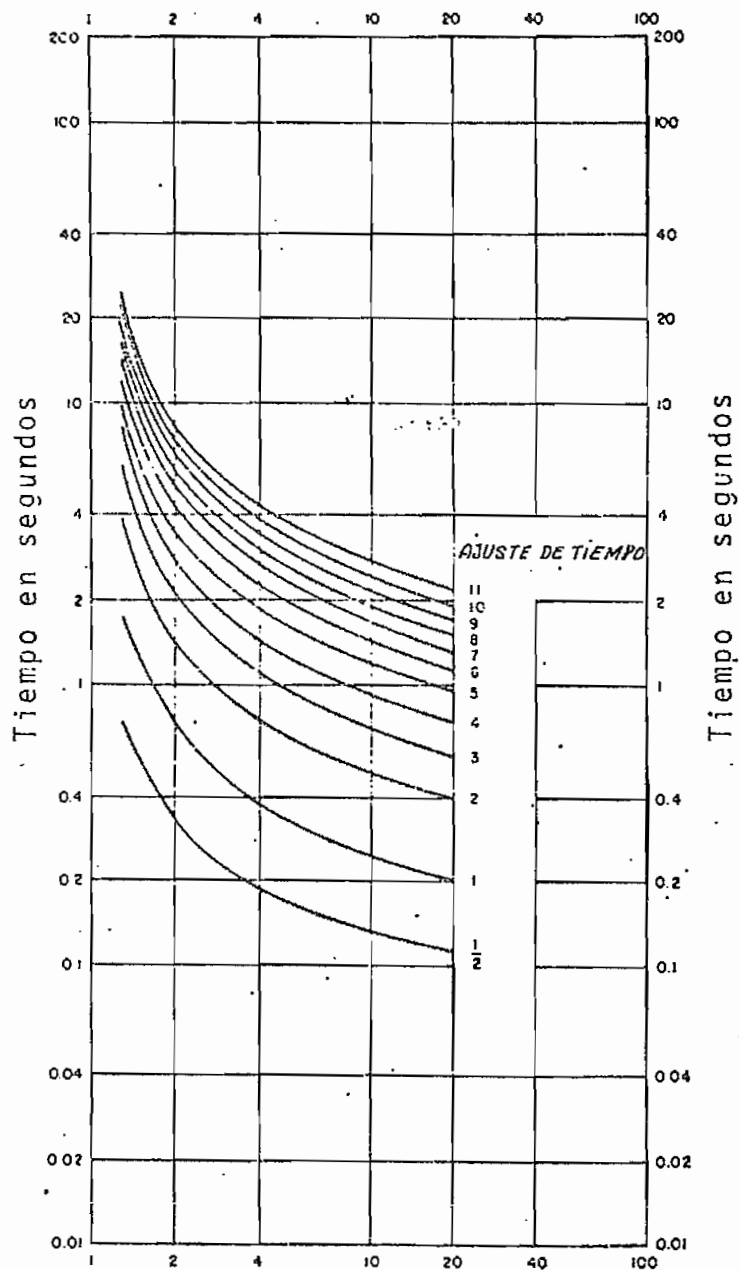
Relé con Largo Retardo de Tiempo

Figura # 46 (b)



Relé de mínimo retardo de tiempo
definido

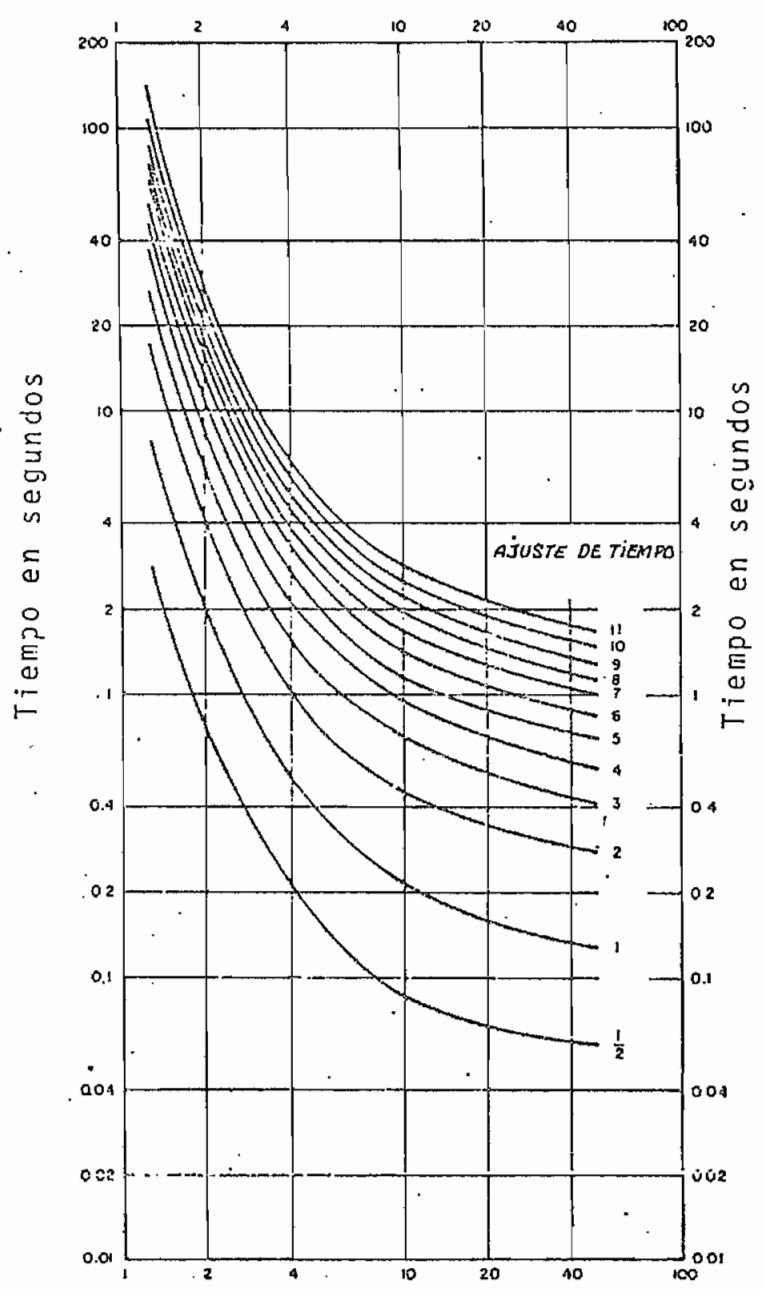
Figura # 46 (c)



Múltiplos del valor del Tap de
Corriente

Relé con moderado inverso de tiempo

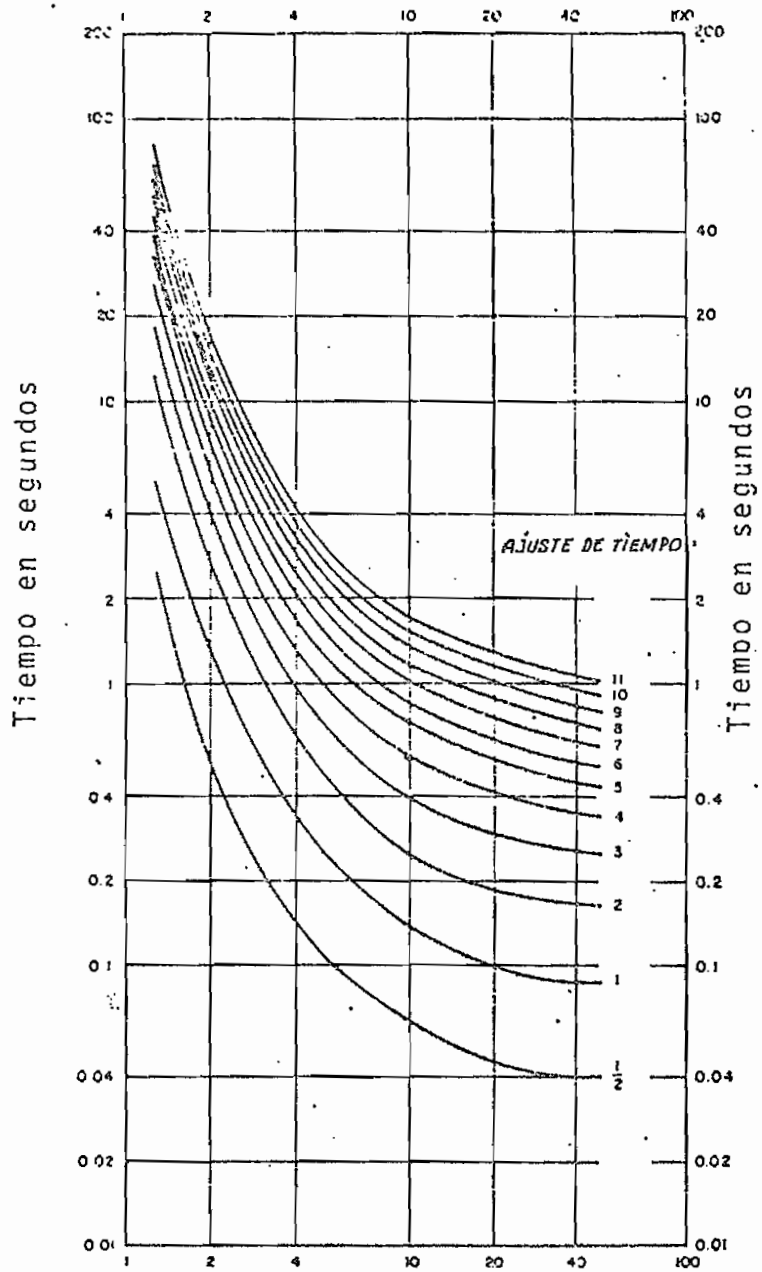
Figura # 46 (a)



Múltiplos del valor del Tap de Corriente

Relé de tiempo inverso

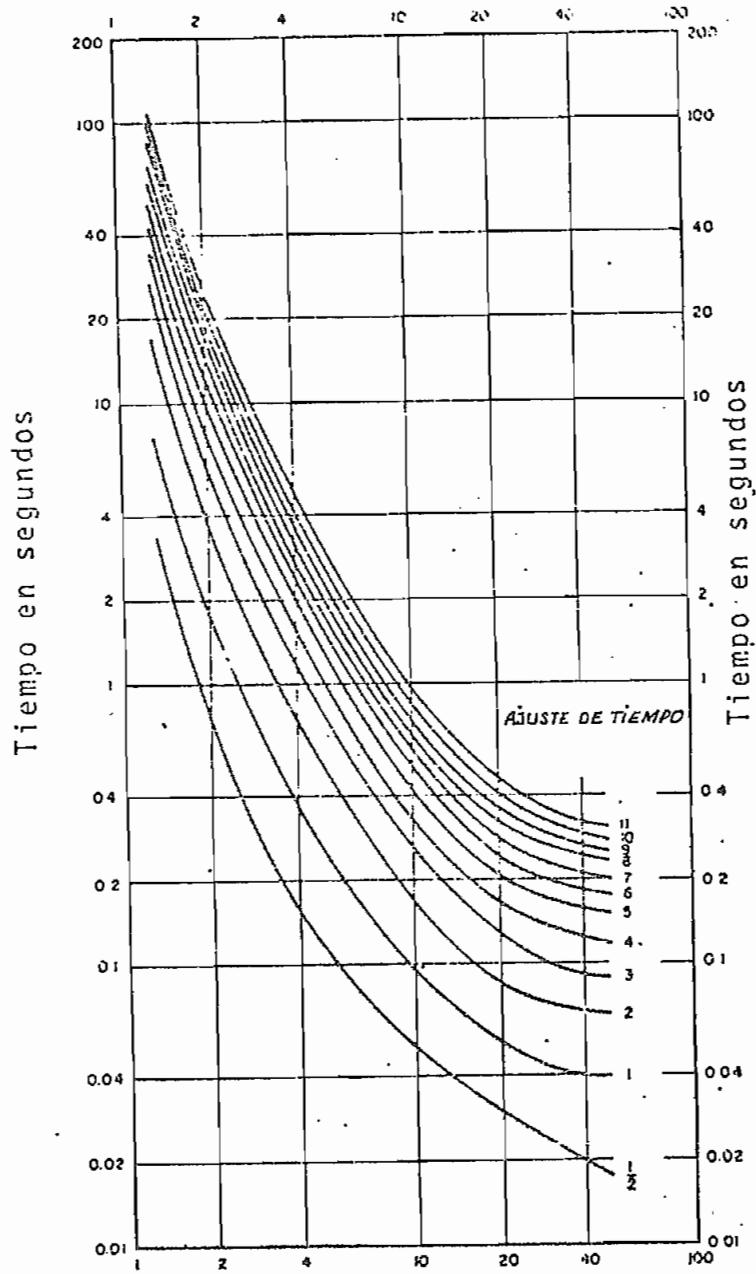
Figura # 46 (e)



Múltiplos del valor del Tap de
Corriente

Relé de tiempo muy inverso

Figura # 46 (f)



Múltiplos del valor del Tap de
Corriente

Relé de tiempo extremadamente inverso

Figura # 46 (g)

6. Tipos Especiales de Relés de Sobrecorriente.- (2).

Por adición de diferentes elementos a un relé de sobrecorriente (ver 2.5.2.) se puede obtener varios tipos de relés de sobrecorriente así entre otros:

- Relé de sobrecorriente para control de voltaje.
- Relé direccional de sobrecorriente.
- Relé direccional de sobrecorriente con fijación de voltaje.
- Relé de sobrecorriente direccional de gran rapidez.

6.a. - Relé de Sobrecorriente para Control de Voltaje.-

Cuando ocurre una falla el voltaje del sistema desciende hasta valores relativamente menores, pero cuando ocurre una sobrecarga, el voltaje que desciende es relativamente pequeño. Si en un relé de sobrecorriente el torque es proporcional al voltaje suministrado, el aparato reconocería la diferencia que existe entre un voltaje de falla que cae un valor bajo y en una sobrecarga donde el voltaje es mantenido, estos relés deben tener sensibilidad para no disparar cuando se presenten pequeñas sobrecargas.

El relé de restricción de voltaje modificará la curva de tiempo corriente en forma proporcional a la caída de voltaje.

6.b. - Relé direccional de Sobrecorriente.-

Este relé consiste de dos unidades, un elemento de sobrecorriente y un elemento direccional. El circuito del contacto está arreglado de tal manera que el disparo unicamente ocurrirá cuando la corriente tenga la propia dirección transportada a él voltaje-

con un flujo de potencia en la dirección de disparo.

Las mismas funciones son obtenidas también por la utilización de un simple elemento que combina un adecuado retardo de tiempo y características direccionales.

El control direccional de un relé de sobrecorriente con retardo de tiempo se indica en la figura # 45. El elemento direccional es parecido al principio del contacto del wathorímetro, ayudado en la posición de apertura por una espira elástica cuando se desenergiza. Este elemento está diseñado con alta sensibilidad a asegurar una operación positiva sobre una ancha amplitud de corriente y la relación de voltaje en contrado durante la falla.

El disparo del circuito es actualmente realizado por un contacto en el elemento de sobrecorriente. Con el elemento direccional de control, el elemento de sobrecorriente no operará hasta que la corriente esté circulando en la dirección apropiada y sea cerca del valor de corriente mínima calibrada. El elemento de sobrecorriente no puede operar durante una falla en la dirección de no disparo.

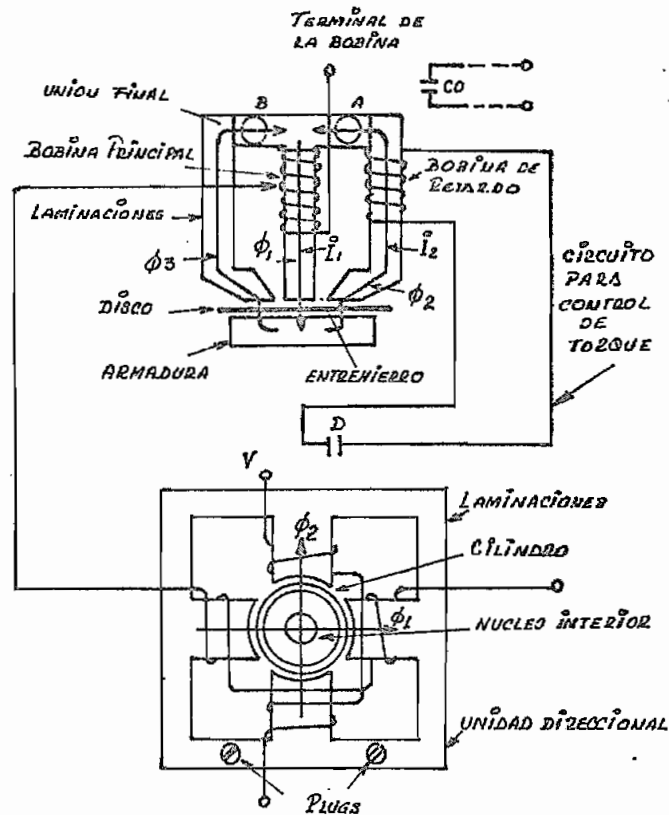


Figura # 45

6.c. - Relé Direccional de Sobrecorriente con Restricción de Voltaje.

Muchas veces es deseable el impedir al elemento direccional el cierre de sus contactos desde un normal flujo de corriente de carga en la dirección de disparo por la utilización del voltaje de Restricción a la operación del elemento direccional.

La utilización de la Restricción del voltaje puede significar una selección en la calibración del relé conveniente a los requerimientos más amplios del sistema el cual tiene extensas variaciones entre condiciones de falla mínimas y máximas.

El voltaje de restricción está en gran parte reducido cuando es fase - fase o trifásica la falla.

Una apropiada operación de un relé durante una falla trifásica dependería de la resistividad del relé. La corriente mínima para disparo en estos relés puede ser determinada por las instrucciones que suministren sus fabricantes.

6.d. - Relé Direccional de Sobrecorriente de gran rapidez.-

Un elemento direccional de gran rapidez y en el elemento de sobrecorriente son coordinados para operar sobre un corto-circuito en caso de invertirse el flujo normal de corriente. Una coordinación apropiada de estos elementos requiere que un contacto de un elemento de gran rapidez abra antes de que otro contacto se pueda cerrar cuando el relé es desenergizado repentinamente, o una veloz inversión ocurrida en el flujo de potencia.

Aplicaciones:

La aplicación de relés de sobrecorrientes para el caso que se está analizando es la misma que la aplicación que se daría en alto voltaje, pero se debe considerar que en el presente caso las magnitudes y distancias son relativamente menores; entre las principales se puede anotar:

- protección diferencial (generadores, transformadores ΔY).
- Protección de sobrecarga (motores).
- Protección de barras, etc.

CAPITULO 3: APLICACION DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCION.

3.1. PROTECCION DE GENERADORES

Las industrias y los comercios, actualmente poseen generadores de energía como parte integral de su fuerza eléctrica. Estos generadores pueden suministrar toda o parte de la energía requerida, o unicamente suministrada a ciertos sectores de mayor importancia caso de fallar el suministro de energía desde la red eléctrica; en nuestro medio la energía de emergencia es suministrada por un grupo motor-generador; el motor por lo general es tipo diesel.

La protección del generador requiere la consideración de varias condiciones de anormalidades, las cuales no se presentan en otros elementos de un sistema y si se presentasen no son críticos; la protección por lo general puede efectuarse manual o automáticamente, dependiendo de si existe o nó personal para poder corregir cualquier error, en cuyo caso la protección automática es recomendable, en todo caso las opiniones son divididas.

3.1.1. Protección de Generadores por Relés. (2),(16).

Las siguientes anotaciones dan una idea de las consideraciones principales para la protección de un generador así como los aparatos requeridos para una buena protección, la figura # 47 muestra la función de protección para un generador.

Los aparatos de protección indicados con líneas rayadas son opcionales en generadores pequeños de bajo voltaje.

NOMINACION

Clave	N ^o	Descripción
51 V	3	Voltaje controlado o relé de sobrecorriente controlado por voltaje.
51 G	1	Relé de sobrecorriente de tiempo. (utilizádo si es conectado a tierra el neutro del generador).
50 G S	1	Relé instantáneo de sobrecorriente (cuando el neutro del generador no está a tierra).
32	1	Relé de potencia direccional (puede ser omitido cuando esta protección tiene la máquina impulsora).
40	1	Relé de pérdida de corriente de campo o de impedancia del estator.
46.	1	Relé para secuencia de corriente negativa de fase.
64 F	1	Detector a tierra del campo del circuito.
60 V	1	Relé de falla del transformador de potencial.
86	1	Relé de cierre eléctrico. (Reposición manual).
87	3	Relé diferencial de variación de porcentaje.
87 G	1	Relé direccional de corriente polarizada.

Nota: Los aparatos que están con línea cortada son opcionales para máquinas de bajo voltaje.

140

Donde el generador opera en paralelo con otras fuentes de potencia, el aparato 51V, también suministraría protección al generador.

La Protección a tierra es suministrada por un relé de sobrecorriente, aparato 51G o un aparato 50 GS. Si la puesta a tierra del sistema no es otro punto que el del neutro del generador, un relé instantáneo de puesta a tierra sería incluido 50GS; lo cual proveería de alta rapidez y sensibilidad para protección de falla a tierra al generador. En caso de que la puesta a tierra del sistema es como la del generador un relé 51G sería incorporado. Este relé es del tipo de retardo de tiempo y brindaría al sistema protección de retaguardia, así como, protección de falla a tierra del generador.

El aparato 51G estaría operando más lentamente que el aparato 50 GS.

La protección contra motorización sería prevista a través de un relé de potencia direccional, aparato 32, para todas las máquinas excepto para los casos en que la máquina impulsora ofrece esta protección. El relé operaría para un flujo de potencia hacia el generador.

Para máquinas impulsadas con turbinas de vapor la calibración del relé no sería más del 3% de capacidad de la máquina, para máquinas impulsadas por turbina a gas o diesel requerirían menos sensibilidad en calibración generalmente de bajo del 10% de la capacidad de la máquina.

Estos relés serían del tipo retardo de tiempo para de esta manera prevenir el disparo durante oscilaciones de po

141

tencias, las cuales pueden ocurrir como resultado de la sincronización de una perturbación en el sistema.

Dos tipos de relés están disponibles para utilizarse en detectar pérdidas de excitación aparato 40. El tipo simple consiste de un relé de sobrecorriente, el cual sería conectado en serie con el campo del generador y operaría cuando deje de fluir corriente; además estos relés poseerían un corto retardo de tiempo para soportar una pérdida de flujo momentánea las cuales muchas veces pudiesen ocurrir debido a corrientes de corto-circuito en el sistema, este tipo de relés, así mismo, no necesariamente detectarían pérdidas de excitación resultantes de corto-circuito en el circuito de campo.

Donde se requiere una protección más completa, se utiliza un relé del tipo de impedancia direccional, este relé se arregla para sentir el cambio de la impedancia en el estator del generador, lo cual ocurre después de la pérdida de excitación y éste operaría en condiciones en que se pierda la corriente de excitación.

El aparato 40 es normalmente arreglado para poner la máquina fuera de servicio.

Donde se desea protección contra sobrecalentamiento del rotor de un generador debido a desbalance de las corrientes en las fases, el aparato 46 sería suministrado; para este tipo de aplicación se recomienda un relé de sobrecorriente de secuencia de fase negativa. Este relé tiene dos contactos cada uno de los cuales opera a diferente nivel (valor) de corriente de fase de secuencia negativa, el contacto más sensitivo es por lo general utilizado para hacer sonar una alarma, y el otro es utilizado para sacar la máquina fuera de servicio; cuando se tiene un solo contacto, éste se utiliza para disparar la máquina.

Este método sería práctico para la operación del campo del generador, siempre y cuando no presente peligro a la máquina una simple puesta a Tierra.

Así mismo una segunda puesta a tierra puede causar peligro, entonces el utilizar un relé aparato 64 F es recomendable para utilizarse como relé de tierra del campo.

Un tipo de aparato existente para esta aplicación incorpora separadamente una fuente de bajo voltaje a tierra, y un relé de potencial sensibilizado.

A un lado de la tierra eléctrica de la fuente está conectada en serie con la bobina del relé y un lado del circuito de campo de tal manera que al ocurrir una puesta a tierra en cualquier lado opere el relé.

La operación satisfactoria del regulador de voltaje y segura de los relés, que son, los aparatos 51 V, 40, etc. requieren una apropiada energía suministrada desde sus transformadores de potencial.

Fallas en estos circuitos debido a fusión de los fusibles, etc., en el caso del regulador provocarían que el voltaje de excitación del generador vaya hasta su valor límite, en el caso de pérdida de voltaje de sujeción en el aparato 51 V, daría como resultado el disparo y paro del generador.

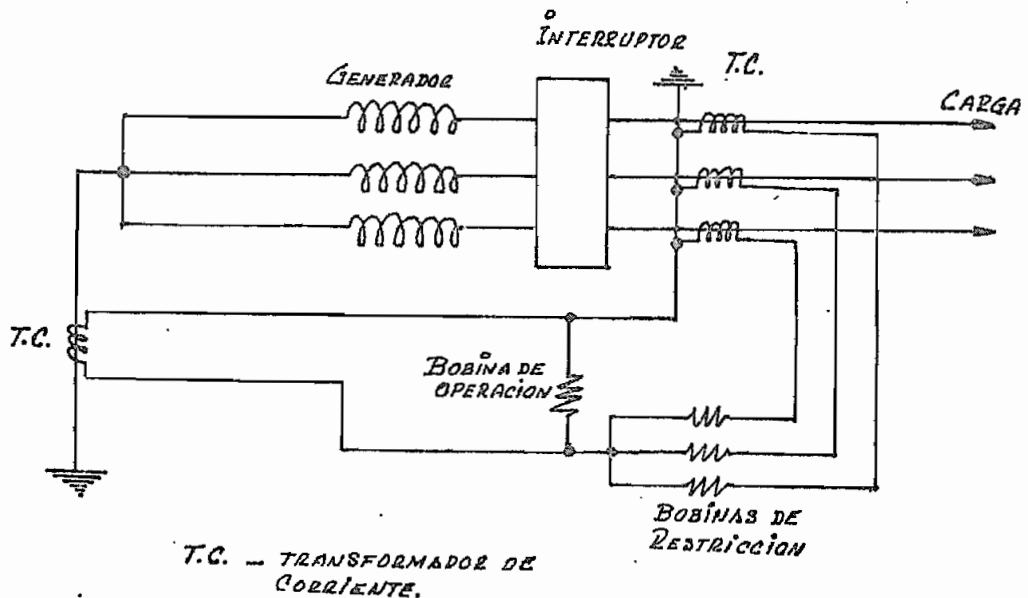
La protección diferencial para generadores, aparatos 87, suministra señales por medio de las cuales se puede sacar la máquina rápidamente fuera de servicio. Serias consideraciones se dan a su utilización para las siguientes capacidades de máquinas:

- 1.- A cualquier voltaje, 1.000 KVA y más.
- 2.- A cualquier KVA de capacidad, 5.000 V y más.
- 3.- 2.200 V y más, 501 KVA y más.

La práctica normalizada de los fabricantes es recomendar protección diferencial para generadores de 1.000 KVA-nominales o de mayor capacidad; la protección diferencial de porcentaje es la mejor y deberá utilizarse siempre que pueda justificarse económicamente.

El tamaño del generador no es el que determina de manera necesaria la calidad de la protección, lo importante es el efecto de una falla prolongada en el generador, en el resto del sistema, y qué tan grandes serían los problemas si el generador sufre un daño considerable y tiene que quedar fuera de servicio por largo tiempo.

Esquema de la protección diferencial para un generador. Figura # 48



La protección de un generador básicamente viene ya incorporada desde la casa fabricante, en la actualidad los fabricantes están suministrando la protección del generador-mínima; para un funcionamiento seguro del mismo. En este estudio se trató únicamente de recordar los aparatos que incluirían la protección básica de un generador; además la potencia de un generador en una planta industrial no es tan alta; y el estudio de qué tipo de protección está más adecuada para un generador sería tema de un estudio más profundo, lo cual está fuera del alcance del presente trabajo.

3.2. PROTECCION DE MOTORES . (+).

Los motores pueden ser dañados o reducida su vida efectiva, cuando se encuentran sometidos a una corriente constante, ligeramente más alta que su corriente de plena carga, o de su factor de servicio.

Los motores están diseñados para soportar corrientes transitorias de arranque o de rotor bloqueado, sin elevación excesiva de temperatura, tomando en cuenta que el tiempo de aceleración no sea demasiado largo, ni el ciclo de trabajo demasiado frecuente.

Pueden ocurrir también daños en el material aislante y devanados del motor, con corrientes extremadamente elevadas pero de corta duración como se encuentran en fallas a tierra y en corto-circuitos.

Toda corriente que exceda la corriente de plena carga puede ser clasificada como sobrecorriente. Sin embargo, en general, debe hacerse una distinción basada en la magnitud de la sobrecorriente y en el equipo que va a proteger.

Una sobrecorriente no mayor que la corriente de rotor bloqueado, generalmente es el resultado de una sobrecarga mecánica en el rotor; la que se denominará para el presente estudio como corriente de sobrecarga.

La corriente originada por corto-circuito o falla a tierra, es mucho más elevada que las corrientes de rotor (+).- Ref. (4),(9),(10),(11),(12),(13),(15).

bloqueado. En el equipo utilizado para proteger contra cualquier daño debido a este tipo de sobrecorriente, debe protegerse no solo el motor, sino también los conductores del circuito, el presente estudio se definirá como protección por sobrecorrientes, cubriendo naturalmente la protección contra altas corrientes, tales como las de corto-circuitos o fallas a tierra.

La protección del motor por sobrecarga, difiere de la protección por sobrecorriente y cada una de estas protecciones serán tratadas y cubiertas en forma separada a continuación.

3.2.1. Protección por Sobrecorriente.

La función del dispositivo protector de sobrecorrientes, es la de proteger a los conductores y circuitos derivados del motor, los aparatos de control y al motor mismo, de los corto-circuitos y tierra.

El dispositivo para protección de corto-circuito podrá llevar la corriente inicial del motor, pero este dispositivo no llevará calibración que exceda del 250% de la corriente a plena carga cuando no exista una letra código o su clase de rotor bloqueado del motor, o de 150% a 250% de la corriente a plena carga, dependiendo de la letra o código que lleva el motor.

Quando no tenga capacidad suficiente para llevar la corriente de arranque del motor, puede aumentarse su calibración, pero en ningún caso se excederá de 400% de la corriente de plena carga del motor.

La reglamentación eléctrica requiere (con pocas excepciones) un medio para desconectar el motor y el controlador de la línea, en adición de un dispositivo protector de la sobrecorriente.

El interruptor termomagnético trae incorporado protección contra fallas, y puede desconectar con una sola unidad.

Cuando las sobrecorrientes tienen como elemento de protección fusibles, se requiere un desconectador; éste y los fusibles se combinan generalmente.

3.2.2. Sobrecargas.

Un motor como máquina siempre llevará cualquier carga, aún si ésta es excesiva. Excluyendo la corriente de arranque o la de rotor bloqueado, un motor demanda una corriente cuando está en operación, que es proporcional a la carga, la cual va desde la corriente sin carga, hasta la corriente a plena carga, cuyo valor se encuentra estampado en la placa del motor.

Cuando la carga excede al torque normal del motor, ésta demanda una corriente más elevada que la corriente de plena carga, y ésta condición se considera como sobrecarga. La sobrecarga máxima existe bajo las condiciones de rotor bloqueado, en las cuales la carga es tan excesiva que el motor se para o no se puede arrancar y como consecuencia, demanda la corriente de rotor bloqueado.

Las sobrecargas pueden ser eléctricas o mecánicas en su origen, trabajar un motor polifásico con una fase o línea con bajo voltaje, puede ser ejemplo de sobrecargas eléctricas.

1. Protección de Sobrecargas.-

El efecto de una sobrecarga es una elevación de temperatura en el devanado del motor. Mientras mayor sea la sobrecarga, más rápidamente se incrementa la temperatura a un punto tal que daña los aislantes y la lubricación del motor.

Una relación inversa, por lo tanto, existe entre corriente y tiempo. Mientras mayor sea la corriente, más cortos será el tiempo en el que el motor se dañe o se quemé.

Todas las sobrecargas acortan la vida del motor por deterioro del material aislante. Relativamente, las sobrecargas de corta duración causan daño en pequeño grado, pero si se sostienen harían tanto daño como las sobrecargas de magnitud más grande.

La relación entre sobrecarga y tiempo se ilustra según la curva de calentamiento del motor para el ejemplo que se propone.

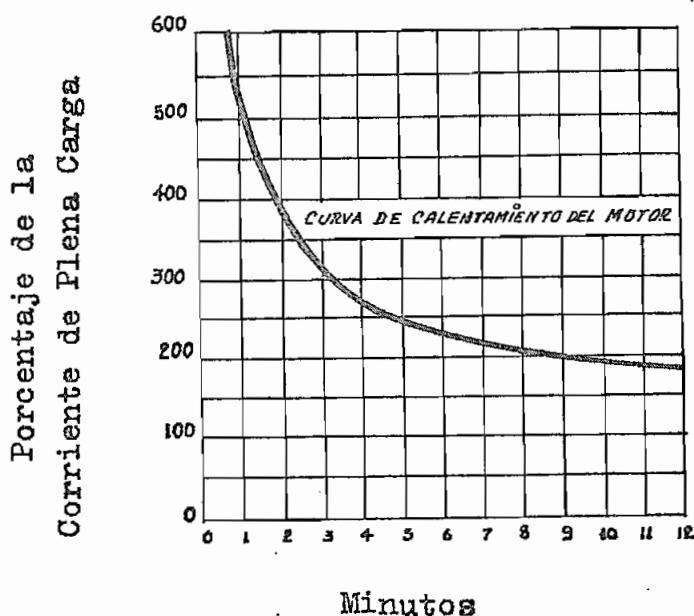


Figura # 49

En 300 % de sobrecarga, el motor en particular para el cual corresponde esta curva característica podría llegar a su temperatura permisible límite, en tres (3) minutos. El sobrecalentamiento o daño en el motor ocurriría si la sobrecarga persistiera más allá de ese tiempo.

La protección ideal de sobrecarga para un motor, sería un elemento con propiedades sensitivas de la corriente, muy similar a la curva de calentamiento del motor, que actuaría para abrir el circuito del motor cuando se exceda la corriente de plena carga.

La operación de este dispositivo protector será tal que al motor se le permita llevar sobrecargas que no lo dañen pero que lo desconecte rápidamente de la línea cuando la sobrecarga persiste por más tiempo.

2. Protección de Sobrecarga por Fusibles.

Los fusibles no están diseñados para proporcionar protección de sobrecarga. Su función básica es proteger contra los corto-circuitos (sobrecorrientes). Los motores demandan una corriente alta de arranque (generalmente 6 veces la corriente de plena carga) al arrancar.

Por otra parte, si un fusible fuese escogido lo suficientemente grande para poder conducir la corriente de arranque, no protegería al motor contra las pequeñas sobrecargas perjudiciales, que podrían ocurrir posteriormente.

Los fusibles con retardo de tiempo (fusibles de elemento doble), pueden dar protección al motor por sobrecarga, pero tienen la desventaja de que al fundirse, es necesario reemplazarlos.

El Código Eléctrico Nacional (NEC) permite utilizar fusibles con retardo de tiempo de un valor de hasta 125 % del valor de corriente (factor de servicio 1.15 en motores de propósito general) como aparato de operación de sobrecorriente.

Estos fusibles no ofrecen protección adecuada al motor, puesto que sus características de calentamiento no coinciden con las características de calentamiento del motor.

Un fusible seleccionado para permitir arrancar un motor no protegería frente a pequeñas sobrecargas.

Un buen resultado económico se obtiene al proteger con fusibles los motores de potencia fraccionaria, pero la protección adecuada es sacrificada con este método.

Los motores de potencia integral usualmente no son protegidos por este método de fusibles contra las sobrecargas.

3. Protección de sobrecargas por relés.

La protección para motores eléctricos está disponible en algunas formas o maneras y es necesaria por varias razones.

Los relés de sobrecarga son generalmente los elementos básicos para brindar esta clase de protección proporcionando seguridad y economía; y es por esto que a un relé de sobrecarga se lo considera el corazón de la protección del motor.

NEMA (Asociación Nacional de Manufactureros Eléctricos) Standard. Nº 10 - 1.053.

Define un relé de sobrecarga así:

Un relé de sobrecarga es un relé de sobrecorriente el cual funciona a un valor predeterminado de corriente, desde conectando de esta manera a la carga de la fuente.

La protección de sobrecorriente del motor puede ser diferenciada de la protección del alimentador; puesto que la protección del ramal puede ser suministrada por los fusibles o los interruptores, y es necesario proteger al motor, control de motores y conductores de corto circuitos y fallas a tierra en un sector del ramal del circuito. La protección por sobrecorriente del motor, así mismo previene daños al motor, control de motores, y conductores debido a motores sobrecargados. La protección de sobre corriente del motor detectaría pequeñas sobrecorrientes aproximadamente hasta 10 veces la corriente de plena carga del motor, donde comenzaría la protección de corto circuito del ramal.

El aislamiento del motor es la parte más vulnerable, el calentamiento en un motor se incrementa aproximadamente como el cuadrado de la corriente, y hace que el aislamiento se deteriore. La vida del motor es reducida aproximadamente a la mitad por cada 10 grados de temperatura que suba; lo que hace que la protección sea necesaria e indispensable.

El estudio sobre protección contra sobrecarga en motores por relés de sobrecarga se divide en:

- a.- Causas comunes para las fallas.
- b.- Tipos comerciales de relés de sobrecarga Térmicos.
- c.- Selección de los relés térmicos.
- d.- Relés magnéticos de sobrecarga.

4.- Causas Comunes para Fallas.

El calentamiento está - descrito como el principal causante de la corta duración en la vida del motor, entre otros factores que pueden acortar - la vida, y para qué tipos de fallas ofrecen protección los - relés y que clase de fallas requieren protección adicional;- entre las que se anota:

- a.- Excesiva carga mecánica.
- b.- Voltaje bajo de línea
- c.- Voltaje alto de línea.
- (3) d.- Desvalance en el voltaje.
- e.- Pérdidas de fase.
- f.- Ciclo de trabajo.
- g.- Alta temperatura ambiente.
- h.- Altitud sobre el nivel del mar.

Las fallas para las cuales un relé de sobrecarga no ofrece protección son:

- a.- Fallas normales debido a los años de servicio.
- b.- Picos de voltaje.
- c.- Vibración.
- d.- Fallas en los rodamientos.
- e.- Humedad.
- f.- Defecto de aislación, etc.

5 .- Tipos Comerciales de Relés de Sobrecarga.

El relé de sobrecarga consiste de una unidad sensible a la corriente, conectada en la línea del motor, más un mecanismo que actúa por medio de la unidad, que sirve para directa o indirectamente - interrumpir el circuito.

Los relés de sobrecarga pueden ser clasificados en:

- Térmicos y
- Magnéticos. Según (25.1.2.).

La figura # 50 indica las características térmicas de un relé de sobrecarga y un motor.

De las cuales podemos observar como el relé de sobrecarga dispararía desconectando el motor de la línea para aquellos valores de corriente que atentarian contra sus condiciones normales de funcionamiento, además se puede apreciar las características de funcionamiento de tiempo inverso de los relés.

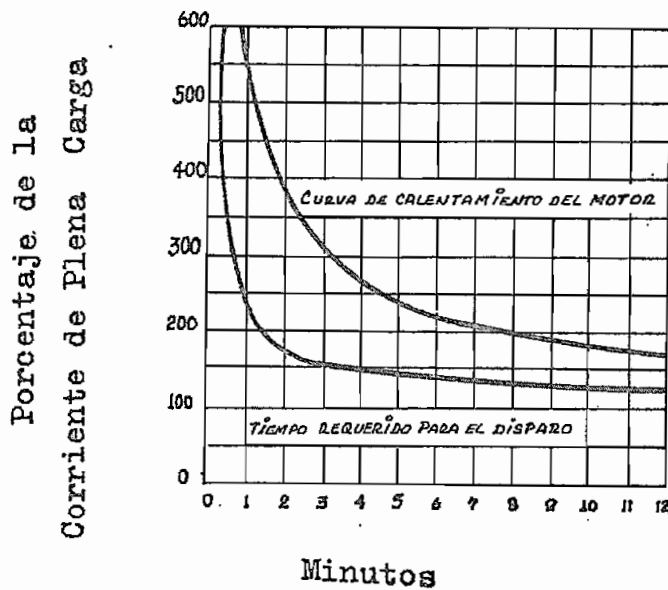


Figura # 50

5.a. Relevador Térmico de Sobrecarga de Aleación Fusible.

Conocidos también como reelevadores de crisol de soldadura, la corriente del motor pasa por un pequeño devanado calefactor. Bajo condiciones de sobrecarga el calor hace que la soldadura especial se funda, permitiendo que una rueda de trinquete gire libremente, abriéndose los contactos. Cuando ésto ocurre se dice que el relé se dispara.

Para obtener diversos valores de corriente de disparo a diferentes corrientes de plena carga se dispone de un rango bastante amplio de diferentes unidades térmicas o calentadores. El elemento calefactor y el crisol de soldadura están combinados en una sola pieza, formando una unidad inalterable. La característica de transferencia de calor y la exactitud de la unidad no pueden ser accidentalmente cambiadas, como puede ser posible cuando el calefactor es una unidad separada. Los relés térmicos de sobrecarga de aleación fusible se restablecen normalmente así; después de dispararse deben ser restablecidos manualmente.

Las unidades térmicas se designan en amperios y son seleccionadas sobre la corriente de plena carga como base y no en HP.

La figura # 51 muestra la operación del relevador térmico de sobrecarga de aleación fusible. Conforme el calor funde la aleación, la rueda de trinquete gira libremente, y los resortes empujan para que los contactos se abran.

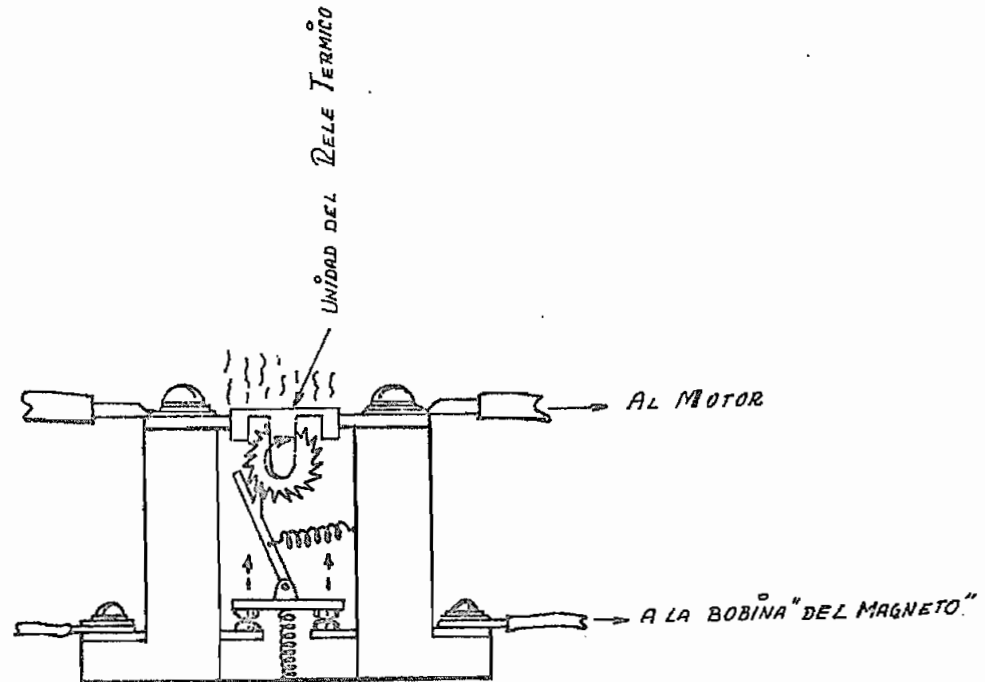


Figura # 51

5.b. Relé Térmico de Sobrecarga Bimetálico.

Estos relés emplean una tira bimetálica en forma de U, asociados con un elemento calefactor.

Cuando ocurre una sobrecarga, el calor causará que el elemento bimetálico se desvíe y abra un contacto.

Estos relés son convertibles en el campo, para hacerlos de reposición manual o automático y viceversa. En reposición automática, los contactos del relé después de dispararse, se cerrarán nuevamente cuando el relé se haya enfriado.

155

Esto resulta en ventaja cuando los relés son inaccesibles, - Sin embargo, el restablecimiento automático en los relés de sobrecarga después de un disparo implicará que el motor a - rranque de nuevo y a menos que la sobrecarga se haya eliminado disparará de nuevo. Este ciclo de operación se repetirá - y eventualmente el motor se quemará debido al calor acumulado y a la corriente repetida transitoria de alto valor. Más importante resulta aún la posibilidad de causar daño al personal; puesto que el arranque inesperado de una máquina puede exponer al operador o personas encargadas del mantenimiento a una situación peligrosa, al intentar encontrar la causa del paro del motor.

La curva de calentamiento del relé de sobrecarga - es similar a la curva de la figura # 49.

El relevador de sobrecarga siempre disparará dentro de un valor de seguridad.

6 .- Selección del Relé Térmico de Sobrecarga.-

La co - rriente de plena carga del motor, el tipo del motor y la posible diferencia en la temperatura ambiente entre el motor y el controlador deberá tomarse en cuenta al seleccionar las unidades térmicas de carga.

Los motores de una misma potencia y velocidad no - tienen todos igual corriente de plena carga, siempre se deberá referir a la placa del motor fundamentalmente, los valores recopilados en tablas pueden ser diferentes pues indican el promedio de un grupo de motores en trabajo continuo con - un factor de servicio de 1.15 operando en condiciones normales.

En muchos casos solo el ingeniero puede recomendar la protección más adecuada en un tipo determinado de motor, -- las tablas siguientes ayudan a escoger la capacidad más apropiada del rolé en un tipo determinado en complemento con los datos de placa y las siguientes anotaciones:

- El párrafo 430 ^a 32-a-1 del NEC., estipula que un motor -- con datos de placa con un factor de servicio menor que 1.15 -- puede ser protegido por un aparato de sobrecorriente de valor de disparo no mayor que 115% del valor de la corriente de plena carga del motor. (15) pag. 6

- El párrafo 430 - 32-a-1 del NEC., también establece que -- los motores señalados con una elevación de temperatura de -- 40°C, pueden ser así mismo protegidos máximo a 115% del valor de la corriente de plena carga del motor. (15) pag. 6

Un dato importante, cuando se selecciona el elemento "calentador" de sobrecarga es la letra de código del motor a rotor bloqueado. Esta letra asigna el valor total de KVA/HP que el motor demanda de la línea cuando su rotor es frenado -- hasta llevarlo al punto de reposo. Tabla # 29.

TABLA DE LETRAS CODIGO DE ROTOR BLOQUEADO

Letra de Código	KVA/Hp a Rotor Bloqueado
A	0 a 3.14
B	3.15 a 3.54
C	3.55 a 3.99
D	4.00 a 4.49
E	4.50 a 4.99
F	5.00 a 5.59
G	5.60 a 6.29
H	6.30 a 7.09
J	7.10 a 7.99
K	8.00 a 8.99
L	9.00 a 9.99
M	10.00 a 11.19
N	11.20 a 12.49
P	12.50 a 13.99
R	14.00 a 15.99
S	16.00 a 17.99
T	18.00 a 19.99
U	20.00 a 22.39
V	22.40 y superior

Nota: Estos datos son standard de NEMA, en el artículo 430 del NEC.

(15) pag. 7.

Tabla # 29

7.- Relé Magnético de Sobrecarga.

a. Con característica de tiempo inverso.

Un relé magnético de sobrecarga tiene un núcleo magnético móvil dentro de una bobina que lleva la corriente del motor. El flujo magnético de la bobina empuja al núcleo hacia arriba. Cuando el núcleo se eleva lo suficiente (movimiento determinado por la corriente y la posición del núcleo) opera un juego de contactos en la parte superior del relé. El movimiento del núcleo es detenido lentamente por un pistón que trabaja en un cilindro amortiguador lleno de aceite (similar a un amortiguador) que se encuentra debajo de la bobina, lo que produce una característica de tiempo inverso. El valor efectivo de corriente se ajusta moviendo el núcleo en una varilla roscada, el tiempo de disparo se varía dejando de cubrir de aceite los agujeros de derivación en el pistón.

Debido a los ajustes de tiempo y corriente, el relé magnético de sobrecarga se utiliza algunas veces para proteger los motores que tengan largos períodos de aceleración o ciclos de trabajo no usuales.

b. Con característica Instantánea.-

El arranque instantáneo del relé magnético de sobrecarga es similar pero no tiene cilindro amortiguador lleno de aceite.

Este relé opera instantáneamente para un valor específico de corriente, utilizado para limitar la corriente o torque de funcionamiento de un motor a un valor específico. Varias aplicaciones para relés magnéticos instantáneos de sobrecarga son utilizados asociados con relés de sobrecarga con características de tiempo inverso.

3.2.3. Relés Térmicos de Protección. (Tipo Europeo) . (+).

Como ya se mencionó anteriormente los relés térmicos se destinan a controlar el calentamiento de los anillos de los motores y a provocar la apertura automática del contacto cuando se alcanza un calentamiento límite.

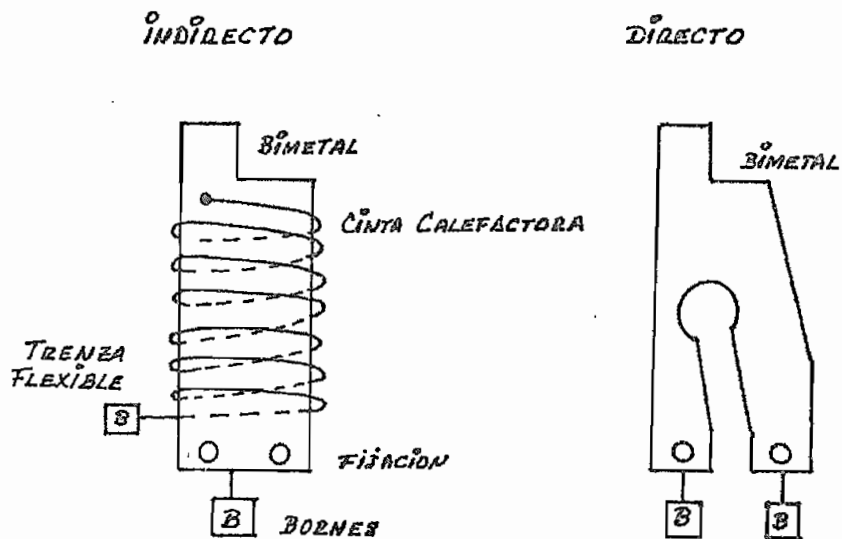
Poseen siempre un elemento fundamental que se calienta en función de la corriente del motor y que provoca la apertura automática de un contacto cuando se alcanza la temperatura de reacción. Este elemento fundamentalmente es generalmente un bimetall formado por dos láminas estrechas de metales diferentes y soldados.

Estos metales se escogen de forma que tengan coeficientes de dilatación muy diferentes (Ferroniquel) para la lámina más dilatante e invar, prácticamente sin dilatación.

En estas condiciones el elemento bimetall, se curva y presenta una deflexión variable en función de su temperatura. Al curvarse motiva la apertura de un contacto que puede interrumpir el circuito de la bobina de un contacto.

El calentamiento del Bimetall puede obtenerse, bien por el paso directo de la corriente por este bimetall, bien por el paso de esta corriente a través de una pequeña resistencia calefactora dispuesta muy cerca del bimetall y en serie con el mismo (calentamiento indirecto parcial), o bien, por medio de una corriente que proviene de un transformador de intensidad. Fig. # 52.

(+).- Ref. (12),(21).



CON TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD

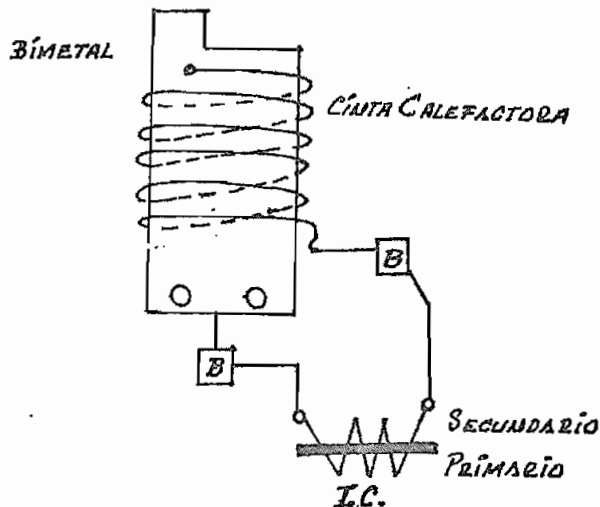


Figura # 52

En todos estos casos, el calentamiento estabilizado del bimetalo bajo una intensidad dada, es sensiblemente proporcional (para una ejecución dada) al cuadrado de la intensidad

y la temperatura que alcanza el bimetálico, es la suma de la producida por este calentamiento y la temperatura del aire que rodea al relé.

La figura # 53 muestra el dispositivo ideal de un relé térmico normal, en el cual los tres relés bimetálicos actúan sobre una rejilla deslizante, y ésta, sobre un mecanismo con un contacto de disparo conmutado.

Cuando los tres bimetálicos se calientan, como consecuencia de la corriente absorbida por el motor, se deforman hasta llegar a estabilizarse en la posición correspondiente de equilibrio.

Si se produce una sobrecarga, la temperatura de los bimetálicos aumenta, al aumentar la intensidad, tanto más cuanto mayor sea la sobrecarga.

Y como consecuencia, aumenta la curvatura de éstos, hasta que actuando sobre la rejilla, la desliza hasta llegar al tope de disparo, siendo en ese momento cuando la presión ejercida sobre dicho tope hace abrir el contacto conmutado, desconectando el circuito de la bobina del contacto.

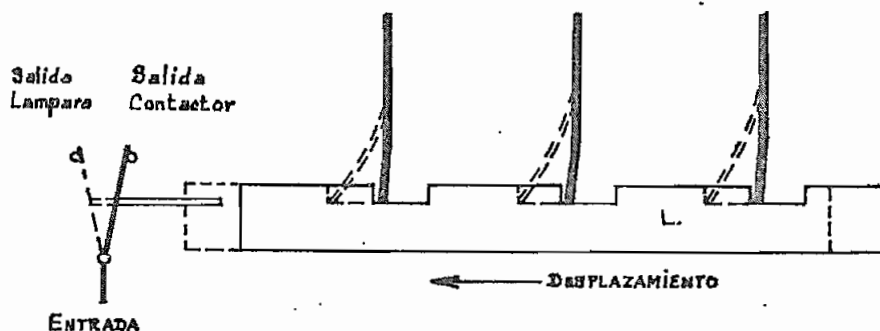


Figura # 53

1. Curvas Características de un Relé Térmico.-

La curva de disparo de un relé térmico en función de la intensidad, nos indica en abcisas el valor de la intensidad de la corriente en función de la intensidad nominal, y, en ordenadas, el tiempo que tarda en producirse el disparo.

Son el resultado de una serie de experiencias y se obtienen, bien a partir del estado caliente de los bimetales o bien a partir del estado frío.

De la curva de disparo se deduce que sí, por ejemplo, el coeficiente de sobreintensidad fuese dos veces la intensidad de regulación, el relé tardaría 60 segundos en disparar, partiendo del estado frío, y 40 segundos sí, se parte del estado caliente de los bimetales. Figura # 54.

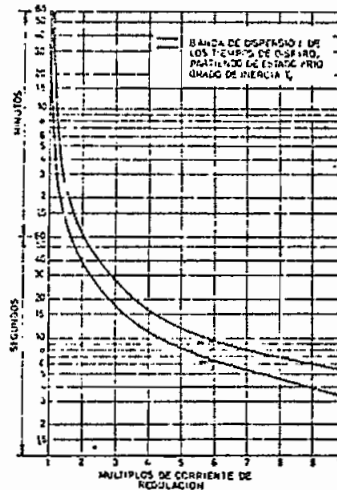


Figura # 54

2. Relé Térmico Diferencial.-

74

Puede afirmarse que muchos de los motores trifásicos, que se quemaron lo hacen porque les ha faltado una fase, a pesar de que el relé térmico de protección de que iban previstos estaba bien elegido y regulado. La razón es la siguiente:

El motor debe poder funcionar perfecta y permanentemente a plena carga, siempre que la frecuencia y tensión sean las nominales, y además debe poder soportar sobrecargas del 20% durante 60 minutos, y del 50% durante 2 minutos; por lo tanto un buen relé térmico debe abrir el circuito antes de este tiempo.

El relé térmico diferencial es un aparato capaz de distinguir si las sobrecargas son equilibradas, comportarse entonces como un relé térmico normal que cumple las normas; o si las sobrecargas son desequilibradas (falta de una fase), producir la apertura del circuito aún en el caso de que la intensidad que circula por el relé no sea superior a la de calibración del relé.

2.a.Funcionamiento,-

El principio de funcionamiento del sistema diferencial se basa en la diferencia de curvatura de los tres bimetales de un relé térmico normal cuando la corriente de fase que calienta a uno de ellos es diferente de las otras dos.

2.b.Estabilización de Bimetales.-

La figura # 55 muestra los 3 bimetales levemente curvados, posición equivalente al estado de normal funcionamiento del motor. La reglilla D aún no ha alcanzado el tope V, constituido por una lámina bimetálica que,

mediante el botón de regulación R se puede desplazar acercándose o alejándose de las reglillas, según los límites de regulación del relé.

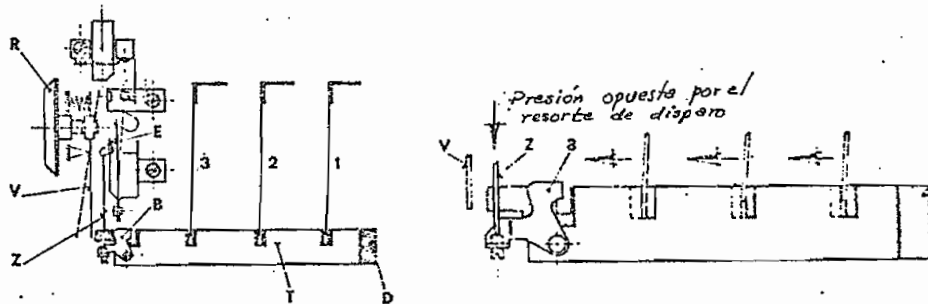


Figura # 55

2.c. Sobrecarga Simétrica.-

En la figura # 56 se observa el funcionamiento del relé en el caso de sobrecarga simétrica. Los tres bimetales desplazan la reglilla T hacia la izquierda y el tope situado en la palanca B arrastra la reglilla D en el mismo sentido. Cuando la reglilla D alcanza la lámina de regulación V, queda parada, pero como los bimetales siguen actuando sobre la reglilla T, el centro basculante de la palanca E avanza hacia su izquierda venciendo la presión de la varilla T que, al actuar sobre la excéntrica E, la hace girar hacia la derecha, provocando el disparo del relé.

diente al relé en su funcionamiento normal, en tanto que el bimetal 2, por el que se supone no pasa corriente se desplaza hacia la posición de frío. En este movimiento arrastra la reglilla D hacia la derecha, y mediante el tope situado en la palanca B, hace girar dicha palanca al rededor del centro basculante, que permanece ahora parado, hacia la derecha. Esta rotación de la palanca B, desplaza hacia arriba la varilla Z, que, moviendo la excéntrica E hacia la derecha, provoca el disparo del relé por corte de una fase.

El disparo por sobrecarga asimétrica se produce aún en el caso de que el relé esté ajustado por encima del valor correcto, al ser independiente del tope de regulación V.

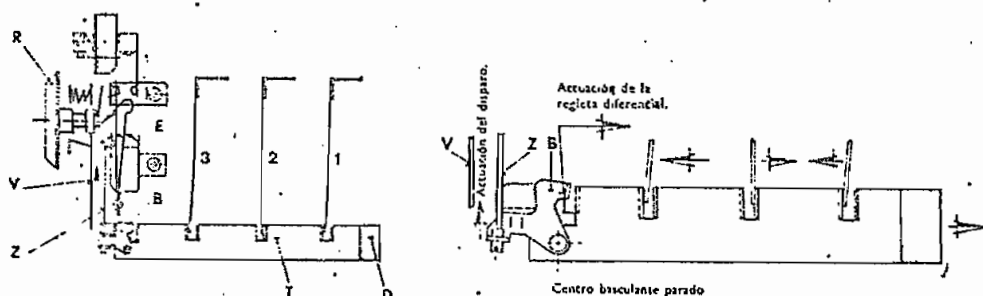


Figura # 57

3. Elección de los Relés Térmicos.-

Es preciso regular al relé de protección para la corriente realmente absorbida por el motor, cuando ésta es inferior a la nominal. De esta forma, además de quedar protegido el motor, queda también protegida la máquina accionada cuando la sobrecarga sea debida, por ejemplo, el agarrotamiento de un cojinete.

La regulación del relé debe elegirse siempre de forma que la intensidad nominal del motor queda comprendida en la zona central de la escala de regulación. Así, por ejemplo:

En arranque directo, la intensidad nominal del motor es de 20 A. Se empleará un relé de regulación 17/26A, cuya regulación media será aproximadamente 22 A.

En el caso de un arranque estrella-triángulo, se calculará el relé térmico multiplicando la intensidad nominal por 0.58. ($\sqrt{3}$. In.)

4. Forma de regular un Relé Térmico.-

Una vez determinada la regulación del relé en función de la intensidad realmente absorbida por el motor, se procede de la siguiente forma:

Se sitúa el índice de regulación (Figura # 58) en la posición MAXIMO, y se mantiene la carga normal hasta conseguir la estabilización térmica del motor. A continuación se moverá suavemente el citado índice de regulación hasta la posición marcada con MIN., hasta que se produzca la desconexión del relé. Una vez disparado y después de un pequeño tiempo de enfriamiento de los bimetales, se desplazará moderadamente el índice en sentido contrario, apretando el pulsador de rearme y se pondrá de nuevo el motor en funcionamiento. En estas condiciones, no debe disparar el relé, si lo hace, se desplazará un poco más el índice hasta que no lo haga.

Como comprobación cuando el motor esté en marcha, se retirará uno de los fusibles, con lo cual la desconexión deberá producirse antes de dos minutos, procedimiento semejante quedando los dos fusibles restantes. Con esto queda comprobada la protección del motor por falta de una fase de alimentación.

5. Relés Electromagnéticos.-

Relés empleados para proteger los circuitos contra las fuertes sobrecargas que requieren una apertura rápida del contactor. Su empleo es necesario en instalaciones en las que se puede tener una variación brusca y anormal del par resistente de la máquina accionada e incluso el calado de la misma.

El relé consta, esencialmente, de un circuito magnético y un mecanismo de desconexión que actúa sobre un contacto.

El mecanismo de desconexión es activado por la armadura, que, en su movimiento debido a la atracción magnética, desplaza una palanca que acciona el contacto auxiliar de disparo.

Después de la apertura del contactor, controlado por el relé, la armadura de este último vuelve a caer y el contacto puede volver a adquirir su posición inicial o bien permanecer abierto y rearmarlo nuevamente.

La regulación de la intensidad de conexión se hace variando el entre-hierro del relé por rotación de un sector-elicoidal sobre el que reposa la armadura móvil.

Este sector lleva un índice que se desplaza ante una escala graduada fija, de acuerdo con el giro de un botón-aislante.

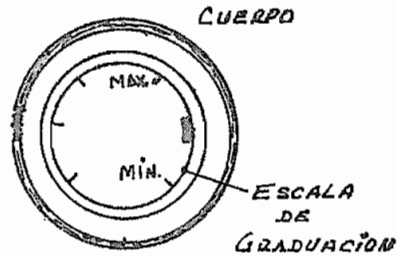


Figura # 58

6. Protección contra Corto-circuitos.-

El relé de sobrecarga no protege contra corto-circuitos, es necesario combinar con los fusibles. Como ya se indicó en (2.5.1.), y el esquema quedaría así: Figura # 59.

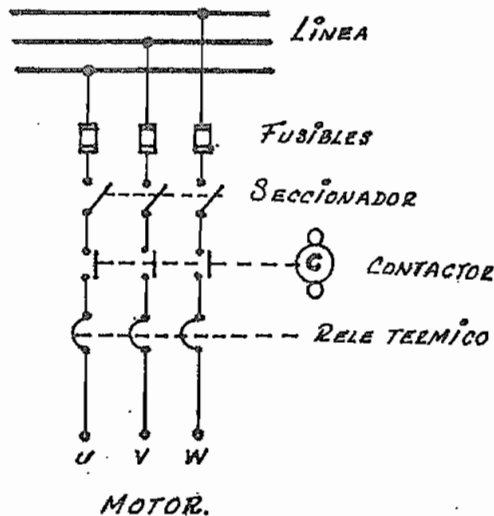


Figura # 59

3.3. PROTECCION DE CONDUCTORES .(+)

La adecuada selección de su capacidad y tipo conjuntamente con los apratos destinados a protegerlo contra sobrecorrientes y corto-circuitos es muy importante.

Los conductores de potencia requieren ser protegidos contra sobrecargas, corrientes de corto-circuito y protección física según los requerimientos de NFPA N^o 70. NATIONAL-ELECTRICAL CODE (1.975), (ANSI C1 - 1.975), (NEC); pues como es conocido por todos, los conductores son los encargados de transportar la energía para el funcionamiento de todo equipo eléctrico, o de proveer información, etc., debiéndose diferenciar y tener muy en cuenta su selección, pues existe conductores para fuerza y conductores para control.

Los conductores de fuerza son divididos en dos tipos de acuerdo a su clase de voltaje:

- 600 voltios o menos; y,
- más de 600 voltios.

Los conductores para control se debe seleccionar de acuerdo al voltaje a utilizarse:

Conforme se incrementa la potencia y el voltaje, los esfuerzos potenciales también aumentan. Las altas temperaturas son la causa más probable para la disminución de la vida del conductor y de que ocurra una falla, los conductores desprenden una cierta cantidad de calor por efecto de transportar energía, pero sufren fallas en el aislante si la temperatura sube a valores excesivos; a lo que se añade el efecto de sobrecarga y corrientes de corto-circuito.

(+).- Ref.(2) pag. 221-243

La sobrecorriente se debe al incremento de carga, conectada inicialmente o debido a la sobrecarga de los equipos-existentes.

Los corto-circuitos causan daño a los conductores - debido a la excesiva temperatura, así como, la energía irra - diada o desprendida de algún lugar puede ocasionar daño al - conductor; las condiciones físicas también pueden causar peli - gro de falla en el conductor, debido a altas temperaturas am - bientales o fuego; los daños mecánicos pueden dar como resul - tado corto-circuitos o reducir la vida del conductor y son - causados por personas, equipo, animales, insectos, etc.

La protección del conductor es requerida para pro - tección del personal y del equipo y para asegurar un servicio contínuo, el tipo de protección generalmente se selecciona - por condiciones económicas e impuestas por el ingeniero, el - cual puede especificar una protección segura y económica; pa - ra un caso en particular.

La protección por sobrecorrientes es generalmente - proporcionada por medio de un aparato sensor de corriente que permite la sobrecarga por un período largo; los aparatos de - protección de corto-circuito son sensitivos a grandes corrien - tes y de corto tiempo de operación, la combinación de estos - dos tipos se puede hacer de varias formas.

1. Nomenclatura.

Los símbolos siguientes son utilizados para una me - jor comprensión:

a.- Corriente del Conductor, en Amperios.

- I = Corriente que circula por el conductor.
 I_o = Corriente inicial previa al cambio de corriente.
 I_F = Corriente final después al cambio de corriente.
 I_N = Corriente de carga normal, a temperatura ambiente base.
 I_{NI} = Corriente de carga normal a distinta temperatura ambiente.
 I_E = Corriente de carga en emergencia a temperatura ambiente base.
 I_x = Corriente de valor distinto a la de emergencia.
 I_{sc} = Corriente trifásica de corto-circuito.

b.- Temperatura del Conductor, en ° Celcius.

- T = Temperatura en general.
 T_o = Temperatura inicial previo al cambio de corriente.
 T_f = Temperatura final después del cambio de corriente.
 T_N = Temperatura normal de carga.
 T_E = Temperatura de carga de emergencia.
 T_x = Temperatura de una corriente de carga.
 T_t = Temperatura a un tiempo t después del cambio de corriente.
 T_a = Temperatura ambiente base.
 T_{a1} = Temperatura ambiente distinta a T_a .

c.- Miscelánea.

- t = Tiempo
 $C.M$ = Tamaño del conductor en circular mils.

Fac = Efecto SKin

K = Constante de tiempo o factor geométrico -
del cable del flujo de calentamiento.

Kt = Corrección del factor para temperatura ini-
cial y final a un corto-circuito.

d.- Reactancia, en Porcentaje.

Xt = Reactancia del transformador

Xd'' = Reactancia subtransitoria de una máquina.

Xd' = Reactancia transitoria de una máquina sin-
crónica.

3.3.1. Protección de Conductores Contra Corto - Circuitos.

Un conductor debe estar protegido contra sobrecalen-
tamiento debido al flujo de corriente excesiva de corto-circui-
to en el conductor. El punto de falla puede estar ubicado en -
la sección protegida o fuera de ella en un sistema eléctrico;-
la sección del conductor es por lo general reemplazado si pre-
senta lastimaduras en su aislante.

Durante la falla de una fase las pérdidas I^2R en el
conductor de la fase elevan primeramente la temperatura del -
conductor, seguido del material aislante, la envoltura de pro-
tección, el conducto eléctrico y sus alrededores.

Durante una falla a tierra las pérdidas I^2R en ambas
fases conductoras y las pantallas metálicas o revestimiento e-
levan la temperatura en una forma similar a la fase fallosa.

Siendo que la corriente de corto-circuito de gran -
magnitud es interrumpida rápidamente por los equipos de protec-

ción, la temperatura o calentamiento que se transmite en este tiempo al aislante y otros materiales es relativamente muy pequeña; para propósitos prácticos se puede decir que el 100% de las pérdidas I^2R se consumen en elevar la temperatura del conductor y durante el corto período de duración del corto-circuito la elevación de temperatura no presenta peligro al material aislante.

La tarea de brindar protección al conductor durante condiciones de corto-circuito involucra determinar lo siguiente:

- a.- Máximo Valor de corriente de corto-circuito existente.
- b.- Temperatura máxima que soportaría el conductor sin daño alguno.
- c.- Tamaño del conductor, capacidad de soportar el calentamiento producido por su I^2R .
- d.- Tiempo que existiría y fluiría la corriente de falla.

1. Corriente de Corto circuito.

a.- Corriente de falla de una fase.- Los fundamentos para el cálculo es conocido por todos, y la magnitud de la corriente de falla puede ser determinada, la forma como decae la onda de corto circuito es en forma exponencial, el valor de decaimiento en cada sistema depende de la relación x/r existente en el sistema.

b.- Máxima Corriente de Corto Circuito.- La corriente subtransitoria en un sistema es generalmente designada la máxima corriente de corto-circuito en los conductores protegidos por relés instantáneos de sobrecorrientes e interruptores de medio voltaje en aire; cuando la protección de los conductores se hace por fusibles, protectores y limitadores de cables o

por interruptores de disparo instantáneo de bajo voltaje se utiliza el valor de la corriente asimétrica.

c.- Corriente de Corto Circuito Basada en la capacidad del Equipo.-

Para libre margen de designación donde las consideraciones económicas no son críticas, y la capacidad momentánea de corriente de interrupción de un mecanismo de control, interruptores o fusibles pueden ser utilizados como la base para la selección y protección del conductor.

Las capacidades de corriente de utilización más común están indicadas en la esquina superior del lado derecho de las figuras # 60 y # 61 y pueden ser utilizados como la corriente de corto-circuito máximo para la selección del tipo de conductor.

CONDUCTOR DE COBRE A.M.S.

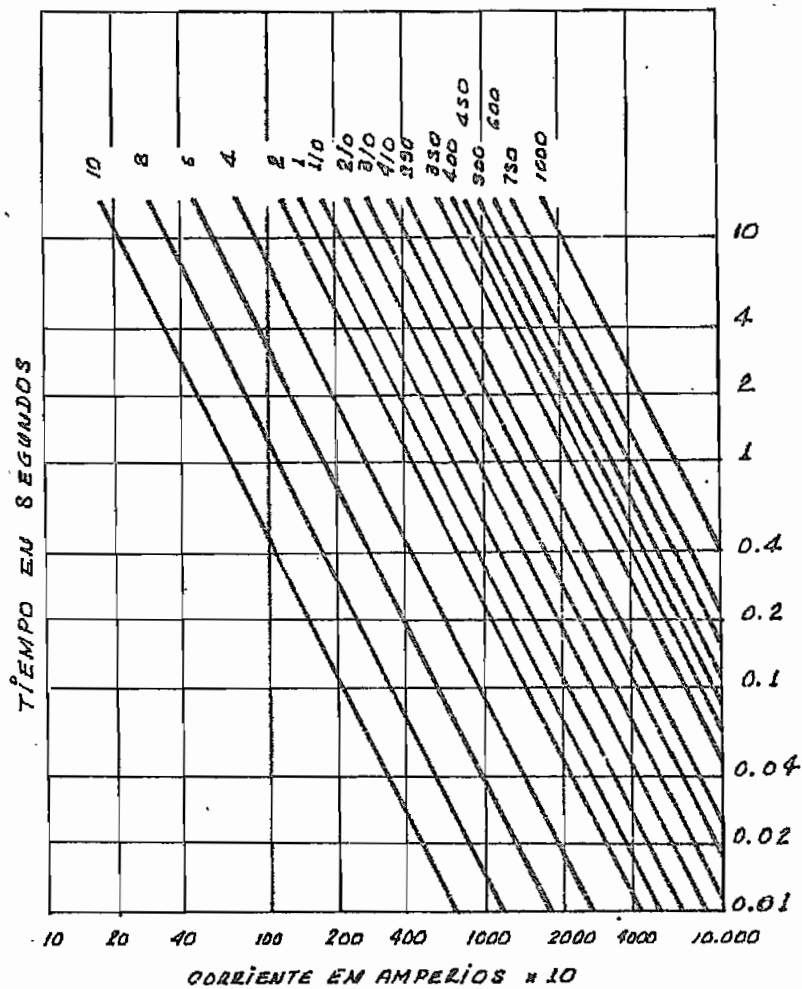
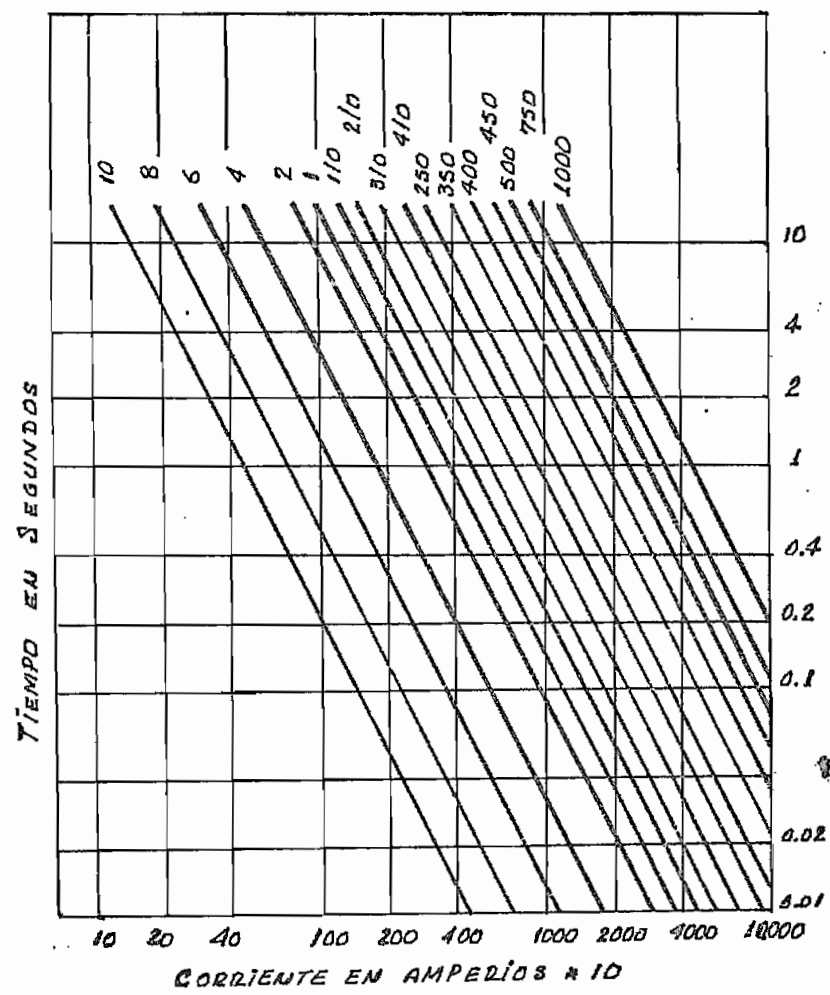


Figura # 60

Máxima corriente de corto-circuito para
conductores de cobre $t_0 = 75^\circ\text{C}$; y $t_f = 200^\circ\text{C}$.

CONDUCTOR DE ALUMINIO A.W.G.



Máxima corriente de corto-circuito para conductores de aluminio $T_o = 75^{\circ}C$ y $T_f = 200^{\circ}C$.
(2) pag. 225

d.- Corriente de falla a tierra.

Los conceptos en este caso son los ya conocidos (Líneas de transmisión), debiendo aclarar que el cálculo es diferente a la falla de fase.

Para un sistema de puesta a tierra sólidamente, la corriente de falla a tierra es de magnitud semejante a la corriente de falla de una fase.

Para una puesta a tierra mediante una resistencia baja, la magnitud de la corriente de falla a tierra está limitada al valor determinado por la capacidad de corriente de la resistencia.

El decaimiento de la componente de corriente directa ocurre tan rápidamente que el efecto asimétrico de la forma de onda de la corriente puede ser ignorado. Para un sistema conectado a tierra a travez de una resistencia alta o no puesto a tierra la corriente de falla a tierra es pequeña, pero debería ser inmediatamente detectada y eliminada para prevenir arcos persistentes, o el que ocurran problemas más serios que compliquen otros conductores o circuitos.

2. Temperatura del Conductor.

a.- Elevación de temperatura del conductor de fase.-

Ba-
sándonos en que todo el calor es absorbido por el metal conductor y que éste no se transmite desde el conductor al material aislante, la elevación de temperatura es función del tamaño del conductor metálico, la magnitud de la corriente de falla y el tiempo de duración de la corriente.

Estas variables están relacionadas por la siguiente fórmula:

IPCEA P - 32 -282, características de corto-circuitos de conductores aislados Rev. Mar. 1.969

Para Cobre:

$$\left(\frac{I}{CM}\right)^2 * t * Fac = 0.0297 \log_{10} \frac{T_f + 234}{T_o + 234}$$

Para Aluminio:

$$\left(\frac{I}{CM}\right)^2 * t * Fac = 0.0125 \log_{10} \frac{T_f + 228}{T_o + 228}$$

Si las temperaturas inicial T_o y final T_f son determinadas en base de la capacidad continua de corriente y material aislante respectivamente, la relación de corriente I versus el tiempo t puede ser grafizada para cada tamaño de conductor (CM).

b.- Elevación de Temperatura de la pantalla y revestimiento.-

Con las mismas bases que (a), la elevación de temperatura en la pantalla y revestimiento debido a corrientes de falla a tierra puede ser relacionada a la magnitud de la corriente de falla I , a través de la sección (CM) de la pantalla y revestimiento, y el tiempo t de flujo de corriente como se indica en la figura # 30. IPCEA. P-45-482, short circuits Performance of Metallic Shielding and Sheaths of Insulated Cable (Jun 1.963)

Elevación de Temperatura de la Pantalla y
Revestimiento Debido a una Corriente de -
falla a Tierra.

Material	To 65/200°C	Tf 65/150°C.
Cobre	$I = 0.0694 \text{ CM} / \sqrt{t}$	$I = 0.0568 \text{ CM} / \sqrt{t}$
Aluminio	$I = 0.0453 \text{ CM} / \sqrt{t}$	$I = 0.0371 \text{ CM} / \sqrt{t}$
Plomo	$I = 0.0124 \text{ CM} / \sqrt{t}$	$I = 0.0103 \text{ CM} / \sqrt{t}$
Acero	$I = 0.0249 \text{ CM} / \sqrt{t}$	$I = 0.0205 \text{ CM} / \sqrt{t}$

(2) pag. 226

Tabla # 30

c.- Capacidad Máxima de Temperatura en Corto Circuito.

IPCEA P-32-382 establece como norma para temperaturas por corto-circuito para varios tipos de aislación como se indica en la tabla # 31, la capacidad de temperatura de corto-circuito está considerada como la temperatura máxima y no puede excederse este valor si se desea proteger al conductor y su aislación de daños.

Temperatura Máxima de Corto Circuito.		
Tipo de Aislación	Capacidad de Temperatura Continua To (°C)	Capacidad de Temperatura de Corriente de Corto Circuito. Tf(°C)
Caucho, hule, goma	75	200
Caucho, hule, goma	90	200 +
Caucho siliconado	125	250
Termoplástico	75	150
Termoplástico	85	200
Papel	85	200
Papel barnizado, tela barnizada	85	200

d.- Curvas de Temperatura - Tiempo - Corriente.

Para una conveniente elección en determinar el tamaño del conductor las curvas representan la relación entre temperatura - tiempo-corriente, las que son preparadas en base de la fórmula de "elevación de temperatura" y están basadas en la elevación de temperatura desde la temperatura continua hasta la de corto - circuito representadas arriba.

Las figuras # 60 y # 61 indican las curvas para conductores de Cobre y Aluminio para un rango de Temperaturas - desde 75 a 200°C.

Ellas pueden incorporar el tiempo total de despeje de la falla de un aparato de disparo instantáneo y la capacidad de interrupción de varios tipos de equipos de maniobra. Para propósito de seguridad en el presente y en el futuro, un conductor puede ser seleccionado en base del tiempo total de despeje y la capacidad del equipo de interrupción.

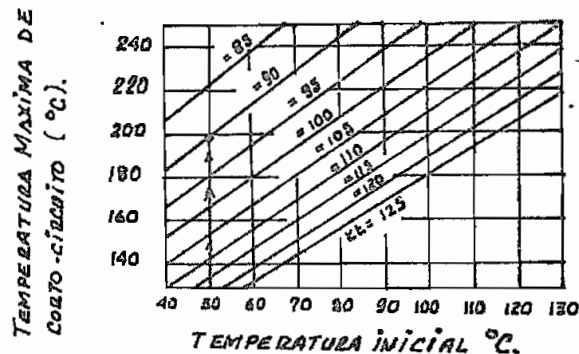
e.- Temperatura Inicial.-

Cuando la temperatura inicial de un conductor durante carga máxima es menor que la temperatura continua, valor de corriente nominal, el conductor puede llevar más corriente y soportar por un período más largo la corriente de falla; así mismo la temperatura exacta del conductor no puede ser conocida, siendo esto dependiente del período de carga del conductor y de la temperatura ambiente.

Para una adecuada conservación es generalmente no recomendable reducir el tamaño del conductor, para un diseño económico, la reducción en el tamaño del conductor sería determi-

nada en base de la carga estimada y la temperatura ambiente determinada, estos parámetros serían los que reducirían la temperatura del conductor. La figura # 62 muestra el factor de corrección a utilizarse con las curvas # 60 y # 61. Esta corrección es principalmente utilizada en cada incremento o disminución, o disminución del valor de la máxima corriente de corto circuito por un factor K_t .

El factor K_t está basado en la temperatura inicial o en la temperatura final, o ambas, las cuales están por encima y debajo de los 75 y 200°C., respectivamente.



(2). pag. 227 **Figura # 62**

Ejemplo: del uso del factor de corrección.

(1) Temperatura inicial 75°C.

máxima temperatura transitoria 200°C.

$K_t = 1.00$

No existe corrección en la Fig. 60 y 61

(2) Temperatura inicial (50°C

máxima temperatura transitoria 200°C

$k_t = 0.899$

Corriente = 0.899 x I_{sc} en Fig. # 60 y # 61.

3.3.2. Aparatos de Protección.

1. Tiempo Total del Despeje de la Falla.-

Los aparatos de protección de conductores contra daños por corto-circuitos deben poseer gran rapidez en el despeje.

En el esquema primario de protección, la protección primaria es la que normalmente actúa con gran rapidez, la protección secundaria o de respaldo actúa con un retardo de tiempo un poco mayor. El tiempo t' del relé, más el tiempo del interruptor equivale al tiempo total de despeje t .

a.- Relé - Interruptor.

El tiempo de eliminación t_0 total de la corriente de falla equivale al tiempo del relé más el tiempo del relé auxiliar (si existe) más el tiempo para interrupción del interruptor.

b.- Interruptor con disparo directo.

Equivale al tiempo total que el interruptor se demora en despejar la falla.

c.- Fusibles.

El tiempo total de la falla es equivalente al tiempo que el fusible se demora en despejar la falla.

2. Aparatos de Protección y Tiempo de Despeje.

El tiempo total de despeje de varios tipos de aparatos de protección dependen del tipo de relé y del interruptor utilizados.

La tabla siguiente nos da una idea del tiempo de despeje de varios aparatos de protección.

Tiempo estimado para el despeje de aparatos de protección.

a. Interruptores de potencia en aire, Hasta 600 voltios.

Tipo	Tamaño	
	225-600 A.	1.600-4.000 A.
Instantáneo (ciclos)	2-3	3
Corto tiempo (ciclos)	10-30	10-30
Largo tiempo (ciclos)	más de 60	más de 60
Falla a tierra (ciclos)	10 -30	10-30

b. Interruptores de caja moldeada, Hasta 600 voltios.

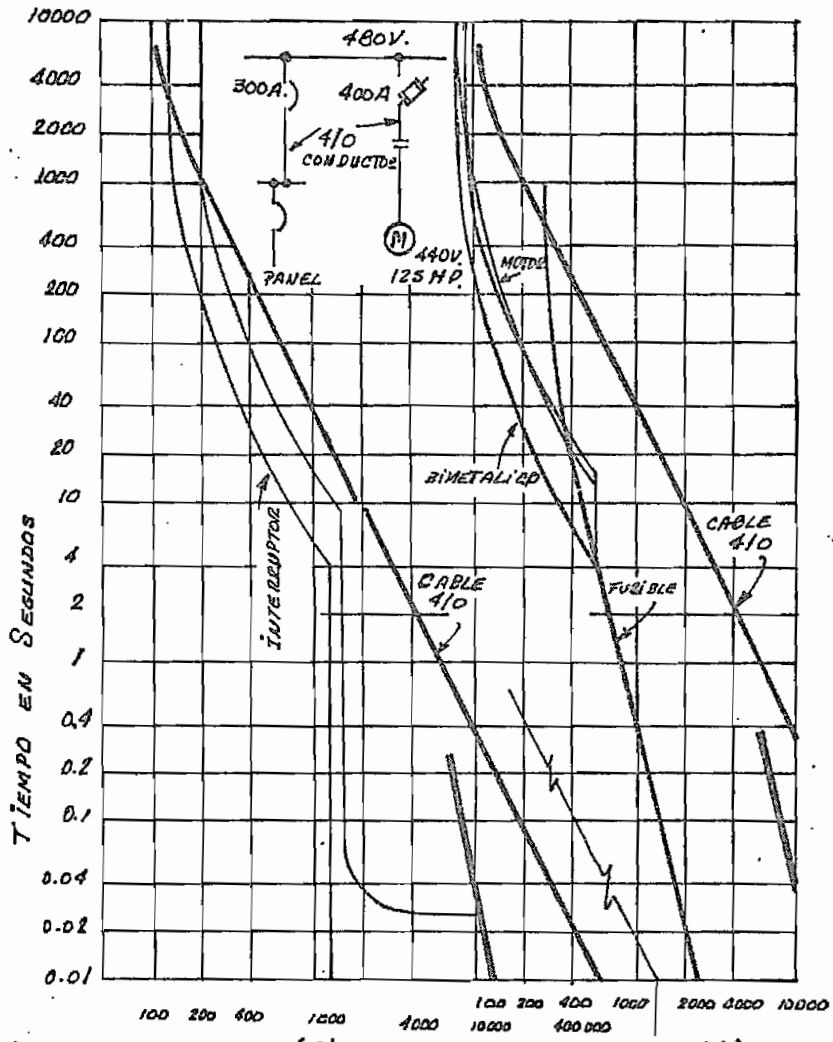
	Tamaño	
	100 A	225-1.200 A.
Instantáneo (ciclos)	1.1	1.5
Largo tiempo (ciclos)	más de 60	más de 60.

c. Fusibles.

El tiempo total de despeje varía desde 0.25 ciclos a varios minutos, dependiendo de la magnitud de corriente de falla.

3. Características tiempo-corriente de los aparatos de protección.

Los aparatos de protección brindan máxima protección si su característica de tiempo-corriente "encerraría" la curva corriente de falla versus el tiempo de los conductores dados en figuras # 63 (a) y (b) de lo que se puede decir que la selección de relés de sobrecorriente y otros aparatos es de vital importancia para la protección de conductores. Figura # 63.



(a) (b)
 CABLE #4/0 ; A UNA SOBRECORRIENTE DEL 250% DE SU CAPACIDAD

Figura # 63 (a) y (b)

3.3.3. Protección del Conductor Contra Sobrecargas.

3.3.3.1. Capacidad de Corriente de Carga Normal.

1. Flujo de Calentamiento y Resistencia térmica.-

El calentamiento en los conductores es generado por las pérdidas I^2R , el cual puede desprenderse hacia afuera a través del aislamiento del conductor, envoltura, el aire que rodea al conductor, la tubería, etc., en relación con el siguiente principio.

$$\text{Flujo de calentamiento} = \frac{\text{Diferencia entre la temperatura ambiente y el Conductor.}}{\text{Resistencia térmica de los materiales.}}$$

La temperatura del conductor varía con la carga, la resistencia térmica puede ser determinada con razonable precisión, pero el resto de temperaturas dependen del tamaño de los ductos y del tipo de terreno; consideraciones importantes en la selección del conductor.

2. Capacidad de conducción.-

La capacidad de corriente conducida por un conductor está calculada en base a varias consideraciones que se deben tomar en cuenta; y que los fabricantes de conductores especifican; debiendo tomar muy en cuenta el ducto, capacidad de la carga, la temperatura ambiente, etc.

3. Factor de Temperatura que reduce la capacidad normal (TDF).-

La capacidad de conducción de corriente de un conductor está basada en el establecimiento de condiciones físicas y ambientales, como la carga, ducto o tubería. La temperatura base

generalmente es de 20°C para instalación subterránea y 30°C para empotrada en conduit.

El factor TDF para temperatura ambiente y otras temperaturas que están basadas en la máxima temperatura de operación de el conductor y son proporcionales a la raíz cuadrada de la relación de la elevación de temperatura.

$$\begin{aligned} \text{TDF} &= \frac{I_N}{I_{N1}} = \frac{\text{Capacidad de corriente a temp. ambiente base.}}{\text{Capacidad de corriente a otra temp. ambiente.}} \\ &= \sqrt{\frac{T_N - T_a}{T_{N1} - T_{a1}}} \\ &= \sqrt{\frac{\text{Elevación de Temp. sobre la temp. base ambiental}}{\text{Elevación de temp. sobre otra temp. ambiente.}}} \end{aligned}$$

4. Factor Reductor de la capacidad en grupo de conductores.-

La temperatura de un conductor en un grupo de conductores cargados es más alta que la temperatura ambiente base; por lo que la capacidad de conducción del conductor puede verse disminuída debido a (1), y son diferentes casos para cada instalación, y pueden clasificarse así:

- a.- Para conductores en aire con espacio mantenido.
- b.- Para conductores en aire sin espacio mantenido.
- c.- Para conductores empotrados en conduit.
- d.- Para conductores en ductos subterráneos.

3.3.3.2. Capacidad de Sobrecarga.

1. Temperatura de carga normal.-

Los constructores especifican la temperatura de carga normal para sus productos con el objeto de asegurar una larga vida para sus productos,

y evitar el deterioro, la aislación puede tener una duración de unos 20 o 30 años; la tabla # 32 indica las temperaturas máximas de operación de varios tipos de conductores aislados.

Carga Normal y de Emergencia de Cables Aislados Típicos.				
Aislación	Tipo de Conductor	Voltaje Normal	Carga Normal	Carga Emergencia
Termoplástico	T. TW	600 V	60	85
	THW	600 V	75	90
Thermal Settings	R.RW.RV	600 V	60	85
	XHHW	600 V	75	90

(2) pag. 235

Tabla # 32

2. Corriente y Temperatura del conductor.-

La elevación de temperatura en un conductor se incrementa como el cuadrado de su corriente. La temperatura del conductor a un estado de carga puede ser expresada como función del % de su plena carga por la fórmula.

$$T_x = T_a + (T_N - T_a) \left(I_x / I_N \right)^2$$

La figura # 64 indica esta relación para conductores en un valor de temperatura de carga normal de 60, 75, 85 y 90°C

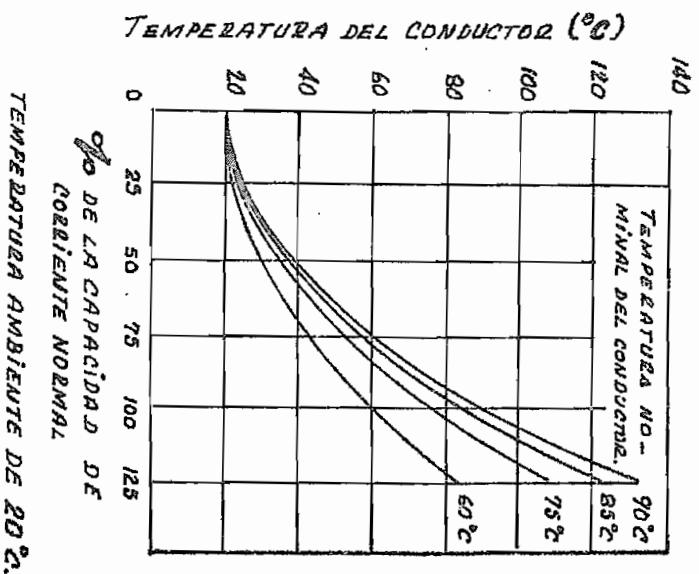


Figura # 64 (a)

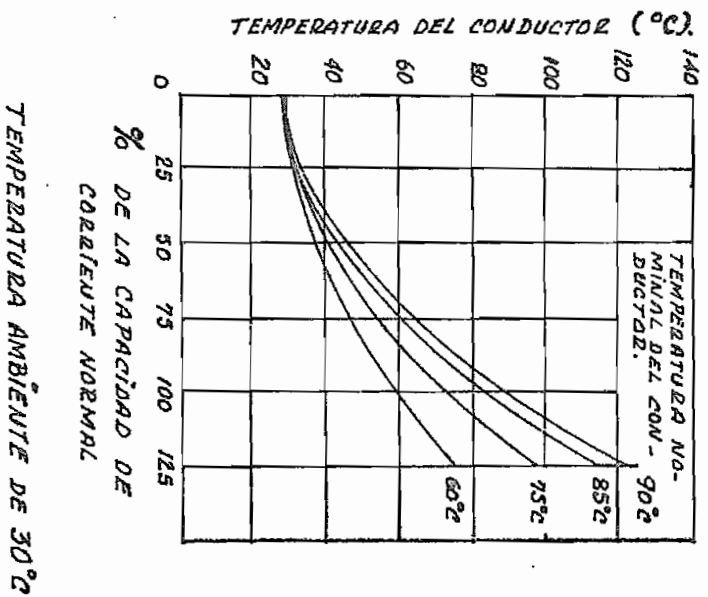


Figura # 64 (b)

3. Temperatura en Carga de Emergencia.-

Una sobrecarga puede incrementar la temperatura del conductor cerca de los límites normales permitidos; la vida del aislante del conductor decrece el doble por cada 10°C de incremento de temperatura, - además una sobrecarga de emergencia no debe exceder las 100 horas al año y las 5 horas por cada período de sobrecarga. La temperatura límite recomendada está dada en la Tabla # 32 y se considerará como máxima para todas las circunstancias.

4. Corriente de Sobrecarga de Emergencia.-

La corriente de sobrecarga en emergencia puede determinarse en base a los principios anteriores; nominalmente es proporcional a la raíz cuadrada de la corriente en relación con la elevación de temperatura.

$$\% \text{ carga} = \frac{IE \times 100}{IN.}$$

$$= \sqrt{\frac{\text{Elevación de temp. de emerg. sobre la temp. ambiente}}{\text{Elevación de temp. normal sobre la temp. ambiente}}}$$

5. Corto Tiempo de Sobrecarga.-

Siendo la elevación de la temperatura exponencial, el período corto de sobrecarga, una sobrecarga grande puede ser aplicada a un conductor sin exceder sus límites permitidos.

La corriente de sobrecarga tolerable para una duración de un tiempo t puede ser expresada por la fórmula:

$$\% \text{ carga de emergencia} = \frac{IE}{IN} \times 100$$

$$= \frac{\text{Corriente de carga de emergencia}}{\text{Corriente de carga normal.}} \times 100$$

$$= \sqrt{\frac{TE}{TN}} \times 100$$

El % de la sobrecarga en emergencia (a tiempo t)

$$= \frac{1 - (I_0/IN)^2 \cdot e^{-t/k}}{1 - e^{-t/k}} \times 100$$

Valores de K			
Tamaño del conductor	Conductor en aire	Conductor en ducto subterráneo	Conductor enterrado directamente.
Pequeño	0.5	1	1.5
Intermedio	1.0	2.5	3
Largo	1.5	4	6

(2) pag. 236

Tabla # 33

3.3.3.3. Aparatos de Protección Contra las Sobrecargas.-

1. Características Tiempo - Corriente.-

Un aparato de protección brindará máxima protección al conductor contra las sobrecargas cuando la curva característica del aparato encierre prácticamente a la curva característica de sobrecarga del conductor.

Los relés térmicos de sobrecorriente, generalmente brindan mejor protección al conductor que las del tipo induc -

ción, puesto que los primeros operan basados en el principio del calentamiento del cable o del cuadrado de su corriente.

2. Relés de Sobrecorriente.-

Los relés "de disco" tipo inducción de características muy inversas o extremadamente inversas proveen mejor protección que los relés con características inversas moderadas. Así mismo, todos los relés de sobrecorriente tipo inducción proporcionan al conductor protección suficiente y segura.

3. Relés Térmicos de Sobrecorriente o Aparatos Bimetálicos.-

Las curvas de los Relés térmicos de sobrecarga o aparatos bimetálicos se asemejan a las curvas características de calentamiento del conductor, pero se debe anotar que no son tan precisas como los relés de sobrecorriente.

4. Fusibles.-

Los fusibles limitadores de corriente brindan excelente protección al conductor cuando se trata de corriente de magnitud alta como las corrientes de corto-circuito, pero en cambio ofrecen muy poca protección cuando la magnitud de la corriente es la de una sobrecarga, o en fallas de baja magnitud.

5. Disparo por Bobinas Magnéticas o Sensores Estáticos a 480 V.-

El disparo por bobinas magnéticas tiene un amplio valor en la tolerancia al disparo. Sus características de tiempo largo coinciden a las curvas de sobrecarga del conductor para casi los 3/4 de hora. Los sensores estáticos ofrecen mejor protección que los anteriores. Así mismo pa-

ra una protección segura del conductor, las bobinas se calibrarán a un valor por debajo de la curva de calentamiento del conductor para cada tamaño del conductor, con una corriente de carga normal ligeramente mayor que la corriente mínima de disparo de la bobina.

6. Interruptores termomagnéticos de caja moldeada con bobinas magnéticas.-

Sus características se asemejan a las que posee un aparato con bobinas magnéticas para el disparo; estos interruptores no ofrecen una protección adecuada durante una sobrecarga de largo período de magnitud baja

3.3.3.4. Protección Física de Conductores.

Los conductores requieren protección física contra daños de carácter físico, a más de ser protegidos contra sobrecargas y corto-circuitos. Las condiciones físicas a ser consideradas se puede resumir en las siguientes:

- Esfuerzos mecánicos
- Condiciones ambientales adversas (se excluye altas temperaturas).
- Ataque de elementos extraños.
- Por manejo inapropiado durante su instalación.

En todo caso se deberá tomar las precauciones necesarias para realizar una instalación segura y apropiada; y evitar contratiempos y disminuir al mínimo las causas de fallas, que se puedan suscitar dentro de un sistema industrial.

3.4. PROTECCION DE EQUIPO EN GENERAL.

En esta parte debemos considerar todo aquel equipo eléctrico que exista a más de los ya anotados, como resistencias, iluminación, etc., en los que debe tenerse en cuenta si son elementos pasivos o reactivos; y la capacidad de sobrecorriente que puedan soportar.

3.5. PROTECCION DE TRANSFORMADORES. (+)

El incremento de potencia eléctrica en una planta industrial requiere la instalación de transformadores de mayor capacidad, convirtiendo su instalación en una pequeña subestación.

Los transformadores de tamaños hasta 2.500 KVA poseen voltajes en el secundario de 208, 240 o 480 voltios; la cantidad de fallas que se suscitan en los transformadores es menor que en otros equipos, lo que hace pensar hasta que punto se debe proteger un transformador.

La necesidad de protección de un transformador es fuertemente considerada cuando el promedio de horas de carga fuerte es considerable. La protección se realiza por la apropiada combinación del sistema diseñado y de los aparatos de protección necesarios y la necesidad económica aplicada a los requerimientos. La protección estaría diseñada para incluir:

a.- Protección del transformador de condiciones perjudiciales ocurridas en el sistema al cual el transformador está conectado.

b.- Protección al sistema eléctrico de los efectos de fallas del transformador.

c.- Detección e indicación de condiciones que sucederían sin el transformador; los cuales pudiesen causar peligros de fallas.

El sistema y los aparatos serían seleccionados para brindar protección en cada una de estas áreas, muchas de las (+).- Ref. (2) pag. 205-219

cuales incluirían más de una de las áreas en su operación de protección.

En cada caso se tomará en cuenta las condiciones en las que se vayan a instalar el transformador para dar las protecciones adicionales para seguridad al personal y su mejor funcionamiento.

3.5.1. Sistema de Conservación del Líquido.

El sistema de conservación del líquido es utilizado para conservar la aislación del líquido y prevenir ser contaminado por vapores, especialmente vapores de agua.

La importancia de mantener convenientemente la pureza del aceite aislante es debido a voltajes elevados en el orden de 69 Kv, los que necesariamente aumentan los esfuerzos eléctricos del aceite aislante, para lo que se utiliza diferentes tipos, así:

1. Tanque Sellado.

Se designa así al método más comunmente utilizado y standard en muchos transformadores de subestaciones. La figura # 65 nos indica estas características, donde, como su nombre lo indica, el tanque del transformador es sellado, aislando de la atmósfera el líquido aislante,

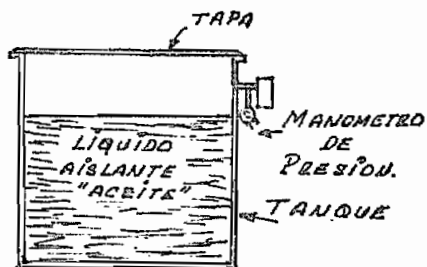


Figura # 65

El espacio del gas ocupa la $1/6$ parte del volúmen del líquido, el cual es mantenido para la expansión del líquido por expansión térmica.

En este espacio está purgado el aire, y es, usualmente llenado con nitrógeno.

El manómetro de presión de vacío y el aparato purgador (dispositivo de sangrar) son suministrados en el tanque para conocer la presión o vacío interno y eliminar (liberar) un exceso de presión.

2. Tanque de Expansión.

El tipo de tanque de expansión se muestra en la figura # 66, en el que se puede apreciar no existe un espacio para el gas en el mismo tanque; pero se añade un segundo tanque el mismo que está lleno parcialmente del líquido aislante y un espacio de gas suficiente para ser ocupado cuando el líquido se expanda, este segundo tanque

está conectado al principal por medio de un tubo.

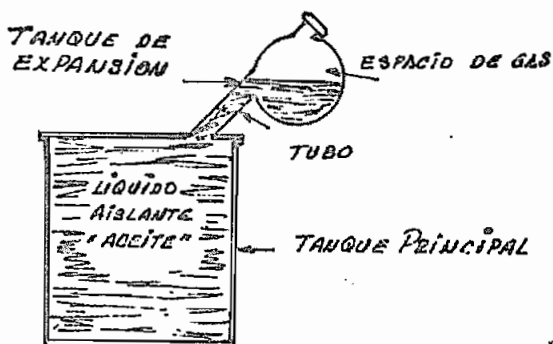


Figura # 66

Como no se requiere un espacio de gas en el mismo-tanque, este puede ser una unidad de menor altura, este tipo puede ser utilizado cuando son utilizados el relé acumulador de gas y el relé de presión rápida del tipo Bucholtz.

3. Manómetro indicador del nivel líquido.-

El manómetro indicador de nivel se indica en la figura # 67, el cual es utilizado para medir el nivel del lí-quido aislante sin el tanque, con relación a un nivel prede-terminado, usualmente indicado como 25°C, (77°F) en el nivel.

Un nivel excesivamente bajo " en la lata " indica-ría la pérdida del líquido aislante lo cual conduciría a tensiones internas si no se corrigiese este defecto.

Chequeos periódicos son recomendables normalmente-para poder determinar el nivel correcto del líquido aislante para el óptimo funcionamiento.

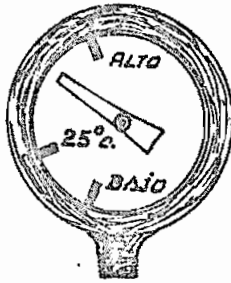


Figura # 67

4. Manómetro de presión del vacío.-

El manómetro es el que indica la diferencia de presión existente - entre el gas del transformador y la presión atmosférica. Este sistema es utilizado en transformadores con sistemas de conservación de aceite de tanques sellados. Ambos, el manómetro de presión y el tanque sellado son estandarizados en transformadores de pequeña y media potencia.

Este es probablemente el más simple y más generoso de todos los sistemas de conservación de aceite.

La presión en el espacio de aire es normalmente - relacionado a la expansión térmica del líquido aislante, el cual variaría con los cambios de carga y la temperatura ambiente. Presiones grandes positivas o negativas indican condiciones anormales, particularmente si el transformador ha permanecido sin presión normal límite por algún tiempo.

3.5.2. Fallas en Transformadores.

Las fallas en un transformador pueden ser causados por condiciones de origen interno o externo, lo que hace a la unidad incapaz de realizar sus funciones propias eléctricas o mecánicas. Las fallas en un transformador pueden ser agrupadas así:

1.- Fallas en las bobinas, que es la más frecuente en un transformador. Razones para que ocurra este tipo de falla son deterioro del aislante o defecto del mismo, sobrecalentamiento, esfuerzos mecánicos, vibración, y ondas de voltaje.

2.- Tablero de terminales y taps de cambio sin carga las fallas son atribuidas a un ensamblado inadecuado, vibración excesiva, daños durante la transportación, o diseño inadecuado.

3.- Las fallas en los Bushing (aisladores) pueden ser causados por vandalismo, contaminación, envejecimiento, rotura o animales.

4.- Fallas en los taps de cambio de carga pueden ser causados por mal funcionamiento del mecanismo, problemas en los contactos, contaminación del líquido aislante, vibración, esfuerzos excesivos sin la unidad.

Los Taps de cambio de carga normalmente se aplican en los sistemas de las empresas eléctricas más que en sistemas industriales.

5.- Fallas diversas las que incluirían falla de aislación del núcleo magnético, fallas de corriente en los bushings de los transformadores, dispersiones del líquido debido a mala calidad de la soldadura o daño del tanque, daño en el embarque, y materiales extraños.

Las fallas de otros equipos fuera de la protección del transformador por un aparato en esa zona causarían la pérdida del transformador del sistema, esto incluiría la ubicación de un equipo como protectores de cables, ductos de barras, switches, instrumentos del transformador, pararrayos y aparatos del neutro a tierra.

3.5.3. Protección.

Las fallas en los transformadores, entre otras, causadas por las condiciones físicas del medio ambiente, se deben a tres casos indeseables como:

- Sobrecargas;
- Corto-circuitos; y,
- Sobrevoltajes.

La protección contra estas condiciones es realizada por la adecuada combinación de aparatos sensores que detectan las condiciones anormales, y dicho equipo reduciría los casos no deseables sacando al transformador del sistema, o desde el sector falloso.

Los aparatos sensores pueden ser capaces de distinguir entre las varias condiciones anormales de operación y condiciones normales. Por ejemplo, la protección primaria no puede operar en grandes corrientes transitorias de magnetización, pero operaría con una sobrecarga baja que sea sostenida un número especial de sensores están disponibles en auxilio de la identificación correcta de la presencia de condiciones de fallas internas.

El equipo de desconexión, usualmente interruptores o switches - fusibles, deben ser capaces de transportar toda la corriente de carga normal, como también deben ser capaces de interrumpir hasta la máxima corriente de falla que existe en su punto de aplicación en cualquier instante.

Aparatos de protección mecánica incluyen generalmente, indicadores del nivel del líquido, manómetro de presión - de vacío, y algunas formas de conservación del líquido en el sistema.

3.5.4. Protección Térmica de Sobrecarga.

Una sobrecarga causaría el aumento en la temperatura de los varios componentes de un transformador. Si la temperatura final se aproxima a la temperatura límite designada, ocurriría la deterioración de la aislación en el sistema, causando la reducción de la vida útil del transformador. La aislación puede ser debilitada semejante a lo que podría causar en la aislación un moderado sobrevoltaje, una descarga disruptiva, antes del envejecimiento esperado en su vida de servicio normal.

La protección contra sobrecargas consiste de dos partes, limitación de la carga y detección de la sobrecarga.

La carga a los transformadores puede ser limitada por diseño de un sistema donde la capacidad del transformador sea mayor que la capacidad de los consumidores conectados a este transformador, éste es un método costoso de brindar protección de sobrecarga. El aumento de carga y procedimientos de operación dificultarían que se pueda eliminar la capacidad

extra necesaria por esta protección.

La limitación de carga por desconexión de una parte de la carga puede ser realizada manual o automáticamente. La operación automática a causa de su costo, es restringida solamente a unidades grandes. Así mismo la operación manual está frecuentemente orientada a brindar gran flexibilidad en la selección de cargas a los consumidores.

La mejor manera de limitación de carga que puede ser aplicada a un transformador es una que responde a la temperatura del transformador, en la cual se pueden detectar condiciones de sobrecarga. Un número de aparatos monitores los cuales se instalan en los transformadores están disponibles como accesorios estandard.

Estos aparatos por lo general son normalmente utilizados para hacer funcionar alarmas, o iniciar la operación de un aparato de protección secundaria.

Todo ésto incluye lo siguiente:

1. Indicador de Temperatura del Líquido.-

El indicador de temperatura del líquido mide la temperatura del líquido aislante hasta la tapa del transformador. Siendo el líquido caliente menos denso subiría hasta la tapa del tanque. La temperatura del líquido hasta la tapa refleja la temperatura de los enrollamientos del transformador y están relacionadas a la carga del transformador; una lectura alta indicaría una condición de sobrecarga.

El indicador de temperatura en el líquido es normalmente equipado con un accesorio estándar en transformadores de potencia. Este es un equipo con un indicador de temperatura.

Este aparato puede ser equipado con uno o tres contactos los cuales operan a las temperaturas preseleccionadas automáticamente.

El contacto simple puede ser utilizado para propósito de alarma.

Cuando el enfriamiento es con aire forzado, los primeros contactos inician los primeros grados de ventilación (a 60° C.).

Los segundos contactos u otro inicio de grado de ventilación, se equiparía con una alarma (a 90° C). Los terceros contactos (115° C), están suministrados, para ser utilizados, para al final de la alarma empezar la reducción de carga en el transformador.

El indicador de temperatura cambiaría para las diferentes temperaturas del aislante en un sistema diseñado previamente.

2. Relés Térmicos.

El diagrama de un relé térmico se indica en la figura # 68.

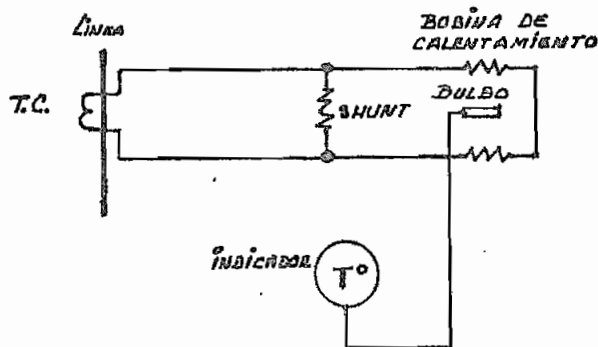


Figura # 68

Son utilizados para dar una indicación más directa de la temperatura del bobinado que la que proporciona un relé de temperatura del líquido. Un transformador de corriente es montado en el Bushing del transformador, el cual suministra la señal de corriente, a la bobina de calentamiento del bulbo termómetro, lo cual contribuye aproximadamente al propio calentamiento simulado, para una temperatura de calentamiento límite del transformador.

El indicador es un manómetro de Bourdon, conectado a través de un tubo capilar al bulbo del termómetro. El flujo en el bulbo se expandiría o se contraería proporcionalmente a los cambios de temperatura y este es transmitido a través del tubo al manómetro.

Acoplados a la columna del manómetro indicador están tres excéntricas las cuales operan switches individualmente a determinados niveles de temperatura indicadas por el transformador.

Los relés térmicos son utilizados más a menudo en transformadores de más de 10.000 KVA que en pequeños transformadores. Estos pueden ser utilizados en todo tipo de transformadores de subestaciones.

3. Punto Caliente del Equipo de Temperatura.

Este equipo de temperatura se indica en la figura # 69, es similar a un relé térmico equipado en los transformadores, donde éste duplica el punto de calentamiento de temperatura de transformador.

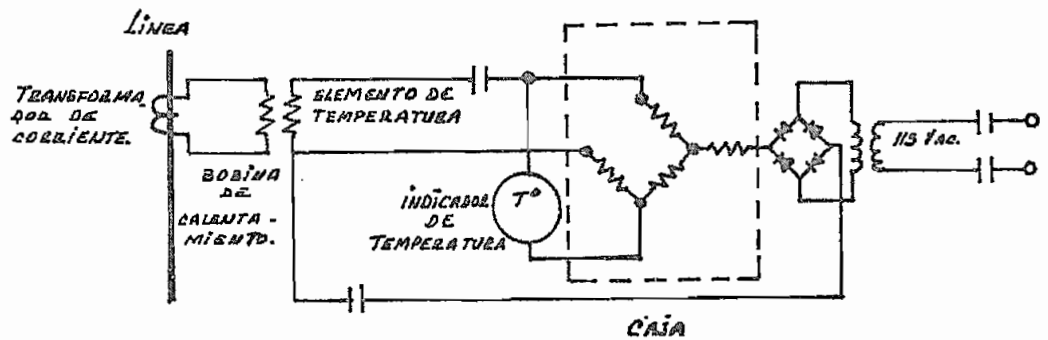


Figura # 69

Mientras el relé térmico realiza esta operación con el fluido expandido y el manómetro de Bourdon el equipo de temperatura del punto de calentamiento funciona eléctricamente utilizando un método de conexión del puente de wheatstone.

Donde este método se puede utilizar con más de una bobina de localización, y se pueden chequear las temperaturas de diversos puntos dentro del transformador.

El equipamiento con temperatura de punto caliente, así mismo no es flexible como el relé térmico porque éste, simplemente indica temperatura y no puede desempeñar funciones tales como arranque de ventiladores, activación de alarmas, o disparo de interruptores.

Estos equipos son utilizados unicamente en aquellos casos donde los transformadores operan en monitores cerrados.

4. Enfriamiento por Aire Forzado.

Otra manera de ganar protección contra sobrecargas es el incrementar la capacidad del transformador por colocar un sistema de enfriamiento auxiliar.

El equipo de enfriamiento de aire forzado es utilizado para incrementar la capacidad del transformador desde un 15 a un 33% de la capacidad base, dependiendo del tamaño y designación del transformador. El enfriamiento paralelo para un segundo período de enfriamiento de ventiladores de aire forzado o de aceite forzado, daría al transformador un segundo incremento en su capacidad, utilizados en transformadores de 12.000 KVA y más.

El equipo auxiliar de enfriamiento es con la finalidad de mantener la temperatura del líquido aislante (aceite) del transformador y del resto de sus componentes en su temperatura recomendada.

El equipo de enfriamiento funciona automáticamente cuando el indicador del relé térmico llega a una determinada temperatura.

3.5.5. Protección contra Corriente de Corto-circuito.

En complemento a las fallas de origen térmico causadas por prolongadas sobrecargas, los transformadores son también afectados por condiciones internas o externas de fallas de corto-circuito.

Corrientes peligrosas de corto-circuito de origen interno son causadas por fuerzas electromagnéticas, aumentos de temperatura y formación de arcos de energía.

Los transformadores sujetos a fallas externas de corto-circuito, tienen como impedancia única para limitar estas magnitudes la suma de la impedancia del transformador y de la del sistema que esté suministrando.

Un flujo prolongado de corriente de corto-circuito de magnitud más pequeña puede infligir daños térmicos.

La protección a los transformadores contra fallas internas, externas y sobrecargas, deberían ser eliminadas en lo posible lo más rápidamente reduciendo al mínimo el peligro

Esto implica la utilización de aparatos sensores que proveen varios grados de protección contra corto-circuitos. Los aparatos sensores reaccionan a dos aspectos diferentes de un corto-circuito.

El primer grupo de aparatos indica la formación de gases previo a una falla y se utilizan para detectar fallas internas.

El segundo grupo de aparatos indican la magnitud en forma directa de la corriente de corto-circuito.

Los relés de sobrecorriente también pueden brindar protección de sobrecarga.

El aparato sensor de gases incluye un aparato de baja presión, el relé de presión, relé detector de gases, y relé de gases combustibles. Los aparatos de sensibilización de corriente incluyen fusibles, relés de sobrecorriente y relés-diferenciales.

1. Aparato Sensor de Gases.

Las fallas de baja magnitud en los transformadores son normalmente la causa para formar gases debido a la descomposición del líquido aislante, debido a la alta temperatura causada por la corriente de falla.

La detección de formación de estos gases puede permitir poner el transformador fuera de servicio, antes de que ocurra un daño más extenso; en muchos casos la formación del gas se puede detectar con un largo tiempo antes de una falla.

Corrientes de falla de gran magnitud son usualmente sensadas por otros detectores, pero el aparato sensor de ga -

ses respondería con un modesto retardo de tiempo.

2. Aparato de Desfogue de Presión.-

El aparato de desfogue de presión es un accesorio estandard en todos los transformadores de una subestación con líquido aislante, excepto en subestaciones secundarias donde unidades de aislamiento de aceite son opcionales.

Cuando la presión interna excede la presión de disparo ($10 \text{ lbr}_f/\text{pulg.}^2 \pm 1 \text{ lbr}_f/\text{pulg.}^2$ de calibración), el aparato permitiría escapar el exceso de gas. En la operación, un pin (estandard), un contacto de alarma (opcional) o señal luminosa (opcional) son incorporados para indicar la operación. El aparato posee normalmente un dispositivo de reposición automático y requiere poco o ningún mantenimiento o ajustes.

La mejor función del aparato de desfogue de presión es el prevenir el peligro de ruptura del tanque del transformador debido a condiciones de fallas internas.

3. Relés de Presión.-

El relé de presión es normalmente utilizado para iniciar la aislación (separación) del transformador del sistema eléctrico y limitar de esta manera el daño de la unidad donde la presión interna se eleva rápidamente.

La elevación brusca de presión es debido a la vaporización del líquido aislante por una falla interna. La burbuja de gas formada en el líquido aislante crea una onda de presión la cual activa al relé prontamente.

Un tipo de relé utiliza la presión de la onda transmitida por el líquido aislante a un fuelle. La onda de presión del aceite incide en el fuelle, en un pistón el cual se para con un switch los contactos. Este tipo de relé es instalado en el tanque del transformador debajo del nivel del aceite.

Otro tipo de relé utiliza el gas inerte por encima del líquido aislante para transmitir la onda de presión al relé del fuelle. La expansión del fuelle actúa en el switch. Este tipo de relé es montado en el tanque del transformador por encima del nivel de aceite.

Ambos tipos de relés tienen una presión de equilibrio para prevenir una operación de apertura del relé debido a variaciones graduales de la presión interna debido a cambios en la carga o a condiciones ambientales.

Ambos relés de presión son muy sensitivos al valor de elevación de la presión interna. El tiempo para operación del switch está en una magnitud de 4 ciclos para un alto valor en el aumento de la presión ($25 \text{ lbr}_f / \text{pulg.}^2 / \text{Seg.}$ del aumento de presión de aceite; $5 \text{ lbr}_f / \text{pulg.}^2 / \text{Seg.}$ de aumento de presión de aire); estos relés son construídos para ser insensibles ante golpes o choques mecánicos, vibración, corrientes de magnetización, etc.

La utilización de relés de presión normalmente está en relación con el costo del transformador; muchos transformadores de más de 5.000 KVA están equipados con este tipo de aparatos, los mismos que dan protección a un bajo costo.

4. Aparatos Sensores de Corriente.--

Fusibles, Relés de sobrecorriente, y Relés diferenciales pueden ser diseñados dentro de un sistema para suministrar protección a los transformadores. Este sistema de protección por lo general necesita aplicar los requerimientos estandarizados en los códigos.

La mejor protección para un transformador sería el proteger el primario y secundario con su propio "Breaker" interruptor, calibrado a operar al mínimo valor. Una práctica común para el interruptor del secundario es que proteja el transformador de un exceso de carga de 125% del valor máximo. El utilizar interruptores "breakers" en el primario de transformadores de pequeñas capacidades resulta costoso.

En algunas industrias un sistema económico, compromete la instalación de un interruptor en el alimentador, para uno o seis transformadores relativamente pequeños. Cada transformador posee su propio interruptor en el secundario. La protección por sobrecorriente debe satisfacer los requerimientos del NEC; pero la mayor desventaja de este sistema es que todos los transformadores serían desenergizados por la operación del interruptor primario.

La utilización de switch-fusibles en el primario donde sea posible, puede brindar protección al transformador por corto-circuito, pero no garantiza en cambio protección contra bajos niveles de sobrecarga, u operación contra pérdida de una fase.

La coordinación resulta bastante difícil con la amplitud y variedad de fusibles existentes.

Los transformadores pueden estar protegidos contra corrientes de falla las cuales excedan el valor de corriente de falla permitido soportar.

Los transformadores están diseñados para soportar - los efectos del paso de la corriente de falla como es definido por la IEEE Std. 462-1973.

Los requerimientos Generales para Distribución, Potencia y transformadores de regulación. (ANSI C57.12.00-1973) Térmicamente, los transformadores pueden soportar el aumento de temperatura que ocurriría cuando circula una corriente de falla a un período de tiempo designado, el mismo que es relativo a la impedancia del transformador.

Para una conexión del primario en Δ y en Y su secundario, la magnitud que soporta vista por el aparato del primario puede ser reducida al 58% del valor dado en la tabla #34.

Paso de Corriente de falla soportada por los Transformadores		
Z transformador	Múltiplos de la Corriente base soportada.	Período de Tiempo Segundo
4% o menos	25.0	2
5	20.0	3
5.5	18.2	3.5
5.75	17.4	3.75
6.0	16.6	4
7.0 o más	14.4 o menos	5

(2) pag. 216

Tabla # 34

5. Protección por Fusibles.

Los fusibles son relativamente los más económicos y simples de todos los aparatos que pueden brindar protección contra corto-circuito para transformadores primarios.

Los fusibles son normalmente aplicados en unión con switches interruptores de corrientes magnetizantes los cuales están trabados (entrelazados) con el interruptor del secundario para impedir la operación del switch bajo condiciones de carga.

Las consideraciones para seleccionar fusibles requieren que posean capacidad interruptiva más alta que la capacidad de la falla en el punto de su aplicación, teniendo una corriente continua sobre la máxima carga continua bajo varias maneras de operación, y teniendo características tiempo-corriente las cuales pasarían la transitoria de demagnetización sin fundir el fusible e interrumpirían antes de que el transformador llegue a alcanzar su punto de resistencia.

Un sinnúmero de sistemas protegidos por relés son deficientes cuando se utiliza switch con fusibles, la protección de niveles bajos de sobrecorriente no es obtenida, la operación de pérdida de una fase puede ocurrir cuando se funda un fusible.

La coordinación selectiva se dificulta debido a las características limitadas de los fusibles disponibles; para tamaños grandes de transformadores no pueden ser aplicados apropiadamente.

6. Protección Por Relés de Sobre-Corriente.-

Los relés de sobrecorriente también son utilizados para protección contra sobrecorrientes y corto-circuitos en los transformadores. Esos son aplicados en unión con transformadores de corriente e interruptores, una aplicación típica se muestra en la figura # 71.

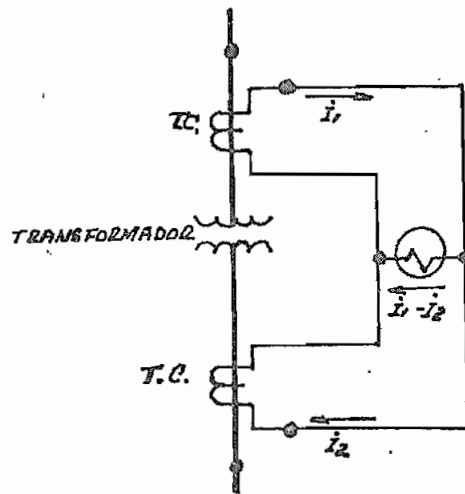


Figura # 70

Los relés de sobrecorriente son seleccionados para brindar una calibración por sobrecorrientes de un valor ligeramente mayor que las sobrecargas permitidas y calibración para corrientes de falla. Estas características serían seleccionadas al coordinar con otros aparatos.

7. Relés Diferenciales.-

Los relés diferenciales operan por el desbalance que existe entre la corriente del primario

y secundario de los enrollamientos de un transformador.

Cuando ocurre este desbalance, los relés inician la desconexión del transformador del sistema, Siendo la operación de estos relés de la diferencia de corrientes, las cuales son normalmente pequeñas, estos pueden ser sensitivas a condiciones de fallas dentro de la zona protegida unicamente.

La figura # 70, indica la zona protegida.

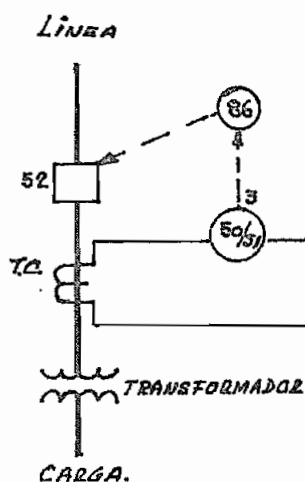


Figura # 71

La aplicación de relés diferenciales involucra varios problemas.

1.- Este sistema puede diseñarse para operar con relés diferenciales siempre y cuando necesariamente se tenga un interruptor para interrupción del circuito.

2.- Los transformadores de corriente asociados con cada enrollamiento tienen relaciones diferentes, capacidades y características.

3.- Los taps de transformadores pueden operar cambiando la relación de vueltas efectivas.

4.- Corrientes transitorias de magnetización aparecen como una falla interna en los relés diferenciales. Los relés pueden ser desensibilizados a una corriente transitoria, pero éstos serían sensitivos si se presentase una corriente de falla en el mismo instante.

5.- Las conexiones del transformador introduce muchas veces desplazamientos de fase entre las corrientes de alto y bajo voltaje, pero esto es compensado por la conexión propia del transformador, así en un transformador Δ -Y la conexión en los TC. (Transformadores de Corriente) es Y- Δ .

6.- Corrientes fuertes de falla fuera de la zona protegida puede causar un desbalance entre las corrientes del transformador; pero los relés diferenciales de porcentaje que operan cuando la diferencia es grande compensan este efecto. Figura # 72.

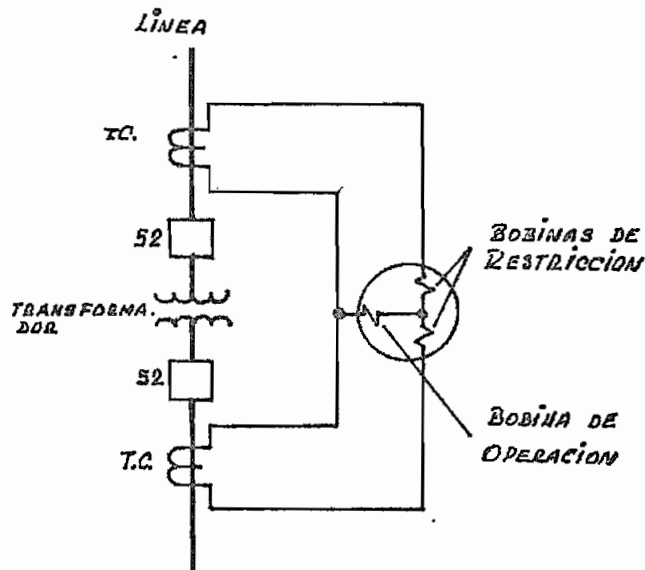


Figura # 72

3.5.6. CONCLUSION.--

En la práctica los fabricantes acostumbran recomendar protección diferencial de porcentaje para todos los bancos de transformadores contra corto-circuito cuya capacidad de los transformadores sea mayor de 2.000 KVA, para capacidades menores no es muy recomendable la protección diferencial en transformadores de capacidad menor a 1.000 KVA.

Además los transformadores más pequeños traen incorporada su protección interior que consta de un relé Bucholz, por lo que se necesita unicamente protección por fusibles en bajo voltaje y en su lado de alta así como pararrayos.

Se puede utilizar el relé Bucholz en los transformadores de capacidad menor a 1.000 KVA.

3.6. EJEMPLO DE APLICACION

La selección y el empleo correcto de los dispositivos de protección contra sobrecargas y corto-circuitos, pueden lograr seguridad y continuidad del servicio.

Los pasos a seguirse son:

a.- Diagrama unifilar, indicando en él todos los datos del equipo principal, potencia, voltaje e impedancia.

b.- Diagrama unifilar de las impedancias en por unidad (p.u.).

c.- Estudio de corto-circuito en los puntos principales, para poder determinar la magnitud de la corriente de falla.

d.- Cálculo de la corriente de carga normal y máxima, de operación en cada ramal.

e.- Selección del elemento de protección más adecuado para cada caso, y comprobar su selectividad con los demás.

Para el estudio de corto-circuito, y para cálculos preliminares se puede suponer que la falla es trifásica y entonces, los cálculos se simplifican; puesto que la red se trata en condiciones de simetría; y con una sola red en la que se representan las fuentes de corto-circuito y sus elementos limitadores.

Este método de cálculo que es utilizado en los sistemas industriales da muy buenos resultados y se lo conoce como METODO APROXIMADO.

El cálculo representando todas sus cantidades en valores en por unidad (p.u.) es el más recomendable, por la facilidad que sus cantidades brindan al realizar el estudio de corto-circuitos.

3.6.1. FORMULAS

Las fórmulas siguientes se utilizan en el cálculo en p.u.

$$\text{Reactancia en p.u.} = \frac{\text{Reactancia en \%}}{100} \quad 1$$

$$\begin{aligned} &\text{Reactancia en p.u.} \\ &\text{(con cambio de KVA base)} = \frac{\text{ohms x KVA base}}{1.000 \times \text{KV}^2} \quad 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Reactancia en \%} \\ &\text{(con cambio de MVA base)} = \frac{\text{ohms x MVA base}}{10 \times \text{KV}^2} \quad 2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Reactancia en \%} \\ &\text{(con cambio de KVA base)} = \frac{\text{ohms x KVA base}}{10 \times \text{KV}^2} \quad 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Reactancia en \%} \\ &\text{(con cambio de MVA base)} = \frac{\text{ohms x MVA base}}{10 \times \text{KV}^2} \quad 3. \end{aligned}$$

Donde: ohms = son los valores de impedancia línea-neutro (conductor)

KVA base = la capacidad trifásica en KVA.

KV = voltaje línea - línea
 MVA = 1.000 KVA

Elementos en el sistema como motores, transformadores, generadores, etc., normalmente tienen su reactancia expresada en tanto por ciento de su capacidad. Estas reactancias pueden ser cambiadas a una nueva base en KVA base así:

$$\begin{array}{l} \text{Reactancia en p.u.} \\ \text{en KVA base} \end{array} = X \text{ pu capacidad} * \frac{\text{KVA base}}{\text{KVA capacidad}} \quad 4$$

Después de realizar la combinación de reactancias en el diagrama de reactancias, se obtiene una X equivalente en p.u., la corriente simétrica de corto-circuito en KVA base.

$X_{pu.}$ = reactancia equivalente total

$$\text{Corto Circuito Simétrico KVA} = \frac{\text{KVA base}}{X \text{ pu}} \quad 5$$

$$\begin{array}{l} \text{Corriente de corto circuito} \\ \text{simétrico} \end{array} = \frac{\text{KVA base}}{X_{pu.} \cdot \sqrt{3} \cdot \text{KV}} \quad 6$$

Donde:

KV = Voltaje línea - línea.

f.- Interruptores Termomagnéticos y Fusibles.

Tipo de Motor	% de la I plena carga		
	Capacidad del Fusible	Calibración del Interruptor	
		Tipo Instant.	Tipo Retardado
Todos los motores, jaula de ardilla con arranque a pleno voltaje, resistencia, etc.			
Letra código A	150	700	150
B a E	250	700	200
F a V	300	700	250
Motores jaula de ardilla y sincrones con arranque de auto transformador.			
Letra código A	150	700	150
B a E	200	700	200
F a V	250	700	200

* Tabla 430-152 del National Electric Code
(15) pag. 11

3.6.2. CALCULO DEL CONDUCTOR AL MOTOR

$$I_{\text{Conductor}} = 1.25 I_{pc}$$

3.6.3. CALCULO DEL ALIMENTADOR.

$$I_{\text{Alimentador}} = 1.25 I_{pc} \text{ motor mayor} \\ + \sum I_{pc} \text{ otros motores.}$$

3.6.4. RECOMENDACIONES PARA DIMENSIONAR LA PROTECCION

Elemento.

a.- Térmico = (1.00 - 1.15) I_{pc} .

b.- Seccionador = 1.15 $I_{\text{alimentador}}$

c.- Fusible Alimentador = (2-2.5) I_{pc} motor
mayor + $\sum I_{pc}$ otros
motores.

d.- Cuando no se posee los datos de $X''d$ para los motores y la impedancia del transformador, se recomienda utilizar los valores siguientes (Electrical Power Distribution - for Industrial Plants; Third Edison); valores dados en pu. de la capacidad en KVA de cada equipo.

Motores:	$X''d$	$X'd$
Sobre 600 voltios	0.17	-
Bajo 600 voltios	0.20	-

Transformadores:

Primario Voltios	Banco en KVA		
	Trifásico o 3 monofásicos		
	25-100	100-500	sobre los 500
2400/4160 volt.	0.015-0.050	0.050	0.055
13.8 KV	0.015-0.025	0.050	0.055
46 KV		0.060	0.065
69 KV		0.065	0.070

(3) pag. 95

* o utilizar los valores suministrados por los fabricantes

3. 6. 5. CALCULOS

$$\text{KVA base} = 1.000 \text{ KVA}$$

$$\begin{aligned}
X_{pu} \\
\text{Cambio de base} &= \frac{\text{ohm} \times \text{KVA base}}{1.000 \times \text{KV}^2} \\
&= \frac{\text{ohmios} \times 1.000 \text{ KVA base}}{1.000 (0.220 \text{ KV})^2} \\
&= \text{ohmios} * 20.66
\end{aligned}$$

a. Transformador

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

$$X_{pu} = 5 \% \text{ en KVA transformador}$$

$$\begin{aligned}
X_{pu} &= \frac{X_{pu} \text{ KVA base}}{\text{KVA transf.}} \\
&= 0.050 \times \frac{1.000}{300} \\
&= 0.166
\end{aligned}$$

b. Generador

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

$$X'' \% = 9 \%$$

$$\begin{aligned}
X_{pu} &= 0.09 \cdot \frac{1.000 \text{ KVA}}{300 \text{ KVA}} \\
&= 0.30
\end{aligned}$$

c. Conductor al Motor.

$$X_{pu} = \text{ohmios} \times 20.66$$

Xpu. Motor 1 = 0.0144 x 20.66 = 0.30	
Motor 2 = 0.09 x 20.66 = 1.86	Tablero N ^o 1
Motor 3 = 0.09 x 20.66 = 1.86	
Motor 4 = 0.09 x 20.66 = 1.86	
Xpu. Motor 1 = 0.0040 x 20.66 = 0.083	
Motor 2 = 0.0040 x 20.66 = 0.083	Tablero N ^o 2
Motor 3 = 0.0040 x 20.66 = 0.083	
Xpu. Motor 1 = 0.024 x 20.66 = 0.496	
Motor 2 = 0.024 x 20.66 = 0.496	
Motor 3 = 0.024 x 20.66 = 0.496	Tablero N ^o 3
Motor 4 = 0.0381 x 20.66 = 0.787	
Motor 5 = 0.0381 x 20.66 = 0.787	
Xpu. Motor 1 = 0.0144 x 20.66 = 0.298	
Motor 2 = 0.0144 x 20.66 = 0.298	
Motor 3 = 0.0357 x 20.66 = 0.738	
Motor 4 = 0.090 x 20.66 = 1.86	Tablero N ^o 4
Motor 5 = 0.090 x 20.66 = 1.86	
Motor 6 = 0.120 x 20.66 = 2.48	
Motor 7 = 0.057 x 20.66 = 1.18	
Motor 8 = 0.120 x 20.66 = 2.48	

d. Alimentadores a los Tableros.

$X_{pu} = 0.0060 \times 20.66 = 0.124$	Tablero N ^o 1
$= 0.0012 \times 20.66 = 0.025$	Tablero N ^o 2
$= 0.0063 \times 20.66 = 0.13$	Tablero N ^o 3
$= 0.0052 \times 20.66 = 0.11$	Tablero N ^o 4

e. Cálculo de las X''d. Para los motores

$$X''d = X''d \text{ (capacidad del motor)} \cdot \frac{\text{KVA base}}{\text{KVA motor}}$$

Tablero N^o 1

$$\begin{aligned} X''d \text{ Motor } 1 &= 10.53 \text{ (p.u.)} \\ 2 &= 66.67 \\ 3 &= 66.67 \\ 4 &= 66.67 \end{aligned}$$

Tablero N^o 2

$$\begin{aligned} X''d \text{ Motor } 1 &= 5.41 \\ 2 &= 5.41 \\ 3 &= 5.41 \end{aligned}$$

Tablero N^o 3

$$\begin{aligned} X''d \text{ Motor } 1 &= 22.22 \\ 2 &= 22.22 \\ 3 &= 22.22 \\ 4 &= 26.67 \\ 5 &= 26.67 \end{aligned}$$

Tablero N° 4

X"d Motor 1	= 10.53
2	= 10.53
3	= 21,05
4	= 200
5	= 100
6	= 200
7	= 28.57
8	= 133.33

f. Alimentador Tablero Principal - Transformador

$$I = \frac{300 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 220V} = 790 \text{ Amperios}$$

$$I = 790 \text{ Amperios}$$

Conductor = 2*750 MCM (AWG) / por fase

$$\begin{aligned} Z_c &= 0.0534 + j 0.0863 \\ &= 0.10 \Omega / \text{fase} / 1.000 \text{ mt.} \end{aligned}$$

$$Z_{pu_c} = 0.10 \times \frac{30}{1000} \cdot 20.66$$

$$= 0.062 \text{ (pu)}$$

g. Alimentador Grupo de emergencia - Tablero principal.

Capacidad del grupo = 300 KVA

$$V = 220/127 \text{ voltios}$$

$$fp = 0.80, 3 \phi + N$$

$$60 \text{ hz}$$

$$Z = 0.0534 + j 0.0863$$

$$Z_c = 0.10 \Omega / \text{fase} / 1000 \text{ m.}$$

$$Z_{puc} = 0.10 \times 20.66 \times \frac{50}{100} \text{ (pu)}$$

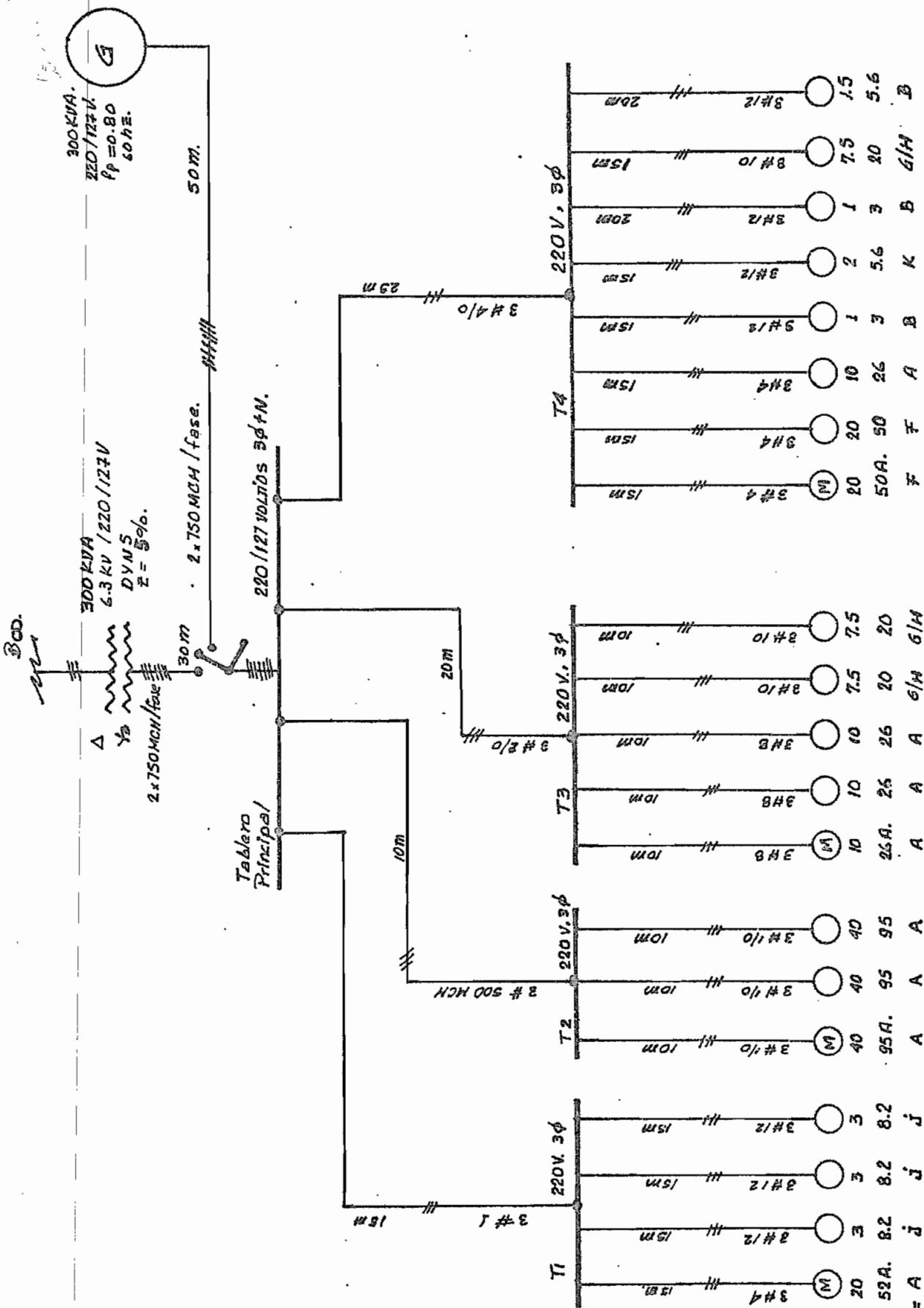
$$Z_{puc} = 0.103 \text{ pu}$$

3.6.6. DIAGRAMAS Y CALCULOS

Los diagramas siguientes indican los pasos seguidos en este ejemplo:

- 1.- Diagrama # 1 Diagrama unifilar de todos los componentes.
- 2.- Diagrama # 2 Diagrama unifilar de los valores en p.u.
- 3.- Cálculo de las corrientes de corto - circuito para los distintos puntos de falla, (se considera como si fuese una barra infinita la entrada en alta).
- 4.- Dos métodos de coordinación para el ejemplo propuesto, diagrama 3 y 4.

*Impedancia
despreciable*



300 KVA.
220/127V.
Pp = 0.80
60 Hz.

300 KVA
6.3 kv / 220/127V
DYN5
Z = 5%.

2 x 750 MCH / fase.

Tablero Principal

220/127 VOLTIOS 3φ+N.

220V. 3φ

220V. 3φ

220V. 3φ

220V. 3φ

HP = 20
Ipc = 52A.
Código = A
Fm = Ø. 20

3 #4	M	20	50A.	F	F
3 #4		20	50	F	F
3 #4		20	50	F	F
3 #4		20	50	F	F
3 #12		1.5	5.6	B	B
3 #10		7.5	20	6/H	6/H
3 #12		1	3	B	B
3 #12		2	5.6	K	K
3 #12		1	3	B	B
3 #12		1	3	B	B
3 #4		10	26	A	A
3 #4		20	50	F	F
3 #4	M	20	50A.	F	F
3 #10		7.5	20	6/H	6/H
3 #10		7.5	20	6/H	6/H
3 #8		10	26	A	A
3 #8		10	26	A	A
3 #8	M	10	26A.	A	A
3 #10		40	95	A	A
3 #10		40	95	A	A
3 #10	M	40	95A.	A	A
3 #12		3	8.2	J	J
3 #12		3	8.2	J	J
3 #12		3	8.2	J	J
3 #4	M	20	52A.	A	A

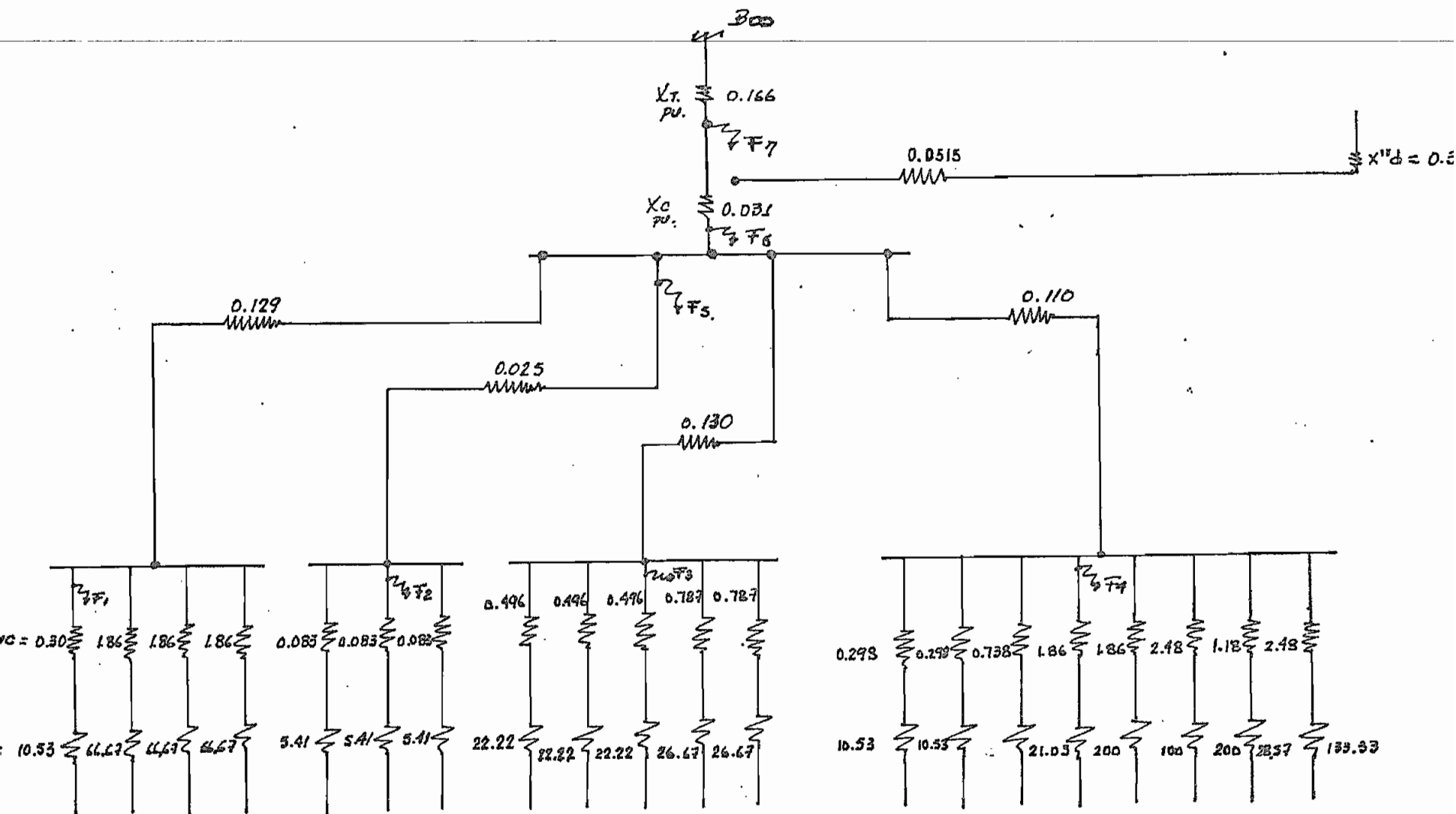
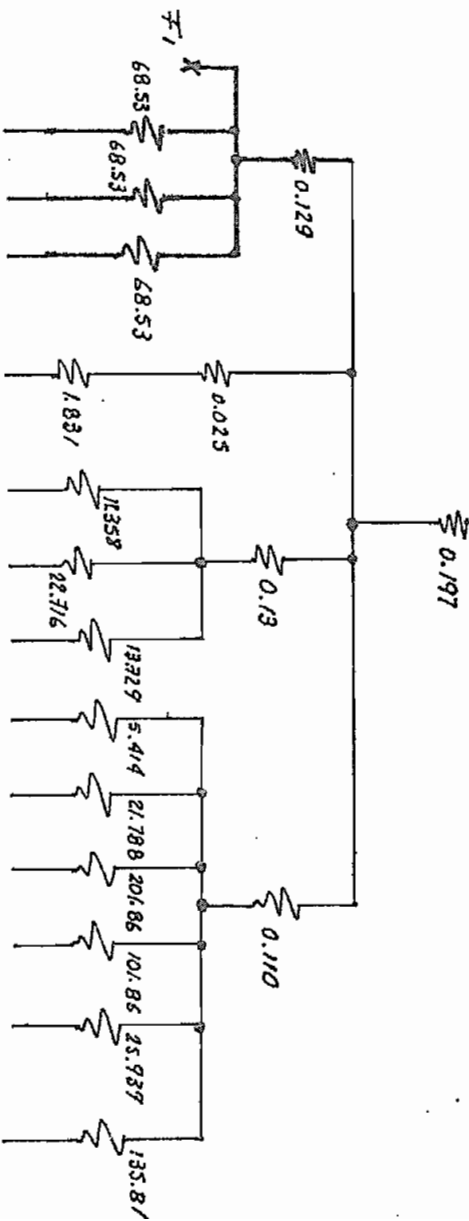
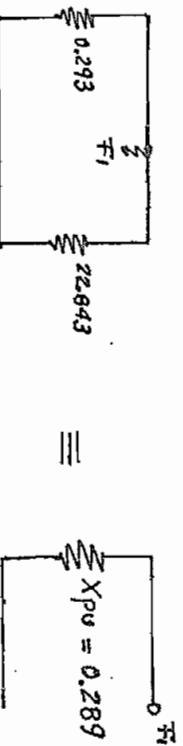
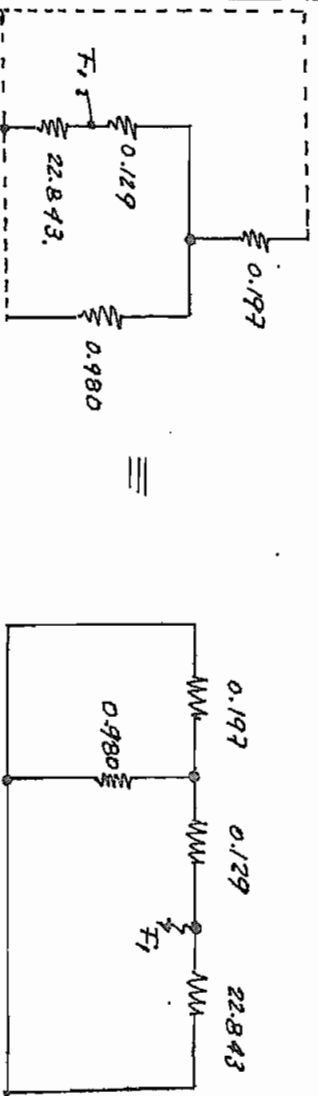
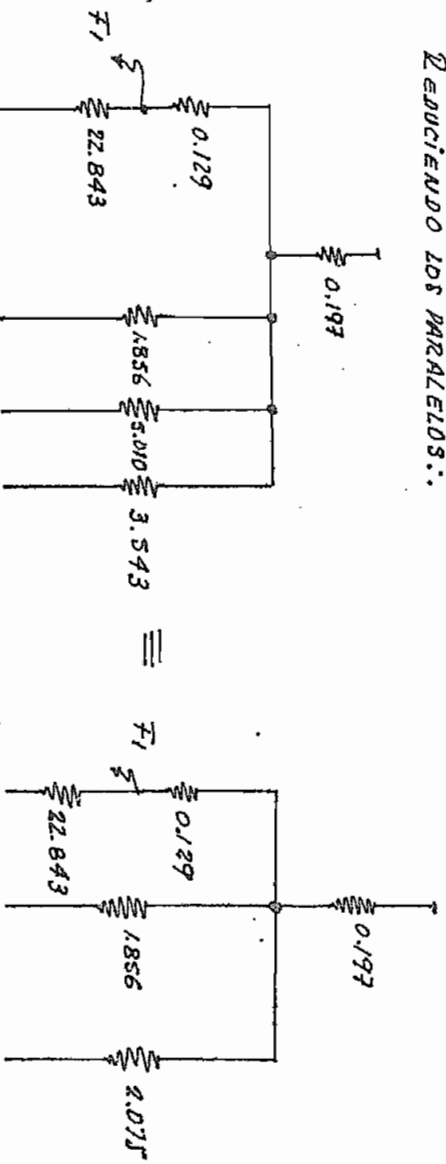


DIAGRAMA #2.

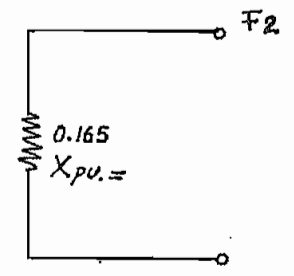
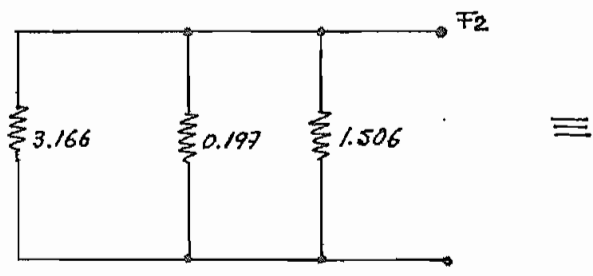
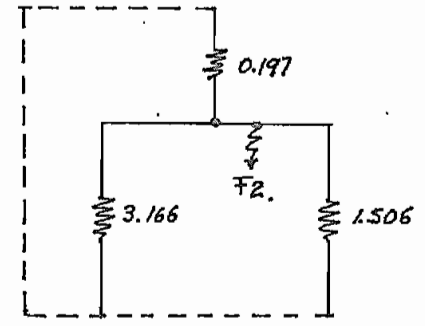
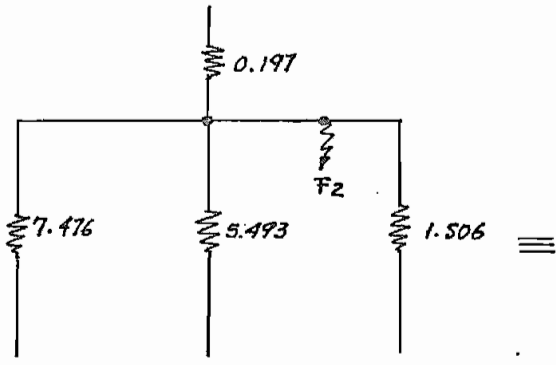
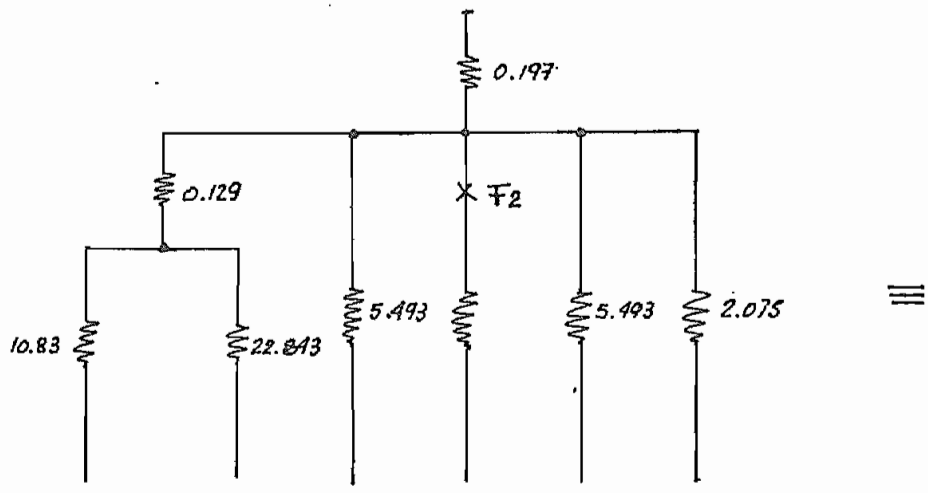
Coeficiente de reducción



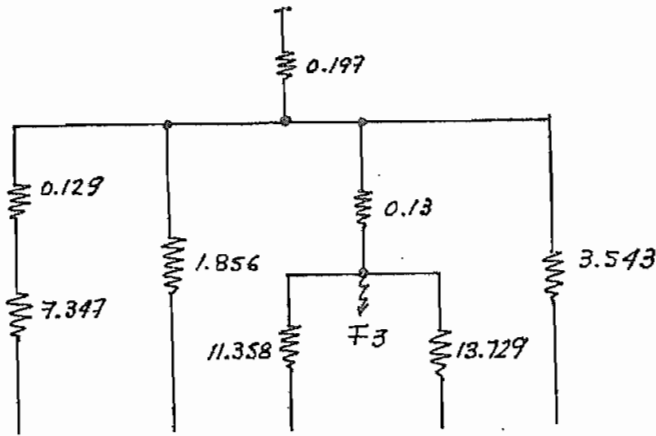
REDUCIENDO LOS PARALELOS:



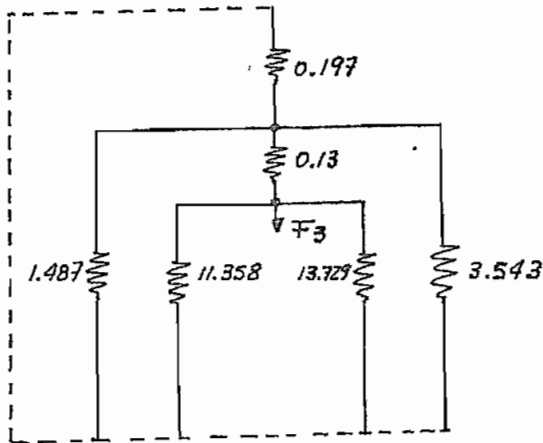
X pu EN EL PUNTO F2



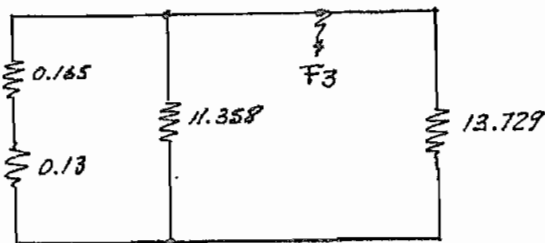
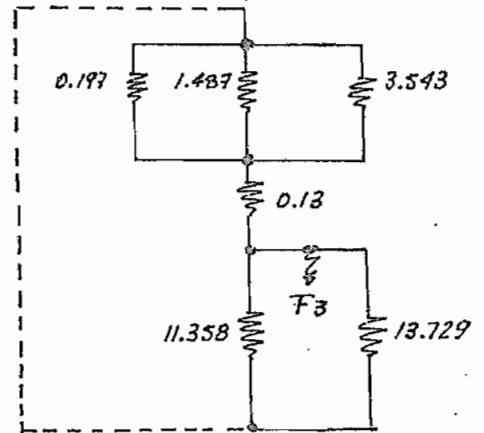
X pu EN EL PUNTO F3



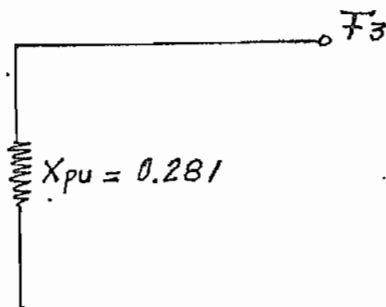
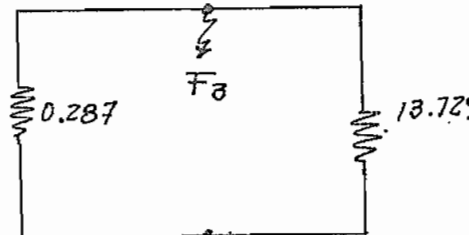
≡



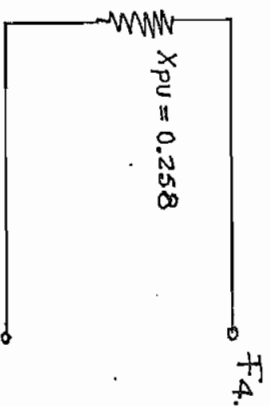
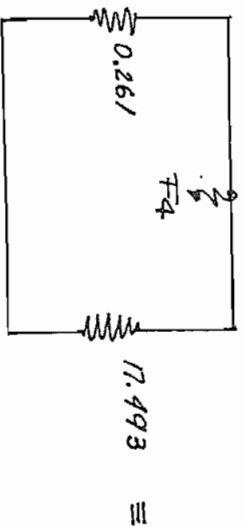
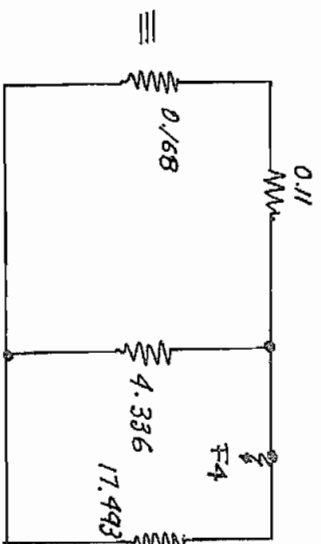
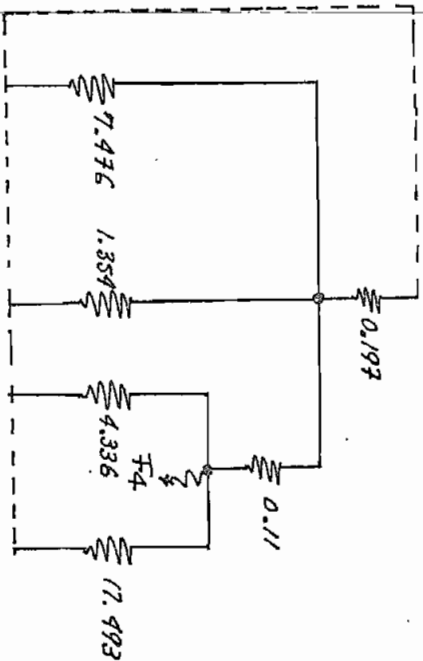
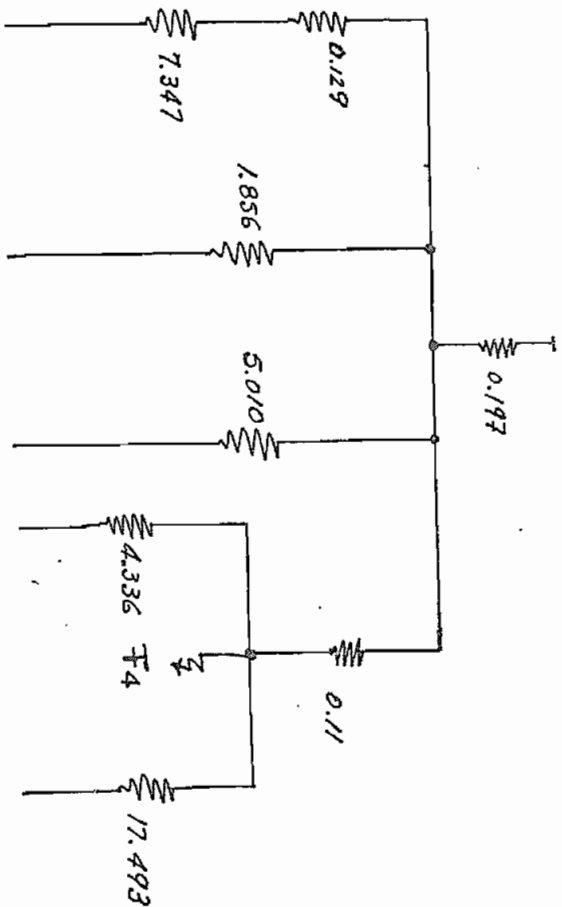
≡



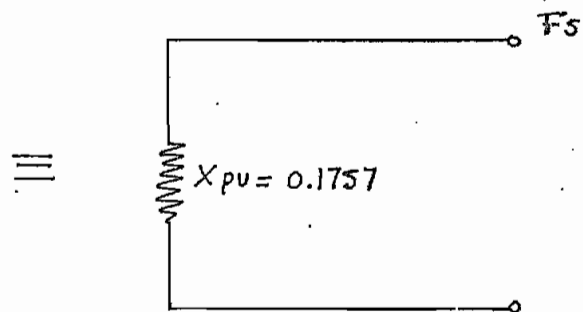
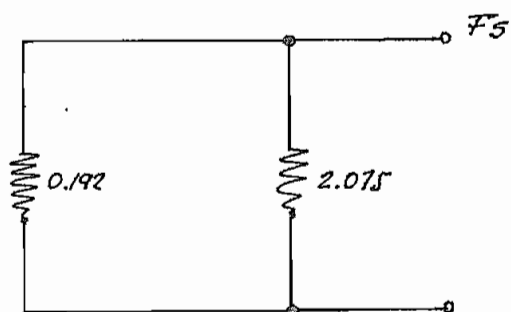
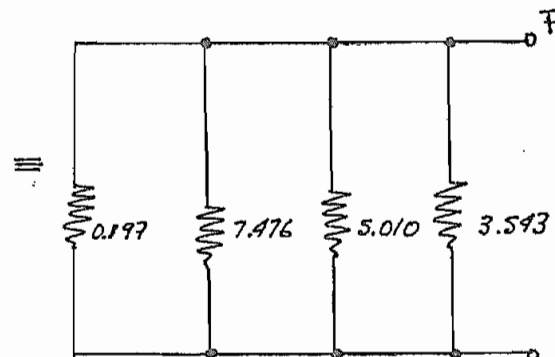
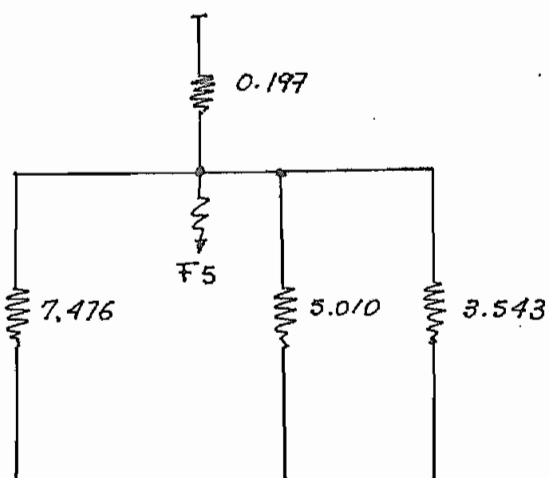
≡



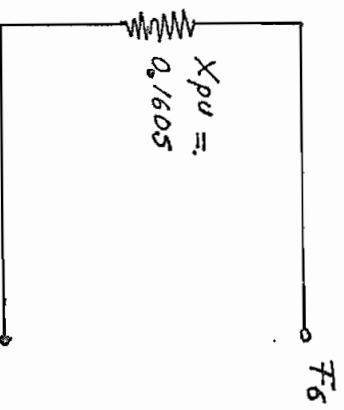
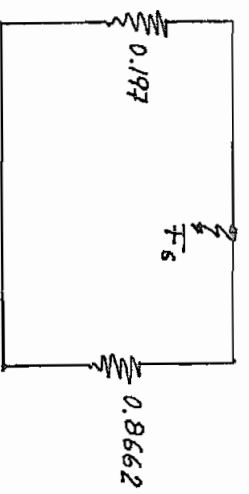
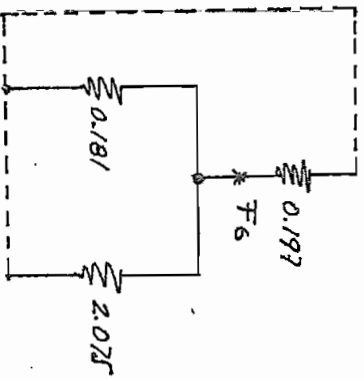
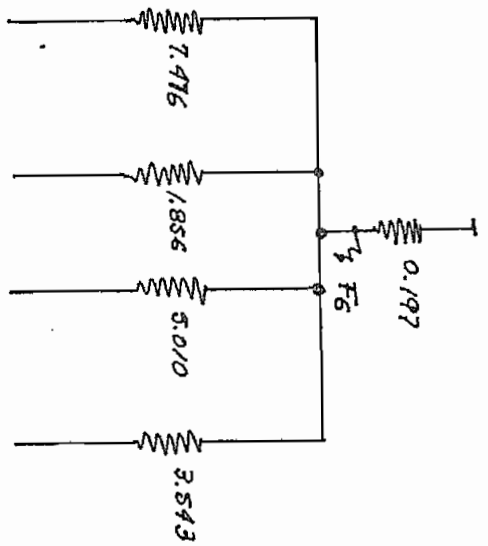
Xpu EN EL PUNTO F4



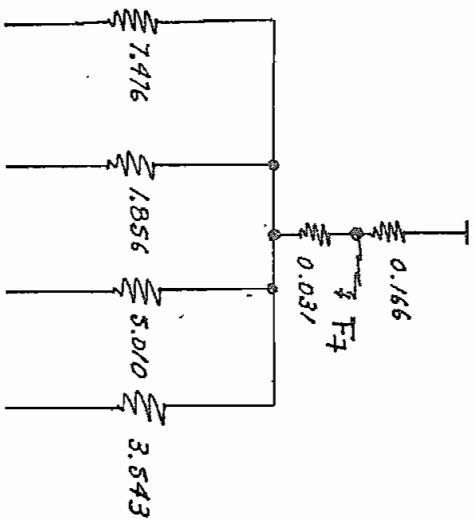
X_{pu} EN EL PUNTO F5



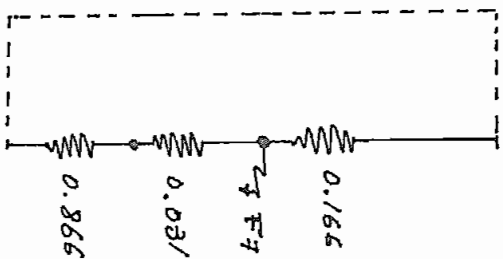
Xpu EN EL PUNTO F6



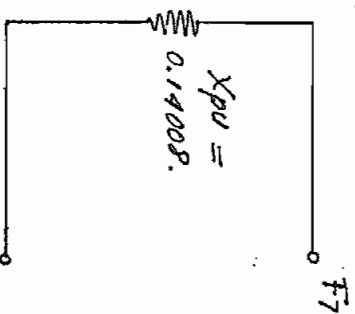
Xpu EN EL PUNTO F7



III



III



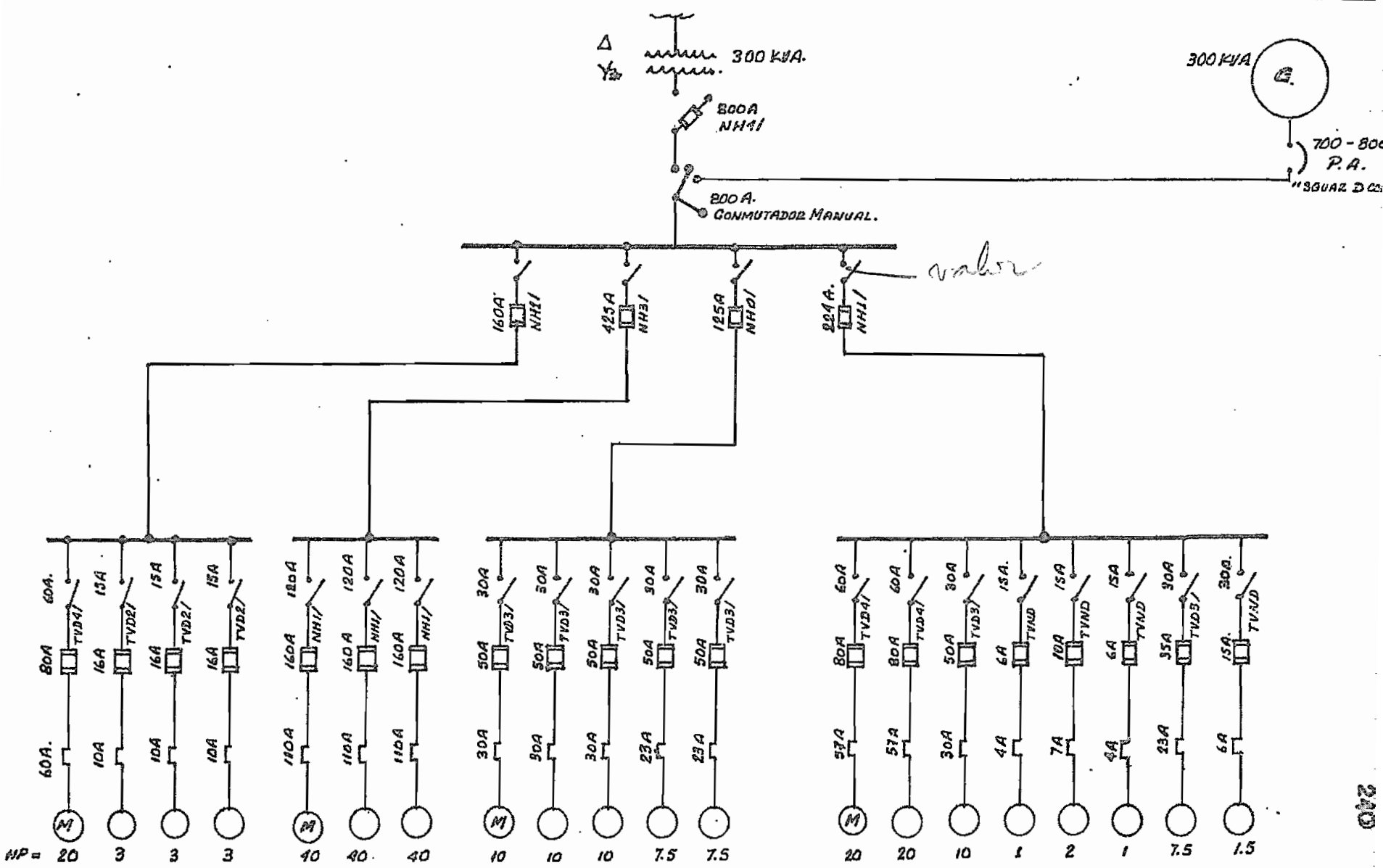
CORRIENTE DE FALLA TRIFASICA EN LOS PUNTOS DE
FALLA DEL CIRCUITO

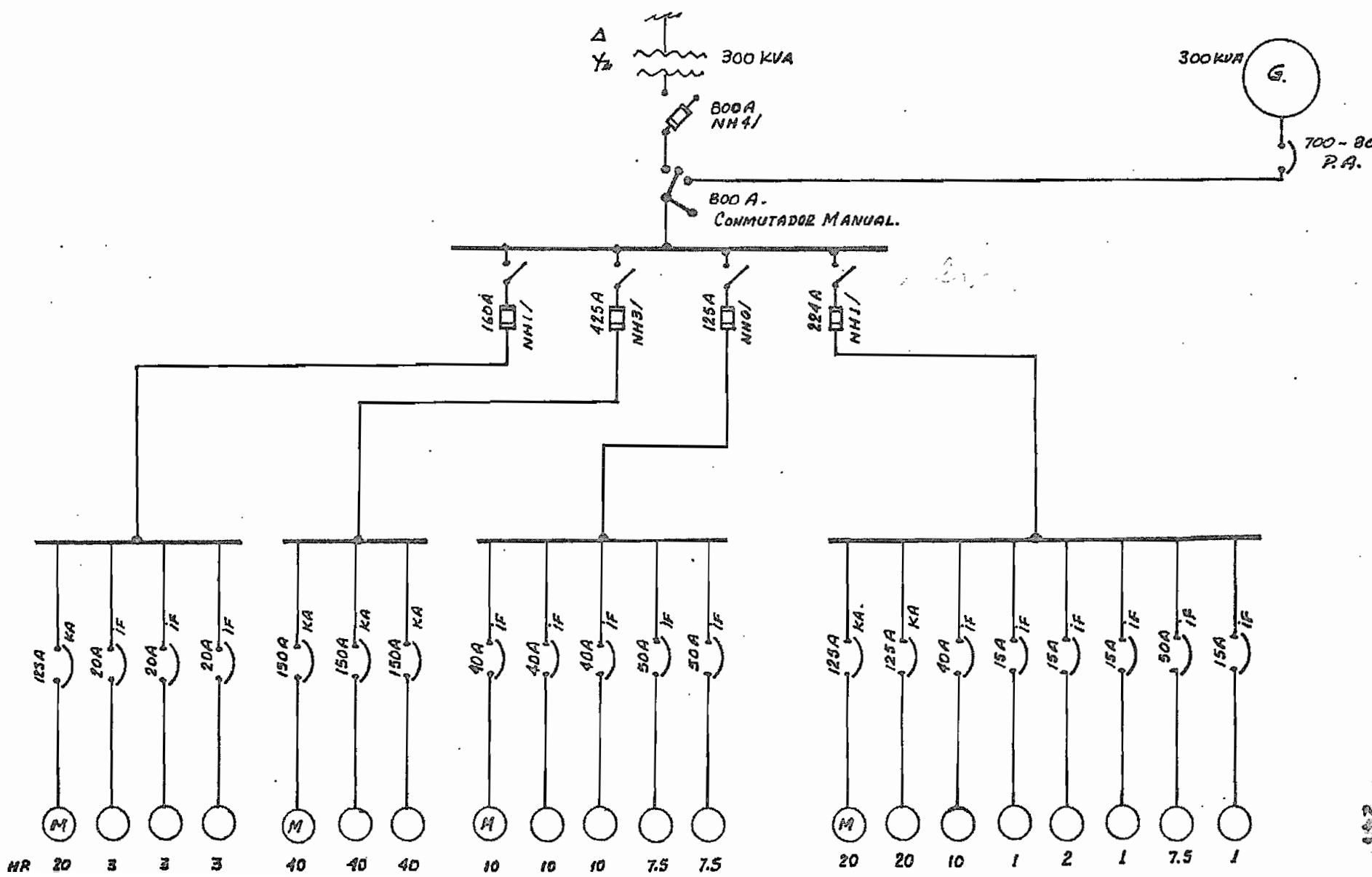
$$\text{Corriente de Corto Circuito Trifásico} = \frac{\text{KVA base}}{X \text{ pu.} \sqrt{3} \times \text{KV.}}$$

$$= \frac{1000 \text{ KVA}}{X \text{ pu.} \sqrt{3} \times (0.220 \text{ KV})}$$

$$= \frac{2624.32}{X \text{ pu.}} \text{ Amperios}$$

Punto de falla	Icc. Amperios	Xpu.
F1	9080.69	0.289
F2	15904.97	0.165
F3	9339.22	0.281
F4	10171.78	0.258
F5	14936.37	0.1757
F6	16350.90	0.1605
F7	18734.43	0.14008





3.6.7. CONCLUSION

1. Todos los elementos de protección están calculados en base a las recomendaciones descritas en el presente trabajo.
2. Se ha utilizado el número de elementos que dan suficiente confiabilidad al sistema en ambos casos.
3. Para nuestro ejemplo se ha utilizado la corriente de falla trifásica simétrica para la selección de los aparatos; cuando se utiliza aparatos que operen a un valor menor de 0.004 segundos multiplicar el valor de corriente por 1.4 a 1.6.
4. Para el presente ejemplo se consideró la fuente de alta como si fuese barra infinita.

Propuesta de selección de aparatos de protección para un sistema de potencia de 200 kV. Se consideró la fuente de alta como si fuese barra infinita.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.a. CONCLUSIONES.

1. En la realización del presente trabajo se ha tomado como base las recomendaciones internacionales y las suministradas por los distintos fabricantes en equipos de protección, puesto que en nuestro país no existen normas que regulen estas disposiciones.

2. En el caso de protección de un motor, se debe procurar que éste esté protegido contra corriente de sobrecargas y corto-circuitos.

a.- La protección contra corrientes de sobrecarga debe ser en un valor de 100 - 115% de la corriente de plena carga, dependiendo de su factor de utilización, la misma que puede ser realizada por elementos térmicos bimetálicos, o por fusibles de elementos dobles.

b.- La protección contra corrientes de corto circuito, es conveniente hacerla por interruptores termo magnéticos o fusibles.

3. La protección y el diseño de los alimentadores se realiza básicamente en base a la capacidad de corriente necesaria para alimentar a los equipos así:

a.- Un alimentador a un motor se dimensiona en base a un factor de 1.25 Ipc.

Donde: Ipc = corriente de plena carga del motor.

b.- Un alimentador a un grupo de motores es igual a $= 1.25 \text{ Ipc motor mayor} + \sum \text{Ipc otros motores.}$

c.- La protección de cada uno de los alimentadores depende del tipo de equipo de protección seleccionado, tomando en cuenta que el conductor no conduzca una corriente de sobrecarga elevada por un tiempo demasiado largo.

4. La protección de un transformador debe estar diseñada de manera que el transformador no pueda trabajar por un tiempo demasiado largo con más de un 25% de su capacidad nominal.

5. La protección que se de al resto de equipo dependerá básicamente de las características propias de cada uno de ellos.

6. El diseño y selección del equipo para protección básicamente está sujeto a la responsabilidad y el criterio de la persona que realiza el diseño; la cual es muchas veces sacrificada y reducida al mínimo, con lo cual solamente se tienen dos alternativas:

a.- La inversión inicial es menor.

b.- El grado de protección disminuye considerablemente y en consecuencia el número de fallas aumenta.

7. Un estudio de corrientes de falla en los puntos considerados como críticos en el sistema es necesario para poder determinar si la capacidad de interrupción del equipo es suficiente y si éste es el más recomendado.

8. La coordinación entre un elemento y otro es tan importante como el diseño mismo; pues caso de no existir coordinación; cuando se presente una falla en el sistema los elementos protectores operarán indevidamente con los consecuentes problemas, creando confusión y molestias.

4.b. RECOMENDACIONES.

1. La selección del número de elementos a utilizarse en protección de un equipo y la calidad de éstos debe realizarse con la mayor responsabilidad, y no poner reparos en gastos, si se posee la certeza de que dicho elemento es fundamental para la vida útil del equipo protegido.

2. Es recomendable en muchos casos en lo que a protección de equipo se refiere, tener una idea clara, precisa y criterio para elegir un equipo de protección, puesto que todo fabricante de equipos de protección enaltece las propiedades de sus productos.

3. Al realizar el montaje de conductores, equipos y de los elementos de protección, se debe chequear que éstos no presenten daños (de carácter mecánico) y que sus contactos y empalmes estén fijos, evitando de esta manera una operación defectuosa y la operación de los elementos de protección por malos contactos.

4. Es necesario y fundamental para el mejor funcionamiento de toda industria elaborar un período de mantenimiento "preventivo", con la finalidad de chequear el estado actual de los equipos e instalaciones, y caso de detectarse fallas optar por reemplazarlas.

5. Es recomendable que dependiendo de la importancia que puede tener una industria, se analice si es recomendable que ésta posea su propia generación que abastezca en parte o la totalidad de su demanda, con la recomendación de no hacer funcionar al generador al 100% de su capacidad nominal, sino de permitir que éste posea una pequeña reserva; por cuestión de precaución.

6. En el transcurso del presente trabajo y en particularidad al seleccionar el equipo de protección para - nuestro ejemplo, se realizó la protección de 2 maneras; (ver- 3.6.6.), a lo que se concluye y se recomienda la conveniencia- de tener el menor número de empalmes y conexiones, puesto - que se reduce en gran porcentaje la probabilidad de fallas - por malos contactos.

7. Sería conveniente que en un trabajo futuro, se realice en laboratorio un chequeo de las características - de equipos para protección que son suministrados por los fa - bricantes y determinar la veracidad o errores de éstas.

4.1. BIBLIOGRAFIA

1. Fallas y Perturbaciones en los Sistemas Eléctricos. Libro II. Eduardo González V., Cía. Chilena de Electricidad. Mayo 1.965.
2. IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems. Std. 242 - 1975.
3. IEEE Electric Power Distribution for Industrial Plants. 3ra. EDICION.
4. Electrical Construcción and Maintenance Mc. Graw-Hill - Publication (February 1976)
5. Electrical Construcción and Maintenance Mc. Graw - Hill Publication (November 1976).
6. Electrical Construcción and Maintenance Mc. Graw - Hill Publication (February 1975).
7. Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales por Gilberto Enriquez Harper. Editorial Limusa. - 1977.
8. Manual AEG 2. Novena Edición. Berlín 1967.
9. Selector Overload and Short Circuit Protection. Square - D. Company 1976.

10. Fundamentos de Control para Motores.
Square D. Company.
11. Bulletin M - 455A . October 1974
Square D. Company.
12. Material de Instalación (Catálogos de Productos)
SIEMENS 1976/77.
13. Bulletin M 435. Overload Protection ~~de~~ Motors four -
Common Questions por Marc. W. Shatz.
Square D Company. March 1971.
14. Electrical Protection Hand Book. Mac Graw. Edison Com-
pany Division. St. Louis Missouri 63107.
15. Plant Engineering by Paul T. Anderson. July 9. 1970.
16. Relaying for Industrial Electrical Power Systems and -
Equipment. General Electric.
17. Bogenschütz GMBH D - Fuses Gear.
June 1971 . Frank Furt.
18. Vollschutz . - HRC - Fuse Gear
Frank Furt
19. IEEE Transactions on Industry Applications.
November / December 1977. Volume 1A-13 Number 6.
20. Protection Fundamentals for Lwo-Voltage Electrical -
Distribution Systems in Comercial Building.
IEEE Std 241-1974.

21. AGUT. El Contactor y sus Aplicaciones. Edición 1975.
22. Circuit Breaker.- Characteristic Tripping Curves. Square D Company. Julio 1976.
23. Instalaciones en los Edificios. Editorial Gustavo-Gili, S.A. Barcelona 1974