

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO UNIVERSITARIO DE TECNOLOGIA ANTONIO JOSE DE SUCRE
EXTENSION MARACAIBO

PROTECCIONES DE LOS
PROTECCIONES DE LOS
SISTEMAS ELECTRICOS

Realizado por:
Néstor Sánchez
Libardo Laguna
Luis La Cruz
José Morales
Jean Carlos Olano

Maracaibo, abril de 2010

ESQUEMA

INTRODUCCION

¿Qué es protección primaria?

¿Que es protección de respaldo?

¿Que son los esquemas de protección?

Esquemas de protección y criterios para la selección de un sistema de protecciones.

Protección con fusible.

¿Que es un fusible?

Características.

Tipos.

Curvas características.

INTRODUCCIÓN

Las instalaciones eléctricas, cuentan hoy en día con un grado de diversidad que involucran un gran número de sistemas como: redes de datos y comunicaciones, sistemas de control y regulación, los cuales son ahora parte integrante de nuestra vida, hasta el punto que parecería imposible no poder contar con ellos en la mayoría de procesos de producción, de los centros informáticos, en la construcción o la administración e incluso en el ámbito de la vida privada. En el corazón de tales instalaciones se encuentran circuitos electrónicos altamente integrados, que concentran en unos milímetros cuadrados miles de unidades funcionales distintas. Se esconde allí toda la efectividad de proceso, pero también la vulnerabilidad de la instalación.

Entre los factores de interferencia potenciales más peligrosos se encuentran las sobretensiones cuya importancia no se ha valorado suficientemente aún. Las perturbaciones atmosféricas (descargas eléctricas atmosféricas) o los procesos de conmutación en las redes eléctricas, pueden provocar gravísimos daños a equipos electrónicos y eléctricos, a instalaciones eléctricas y de transporte de información o datos e incluso provocar muertes humanas, todo lo anterior agravándose con paros en producción, reposición de equipos, pérdidas de materia prima, entre otros.

Para evitar tales problemas conviene tomar medidas preventivas en cuanto a seguridad. Para esto se deben evaluar el nivel de riesgo del sistema ante la eventualidad que un impacto de rayo ponga en peligro: Vidas humanas, procesos industriales, continuidad de servicios, etc. Donde el riesgo es mayor al 80%, se dice que es un sistema altamente expuesto y las medidas a implementar son especiales; Para estos sistemas se deben implementar Dispositivos de protección contra sobretensiones DPSs capaces de evacuar a tierra corrientes parciales de rayo, al igual que limitar las sobretensiones a valores seguros, para evitar así el riesgo de incendio y el daño de equipo eléctrico y electrónico. Para sistemas con un nivel de riesgo menor al 80%¹ se dice que son sistemas en los cuales la probabilidad que un rayo impacte directamente sobre el es mínima.

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA PROTECCIONES

Consideremos sólo por el momento el equipo de protección contra cortocircuitos. Hay dos grupos de dicho equipo: uno que llamaremos de protección primaria, y otro de protección de respaldo. La protección primaria es la primera línea de defensa, mientras que las funciones de la protección de respaldo sólo se dan cuando falla la protección primaria.

PROTECCION PRIMARIA

La Fig. 1 muestra la protección primaria. La primera observación es que los interruptores están localizados en las conexiones de cada elemento del sistema de potencia. Esta provisión hace posible desconectar sólo el elemento defectuoso. A veces puede omitirse un interruptor entre dos elementos adyacentes, en cuyo caso ambos elementos deben desconectarse si hay una falla en cualquiera de los dos. La segunda observación es que sin saber en este momento cómo se realiza, se establece una zona de protección separada alrededor de cada elemento del sistema. El significado de esto es que cualquier falla que ocurra dentro de una zona dada originará el disparo (esto es, la abertura) de todos los interruptores dentro de esa zona, y de sólo esos interruptores.

Es evidente que en caso de fallas en la región donde se superponen dos zonas adyacentes de protección, se dispararán más interruptores que el mínimo necesario para desconectar el elemento defectuoso. Pero si no hubiera superposición, una falla en una región entre zonas no estaría situada en ninguna de las dos zonas y, por lo tanto, no se dispararían los interruptores. La superposición es el menor de los dos males. La extensión de ésta es pequeña relativamente, y la probabilidad de falla en dicha región es baja; por lo mismo, el disparo de dos o más interruptores será casi nulo. Finalmente, se observará que las zonas adyacentes de protección de la Fig. 1 se superponen alrededor de un interruptor. Esta es la práctica preferida, porque en caso de fallas en todas las partes, excepto en la región de superposición, es necesario que se disparen el número mínimo de interruptores. Cuando se desea, por razones económicas o de

espacio, superponer sobre el lado de un interruptor, como sucede con frecuencia en aparatos blindados, el equipo de protección de la zona que superpone el interruptor debe arreglarse para que dispare no sólo los interruptores de esta zona, sino también uno o más interruptores de la adyacente, para desconectar completamente ciertas fallas. Esto se muestra en la Fig. 2, donde puede verse que para un cortocircuito en X, los interruptores de la zona B, que incluyen al interruptor C, se dispararán; pero dado que el cortocircuito está fuera de la zona A, el equipo de protección de la zona B debe disparar también ciertos interruptores en la zona A si esto fuera necesario para interrumpir el flujo de la corriente de cortocircuito de la zona A, a la falla. Esta es una desventaja si hay una falla en X, pero los mismos interruptores se dispararán innecesariamente en la zona A para otras fallas en la zona B a la derecha del interruptor C. Si este disparo innecesario es objetable dependerá de la aplicación particular.

PROTECCION DE RESPALDO

La protección de respaldo se emplea sólo para protección de cortocircuitos. Debido a que éstos son el tipo preponderante de falla del sistema de potencia, hay más posibilidades de que falle la protección primaria en caso de cortocircuitos. La experiencia ha mostrado que la protección de respaldo no es justificable económicamente para casos distintos de los cortocircuitos.

Es necesaria una clara comprensión de las causas posibles de fallas de la protección primaria, para una mejor apreciación de las prácticas comprendidas en la protección de respaldo. Cuando decimos que la protección primaria puede faltar, entendemos cualquiera de las diversas cosas que pueden suceder para impedir a la protección primaria que origine la desconexión de una falla del sistema de potencia. La protección primaria puede fallar debido a una falla en cualquiera de los siguientes puntos:

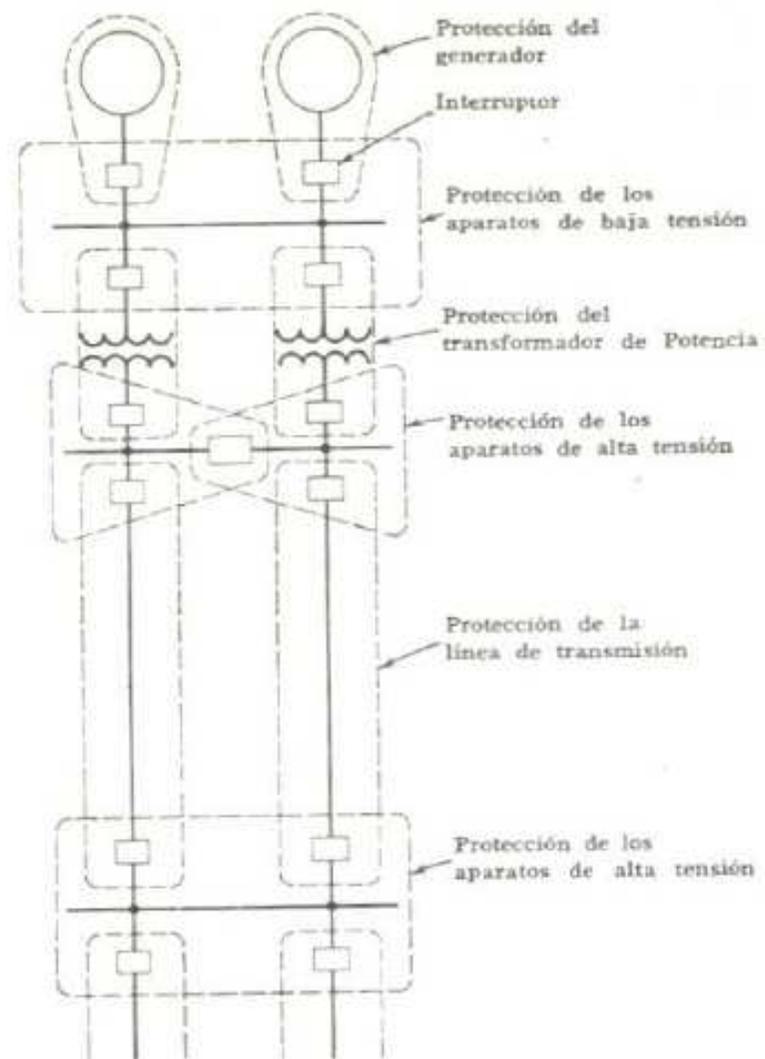


FIG. 1. Diagrama unifilar de una parte de un sistema eléctrico de potencia que muestra la protección primaria

- A. Corriente O tensión de alimentación a los relevadores. E. Disparo de la tensión de alimentación de c-d.
- B. Disparo de la tensión de alimentación de c-d
- C. Relevadores de protección.
- D. Circuito de disparo o mecanismo del interruptor.
- E. Interruptor.

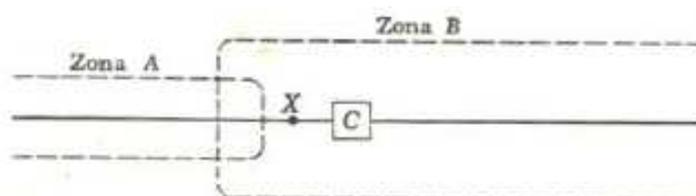


FIG. 2. Superposición de zonas adyacentes de protección sobre un lado de un interruptor

Es muy deseable que la protección de respaldo esté dispuesta de tal

manera que cualquier cosa que pueda originar la falla de la protección primaria no origine también la falla de la protección de respaldo. Es evidente que este requisito se satisface completamente si los relevadores de respaldo están localizados de tal manera que no empleen o controlen cualquier cosa en común con los relevadores primarios que vayan a ser respaldados. En la medida de lo posible, la práctica es localizar los relevadores de respaldo en una estación diferente. Considérese, por ejemplo, la protección de respaldo para la sección EF de la línea de transmisión de la Fig. 3.

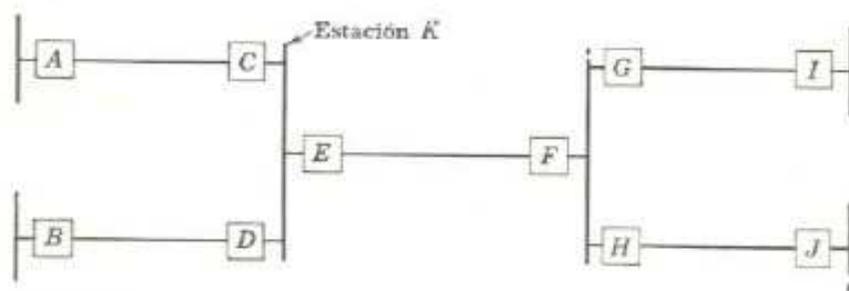


FIG. 3. Ejemplo para la protección de respaldo de la sección EF de una línea de transmisión

Los relevadores de respaldo de esta sección de línea están normalmente dispuestos para disparar los interruptores A, E, I y J. Si el interruptor E fallara al disparar, para una falla en la sección de línea EF, se dispararían los interruptores A y E; los interruptores A y E y su equipo asociado de protección de respaldo, que están físicamente aparte del equipo que ha fallado, no son los idóneos para ser afectados al mismo tiempo, como podría suceder si se escogieran los interruptores C y D en su lugar.

Los relevadores de respaldo en las localidades A, E y F proporcionan protección si ocurren fallas en las barras colectoras en la estación K. Los relevadores de respaldo en A y F proporcionan también protección para fallas en la línea DE. En otras palabras, la zona de la protección de respaldo se extiende en una dirección desde la localidad de cualquier relevador de respaldo y al menos superpone cada elemento de sistema adyacente. Donde las secciones adyacentes de líneas son de diferente longitud, los relevadores de respaldo deben sobre alcanzar algunas secciones de línea más que otras para proporcionar protección a

la línea más larga.

Un conjunto dado de relevadores de respaldo proporcionará protección incidental de clases para fallas en el circuito cuyo interruptor controla los relevadores de respaldo. Por ejemplo, los relevadores de respaldo que disparan el interruptor A de la Fig. 3 pueden actuar también como respaldo para fallas en la sección de línea AC.

Sin embargo, esta duplicación de protección es sólo un beneficio accidental y no va a estar ligada ala de un arreglo convencional de respaldo cuando es posible dicho arreglo; para diferenciar a ambos, este tipo podría llamarse relevadores primarios duplicados.

Una segunda función de la protección 'de respaldo es a menudo proporcionar protección primaria cuando el equipo que debería ocuparse de esto se encuentra fuera de servicio por mantenimiento o reparación. Es evidente, quizá, que cuando funciona la protección de respaldo, se desconecta una parte mayor del sistema que cuando funciona correctamente la protección primaria. Esto es inevitable si la protección de respaldo va a hacerse independientemente de aquellos factores que pueden originar que falle la protección primaria. Sin embargo, esto enfatiza la importancia del segundo requisito de la protección de respaldo, que ésta debe funcionar con suficiente acción retardada como para que se le dé a la protección primaria tiempo suficiente para funcionar si es capaz de hacerlo. En otras palabras, cuando ocurre un cortocircuito, ambas protecciones. Primaria y de respaldo, inician normalmente su funcionamiento; pero se espera que la protección primaria dispare los interruptores necesarios para- retirar el elemento en cortocircuito del sistema, y la protección de respaldo se repondrá sin haber tenido tiempo de completar su función. Cuando un conjunto de relevadores proporciona protección de respaldo a diversos elementos adyacentes del sistema, la protección primaria más lenta de cualquiera de aquellos elementos adyacentes determinará la acción retardada necesaria para los relevadores de respaldo dados.

En muchas ocasiones, es imposible atenerse al principio de la segregación

completa de los relevadores de respaldo. Entonces se trata de alimentar los relevadores de respaldo de otras fuentes distintas de las que alimentan los relevadores primarios del elemento de sistema en cuestión, y también se intenta disparar otros interruptores; sin embargo, puede emplearse la misma batería de disparo en común, para ahorrar dinero y porque se le considera un riesgo menor.

En casos extremos puede ser imposible aun proporcionar cualquier protección de respaldo; en tales casos, se da mayor énfasis a la necesidad de un mejor mantenimiento. De hecho, aun con protección de respaldo completa, hay más que ganar por el mantenimiento apropiado. Cuando falla la protección primaria, aunque funcione adecuadamente la protección de respaldo, el servicio sufrirá más o menos pérdidas. Por lo tanto, la protección de respaldo no es un sustituto apropiado para un buen mantenimiento.

ESQUEMAS DE PROTECCION Y CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCION

Las protecciones eléctricas son de vital importancia en los motores, Generadores, Transformadores, Centros de control de motores, Alimentadores de ramales eléctricos, Cables, y otros dispositivos empleados en las instalaciones eléctricas de cualquier empresa, industria o comercio. Los motores, los Generadores y los transformadores son unos de los tantos equipos eléctricos que deben de ser protegidos contra eventos no deseados, tales como una sobre corriente o cortocircuito, es allí donde las protecciones les corresponde actuar para evitar daños catastróficos en los mismos. Por tal razón una instalación bien diseñada posee un buen sistema de protecciones eléctricas. Por lo antes expuesto es necesaria una buena comprensión de las características de las instalaciones eléctricas, de los equipos y dispositivos que conforman el sistema eléctrico en general de un proceso industrial.

Calculo de la intensidad de cortocircuito (I cc).

El cortocircuito trifásico equivale a una carga simétrica de la red ; por tanto, el cálculo puede realizarse por fase como si se tratara de una línea normal. Los restantes cortocircuitos son asimétricos y tienen que calcularse por métodos difíciles por lo que se omitirá su resolución.

Los pasos a seguir para la resolución de Icc es el siguiente :

1º.- Determinar la impedancia total del tramo de línea afectada por el cortocircuito.

2º.- Determinar la Icc permanece en el punto considerado.

La impedancia de la línea afectada por el cortocircuito estará formada por circuitos serie o paralelo, o mallas que habían de resolverse y obtener la Z equivalente. Las componentes de la impedancia total serán la resistencia (Rcc) y reactancia (Xcc) de cortocircuito :

$$Z_{cc} = R_{cc} + j \cdot X_{cc}$$

$$|Z_{cc}| = \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2}$$

Normalmente las componentes Rcc y Xcc se expresan en Ω / Km y suelen darse en los catálogos de fabricantes de cables.

El valor de la corriente de cortocircuito I cc se obtiene a partir de la formula :

$$I_{cc} = \frac{V_{\text{fase}}}{Z_{cc}} = \frac{V_L}{\sqrt{3} \cdot Z_{cc}}$$

en donde :

V_L = tensión de línea (Kv).

Z_{cc} = impedancia de cortocircuito por fase (Ω).

I_{cc} = Corriente de cortocircuito permanente (KA).

A su vez, la potencia de cortocircuito es:

$$P_{cc} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_{cc} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot \frac{V_L}{\sqrt{3} \cdot Z_{cc}} = \frac{V_L^2}{Z_{cc}}$$

en donde :

V_L = tensión de línea (Kv).

P_{cc} = Potencia de cortocircuito (MVA).

NUMERACION Y DEFINICION DE LAS FUNCIONES DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIONES ELECTRICAS

1.- Relé de intensidad.

El aparato actúa cuando la corriente que circula sobrepasa la corriente nominal. El relé de sobre intensidad no retrasado tiene el mismo funcionamiento pero tiene un contacto auxiliar.

- El relé temporizado de sobre intensidad independiente : es la combinación de relés de tiempo y de intensidad, cuando se detecta una sobre intensidad se pone en funcionamiento el mecanismo de tiempo que es totalmente independiente de la magnitud de la intensidad.

- El relé temporizado de sobre intensidad térmico : este tipo de relé actúa al cabo de unos segundos de producirse la sobrecarga, disminuyendo el tiempo de disparo fuertemente al aumentar la intensidad

2.- Relés de tensión.

Su comportamiento es similar al relé de sobre intensidad no retardado, distinguiéndose dos tipos: de *mínima* y *máxima* tensión.

- El relé de mínima tensión actúa cuando la tensión de red disminuye a un valor que pudiera ser peligroso para los receptores($< 85 \% \text{ de } V_L$) y que persiste durante cierto tiempo.

- El relé de máxima tensión tiene la misión de evitar la elevación de la tensión de red a valores superiores al máximo previsible

- El relé de vigilancia de la tensión trifásica se coloca en redes trifásicas para la vigilancia de las tres tensiones en relés de protección o contadores y así evitar disparos o mediciones erróneas. Generalmente señalan fuertes descensos o la caída de una o varias tensiones.

3.- Relé de vigilancia de contacto a tierra.

El relé de vigilancia de contacto a tierra tiene la misión de señalar inmediatamente, en redes sin puestas a tierra del punto estrella, los contactos a tierra que se presenten en la red. Los dispositivos de extinción de contactos a tierra disminuyen la corriente en los puntos de contacto a tierra a una medida no perjudicial, evitando poner inmediatamente fuera de servicio las partes de la línea afectadas por el contacto a tierra

4.- Relé diferencial.

Tiene la misión de detectar la corriente de defecto de una línea por comparación de las corrientes en sus dos extremos captadas por medio de transformadores de intensidad. Cuando la comparación de corrientes se hace de dos líneas en paralelo, se llama *relé diferencial transversal*.

5.- Relé de distancia.

Es un dispositivo que actúa al producirse cortocircuitos en las líneas durante un tiempo que resulta proporcional a la distancia donde se haya producido dicho defecto. Este tipo de protección es el más generalizado en líneas de media y alta tensión

6.- Protección contra sobrecargas.

Este tipo de protecciones suele utilizarse en líneas subterráneas como medida de precaución para evitar el paso de intensidades superiores a las nominales, con el consiguiente peligro para el aislamiento, por causas térmicas. Naturalmente este exceso de intensidad es siempre muy inferior a la corriente de cortocircuito, utilizándose para su prevención dispositivos térmicos o magnéticos, similares a los utilizados en las protecciones de motores. También puede utilizarse fusibles, como dispositivo para interrumpir el paso de corriente. También puede conseguirse una protección eficaz de sobre intensidades con seccionadores en carga combinado con fusibles de apertura rápida y relés térmicos.

7.- Corrientes de cortocircuito.

Debido al constante incremento de producción de energía eléctrica, las corrientes de cortocircuitos, en los sistemas de transporte y distribución actuales alcanzan valores elevados, que en muchos casos pueden afectar gravemente las instalaciones.

La corriente de cortocircuito de una instalación eléctrica, en general, va acompañada, en el momento inicial, de fenómenos transitorios seguidos de una situación permanente. Los efectos básicos del cortocircuito sobre la instalación se pueden resumir en dos :

a) Efecto electrodinámico, debido a la fuerza que aparece en los conductores al ser atravesados por fuertes corrientes y estar bajo campo magnético. El campo magnético lo crea la misma corriente o bien la corriente que circule por los conductores vecinos de la misma o distintas fases. Esta fuerza es

proporcional al cuadrado de la intensidad. La fuerza máxima se producirá, por tanto, cuando la corriente tenga el valor máximo.

b) Efecto térmico, debido al calor producido por la intensidad (Efecto Joule) y a la capacidad calorífica de la zona donde se haya producido. Dada la escasa duración del cortocircuito, normalmente inferior a 3 s, puede afirmarse que no se produce transmisión de calor al medio que rodea al conductor. Puede tomarse como ecuación de equilibrio térmico aproximada la siguiente :

$$Q = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

en donde :

R = resistencia ohmica del conductor.

I = intensidad que circula por él.

Δt = tiempo de duración del cortocircuito.

Q = capacidad calorífica del cable, que depende de su sección, clase de conductor (Cu o Al) y

temperatura máxima admisible.

A partir de la ecuación de equilibrio podrá calcularse la intensidad de cortocircuito máxima que es capaz de soportar el cable. Además de los efectos anteriores, un cortocircuito produce una caída de tensión elevada, que a su vez puede dar lugar a desequilibrios de tensiones y corrientes en la red.

7.1.- Clases de Cortocircuitos.

En las redes trifásicas y neutro a tierra se pueden distinguir :

- Cortocircuito trifásico.
- Cortocircuito entre dos fases sin contacto a tierra, que afecta a dos fases cualquiera
- Cortocircuito entre dos fases con contacto a tierra, que afecta a dos fases y tierra
- Cortocircuito entre fase y tierra, es el caso más normal en las líneas de A. T..

Un cortocircuito equivale a una carga cuya intensidad solo viene limitada por la impedancia de la parte de red afectada.

7.2.-Protección de instalaciones contra cortocircuitos.

Tanto en M.T. como en A.T., pueden utilizarse los siguientes dispositivos de protección :

- Interruptor de potencia automático
- Fusibles.
- Procedimientos mixtos; ejemplo : fusibles - seccionadores en carga, fusibles - interruptor automático.

8.- Interruptor automático de potencia.

Es un aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, así como de establecer, soportar durante un tiempo especificado e interrumpir corrientes en conducciones anormales específicas del circuito tales como el cortocircuito.

Un Interruptor de potencia se llama automático cuando es maniobrado automáticamente mediante relés (relé temporizador de máxima intensidad, relé térmico directo, relé electrónico de protección de líneas, etc.).

9.- Interruptor de potencia de alta tensión.

Los interruptores de potencia de A. T. se utilizan en las redes de suministro de energía eléctrica para unir o separar partes de dichas redes, bien sea en condiciones normales de servicio o en caso de averías. En el caso de producirse avería, el interruptor ha de separar las partes defectuosas de las redes, a ser posible, en el mismo instante de producirse. Las redes están vigiladas por *relés de protección*, que, en caso de detectar un cortocircuito, envían un impulso de desconexión a los interruptores correspondientes. Es interesante que los relés

realicen una protección selectiva, es decir, que eliminen a ser posible, solamente la parte de línea comprendida entre dos interruptores. En las maniobras de servicio, las intensidades que han de cortar los interruptores pueden llegar hasta algunos miles de amperios ; sin embargo en las *desconexiones por cortocircuito*, las intensidades alcanzan valores muy elevados(150000 A para media tensión). La elección del interruptor para un caso determinado depende principalmente de su *potencia de ruptura*, que es la mayor potencia de cortocircuito que puede desconectar dicho interruptor y suele expresarse en MVA.

10.- Apertura de contactos de un interruptor de potencia.

En los interruptores de C. A. no se interrumpe la corriente en un momento cualquiera, sino que se aprovecha el hecho de que dicha corriente pasa dos veces por cero dentro de cada periodo, es decir 100 veces cada segundo para una frecuencia. Si se intenta interrumpir repentinamente una intensidad muy elevada (miles de amperios), se producirían en la red sobretensiones muy elevadas, que , además de perjudicar su aislamiento, formarían un arco entre los contactos abiertos del interruptor, anulando así la maniobra de apertura.

11.- Interruptor en baño de aceite

Este tipo de interruptor hace tiempo que no se fabrica, dado su elevado volumen y precio.

12.- Interruptor de pequeño volumen de aceite.

Los interruptores de pequeño volumen de aceite producen por si mismos el fluido extintor aprovechando la energía del arco. El arco origina gases, por evaporación del aceite, que se desplazan en forma de fluido de aceite a través de diversos canales para extinguirlo.

13.- Interruptores de gas a presión.

Como medio de extinción, utilizan normalmente aire comprimido depositado en un recipiente de acero, siendo el proceso de extinción independiente de la

energía del arco y, por tanto, de la corriente que debe interrumpirse. La cámara de ruptura de estos interruptores puede ser de tobera metálica o tobera de material aislante. En ambas, el arco se extiende al interior de una tobera en forma de anillo y es rodeado por el aire comprimido, que fluye a gran velocidad en dirección axial y transversal ; normalmente es más utilizada la tobera metálica.

14.- Fusibles.

Los fusibles tienen la misión de interrumpir el paso de la corriente en un circuito al aparecer sobre intensidades o corrientes de cortocircuito. La interrupción se realiza por la fusión de un conductor fusible, que normalmente es hilo de plata, que rodea a un soporte aislante y va soldado a las caperuzas externas. Por el efecto de la arena de cuarzo, la extinción del arco se realiza rápidamente, limitando la amplitud del cortocircuito. Normalmente los fusibles de ALTA TENSIÓN vienen con dispositivos de señalización o disparo para facilitar la detección de averías.

15.- Sobretensiones.

Sobretensión es toda tensión que puede poner en peligro la existencia o servicio de una instalación eléctrica. A su vez pueden ser de origen externo o interno.

16.- Sobretensiones externas.

Tienen su origen en descargas atmosféricas, y una velocidad de propagación próxima a la velocidad de la luz (300000 Km / s). Normalmente las descargas se manifiestan en forma de ondas de frente escarpado, alcanzando su valor medio en el corto espacio de tiempo de 1μ s (micro segundo) y disminuyendo el valor a cero en unos 100μ s.

Las sobretensiones de origen externo pueden ser de varios tipos, por :

- Descarga directa sobre la línea ; son las más importantes.
- descargas entre nubes próximas a líneas (descarga inductiva).

- Descarga entre líneas y tierra (descarga indirecta).
- El efecto pantalla de las edificaciones (descarga reflejada).

17.- Sobretensiones internas.

Tienen su origen en las variaciones de carga en una red, maniobras de desconexión de un interruptor, formación o cese de un fallo a tierra, corte de alimentación a un transformador en vacío, puesta en servicio de línea aérea o subterránea, etc.

18.- Sobretensiones de maniobra.

Las principales sobretensiones de maniobra se deben a aperturas de interruptores, fusión de un fusible y desconexión de un transformador que funcione en vacío. Este tipo de sobretensiones, tanto por su larga duración como por su elevada frecuencia (M. F. o A. F.), influyen considerablemente a la hora de la elección de protecciones como el pararrayos.

19.- Sobretensiones de puesta a tierra.

Se consideran solo las que forman parte de fenómenos transitorios producidos durante la puesta a tierra e interrupción de la misma. Los arcos que se producen son muy peligrosos y las sobretensiones pueden alcanzar valores de 3,1 veces la tensión nominal entre fases.

20.- Sobretensiones a la frecuencia de servicio.

Son las originadas en las centrales eléctricas por causa de disminución bruscas de carga en la red que alimentan, al permanecer constante la excitación del alternador, motivando el embalamiento de la turbina. Las sobretensiones alcanzan valores del orden de 1,2 a 1,3 veces la tensión nominal.

21.- Sobretensiones de puesta en servicio de líneas.

La puesta en servicio de una línea, aérea o subterránea (cable), origina una onda estacionaria de corta duración que normalmente se amortigua a lo largo de la red.

22.- Protección de líneas eléctricas contra sobretensiones.

El material de A. T. instalado en las líneas ha de poder soportar los efectos de cualquier sobretensión, bien sea de origen externo o interno.

Las sobretensiones que alcanzan valores superiores a las tensiones de ensayo del material

(conductores, aparato, etc.) son muy peligrosas, tanto por la amplitud de la tensión como por el gradiente de potencial de su frente escarpado. En el cálculo de líneas, hay que tener en cuenta los dispositivos para evitar que las sobretensiones puedan dañar las instalaciones.

23.- Dispositivos y aparatos de protección.

Los dispositivos y aparatos de protección contra sobretensiones conectados permanentemente a las líneas eléctricas son :

- Cables de tierra : destinados a prevenir ondas de sobretensiones externas y derivarlas a tierra.. Solamente son eficaces en líneas de 1ª categoría.

- Puesta a tierra del neutro, bien sea directamente o a través de resistencias o impedancia débiles.

- Pararrayos, que entran en servicio cuando la tensión alcanza un valor superior a la de servicio y comprendidas entre los límites inferior y superior a la tensión de cebado, provocando la descarga a tierra de la corriente que a él llega, a través de las líneas a las que está conectado.

24.- Pararrayos.

El pararrayos tiene una función principal que cumplir, que es la de proteger la instalación eléctrica (transformador, interruptor, conductores de línea, etc.) contra sobretensiones de origen externo o interno, a la vez que absorbe parte de su energía. Los pararrayos de cuernos (antenas) van siendo reemplazados por el tipo *auto válvulas*, también llamado *resistencia valvular* y *descargador de sobretensión*.

25.- Pararrayos - auto válvula.

Este aparato se compone básicamente de dos partes, el explosor y la resistencia variable unida a él en serie. Cuando la amplitud de una sobretensión supera la tensión de cebado del pararrayo, saltan arcos en el explosor y cierran el circuito de A. T. a tierra a través de la resistencias variables. La resistencia variable esta formada por un material conglomerado capaz de variar con rapidez su resistencia eléctrica, disminuyendo su valor cuando mayor sea la tensión aplicada y pasándolo a un elevado valor al reducirse la tensión. Se comporta, pues, el aparato como una válvula, cerrada para la tensión nominal del sistema y abierta para las sobretensiones.

25.1.- Características de pararrayos - auto válvulas.

La eficacia de un pararrayos estará en función de las siguientes características :

1.- Tensión nominal o tensión de extinción (V_L) : es el valor más elevado de la tensión eficaz a frecuencia industrial admisible entre bornes del pararrayos

2.- Frecuencia nominal : es el valor de la frecuencia para la que esta previsto el pararrayos.

3.- tensión de cebado a frecuencia industrial : es el valor eficaz de la mínima tensión que, aplicada entre bornes al pararrayos, provoca el cebado de los componentes adecuados del mismo.

4.- Tensión de cebado a la onda de choque : es el valor cresta de la tensión que aparece antes del paso de la corriente de descarga.

5.- Tensión residual : es la tensión que aparece entre el terminal de línea y el terminal de tierra de un pararrayos durante el paso de la corriente de descarga.

6.- Corriente de descarga : es la onda de corriente derivada a tierra por un pararrayos después de un cebado.

25.2.- Elección de un pararrayos.

En la elección de un pararrayos influyen considerablemente las características del tipo de instalación que ha de proteger. Entre los factores que se deben tener en cuenta se pueden citar : altura sobre el nivel del mar, frecuencias anormales, etc.

25.3.-Montaje.

Los pararrayos - auto válvulas de M. T. solo pueden ofrecer una protección segura cuando se montan lo más cerca posible de las partes de instalación que han de protegerse, casi siempre de los transformadores. Es conveniente siempre mantener una resistencia de contacto a tierra lo más pequeña posible.

PROTECCION CON FUSIBLE

Definición:

El fusible es un dispositivo de protección eléctrica que al fundirse interrumpe el circuito de acuerdo a un valor de intensidad de corriente predeterminado en un tiempo dado.

Funcionamiento:

Su componente esencial es, habitualmente, un hilo o una banda de metal que se derrite a una determinada temperatura. El fusible esta diseñado para que la banda de metal pueda colocarse fácilmente en un circuito eléctrico. El fusible cilíndrico

esta formado por una banda de metal fusible encerrada en un cilindro de cerámica o de fibra.

Unos bornes de metal ajustados a los extremos del fusible hacen contacto con la banda de metal. Este tipo de fusible se coloca en un circuito eléctrico de modo que la corriente fluya a través de la banda metálica para que el circuito se complete. Si hay un exceso de corriente en el circuito, la conexión de metal se calienta hasta su punto de fusión interrumpiendo así el paso de la corriente, de ese modo protege el circuito.

Características:

- ✓ El elemento fusible se funde de acuerdo a una temperatura predeterminada.
- ✓ Protegen por fase y no por línea.
- ✓ Mientras mayor sea la temperatura ambiente menor será el tiempo de fusión y viceversa.
- ✓ Son reemplazables.
- ✓ A altos niveles de cortocircuito es más rápido que el Breaker.
- ✓ El fabricante los garantiza contra cortocircuito y no contra sobrecargas.
- ✓ Algunos se utilizan para aumentar la capacidad máxima de interrupción de ciertos interruptores automáticos y seccionadores.
- ✓ Poseen un BIL (Basic Isolation Level) muy elevado.
- ✓ Se utilizan básicamente hasta 13.800 voltios y pueden llegar a utilizarse hasta en 34.500 v.

Clasificación:

Corriente nominal:

Es la corriente máxima de trabajo a la cual puede ser sometido el fusible sin que sufra un incremento de temperatura por encima de la normal.

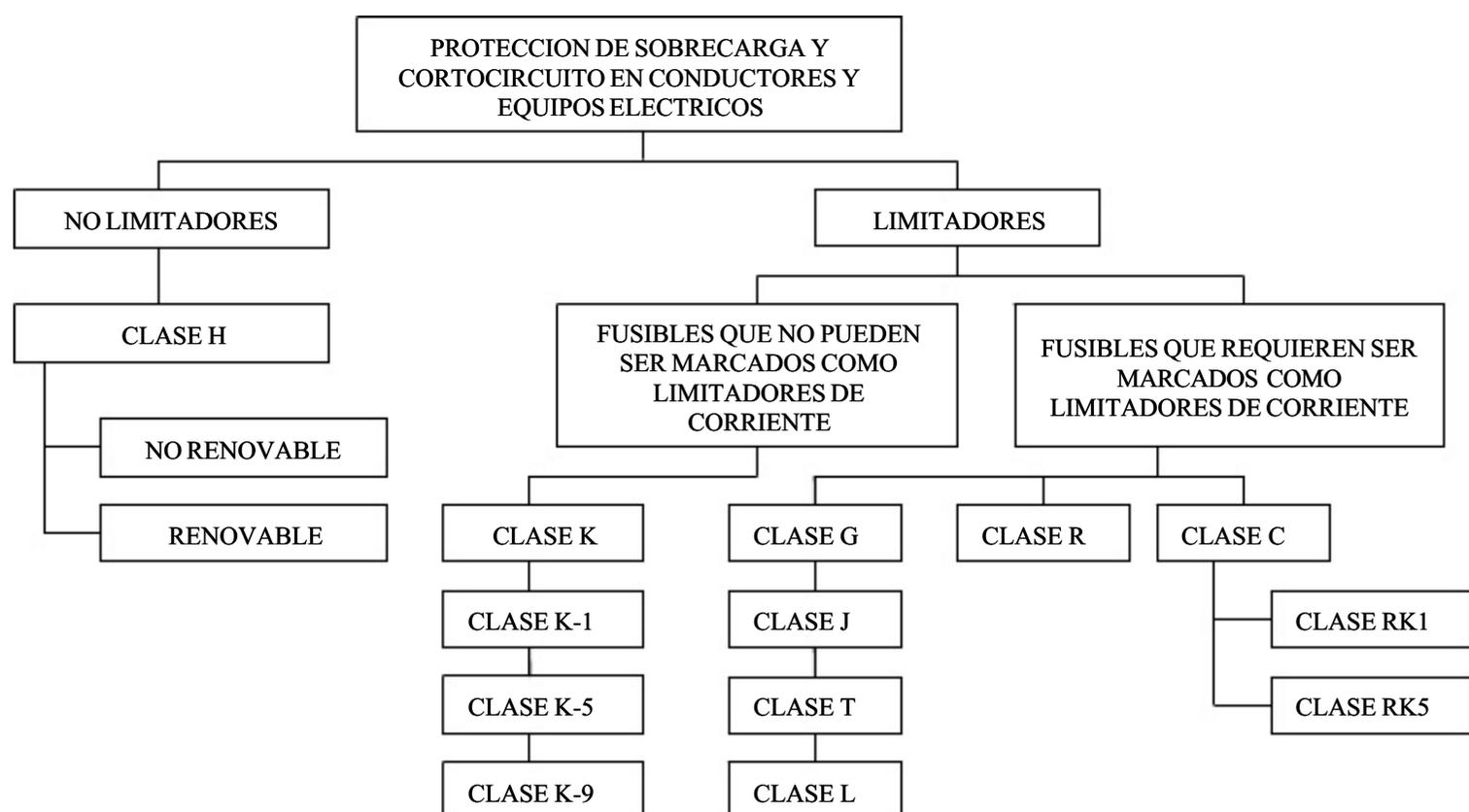
Tensión nominal:

Es la máxima tensión de trabajo que se puede utilizar en el fusible sin que disminuya su capacidad de aislamiento, lo que quiere decir, que se puede utilizar en tensiones que están por debajo de la nominal sin que sufra ningún tipo de daño. Se clasifican en Alta tensión y Baja tensión. Los fusibles de alta tensión se clasifican a su vez en dos tipos: Cortocircuito y De Potencia.

Fusible tensión nominal de cortocircuito:

Está diseñado principalmente para ser instalado a la intemperie y, está constituido por una estructura soporte y un elemento fusible que permite:

- ✓ Instalarlo a la intemperie en instalaciones aéreas, generalmente montado en la cruceta de los postes.
- ✓ Instalarlo en el lado primario de los alimentadores de las redes de distribución, contenidos en tubos de fibra y, eventualmente con el elemento fusible sin la protección del tubo de fibra (canilla).

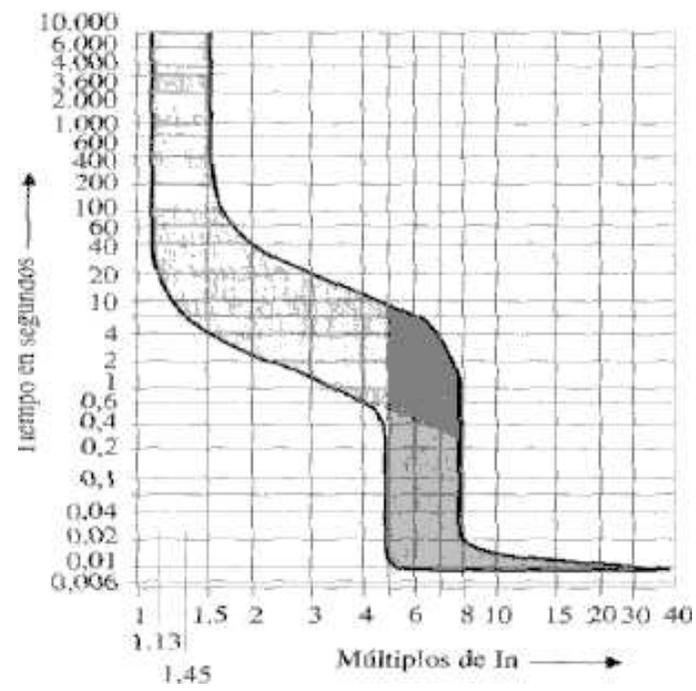


FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE:

Tipo	Descripción
Clase T	Son limitadores de corriente con porta fusibles que no permiten el encaje de otra clase de fusibles. Se fabrican con tensiones de 250V y 600V y corrientes nominales hasta 600 ^a . Son para utilizarlos solo en corriente alterna y no tienen tiempo de retardo, su capacidad máxima de interrupción es de 200.000 A r.m.s.
Clase J	Son limitadores de corriente con capacidad máxima de interrupción de 200.000 A r.m.s. sus dimensiones son mas pequeñas que las de los fusibles tipo H, K o R y los del tipo no limitadores de corriente. No pueden introducirse dentro de los porta fusibles clase T. están diseñados para que encajen en contactos de presión (clips) del porta fusible o para atornillar en el sitio. Su especificación es para 600V, con corrientes nominales de hasta 600A.

Tipo	Descripción
Clase K	Son fusibles con alta capacidad de interrupción, especificados con corrientes nominales hasta 600 ^a . Son del tipo limitador de corriente, pero no se deben especificar como tales, porque tienen las mismas tensiones de 250V y 600V que los fusibles clase H y son físicamente intercambiables. Se dividen en tres subgrupos: K1: su corriente máxima de interrupción es de 50.000 A r.m.s. K5: su corriente máxima de interrupción es de 100.000 A r.m.s. K9: su corriente máxima de interrupción es de 200.000 A r.m.s.
Clase L	Se fabrican para corrientes nominales hasta 600A. Algunos fusibles enmarcados dentro de esta clase pueden exceder los 600 ^a . Posee terminales tipo cuchilla con huecos atornillables estándar que varían según el fusible, por lo que casi siempre son atornillados en sitio.

CURVAS CARACTERISTICAS



TIPOS DE CURVAS DE DISPARO:

Curva tipo	Disparo magnético	Aplicaciones
B	Entre 3 I_n y 5 I_n	Protección de cables.
C	Entre 5 I_n y 10 I_n	Instalaciones industriales, aplicaciones generales.
D	Entre 10 I_n y 14 I_n	Cargas con Intensidad elevada en el arranque.
Z	Entre 2,4 I_n y 3,6 I_n	Circuitos electrónicos.