

PRÁCTICA Nº 4
APARAMENTA ELÉCTRICA

PRÁCTICA N° 4 APARAMENTA ELÉCTRICA

OBJETIVO

El objetivo es tener una visión global de la aparamenta eléctrica, conociendo los diferentes tipos existentes en el mercado, sus características y limitaciones.

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.- DEFINICIÓN DE APARAMENTA ELÉCTRICA

Aparamenta eléctrica es el conjunto de aparatos de maniobra, de regulación y control, de medida, incluidos los accesorios de las canalizaciones eléctricas, utilizados en las instalaciones eléctricas, cualquiera que sea su tensión.

2.- CLASIFICACIÓN

◇ *Por su función:*

- De maniobra
- De protección
- De medida
- De regulación
- De control
- Bobinas de reactancia y condensadores

◇ *Por su tensión:*

- De Baja Tensión (BT): $\leq 1.000 \text{ V c.a.}$, $\leq 1.500 \text{ V c.c.}$
- De Media Tensión (MT): de 3 a 36 kV
- De Alta Tensión (AT): de 45 a 220 kV
- De Muy Alta Tensión (MAT): $>220 \text{ kV}$

◇ *Por su emplazamiento:*

- De montaje interior
- De montaje exterior o intemperie

◇ *Por su tipo de protección:*

- No protegidos o abiertos
- Protegidos con envolvente metálica

◇ *Por su utilización:*

- Instalaciones domésticas
- Instalaciones industriales
- Redes eléctricas de producción, transporte y distribución

3.- GENERALIDADES

Damos a continuación una serie de definiciones relativas a la aparamenta eléctrica:

Aparamenta de maniobra.- Aplicado a los aparatos de conexión y apertura y a su combinación con aparatos de control, de medida, de protección y de regulación asociados a ellos, así como a los conjuntos de tales aparatos con las conexiones, accesorios, envolventes y soportes correspondientes destinados, en principio, a la maniobra de aparatos que utilizan energía eléctrica.

Maniobra.- Paso de los contactos móviles de una posición a otra adyacente. Una maniobra podrá ser de cierre o de apertura.

Ciclo de maniobra.- Sucesión de maniobras de una a otra posición con regreso a la posición inicial.

Secuencia de maniobra.- Sucesión de maniobras especificadas, efectuadas con intervalos de tiempo especificados.

Circuito principal.- Conjunto de piezas conductoras de un aparato de maniobra introducidas en el circuito, que tiene por función su cierre o su apertura.

Circuito de mando.- Conjunto de piezas conductoras de un aparato de maniobra introducidas en el circuito, utilizando para ordenar la maniobra de cierre o apertura, o ambas.

Circuitos auxiliares.- Conjunto de piezas conductoras destinadas a un circuito distinto del principal y de los de mando, y que responden a funciones complementarias tales como señalización, enclavamientos, etc.

Polo.- Parte constituyente de un aparato de maniobra asociada exclusivamente a un camino conductor eléctricamente separado y perteneciente a su circuito principal.

Contacto principal.- Contacto introducido en el circuito principal del aparato de maniobra, previsto para soportar, en posición cerrado, la intensidad del circuito del principal.

Contacto de arco.- Contacto previsto para que en él se establezca el arco. Puede ser parte integrante del contacto principal, o estar separado, con la misión de que abra después o cierre antes que el contacto principal.

Disparador.- Dispositivo conectado mecánicamente a un interruptor que provoca la apertura automática del mismo.

Maniobra manual dependiente.- Maniobra por medio de la cual se hace pasar el aparato de la posición abierto a la posición cerrado, exclusivamente por medio de una energía manual aplicada directamente, de manera que velocidad y fuerza de la maniobra dependen de la acción del operador.

Maniobra con acumulación de energía.- Maniobra efectuada por medio de energía almacenada en el propio mecanismo del interruptor antes de la finalización de la operación y suficiente para concluir la maniobra en condiciones de velocidad y fuerza predeterminadas.

Maniobra manual independiente.- Maniobra con acumulación de energía, en la cual esta proviene de la energía manual del operador, acumulada y liberada en una única maniobra continua, de manera que la velocidad y la fuerza de la maniobra son independientes de la acción del operador.

Interruptor automático con disparo libre.- Interruptor cuyos contactos móviles vuelven a la posición abierto y permanecen en ella cuando se ordena la maniobra de apertura, incluso una vez iniciada la maniobra de cierre y aunque se mantenga la orden de cierre.

Interruptor automático con cierre impedido.- Interruptor en el que ningún contacto puede cerrar lo suficiente para dejar pasar corriente, si al dar la orden de cierre persisten ciertas condiciones específicas.

Intensidad prevista (de un circuito y referida a un aparato de maniobra).- Intensidad que circularía por un circuito determinado en condiciones especificadas, si el aparato de maniobra intercalado en el circuito fuese sustituido por conexiones de impedancia despreciable.

Tiempo de apertura.- Intervalo de tiempo que media entre el instante en que, estando el interruptor en posición cerrado, la intensidad del circuito principal alcanza el valor de funcionamiento del disparador por máxima intensidad y el instante de la separación de los contactos de arco en todos los polos.

En los interruptores automáticos disparados por una fuente cualquiera de energía exterior, el tiempo de apertura se medirá a partir del instante de aplicación de la fuente de energía exterior.

Tiempo de arco.- Intervalo de tiempo que media entre el instante de la primera iniciación del arco y el instante de la extinción final del arco en todos los polos.

Tiempo de corte.- Intervalo de tiempo que media entre el principio del tiempo de apertura y el fin del tiempo del arco, o sea la suma de los tiempos de apertura y de arco.

Línea de fuga.- Camino más corto entre dos partes conductoras o entre una parte conductora y la superficie límite del interruptor, medida a lo largo de la superficie de una materia aislante. La superficie límite es la superficie exterior de la envolvente.

4.- MAGNITUDES CARACTERÍSTICAS

Las características nominales o asignadas principales en la aparamenta son:

- *Tensión nominal*
- *Nivel de aislamiento*
- *Corriente nominal*

A las que hay que añadir, en la aparamenta de maniobra:

- *Poder de corte*
- *Poder de cierre*
- *Corriente de corta duración admisible*
- *Secuencia de maniobra*
- *Intensidad límite térmica*
- *Intensidad límite dinámica*

Y en la aparamenta de protección y de medida:

- *Clase de precisión*

4.1.- Tensión nominal o asignada

Es la tensión más elevada para el material, asignada por el fabricante y a la cual se refieren las condiciones de funcionamiento normal. Este valor debe constar en su placa de características.

4.2.- Nivel de aislamiento

Viene definido por los valores de:

- Tensión de ensayo a la frecuencia industrial.
- Tensión de ensayo a la onda del rayo.

Eventualmente por:

- Tensión de ensayo a las sobretensiones de maniobra.

4.3.- Corriente nominal o asignada

Es la corriente que asigna el constructor al aparato que en condiciones normales de empleo puede mantenerse indefinidamente, o por un tiempo determinado, en los circuitos principales del mismo, sin que ninguna de sus partes alcance un calentamiento superior a los valores prefijados por las Normas y sin que se modifiquen sus cualidades operativas.

Como regla general, la corriente nominal de un aparato debe ser superior a la corriente susceptible de recorrerlo en régimen normal de servicio.

4.4.- Otras magnitudes características**Valor de cresta de la corriente establecida**

Valor de cresta correspondiente al primer periodo de la corriente, en un polo del interruptor automático, durante el periodo transitorio que sigue al instante de establecimiento de la corriente, en el curso de una maniobra de conexión.

Corriente de corte

Corriente en un polo del interruptor, o del contactor, en el instante de cebado del arco en el curso de una maniobra de apertura.

Poder de cierre

Valor máximo de cresta de la corriente prevista que el interruptor o contactor es capaz de establecer bajo una tensión dada y en las condiciones prescritas de empleo y comportamiento.

Poder de corte

Valor de la corriente prevista de corte que el aparato de maniobra es capaz de interrumpir bajo una tensión dada y en las condiciones prescritas de empleo y comportamiento.

Corriente de corta duración admisible

Característica del aparato en relación a su comportamiento en los cortocircuitos en posición de cierre.

Se define como intensidad admisible de corta duración, la intensidad de corriente que el aparato de maniobra puede soportar en la posición de cierre durante un corto intervalo de tiempo especificado y en las condiciones prescritas de empleo y comportamiento.

El valor normal de la duración admisible nominal de la intensidad de cortocircuito, igual a la de su poder de corte nominal en cortocircuito, se considera igual a un segundo. Si fuere necesario un valor superior se tomará el de 3 segundos.

Si no hay otra indicación por parte del fabricante, se admitirá que la relación entre la corriente y el tiempo, responde a la fórmula: $I^2 t = \text{Cte.}$

Siendo el valor de la Cte. igual al cuadrado de la corriente nominal de corta duración admisible durante un segundo, cuyo valor de cresta debe ser igual a 2,5 veces la intensidad admisible nominal de corta duración.

Tensión aplicada

Tensión que se tiene entre bornes de un polo del aparato de maniobra inmediatamente antes de que se establezca la corriente.

Tensión de restablecimiento

Tensión que aparece entre los bornes del aparato después de la interrupción de la corriente.

Tensión transitoria de restablecimiento (TTR)

Tensión de restablecimiento que corresponde al primer intervalo, es decir, aquel que encierra una componente transitoria apreciable.

Corriente de corte crítico

Valor de la corriente cortada, inferior al poder de corte nominal en cortocircuito para la que el tiempo de arco pasa por un máximo notablemente mayor correspondiente al poder de corte nominal en cortocircuito.

5.- PROBLEMAS FUNDAMENTALES DE LA APARAMENTA

Tres son los problemas fundamentales:

- *Calentamiento*
- *Aislamiento*
- *Esfuerzos mecánicos*

5.1.- Calentamiento

Comporta el estudio de los fenómenos que dan lugar en la aparamenta a la producción de calor; efecto Joule, imantación alternativa, corrientes de Foucault, pérdidas dieléctricas, etc., así como de los medios de evacuación del mismo.

5.2.- Aislamiento

Comprende el estudio del campo eléctrico, la influencia del medio ambiente y la alteración con el tiempo de las propiedades dieléctricas de los aislantes, así como el conocimiento y la aplicación de nuevos aislantes gaseosos, líquidos y sólidos.

El progreso de las máquinas y aparatos eléctricos está íntimamente ligado al desarrollo de nuevos materiales aislantes.

5.3.- Esfuerzos mecánicos

El problema de los esfuerzos mecánicos tiene su origen, por una parte, en las fuerzas electrodinámicas que se manifiestan entre conductores próximos cuando son recorridos por corrientes eléctricas y por otra en las dilataciones que los mismos experimentan al calentarse.

A estos problemas, la aparatamenta de maniobra añade otros dos más:

5.4.- El problema de los contactos

El problema de los contactos está dominado por el hecho de que dos conductores puestos en contacto, solo ofrecen algunos puntos de pequeña superficie realmente apoyados uno contra el otro y a través de las cuales debe pasar la totalidad de la corriente.

La dureza superficial y las películas aislantes, de micras o décimas de micra, interpuestas implican nuevas dificultades e incrementan considerablemente la resistencia del contacto.

5.5.- El problema de la ruptura

Viene impuesto por la inexorable necesidad de pasar por la formación de un arco eléctrico, fenómeno cuyo estudio constituye una de las partes de la electrotecnia más complejas.

6.- APARAMENTA DE MANIOBRA

Tiene por misión establecer o interrumpir la corriente en uno o varios circuitos bajo condiciones previstas de servicio, sin daños significativos para el aparato y sin perturbar la explotación.

Se distinguen por la peculiaridad de su función, tres tipos fundamentales de aparatos:

- *Seccionadores*
- *Interruptores*
- *Contactores*

6.1.- Seccionador

Aparato mecánico de conexión que por razones de seguridad, en posición de abierto asegura una distancia de seccionamiento que satisface unas condiciones específicas.

Un seccionador es capaz de abrir o cerrar un circuito cuando la corriente a interrumpir o a establecer es despreciable o cuando no se produce ningún cambio notable de tensión en los bornes de cada uno de los polos del seccionador.

Debe ser capaz de soportar las corrientes que se presenten en condiciones normales del circuito y capaz de soportar durante un tiempo especificado, las corrientes que se presentan en condiciones anormales, como las de cortocircuito.

6.2.- Interruptor

Aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente en las condiciones normales del circuito y circunstancialmente las condiciones específicas de sobrecarga en servicio, así como soportar, durante un tiempo determinado, intensidades tales como las de cortocircuito.

Es un aparato sin distancia de seccionamiento y en consecuencia aparecerá asociado a un seccionador.

6.3.- Interruptor seccionador

Interruptor que en posición de apertura satisface las condiciones de aislamiento especificadas para un seccionador. También es llamado *seccinador en carga*.

6.4.- Contactor

Aparato mecánico de conexión, con una sola posición de reposo, que puede ser la de abierto o la de cerrado, accionado por cualquier forma de energía, menos la manual, y capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales de circuito, incluidas las condiciones de sobrecarga en servicio. Ciertos contactores pueden ser capaces de establecer o interrumpir corrientes de cortocircuito.

A tenor de la fuente de energía que obliga al contactor a mantener la posición de trabajo, se distinguen los siguientes tipos:

- ◇ *Contactor electromagnético.*- El esfuerzo lo suministra un electroimán.
- ◇ *Contactor neumático.*- El esfuerzo proviene de un dispositivo de aire comprimido, sin utilizar medios eléctricos.
- ◇ *Contactor electroneumático.*- El dispositivo de aire comprimido es maniobrado por electroválvulas.
- ◇ *Contactor con retención.*- Una vez alcanzada la posición de trabajo, un dispositivo de retención impide su retorno cuando se deja de alimentar con la fuente de accionamiento.

Los contactores son aparatos capaces de efectuar elevados ciclos de maniobras eléctricas de cierre y apertura por hora.

7.- APARAMENTA DE PROTECCIÓN

Tiene como misión evitar o reducir, en la medida de lo posible, los efectos perjudiciales de las averías.

7.1.- Interruptor automático

Aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente en las condiciones normales del circuito y de interrumpir o establecer corrientes anormales como las de cortocircuito.

7.2.- Auto seccionador

Aparato que abre un circuito de forma automática, cuando dicho circuito está sin tensión, dejando fuera de servicio automáticamente una parte de la red cuando detecta un número discreto de veces una sobreintensidad en la misma. Siempre será utilizado en coordinación con interruptores automáticos con reenganche.

7.3.- Fusible

Elemento que actúa por fusión dejando abierto al menos una fase del circuito, destinado a proteger una instalación o parte de ella contra sobreintensidades.

Presenta una envoltura aislante y refractaria cerrada en sus extremos por dos cazoletas o tapaderas metálicas. En el interior se aloja el elemento fusible, compuesto por hilos de aleación especial de plata, arrollado sobre un soporte de material aislante y refractario. Entre el hilo y la envoltura se encuentra una materia inerte (arena de cuarzo) que contribuye a la extinción del arco en el momento de la fusión.

Dispone de un percutor para señalar su fusión o para actuar sobre otros dispositivos y provocar la apertura de un interruptor.

7.4.- Seccionador-fusible

Aparato mecánico en el que el contacto móvil está formado por un elemento recambiable. Su maniobra es manual mediante pértiga.

7.5.- Ruptofusible

Interruptor que en su posición de apertura satisface las condiciones de aislamiento especificadas para un seccionador, en el que uno o más polos posee un fusible en serie, en un aparato combinado. Su maniobra es exclusivamente manual.

8.- TÉCNICAS DE RUPTURA

Las principales técnicas de ruptura utilizadas en los interruptores automáticos son:

- *Ruptura en el aire*
 - ◇ *De ruptura brusca*
 - ◇ *Con soplado magnético*
 - ◇ *Con soplado autoneumático*
- *Ruptura en aceite*
- *Ruptura por aire comprimido*
- *Ruptura en exafluoruro de azufre (SF₆)*
- *Ruptura en vacío*
- *Ruptura estática*

8.1.- Ruptura en el aire

El aire a la presión atmosférica constituye el aislante gaseoso más empleado.

Ventajas:

- Mantiene sus propiedades dieléctricas
- Se renueva constantemente
- No cuesta nada

A tenor de los medios utilizados para reforzar la acción desionizante y refrigerante natural del aire, tenemos:

8.1.1.- Ruptura brusca

Fue la primera técnica utilizada. El proceso de ruptura se basa simplemente en la desionización del plasma de gases por enfriamiento del aire. Están dotados de un dispositivo capaz de dar a los contactos móviles una alta velocidad, independientemente de la maniobra del operario que los acciona.

8.1.2.- Ruptura con soplado magnético

Consiste en producir, por la acción de un campo magnético excitado por la propia corriente a cortar, un más rápido alargamiento del arco, el cual es canalizado hacia el interior de una cámara de extinción de material aislante, refractario, de gran capacidad calorífica.

8.1.3.- Ruptura con soplado autoneumático

Se basa en soplar la zona del arco con un volumen de aire contenido en un cilindro, impulsándolo con un pistón ligado al mecanismo que acciona el sistema de los contactos móviles del interruptor.

Esta forma de extinción del arco utiliza los siguientes principios:

- Alargamiento del arco
- Elevada rigidez dieléctrica del aire comprimido
- Renovación de la atmósfera existente entre los electrodos para evitar la ionización
- Enfriamiento energético de los contactos

8.2.- Ruptura en aceite

Los contactos de ruptura están sumergidos en aceite. No evita la formación del arco durante la separación de los electrodos, pero consigue enfriar energéticamente el arco y los contactos, por la energía absorbida durante la vaporización y descomposición del aceite.

Principal ventaja: Facilidad de construcción

Inconveniente: Inflamabilidad del aceite

Pueden ser: De gran volumen de aceite
De pequeño volumen de aceite

8.3.- Ruptura por aire comprimido

Se basa en el hecho de que la rigidez dieléctrica del aire aumenta con la presión, además de su gran velocidad de desplazamiento. Se consiguen excelentes prestaciones y se construye para Muy Alta Tensión. Tiene el inconveniente de precisar una instalación de aire comprimido y la necesidad de mantenimiento para tener el aire suficientemente seco y limpio.

8.4.- Ruptura en exafluoruro de azufre (SF₆)

El SF₆ posee propiedades dieléctricas muy superiores a las del aire. El SF₆ no existe en estado natural y se obtiene por síntesis de sus elementos. El SF₆ a la temperatura ordinaria es un gas pesado, inodoro e incoloro, ininflamable y no tóxico.

Se trata de un gas muy estable, que no se descompone por el calor, más que a partir de los 500 °C.

La rigidez dieléctrica, a la presión atmosférica es el triple de la del aire.

Bajo el efecto del arco eléctrico el SF₆ sufre una disociación parcial en átomos de azufre (S) y átomos de flúor (F).

Tiene una capacidad excepcional de evacuación del calor producido por el arco.

8.5.- Ruptura en el vacío

Las dos propiedades excepcionales del vacío son:

- Elevada rigidez dieléctrica
- Rápida desionización del espacio intercontactos después del corte

8.6.- Ruptura estática

Técnica de interrupción de un circuito basada en las propiedades de los diodos semiconductores, que en un futuro, que puede ser próximo, podrá utilizarse.

Las principales ventajas son:

- Obtención de rupturas ideales sin sobretensiones de maniobra
- Ausencia de desgaste y de entretenimiento
- Posibilidad de predeterminar las características del interruptor
- Infimo consumo de energía en la ruptura

Las desventajas son:

- La baja inercia térmica los hace incapaces de soportar sobrecargas, aún cuando solo sea por brevísimo tiempo.

8.7.- Elección de la técnica de ruptura

De cara a la elección, para cada tipo de utilización, se buscará aquella que ofrezca a la vez:

- La mejor seguridad para las personas y el material
- Las menores necesidades de mantenimiento
- El mejor dominio de las sobretensiones de maniobra para no sobrepasar los niveles peligrosos para el material
- Las mejores condiciones económicas, incluyendo además del coste de adquisición y montaje, los costes de mantenimiento y renovación de elementos dañados por arcos sucesivos y los costes de instalaciones auxiliares indispensables.

En el cuadro siguiente se resumen las grandes características de cada técnica de corte:

Energía de corte	Técnica de corte	Tensión kV								
		0	1	3	12	24	36	72,5	245	765
0,5	<i>Corte al aire</i>	[Barra gris desde 0 hasta 12 kV]								
	<i>Aceite</i>	[Barra gris desde 3 kV hasta 245 kV]								
	<i>Aire comprimido</i>	[Barra gris desde 12 kV hasta 245 kV]								
0,1	<i>SF₆</i>	[Barra gris desde 12 kV hasta 765 kV]								
	<i>Vacío</i>	[Barra gris desde 3 kV hasta 36 kV]								
0,02	<i>Semiconductores</i>	[Barra gris desde 0 hasta 12 kV]								

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

Con la presente práctica se pretende tener una visión global de la aparamenta eléctrica, de baja y alta tensión, mediante el conociendo de los diferentes tipos existentes en el mercado, sus características, aplicaciones y limitaciones.

Según el nivel de tensión de servicio, se puede tener una clasificación, en la que nos encontraremos, para una misma aparamenta distintas formas constructivas.

Mediante un recorrido por el Laboratorio y con el material disponible en el mismo, se dan explicaciones sobre él, y mediante la utilización de catálogos, se muestran otros tipos o variantes existentes en el mercado.

En particular se destaca la siguiente aparamenta:

- **APARAMENTA DE BAJA TENSIÓN**

- ◆ **Aparamenta modular sobre carril DIN**

- ◇ *De protección*
- ◇ *De mando y control*
- ◇ *De medida*

- ◆ **Interruptores de potencia de B.T.**

- ◇ *Interruptores automáticos en caja moldeada de B.T.*
- ◇ *Interruptores automáticos en caja moldeada de BT limitadores de corriente*
- ◇ *Interruptores automáticos sobre bastidor*
- ◇ *Interruptores-seccionadores. Interruptores de maniobra en carga*
- ◇ *Interruptores-seccionadores con fusibles*

- ◆ **Fusibles**

- ◆ **Contactores**

- **APARAMENTA DE ALTA TENSIÓN**

- ◆ **Aparamenta de maniobra**

- ◇ *Seccionador*
- ◇ *Interruptor*
- ◇ *Interruptor-seccionador*
- ◇ *Conmutador*

- ◆ **Aparamenta de protección**

- ◇ *Interruptor automático*
- ◇ *Fusible*
- ◇ *Seccionador-fusible*
- ◇ *Ruptofusible*
- ◇ *Descargadores de sobretensión*

- **ACCESORIOS DE LA APARAMENTA**

- ◆ **Cuadros eléctricos**

- ◆ **Cables y canalizaciones eléctricas prefabricadas**

EQUIPO NECESARIO

Se utilizará la aparatenta de baja y alta tensión disponible en el Laboratorio.

REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

A la vista del material disponible en el Laboratorio se dan las explicaciones pertinentes de cada tipo de aparatenta, tanto de baja como de alta tensión, con sus características más importantes, criterios fundamentales de elección, aplicaciones, limitaciones, etc.

1.- APARAMENTA DE BAJA TENSIÓN

Esta aparatenta se caracteriza por soportar tensiones inferiores a los 1.000 Voltios.

1.1.- Aparatenta modular sobre carril DIN

Esta aparatenta está específicamente diseñada de forma que pueda ser instalada sobre un carril normalizado y cada módulo tiene un ancho de 18 mm. Dependiendo del tipo aparato, así será el número de módulos que ocupa.

1.1.1.- Tipo de aparatenta

1.1.1.1.- De protección

- Interruptores automáticos magnetotérmicos
- Interruptores automáticos diferenciales
- Protecciones contra sobretensiones
- Portafusibles seccionables
- Interruptores portafusibles
- Guardamotores

1.1.1.2.- De mando y control

- Contactores
- Interruptores horarios y programadores
- Interruptores seccionadores
- Minuterios de escalera
- Interruptores crepusculares
- Conmutadores
- Pulsadores
- Telerruptores
- Temporizadores

1.1.1.3.- De medida

- Amperímetros
- Voltímetros
- Vatímetros
- Vármetros
- Frecuencímetros
- Tacómetros
- Contadores horarios
- Termómetros
- Contadores electrónicos de energía
- Aparatos para control de aislamiento

1.1.2.- Criterios fundamentales

Los interruptores automáticos son dispositivos de importancia fundamental para la seguridad de la instalación, mediante la protección de contra sobrecargas y cortocircuitos.

Estos aparatos, a pesar de su pequeño tamaño, deben ser fiables ya que tienen la gran responsabilidad de la seguridad de la instalación, para todo aumento de corriente que resulte peligrosa para los circuitos que protegen.

Para la elección de estos aparatos hay que tener en cuenta una serie de criterios fundamentales:

- El valor nominal de la corriente
- La curva característica de disparo

1.2.- Interruptores de potencia de B.T.

1.2.1.- Interruptores automáticos en caja moldeada de B.T.

La rápida y continua evolución tecnológica ha llevado a un constante aumento de la complejidad de las instalaciones eléctricas; hoy más que nunca las mismas aplicaciones requieren continuidad de servicio, fiabilidad y un número de intervenciones de mantenimiento lo menor posible.

Para que las instalaciones satisfagan estas condiciones son fundamentales los aparatos de protección y, en especial, los interruptores automáticos y diferenciales que, en consecuencia, adquieren un papel fundamental.

1.2.1.1.- Aplicaciones

- Usos:
 - ◇ Pequeñas y medianas instalaciones
 - * Con pequeña potencia instalada
 - ◇ Medias instalaciones
 - * Con media potencia instalada
 - ◇ Grandes instalaciones
- Versiones:
 - ◇ Fijo
 - ◇ Enchufable
 - ◇ Extraíble
- Maniobra y protección del lado de BT de los transformadores trifásicos
- Maniobra y protección de motores trifásicos en c.a.
- Maniobra y protección de condensadores trifásicos en c.a.
- Maniobra y protección de generadores trifásicos en c.a.
- Corriente continua
- Protección contra defectos a tierra

1.2.2.- Interruptores automáticos en caja moldeada de BT limitadores de corriente

Son particularmente apropiados para instalaciones donde, debido a las altas protecciones de los transformadores y generadores, se pueden presentar corrientes de cortocircuito de gran intensidad, desde 50 kA hasta 200 kA (simétricas) a 380/415 V c.a. Pueden usarse también donde exista protección en serie y donde la continuidad de servicio no sea primordial. En este caso es posible utilizar interruptores en el lado de la carga con poder de corte menor.

1.2.3.- Interruptores automáticos sobre bastidor

Aplicaciones

- Protección de líneas
- Protección de transformadores
- Protección de generadores
- Maniobra y protección de motores asíncronos
- Protección de condensadores

1.2.4.- Interruptores-seccionadores. Interruptores de maniobra en carga

Aplicaciones

- Interruptores-seccionadores
- Interruptores para circuitos de motores
- Interruptores generales
- Interruptores especiales
- Acopladores para barras

1.2.5.- Interruptores-seccionadores con fusibles

Combina una protección contra cortocircuitos con fusibles con la desconexión en carga a ambos lados del cartucho fusible.

1.3.- Fusibles

1.3.1.- Componentes de un fusible

Se componen de un cuerpo (cerámica), en cuyo interior se coloca el elemento de fusión (Ag ó Cu) y un material de relleno (arena de cuarzo). El elemento de fusión se suelda por sus extremos a unos contactos o caperuzas (Cu ó Cu Zn) que facilitan la conexión eléctrica.

1.3.2.- Funcionamiento de un fusible

Cuando la corriente que circula a través de un fusible excede el valor permitido, el elemento de fusión se funde y se evapora (parcialmente), provocando un fuerte aumento de la temperatura (de varios miles de grados) y la interrupción de la corriente.

La función de la arena de cuarzo es absorber la energía de arco cuando se produce una sobrecarga o un cortocircuito. Además permite una mejor y más rápida evacuación del calor generado en el elemento de fusión en condiciones de sobrecarga.

Podemos distinguir dos intervalos diferenciados: el periodo de prearco y el periodo de arco. El periodo de prearco es el tiempo que transcurre desde que aparece el defecto hasta que se produce la fusión; y el periodo de arco es el intervalo de tiempo desde que se inicia la fusión (arco) hasta la eliminación total del defecto.

1.3.3.- Interpretación de las curvas características

1.3.3.1.- Característica t/I

Un fusible debe actuar cuando la corriente que lo atraviesa supera un valor dado y dentro de unos límites de tiempo. Cuanto mayor es la corriente mayores son los daños que puede causar a la instalación y menor es el tiempo permitido para que circule por el circuito.

La característica t/I es una gráfica que muestra el tiempo de prearco en función de la corriente prevista. Se representa sobre escala logarítmica.

1.3.3.2.- Característica de limitación

Un fusible limitador de corriente tiene la característica de evitar que la corriente alcance el valor de cresta de la corriente prevista. Esta corriente limitada es de un valor muy similar al valor de la corriente que circula por el fusible cuando comienza el arco.

1.3.3.3.- Característica I² t

La característica I² t muestran los valores de I² t de prearco (mínimo) y de funcionamiento (máximo) en función de la intensidad asignada a cada fusible. Los valores son obtenidos en condiciones de ensayo, más severas que las que se dan en la práctica. La I² t determina la energía térmica del cortocircuito generada en el circuito que protege. El calor liberado en el circuito se puede calcular multiplicando la resistencia (Ω) por la I² t (A² s).

El fusible es un dispositivo muy efectivo para limitar los daños térmicos, incluso para elevadas corrientes de defecto.

1.3.4.- Elección y tipos de fusibles

Los valores se dan para unas condiciones de ensayos tipificadas:

- c.a. 50 Hz
- Temperatura ambiente $\theta = 40^\circ \text{C}$.
- Convección natural
- Conexión según normas vigentes

Para temperaturas superiores a 40°C y/o diferentes condiciones de instalación a las mencionadas, es necesario aplicar un factor de reducción A, a los valores de corriente asignada I_n (A):

$$A = \sqrt{\frac{125 - \theta}{85}} \quad \text{siendo:} \quad \theta = \text{Temperatura ambiente en } ^\circ\text{C}$$

Por tanto, la corriente máxima de utilización es: $I_n(\theta) = A I_n$

Tipos de fusibles:

Tipo gG:

Fusibles de uso general

Tipo aM:

Fusibles de acompañamiento de motor

Deben ir asociados a dispositivos de protección térmica contra pequeñas sobreintensidades.

Tipo gB:*Fusibles para la protección de líneas muy largas*

Fusibles de uso general para instalaciones mineras, donde los cables son muy largos. Actúa en un corto tiempo evitando un calentamiento excesivo del cable.

Tipo AD:*Fusibles de acompañamiento de disyuntor*

Previsto para funcionar normalmente entre el poder de corte nominal y el poder de corte asignado al fusible.

1.4.- Contactores**1.4.1.- Generalidades**

El contactor es un aparato mecánico de conexión accionado por un electroimán que funciona en *todo o nada*.

Cuando se alimenta la bobina del electroimán, el contactor se cierra, estableciendo a través de los polos, el circuito entre la red de alimentación y el receptor.

La parte móvil del electroimán que mueve los contactos móviles de los polos y de los contactos auxiliares o, en determinados casos el dispositivo de mando de estos últimos, se desplaza:

- por rotación, pivotando sobre un eje
- por traslación, deslizando paralelamente a sus partes fijas
- por movimiento combinado de los dos

En el momento en que la bobina deja de ser alimentada, el contactor se abre bajo los efectos:

- de los resortes de presión de los polos
- del resorte de retorno de la armadura móvil
- y para determinados aparatos, de la gravedad (la parte móvil tiende naturalmente a volver a su posición de origen)

1.4.2.- Constitución de un contactor*1.4.2.1.- El electroimán*

Es el elemento motor del contactor. Se compone de un circuito magnético y de una bobina. Un pequeño entrehierro previsto en el circuito magnético en posición de *cierre* evita todo riesgo de remanencia (*). Este se realiza bien por falta de metal o bien por inserción de un material amagnético.

(*) Remanencia.- Se dice que un contactor es remanente, cuando se queda cerrado cuando no existe tensión en los bornes de su bobina.

*1.4.2.2.- Circuito magnético tipo corriente alterna**Características*

- Chapa de acero al silicio ensambladas con remaches.
- Circuito formado por chapas con el fin de reducir las corrientes de Foucault que nacen en la masa metálica sometida a un flujo alterno.
- Rectificación exactas de las partes fijas y móviles, asegurando un funcionamiento silencioso.

- Una o dos espiras de desfase o espiras de Frager que crean en una parte del circuito un flujo retrasado respecto al flujo principal. De esta manera se evita la anulación periódica del flujo total y por tanto de la fuerza de atracción, lo que provocaría vibraciones ruidosas.

Utilización en corriente continua

Un circuito magnético formado por chapas puede ser utilizado sin inconvenientes en corriente continua. En este caso la bobina empleada difiere de la bobina normalmente prevista para una tensión alterna del mismo valor.

Además, debe ser insertada una resistencia de reducción de consumo en el circuito de mando de la bobina después del cierre del contactor.

1.4.2.3.- Circuito magnético tipo corriente continua

En el circuito magnético de un electroimán alimentado en c.c. no hay formación de corrientes de Foucault. En determinados casos es preferible, en vez de utilizar un circuito magnético tipo c.a. con adaptaciones imprescindibles, elegir un circuito magnético tipo c.c. El circuito magnético es de acero macizo, por tanto de construcción robusta.

1.4.3.- Elección de un contactor

La elección de un contactor es función de:

- La naturaleza y la tensión de la red.
- La potencia instalada.
- Las características de la carga.
- Las exigencias del servicio deseado.
- A veces por normalización impuesta por ciertos organismos o por algunos usuarios.

1.4.4.- Categorías de empleo

EMPLEO EN C.A.	EMPLEO EN C.C.
<u>Categoría AC1</u> Aparatos de c.a. con $\cos \varphi \geq 0,95$	<u>Categoría DC1</u> Aparatos de c.c., constante tiempo $L/R \leq 1 \text{ ms}$
<u>Categoría AC2</u> Motores de anillos	<u>Categoría DC2</u> Motores shunt, con $L/R \approx 7,5 \text{ ms}$
<u>Categoría AC3</u> Motores de jaula, con corte a motor lanzado	<u>Categoría DC3</u> Motores shunt, con $L/R \leq 2 \text{ ms}$
<u>Categoría AC4</u> Motores de jaula, frenado a contra corriente	<u>Categoría DC4</u> Motores serie, con $L/R \approx 10 \text{ ms}$
	<u>Categoría DC5</u> Motores serie, con $L/R \leq 7,5 \text{ ms}$

2.- APARAMENTA DE ALTA TENSION

Esta aparamenta se caracteriza por soportar tensiones superiores a los 1.000 V.

2.1.- Aparamenta de maniobra

Tiene por misión establecer o interrumpir la corriente en uno varios circuitos bajo las condiciones previstas de servicio, sin daños significativos para el aparato y sin perturbar la explotación. Los aparatos de maniobra están destinados a conectar o desconectar porciones de la red, con el objeto de aislar o alterar la configuración eléctrica de partes de la misma.

2.1.1.- Seccionador

2.1.1.1.- Seccionador de línea

Suelen estar situados tanto en interior como en intemperie, y su localización habitual es:

- Elementos fijos instalados en posiciones intermedias de líneas aéreas.
- Elementos fijos instalados en algunas derivaciones de la red de distribución.
- Elementos instalados en celdas de obra civil con alimentación aérea.
- Elementos instalados en celdas metálicas.

El mando puede ser manual o telemandado.

Están constituidos por una o tres cuchillas o polos principales, accionados por un mecanismo o mando. Las cuchillas están montadas sobre unos aisladores-soporte, unidos a un chasis o soporte del conjunto. La misión de los aisladores-soporte es la de dotar al seccionador del necesario aislamiento con respecto a tierra en función de la tensión de servicio.

Entre los distintos tipos de seccionadores se pueden destacar los siguientes:

- De cuchillas giratorias, de apertura lateral.
- De cuchillas giratorias, de apertura central.
- De cuchillas giratorias, de tres columnas.
- De cuchillas deslizantes.

2.1.1.2.- Seccionador de puesta a tierra

Sirven para poner a tierra y en cortocircuito medios de servicio y partes de la instalación que estén aislados. En muchos casos los seccionadores de puesta a tierra se combinan con los de línea para formar una unidad.

2.1.2.- Interruptor

Es capaz de establecer o interrumpir la corriente en condiciones normales del circuito, así como soportar, durante un tiempo especificado, las corrientes que se presenten en condiciones anómalas como las de cortocircuito. Es un aparato sin distancia de seccionamiento y en consecuencia aparecerá asociado a un seccionador.

2.1.3.- Interruptor-seccionador

Interruptor que en posición de apertura satisface las condiciones de aislamiento especificadas para un seccionador. También es llamado *seccionador en carga*.

Pueden instalarse tanto en interior como en intemperie, y su localización habitual es:

- Elementos instalados en centros de transformación y maniobra (CTM).
- Elementos fijos instalados en posiciones intermedias de líneas aéreas.

El mando puede ser manual o telemandado.

Entre los distintos tipos de interruptores-seccionadores se pueden destacar los siguientes:

- Giratorio.
- Basculante.
- Deslizante.

2.1.4.- Conmutador

Aparato mecánico de conexión que tiene la capacidad de conmutar o cambiar el paso de corriente de un circuito a otro.

El mando puede ser manual o telemandado.

2.2.- Aparata de protección

Tiene por misión evitar o reducir en la medida de lo posible los efectos perjudiciales de las averías.

2.2.1.- Interruptor automático

Los interruptores automáticos de interior suelen ser telemandados, y sus ubicaciones habituales son:

- Subestaciones de transformación y/o maniobra (STM):
 - ◊ Elementos instalados en celdas de interior de cabecera de línea.
 - ◊ Elementos instalados en celdas metálicas de interior o intemperie.
- Centro de maniobra de reparto (CMR).

Para los interruptores de intemperie hay dos situaciones posibles:

- Elementos fijos en posiciones de salida de STM. Siempre telemandados.
- Elementos fijos en posiciones intermedias de líneas:
 - ◊ Sólo maniobra después del último reenganche.
 - ◊ Telemando y mando manual.

Los relés de protección pueden ser:

- Directos.
- Indirectos.

Dentro de la técnica de ruptura en aceite, disponemos de interruptores de gran volumen de aceite y de interruptores de pequeño volumen de aceite.

2.2.2.- Fusible

Los fusibles protegen los aparatos y las partes de la instalación contra los efectos dinámicos y térmicos de las corrientes de cortocircuito. Esta compuesto por un cartucho fusible de alto poder de corte y una base portafusible.

Normalmente son empleados para la protección de transformadores, cables de derivación y condensadores. Las bases de los fusibles se suministran en ejecución unipolar y tripolar. Las bases tripolares están compuestas por tres bases unipolares montadas sobre un bastidor común.

El indicador del estado está dispuesto sobre el extremo del fusible y señala mecánicamente y/o eléctricamente a través de microinterruptores, la fusión del cartucho.

2.2.3.- Seccionador-fusible

El contacto móvil está formado por un elemento recambiable. Se instalan como elemento de protección de transformadores o como protección en las cabeceras de algunas derivaciones (fundamentalmente cortas). Su maniobra es exclusivamente manual. Tienen la particularidad de servir como seccionador accionado mediante pértiga.

2.2.4.- Ruptofusible

Interruptor que en su posición de abierto satisface las condiciones de aislamiento especificadas para un seccionador, en el que uno o más polos poseen un fusible en serie en un aparato combinado, permitiendo de esta forma actuar de modo automático.

Son exclusivamente de interior y están instalados como protección de transformadores de interior, siendo su maniobra exclusivamente manual.

2.2.5.- Descargadores de sobretensión

Para evitar fallos en los aislamientos de los aparatos conectados en una red, es necesario limitar las sobretensiones de forma que no sobrepasen los valores de la tensiones soportadas por dichos aislamientos y con este objeto se utilizan los descargadores de sobretensiones.

Los descargadores de sobretensiones no deben actuar con las sobretensiones temporales y deben soportar sin fallo la corriente de descarga de la sobretensión. El extremo superior del descargador se conecta a la línea o punto que hay que proteger y su extremo inferior se pone sólidamente a tierra.

Se emplean con este fin descargadores de varillas que son muy simples, pero no cumplen todos los requisitos exigidos. Por ello se utilizan actualmente los pararrayos autoválvulas, que son descargadores de sobretensión constituidos por explosores en serie con resistencias de característica no lineal. Los explosores actúan como interruptores que se mantienen abiertos mientras la tensión no sobrepase un valor determinado que se denomina tensión de cebado del pararrayos. Las resistencias actúan como elementos reductores de la sobretensión por su característica no lineal. El tiempo de descarga es muy reducido, sobrepasando raramente una fracción de milisegundo. Normalmente, por sus excelentes prestaciones se utilizan pararrayos de ZnO.

Su instalación es aconsejable en aquellos puntos de la red donde se estime que su inclusión ha de traducirse en una más completa protección de la red, especialmente en los transformadores.

Principalmente en zonas de alto nivel isoceraúnico. Además permite reducir el nivel de aislamiento de los aparatos instalados en las subestaciones, lo que en los sistemas de alta tensión supone una economía considerable.

3.- ACCESORIOS DE LA APARAMENTA

3.1.- Cuadros eléctricos

Los cuadros eléctricos constituyen puntos nodales en una red y pueden albergar en ellos todo tipo de aparamenta de maniobra, de protección, de regulación y control, de medida y los accesorios relacionados con ella.

Según el grado de protección les podemos clasificar en:

- Abiertos.
- Compartimentados.
- Blindados.

El tipo de aparamenta que contienen puede ser:

- Fija.
- Extraíble.
- Seccionable.

3.2.- Cables y canalizaciones eléctricas prefabricadas

3.2.1.- Cables

Los cables son conductores constituidos por un grupo de hilos o por una combinación de grupos de hilos. Los cables pueden ser desnudos o aislados.

Los cables pueden ser monoconductores cuando incluyen solamente un conductor o policonductores si incluyen dos o más conductores aislados entre si.

El material empleado como conductor es el cobre o el aluminio.

Los aislantes empleados en los cables son:

- Papel impregnado en alguna sustancia aislante líquida (resinas, aceites minerales, ...)
- Papel sumergido en aceites minerales o rodeado de algún gas seco a presión.
- Aislantes secos:
 - ◆ Materiales plásticos:
 - ◇ Policloruro de vinilo (V).
 - ◇ Polietileno (E).
 - ◇ Polietileno reticulado (R).
 - ◇ Etileno propileno (L).
 - ◆ Elastómeros (derivados del caucho):
 - ◆ Caucho natural vulcanizado (G).
 - ◆ Caucho butílico (B).
 - ◆ Caucho de silicona (K).

3.2.2.- Canalizaciones eléctricas prefabricadas

Las canalizaciones eléctricas prefabricadas son conjuntos prefabricados, que constituyen líneas eléctricas para el transporte y la distribución de energía eléctrica en baja tensión, tanto en instalaciones de fuerza como en iluminación industrial.

Básicamente, una canalización eléctrica prefabricada está constituida por los siguientes elementos estructurales:

- Pletinas o barras conductoras (generalmente de cobre o de aluminio).
- Envolverte metálica, para la protección de las pletinas conductoras.
- Aisladores para soportar el conjunto.

Por lo general, las canalizaciones eléctricas prefabricadas se construyen en elementos de longitudes estándar, y mediante la unión adecuada de varios de estos elementos, se pueden construir canalizaciones eléctricas de la longitud y sección más apropiadas para cada aplicación particular.

RESULTADOS

Ampliar la información sobre la siguiente aparamenta:

1.- APARAMENTA DE BAJA TENSIÓN

1.1.- Aparamenta modular sobre carril DIN

1.2.- Interruptores de potencia de B.T.

1.2.1.- Interruptores automáticos en caja moldeada de B.T.

1.2.2.- Interruptores automáticos en caja moldeada de BT limitadores de corriente

1.2.3.- Interruptores automáticos sobre bastidor

1.2.4.- Interruptores-seccionadores. Interruptores de maniobra en carga

1.2.5.- Interruptores-seccionadores con fusibles

1.3.- Fusibles

1.4.- Contactores

1.- APARAMENTA DE ALTA TENSIÓN

2.1.- Aparamenta de maniobra

2.1.1.- Seccionador

2.1.2.- Interruptor

2.1.3.- Interruptor-seccionador

2.1.4.- Conmutador

2.2.- Aparamenta de protección

2.2.1.- Interruptor automático

2.2.2.- Fusible

2.2.3.- Seccionador-fusible

2.2.4.- Ruptofusible

2.2.5.- Descargadores de sobretensión

3.- ACCESORIOS DE LA APARAMENTA

3.1.- Cuadros eléctricos

3.2.- Cables y canalizaciones eléctricas prefabricadas