

	NORMAS TÉCNICAS	RA8-002
	FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE (FLC) PARA LA PROTECCIÓN DE TRANSFORMADORES A INSTALAR EN CELDA DE 13.2 KV	
1. ALCANCE Esta norma tiene como propósito fundamental ilustrar las características constructivas y establecer los criterios de aplicación, selección y coordinación de fusibles limitadores de corriente (FLC) para la protección transformadores de potencia trifásicos a ser instalados en celda interior y conectados al sistema de distribución de Empresas Públicas de Medellín E.S.P en el nivel de tensión de 13.2 kV. 2. APLICACIÓN En los criterios de aplicación y selección establecidos en esta norma para la protección de transformadores, fueron considerados los fusibles limitadores de tipo Respaldo o Backup. Esta norma aplica para la selección de la protección adecuada de transformadores trifásicos con potencia superior a los 112.5 kVA que requieren diseño de subestación interna, de acuerdo a lo exigido en la norma RA7-060. Para la protección de transformadores monofásicos y trifásicos con capacidad inferior a los 112.5 kVA, se debe tener presente los criterios establecidos en la norma RA8-005. Los FLC tienen su aplicación como medio de protección que hace parte de los equipos doble tiro y equipos seccionador fusible. Los requerimientos técnicos para los equipos Doble Tiro son establecidos en la norma RA8-010. Los criterios de selección del FLC adecuado establecidos para transformadores en aceite y tipo seco, también podrán emplearse en el caso de transformadores tipo Pedestal (<i>Pad Mounted</i>), los cuales son protegidos mediante fusibles limitadores de corriente de tipo bayoneta. La selección del FLC es estandarizada para fusibles aplicables a sistemas de 13.2 kV. Para la aplicación de otros tipos de fusible diferentes a los FLC de tipo Backup, el proyectista deberá aplicar los criterios de selección y coordinación aquí establecidos con el fin de seleccionar el fusible adecuado de acuerdo a las características de la instalación y el fabricante del fusible. La selección del fusible de expulsión (tipo T) que protege mediante caja primaria o aisladero, la acometida que se deriva del sistema de media tensión (13.2 Kv) de suministro de EPM hacia la instalación; será efectuada y suministrada al proyectista por EPM de forma tal que se garantice coordinación entre el FLC del transformador, el fusible tipo T del aisladero y otros elementos de protección de la red aguas arriba.		
PRIMERA EDICIÓN: MAYO-1984	ELABORÓ: ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN	AUTORIZÓ: SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN
ÚLTIMA PUBLICACIÓN: MARZO 2010	REVISÓ: ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN	Página 1 de 15

3. FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE

3.1 Tipos de fusibles limitadores de corriente

Los fusibles limitadores de corriente limitan la energía transferida al elemento protegido, reduciendo la probabilidad de daño de los equipos.



Figura 3-1. Fusibles limitadores tipo porcelana.

Existen básicamente tres tipos de fusibles limitadores:

De respaldo o de rango parcial (Backup): Son los más típicos. Deben emplearse con un fusible tipo expulsión o algún otro dispositivo de sobrecorriente, debido a que solo tiene capacidad de interrumpir corrientes por encima de su corriente mínima de corte (I_3 en las normas) superior a su corriente mínima de fusión.

De propósito general (General Purpose): se definen como con una corriente mínima de corte tal que el tiempo de fusión asociado sea superior a una hora.

De rango completo (Full Range): aseguran el corte para todas las corrientes que provoquen la fusión, hasta el poder de corte en cortocircuito. Estos fusibles son generalmente más caros que los de la categoría «back-up», lo que limita su utilización. Por otra parte, presentan también posibilidades de sobrecalentamiento y no consiguen proporcionar una solución adecuada para todos los casos de instalación.

PRIMERA EDICIÓN:
MAYO-1984

ELABORÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

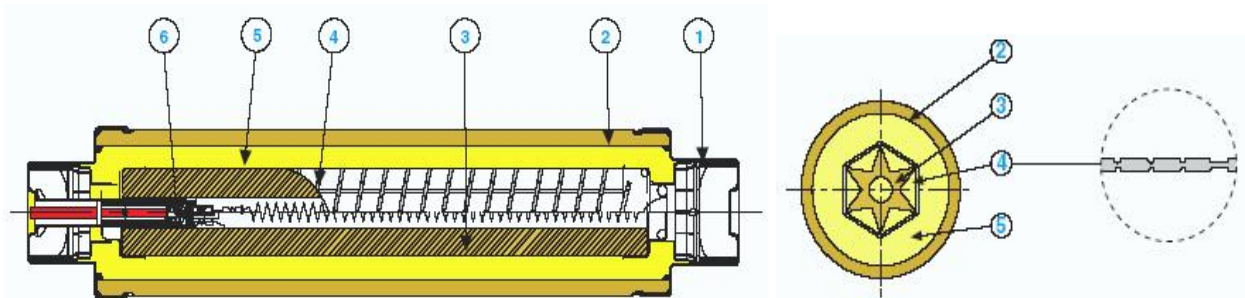
AUTORIZÓ:
SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN

ÚLTIMA PUBLICACIÓN:
MARZO 2010

REVISÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

Página 2 de 15

3.2 Forma constructiva



3-2. Corte esquemático de un fusible limitador de corriente.

1. Caperuza de contacto

Asociadas con el tubo exterior, forman un conjunto que tiene que estar en buenas condiciones antes, durante y después del corte de la sobre intensidad. Deben resistir los esfuerzos mecánicos y las fuertes presiones originadas por el arco. A lo largo del tiempo, tienen que asegurar también la estabilidad de los componentes internos.

2. Tubo exterior

Esta parte del fusible debe resistir a los siguientes efectos:

- **Esfuerzos térmicos:** tiene que resistir a los elevados e instantáneos calentamientos desarrollados cuando el arco está siendo evitado.
- **Esfuerzos dieléctricos:** el tubo exterior tiene que resistir las sobretensiones originadas durante el corte.
- **Esfuerzos mecánicos:** el tubo exterior tiene que resistir el aumento de la presión producida en el interior del fusible en el momento del corte.

3. Núcleo

Es un cilindro estrellado sobre el cual está bobinado el elemento fusible. El hilo que va unido al percutor y al núcleo, están localizados en el interior de este cilindro. Estos elementos están aislados del elemento fusible.

4. Elemento fusible

Es el elemento principal de los fusibles limitadores el cual emplea materiales de resistencia baja. Básicamente, consisten en uno o más hilos de plata, los cuales conforman una resistencia en espiral, sumergidos en el interior de la arena de sílice dentro del tubo de fibra de vidrio termo-resistente.

PRIMERA EDICIÓN:
MAYO-1984

ELABORÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

AUTORIZÓ:
SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN

ÚLTIMA PUBLICACIÓN:
MARZO 2010

REVISÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

Página 3 de 15

5. Arena de extinción

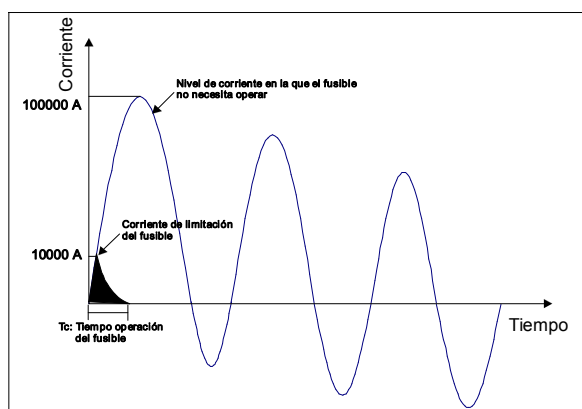
Está constituida de arena de cuarzo de una gran pureza (99,7%), sin componentes metálicos o de humedad. La arena de sílice tiene la función de absorber el calor generado por el elemento del fusible derivado de la conducción eléctrica. La arena, por su vitrificación, absorbe la energía desarrollada por el arco y forma junto con el elemento fusible un componente aislante, llamado fulgurita.

6. Percutor térmico

Es el dispositivo mecánico que indica la actuación del fusible y suministra la energía necesaria para accionar un aparato de corte combinado. El percutor está unido a un hilo resistente que después de la fusión del elemento fusible, funde también y libera el percutor. Es muy importante que el hilo no provoque el disparo precoz del percutor y tampoco debe interferir en el proceso de corte.

3.3 Concepto de limitación de corriente

El concepto de limitación de corriente se muestra en la figura 3-3 donde se aprecia el nivel de corriente limitada al que operará el fusible, en comparación con la corriente total generada por una falla.



3-3. Efectos del fusible limitador de corriente

Durante la interrupción de una alta corriente de falla, el calor del arco es transferido a través de la arena, transformándola en una sustancia cristalina. Esta transformación resulta en la súbita inserción de una impedancia adicional y el subsecuente desarrollo de un arco de voltaje. Cuando el arco de voltaje excede el voltaje del sistema, el arco es extinguido y se consuma la acción del limitador de corriente, por lo que no afecta el sistema y las cargas.

3.4 Definiciones básicas

Un: tensión nominal : Es la tensión entre fases (kV) más elevada de la red en la que podrá ser instalado el fusible.

PRIMERA EDICIÓN:
MAYO-1984

ELABORÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

AUTORIZÓ:
SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN

ÚLTIMA PUBLICACIÓN:
MARZO 2010

REVISÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

Página 4 de 15

I_n: Corriente nominal : Es el valor de la intensidad que el fusible puede soportar permanentemente sin calentamiento anormal. Generalmente 65 °C de incremento para las caperuzas por encima de la temperatura ambiente, (40 °C).

I₃: Corriente mínima de corte : Es el valor mínimo de intensidad presunta que provoca la fusión y el corte del fusible. Típicamente el valor de I₃ está comprendido entre 3 y 5 veces el valor nominal I_n del fusible.

I₂: Corriente crítica : Intensidad que produce la máxima energía de arco en el fusible. Esta intensidad es la que somete al fusible a una mayor solicitud térmica y mecánica. El valor de I₂ varía entre 20 y 100 veces el valor de I_n, según la concepción del elemento fusible. Si el fusible puede cortar esta intensidad, puede también garantizar el corte de toda intensidad situada en toda la zona entre I₃ e I₁.

I₁: Corriente máxima de corte asignada : Es la intensidad presunta de defecto máxima que el fusible puede interrumpir. Es el valor máximo de ensayo.

3.5 Curva característica tiempo-corriente (TCC)

Es la curva que representa el tiempo virtual de fusión o tiempo de prearco en función del valor de la componente simétrica de la intensidad prevista. Para cada tipo de corriente, hay un tiempo de fusión o de prearco que corresponde a un valor de corriente rms. La duración del prearco para cada valor de corriente puede ser determinada mediante curvas logarítmicas. Es de resaltar que las curvas TCC no son estandarizadas y varían de acuerdo al fabricante y tipo de fusible. La figura 3-4 ilustra curvas típicas de fusibles limitadores de uno de los fabricantes presentes en el mercado.

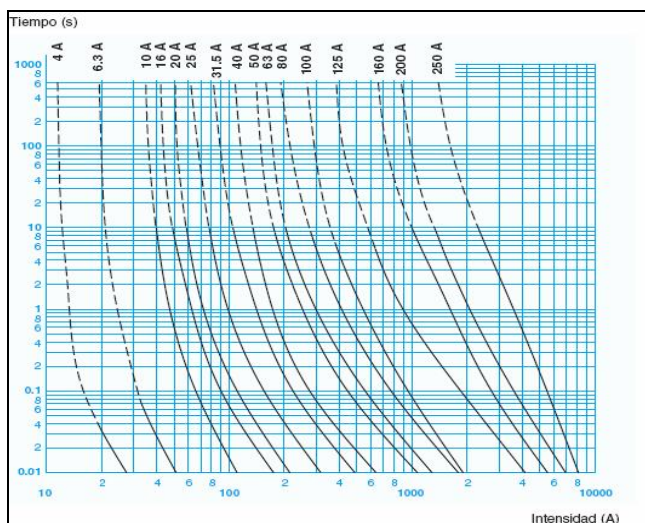


Figura 3-15. Características Tiempo-Corriente para fusibles tipo Backup de 3.6 a 36 kV .

PRIMERA EDICIÓN:
MAYO-1984

ELABORÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

AUTORIZÓ:
SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN

ÚLTIMA PUBLICACIÓN:
MARZO 2010

REVISÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

Página 5 de 15

3.6 Curvas de limitación de corriente

Los FLC son limitadores de corriente de falla. Por tanto, las corrientes de cortocircuito son limitadas sin que alcancen todo su valor pico. Las curvas de limitación muestran la relación entre la intensidad presunta de cortocircuito y el valor pico de la corriente limitada por el fusible. La intersección de esas líneas con las líneas rectas (I_s) (máxima simétrica) y corriente (I_a) (máxima asimétrica) indica la intensidad de corte presunta, por debajo de la cual los fusibles no tienen capacidad limitadora.

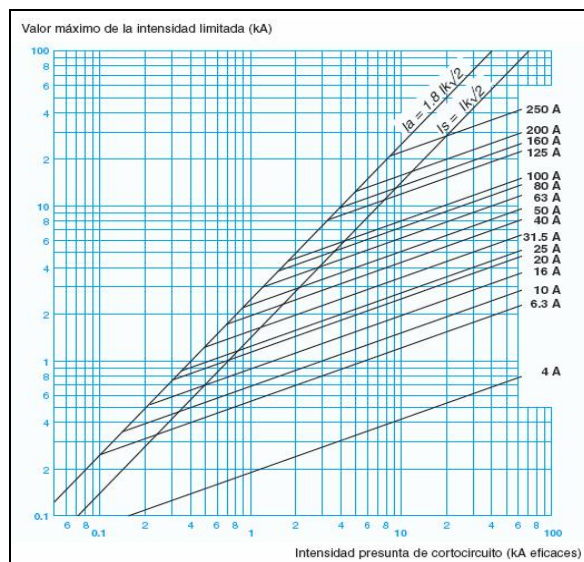


Figura 3-5. Curvas de limitación de corriente para fusibles de 3.6 a 36 kV

3.7 Curvas de energía disipada I^2t

Para el caso de altas corrientes, los FLC son capaces de interrumpir la corriente de falla en menos de 0.01 segundos, el cual es el tiempo más corto mostrado en las curvas TCC. Para efectos de coordinación entre fusibles limitadores u otro tipo de fusibles, es de especial importancia el conocer los valores I^2t de mínima de fusión y máxima aclaración que poseen los fusibles. Esta información normalmente es publicada por el fabricante del fusible.

A continuación a modo de referencia se ilustran los valores de I^2t para fusibles tipo Backup de un fabricante presente en el mercado.

PRIMERA EDICIÓN:
MAYO-1984

ELABORÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

AUTORIZÓ:
SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN

ÚLTIMA PUBLICACIÓN:
MARZO 2010

REVISÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

Página 6 de 15

I_n A	I^2t_s A ² s	U_n min A ² s	I^2t_a A ² s	U_n max A ² s
6,3	45	210		360
10	75	350		560
16	250	1.100		2.000
20	640	2.900		4.800
25	1.050	4.700		7.500
31,5	1.700	6.600		12.000
40	2.900	12.000		19.000
50	5.700	20.000		33.000
63	10.700	40.000		66.000
80	21.000	78.000		140.000
100	33.000	130.000		210.000
125	47.000	180.000		390.000
160	90.000	330.000		570.000

Figura 3-6. Valores I^2t de mínimo y máximo aclaración para fusibles tipo Backup

4. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL FUSIBLE PARA PROTECCIÓN DE TRANSFORMADORES

4.1 Alcance

Los siguientes criterios definidos para la selección de fusibles como medio de protección de transformadores monofásicos y trifásicos, son aplicables como regla general para fusibles de tipo: Expulsión, Limitador de corriente y Power Fuse.

4.2 Factores de aplicación

Como regla general, los siguientes factores deben ser considerados para la selección del fusible del lado primario de un transformador.

4.1 Tensión nominal

La tensión ratada de diseño máxima del fusible primario del transformador debe ser igual o exceder la máxima tensión de operación línea-línea del sistema.

4.2 Capacidad de interrupción

La capacidad de interrupción de corriente simétrica de cortocircuito del fusible del lado primario de un transformador debe ser igual o mayor a la máxima corriente de corto circuito que puede ocurrir en dicho punto.

4.3 Capacidad de sobrecarga

El fusible debe tener una capacidad de carga pico en emergencia que corresponda con los requerimientos operativos de la instalación. Es importante tener en cuenta que el fusible debe ser seleccionado para permitir, no para interrumpir, cargas pico. Este requerimiento puede implicar que

PRIMERA EDICIÓN: MAYO-1984	ELABORÓ: ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN	AUTORIZÓ: SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN
ÚLTIMA PUBLICACIÓN: MARZO 2010	REVISÓ: ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN	Página 7 de 15

el valor de corriente nominal escogido para el fusible sea mayor y, por lo tanto, el nivel de protección se vea reducido.

4.4 Soportabilidad a corriente Inrush de magnetización

Cuando un transformador se energiza se presenta una corriente de excitación de corta duración, cuya magnitud estará definida por diferentes factores tales como: el flujo remanente en el núcleo del transformador, el punto de conexión en la onda de tensión, el equivalente de cortocircuito del sistema y la potencia del transformador. Esta corriente debe ser soportada por el fusible sin operar. Debido a que varios de los parámetros que controlan su magnitud son aleatorios, el fusible debe ser dimensionado para soportar el peor caso.

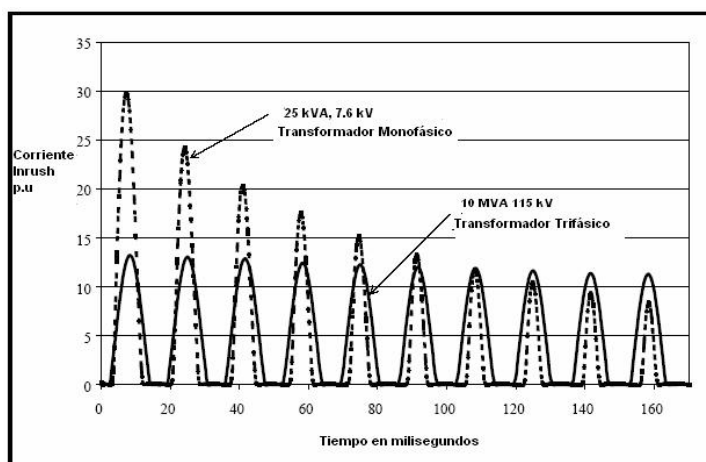


Figura 3-8. Corriente Inrush de energización de un transformador

La siguiente tabla resume un estimativo conservativo sobre el efecto de calentamiento sobre el fusible. Dimensionando el fusible de tal forma que la curva de mínima fusión (MMT) del fusible esté por encima de estos puntos estándar, evitará una operación o falla del fusible.

Tiempo (segundos)	Corriente en p.u
0.01	25
0.1	12

La corriente Inrush también depende de la capacidad del transformador y de la corriente de falla disponible. Debido a la caída de voltaje a través de la impedancia desde la fuente durante el periodo de energización, la corriente Inrush será menor cuando el transformador es alimentado desde una fuente débil en comparación con una fuente fuerte.

4.5 Inrush por arranques de carga en caliente (Hot Load Inrush)

El fusible también debe soportar la corriente de energización que ocurre cuando un transformador, que estando previamente cargado, sufre una desconexión momentánea seguida por una re-energización. En este caso la corriente de magnetización tiene dos componentes: la corriente normal de energización del transformador más la corriente de energización de las cargas conectadas. La capacidad del fusible de soportar esta condición se denomina “capacidad de arranque de carga en caliente o Hot Load Pickup”.

El efecto integrado de calentamiento sobre el fusible del transformador como resultado de la corriente Hot Load es equivalente a una corriente con una magnitud entre 12 a 15 veces la corriente nominal del transformador para una duración de 0.1 segundos.

Esto es nuevamente un estimativo conservador de la Inrush, y las ventajas de usar un fusible de menor capacidad puede algunas veces lograrse si se tienen en cuenta los siguientes efectos mitigadores:

- La inrush de Hot Load es un fenómeno que no aplica para transformadores que sirven predominantemente cargas industriales.
- Al igual que con la corriente Inrush magnetizante, esta decrece con el tamaño del transformador.

4.6 Inrush por arranques de carga en frío (Cold Load Inrush)

Son las sobrecorrientes de larga duración que se presentan debido a la pérdida de diversidad de la carga, posterior a una salida de servicio prolongada (30 minutos o más). Ocurre debido a la entrada en simultánea de cargas controladas termostáticamente, o que tienen ciclos de encendido y apagado aleatorios entre ellas.

El efecto de calentamiento integrado en el tiempo de la corriente de arranque en frío, se puede representar con los siguientes valores:

Tiempo (segundos)	Corriente en p.u
1	6
10	3
900	2

4.6 Protección contra fallas en el secundario

PRIMERA EDICIÓN:
MAYO-1984

ELABORÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

AUTORIZÓ:
SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN

ÚLTIMA PUBLICACIÓN:
MARZO 2010

REVISÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

Página 9 de 15

**FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE (FLC) PARA LA PROTECCIÓN
DE TRANSFORMADORES A INSTALAR EN CELDA DE 13.2 KV**

El daño de los transformadores debido a fallas en el secundario es el resultado de los efectos térmicos y mecánicos. Aunque el aumento de temperatura asociado con altas magnitudes de corriente de falla es normalmente aceptable, los efectos mecánicos son intolerables si se permite que tales fallas ocurran con regularidad. Esto resulta de la naturaleza acumulativa de los efectos mecánicos, particularmente: compresión, desgaste del aislamiento y desplazamiento de bobinas. El daño que ocurre como consecuencia de estos efectos acumulativos es una función de la magnitud y la duración de la corriente así como del número total de fallas.

Para propósito de esta norma, la curva característica que representa el comportamiento de daño térmico y mecánico puede determinarse mediante los valores resumidos a continuación.

Tiempo (segundos)	Veces de la corriente nominal
0,1	111,8
2	25.0
10	11.3
30	6.3
60	4.75
300	3.0
1800	2.0

Con el fin de proteger adecuadamente el transformador, el fusible de protección debe quedar a la izquierda de la curva de daño del transformador.

Es importante tener en cuenta que, dependiendo de la conexión del transformador y tipo de falla, las corrientes de línea y en los devanados podrán ser diferentes. Dado que el fusible del lado primario ve la corriente de línea durante una falla en el secundario del transformador, la curva de daño del transformador deberá ajustarse considerando los multiplicadores dados a continuación.

PRIMERA EDICIÓN:
MAYO-1984

ELABORÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

AUTORIZÓ:
SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN

ÚLTIMA PUBLICACIÓN:
MARZO 2010

REVISÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

Página 10 de 15

Conexión Transformador	Relación (p.u) entre la corriente del lado primario a la corriente del devanado del transformador		
	Tipo de Falla		
	Trifásica	Fase-Fase	Fase-Tierra
Yg- yg	1.0	1.0	1.0
D - d	1.0	0.87	NA
D - yg	1.0	1.15	0.58

De acuerdo a lo anterior, para asegurar la protección apropiada del transformador, es necesario mover las curvas de daño hacia la izquierda (es decir en términos de corriente) por la relación obtenida en la tabla. Lo anterior permitirá entonces compararse con la curva de aclaración del fusible primario (MCT). Para las conexiones Estrella-Estrella (Y-Y) la relación es la misma y no se requiere afectar la curva de daño.

5. COORDINACIÓN ENTRE FUSIBLES

El primer paso en establecer una filosofía de coordinación Fusible-Fusible es la estricta adherencia a los fundamentos básicos descritos para la coordinación de dispositivos de protección en serie. Para dispositivos coordinados en serie, dos o más fusibles podrían fundirse para una condición de falla dada.

Cuando los fusibles están adecuadamente coordinados, una falla en cualquier parte de un circuito provocará la fusión del fusible más cercano al cortocircuito, aislando de esta forma la sección fallada. Ninguno de los fusibles más próximos a la subestación deberá fundirse o empezar a fundirse si los fusibles se han seleccionado correctamente (aunque exista traslapo de las zonas de protección). La coordinación de fusibles se basa en la coordinación de las curvas o características de fusión de tiempo-corriente propias de cada tipo de fusible. Una curva tiempo – corriente muestra el tiempo requerido para que un determinado fusible se funda o aísle un circuito para el paso de distintas corrientes a través del fusible.

Una regla que se considera en la coordinación de fusibles es la siguiente: “El tiempo de aclaración del fusible que sirve de protección principal no debe ser superior al 75% del tiempo de fusión mínima del fusible de respaldo”. Esto logra la coordinación apropiada (y previene daño al fusible de respaldo).

Para la coordinación con fusibles limitadores de corriente, debe tenerse presente lo siguiente:

Si la corriente de falla máxima disponible donde está ubicado el fusible limitador de corriente es mayor que la corriente donde la curva de aclaración total (MCT) del fusible limitador cruza la línea de 0.01 segundos, se debe verificar que el máximo I^2t del fusible limitador sea menor que el I^2t mínimo calculado del fusible de expulsión (ajustado)

PRIMERA EDICIÓN:
MAYO-1984

ELABORÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

AUTORIZÓ:
SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN

ÚLTIMA PUBLICACIÓN:
MARZO 2010

REVISÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

Página 11 de 15

El mínimo I^2t para el fusible de expulsión puede ser obtenido al elevar al cuadrado la corriente en 0.01 segundo y multiplicando este valor por 0.01 segundo. Claro esta que si se conoce el dato del fabricante deberá emplearse dicho dato.

6. CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN DEL FUSIBLE

6.1 Puntos de funcionamiento prohibidos

La zona “prohibida” de los fusibles tipo «back-up» se extiende desde la corriente nominal a la corriente mínima de corte (I_3). La figura 3-7 ilustra este concepto:

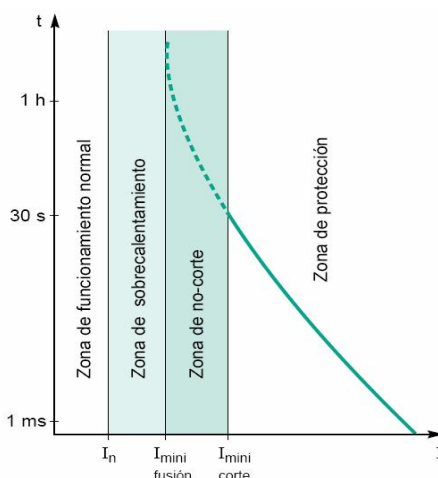


Figura 3-7. Zonas de funcionamiento de un fusible limitador tipo Backup.

En esta zona pueden presentarse dos comportamientos diferentes:

- Entre la corriente nominal (I_n) y la corriente mínima de fusión ($I_{mini\text{ fusión}}$) los calentamientos excesivos pueden deteriorar la envoltura del fusible y su entorno dentro del tubo.
- Entre la corriente mínima de fusión y la corriente mínima de corte (I_3) aparece un arco que no se apaga y que provoca rápidamente un defecto mayor si no actúa otro dispositivo. Por tanto, estos fusibles deben de utilizarse con ciertas precauciones, es decir, en aplicaciones en las que no sea posible la aparición de una corriente de este valor situado en la zona crítica. Si estos valores de defecto son posibles, hay que utilizar el fusible en combinación con un fusible tipo expulsión.

 estamos ahí.	NORMAS TÉCNICAS		RA8-002
	FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE (FLC) PARA LA PROTECCIÓN DE TRANSFORMADORES A INSTALAR EN CELDA DE 13.2 KV		
6.2 Reemplazo de fusibles Si uno de los fusibles del grupo trifásico opera, existe la posibilidad de que otra fase estuviera fuera: involucrada en la falla, y aunque su fusible no operó, éste podría estar dañado. A menos que se tenga la certeza de que la sobrecorriente no involucre las otras fases, todos los fusibles del juego trifásico deben ser reemplazados cuando uno de ellos ha operado.			
6.3 Aplicación de FLC en interiores Los fusibles diseñados para aplicaciones internas (Indoors) podrían no ser apropiados para aplicaciones externas o a la intemperie y no deben ser aplicados a menos que sea aprobado para tal uso por el fabricante. Los fusibles para aplicaciones internas podrían no ser apropiados para aplicaciones en recintos en los cuales el aire exterior circula libremente hacia el recinto. Niebla circulante, humedad y condensación bajo condiciones ambientales adversas, tales como polvo y acumulación de partículas sobre superficies aislantes, podría degradar la capacidad de resistencia dieléctrica del dispositivo y su estructura de soportes. Los fusibles deben ser aplicados en recintos protegidos apropiadamente para prevenir contaminación que pueda resultar en flameo del tubo del fusible.			
6.3 Aplicación de FLC en exteriores Los fusibles para exteriores (outdoors) o a la intemperie deben ser de un diseño tal que puedan resistir el deterioro del tubo debido a condiciones ambientales, rayos ultravioleta y ozono. Los fusibles diseñados para ambientes externos deberían ser apropiados para aplicaciones internas a menos que el fusible emita gases ionizados durante el proceso de interrupción.			
6.4 Consideraciones de impacto mecánico Debido a su naturaleza frágil, se debe tener cuidado en el empaque, transporte y manejo del FLC. Los fusibles que son maltratados podrían lucir sin daño, dado que la porción exterior luce intacta. Sin embargo, los elementos y soportes del fusible podrían estar rotos. Esta rotura podría resultar en una mala operación para interrumpir una corriente de falla o inhabilidad para resistir el voltaje.			
6.5 Operación normal de un FLC Una operación normal de un FLC no producirá excesivas fuerzas externas sobre el montaje o partes circundantes. Además, existe comparativamente poco ruido o reacción cuando un FLC opera. Una manera de evaluar el FLC mientras esta en uso, es emplear una cámara infrarroja. Dado que los FLC son dispositivos productores de calor y operan más calientes que otros tipos de fusibles, los siguientes factores se deben tener en cuenta durante la inspección: a. Una lectura de temperatura de 30 °C por encima de la temperatura ambiente es común. b. En algunos casos la temperatura medida tan alta como 105 °C podría ser normal.			
PRIMERA EDICIÓN: MAYO-1984	ELABORÓ: ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN	AUTORIZÓ: SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN	
ÚLTIMA PUBLICACIÓN: MARZO 2010	REVISÓ: ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN	Página 13 de 15	

c. Sobre instalaciones trifásicas, las lecturas en las tres fases debe estar próximas si la cargabilidad es igual sobre las tres fases.

7. TABLA DE SELECCIÓN DE FUSIBLES LIMITADORES

La siguiente tabla normaliza los fusibles limitadores (FLC) que deberán instalarse en el sistema de acuerdo a la capacidad del transformador de potencia y el nivel de tensión de alimentación, el fusible de expulsión (tipo T) que protegerá la acometida hacia la instalación, será suministrado por EPM con el fin de garantizar la coordinación con otras protecciones asociadas a la red.

Los siguientes criterios fueron considerados en la selección del fusible:

- Los fusibles (FLC) fueron seleccionados considerando una capacidad de sobrecarga del transformador entre el 125% y el 140% de su capacidad nominal.
- La selección del fusible tuvo en cuenta el impacto de la corriente Inrush de magnetización, Cold Load y curva de daño del transformador.
- La selección del fusible no tuvo en cuenta la coordinación con la protección ubicada en el secundario del transformador.
- El fusible limitador de corriente indicado en la tabla, representa la capacidad mínima en amperios que garantiza la protección y coordinación segura para el transformador. La instalación de fusibles limitadores (FLC) de menor capacidad causará actuación del fusible ante corrientes Inrush. La instalación de fusibles FLC de mayor capacidad comprometerá la coordinación con el fusible de respaldo tipo T.

TRANSFORMADOR KVA	Fusible Limitador Corriente (FLC)
150	16 A
225	25 A
250	25 A
300	32 A
315	32 A
400	32 A
500	40 A
630	50 A
750	50 A
800	50 A
1000	63 A
1250	80 A
1600	100 A
Continua...	

PRIMERA EDICIÓN:
MAYO-1984

ELABORÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

AUTORIZÓ:
SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN

ÚLTIMA PUBLICACIÓN:
MARZO 2010

REVISÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

Página 14 de 15

TRANSFORMADOR KVA	Fusible Limitador Corriente (FLC)
2000	125 A
2500	160 A
3000	200 A

8. FUSIBLES NORMALIZADOS PARA LOS AISLADEROS

Los fusibles normalizados como medio de protección (aisladeros) de ramales o derivaciones del sistema de distribución de EPM serán fusibles de expulsión tipo T cuyas características de fabricación y fusión son establecidas por la estándar internacional **ANSI C37.42 Specification for High-Voltage Expulsion Type Distribution Class Fuses, Cutouts, Fuse Disconnecting Switches and Fuse Links**.

Con el fin de lograr selectividad y coordinación adecuada entre fusibles, la información acerca del tipo de fusible tipo T a utilizar en los aisladeros será suministrada por las EEEPPM, de acuerdo a cada proyecto específico.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Electrical Distribution-system Protection. Section A3. Protective equipment Applications and Coordination. Cooper Power Systems.
- [2]. Protection of MV/LV substation transformers. Cahier Technique No.192. Group Schneider.
- [3]. Selection Guide For the Protection of Substation Power Transformers With SMD® Fuse Units Outdoor Transmission (34.5 kV through 138 kV)
- [4]. Design and use of MV current-limiting fuses. Cahier technique no. 128. Group Schneider.
- [5]. IEEE Standard C37.48.1 "IEEE Guide for the Operation, Classification, Application, and Coordination of Current-Limiting Fuses with Rated Voltages 1-38 kV".

PRIMERA EDICIÓN:
MAYO-1984

ELABORÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

AUTORIZÓ:
SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN

ÚLTIMA PUBLICACIÓN:
MARZO 2010

REVISÓ:
ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN

Página 15 de 15