



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ARAGON**

**“OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA
SUBESTACION DE MEDIA TENSION DEL I.M.S.S.,
DELEGACION NOROESTE”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO
P R E S E N T A :**

GERARDO ROMERO MARTÍNEZ

ASESOR: ING. BENITO BARRANCO CASTELLANOS



Estado de México

2008.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Indice		I
	Introducción	II
	Capitulo I Generalidades.	1
1.1	Subestaciones	1
1.2	Partes	6
1.3	Sistema de tierras	34
	Capitulo II Equipos de medición y prueba.	49
2.1	Medición	49
2.2	Transformadores de corriente	57
	Capitulo III Mantenimiento a la subestación de media tensión.	72
3.1	Equipos de seguridad	72
3.2	Mantenimiento predictivo	76
3.3	Maniobras de libranza para mantenimiento y emergencias	91
	Conclusiones	98
	Glosario	101
	Bibliografía	110



INTRODUCCION.

Los grandes sistemas de distribución de energía eléctrica son necesarios entre la planta generadora y la planta industrial.

La energía eléctrica es siempre transmitida a tensiones muy altas desde la planta generadora hasta la periferia del área de consumo.

En general, la energía eléctrica trifásica proveniente de la planta generadora es elevada a 80, 000 – 200,000 ó 400, 000 volts y enviada mediante una “línea de transmisión” a una subestación ubicada en el área del consumidor.

El usuario puede recibir la energía en baja tensión, si se establece esa condición en el contrato, o en alta tensión, necesitando el usuario tener su propia subestación eléctrica industrial.

Para el IMSS existen cuatro clases de tensiones como son: baja tensión (tensiones no mayores de 1, 000 V), media tensión (tensiones mayores de 1, 000 V hasta 35, 000 V), alta tensión (tensiones mayores de 35, 000 V hasta 230, 000 V) y extra alta tensión (tensiones mayores a 230, 000 V).

A los conductores que sirven para alimentar la energía eléctrica del sistema general de abastecimiento a la propiedad servida se le llama “acometida”.

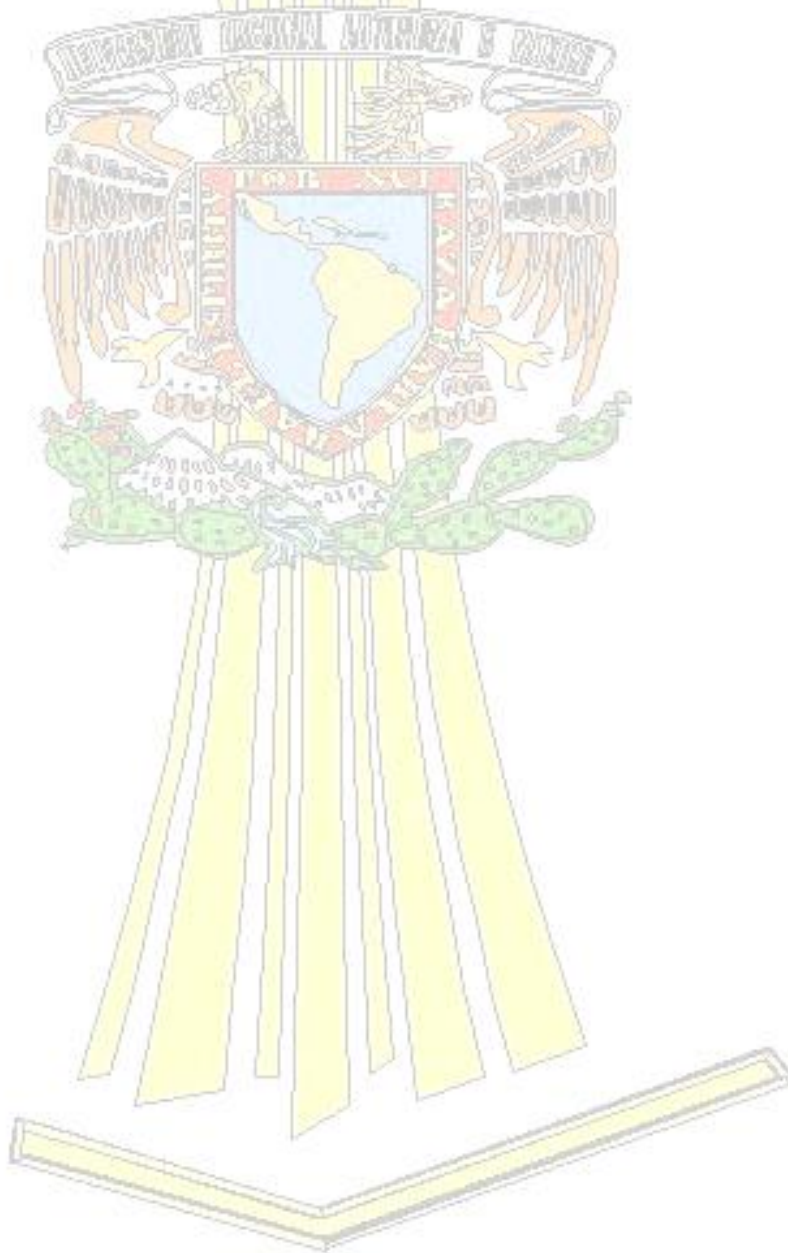
Cuando el usuario cuenta con su propia subestación, ésta reduce la tensión a 440, 220/127 volts, dicha tensión es transmitida al interior del edificio para su utilización.

Se utilizan otras combinaciones de transmisión y de distribución, pero la instalación que ha sido mencionada es una de las más utilizadas.

En el Instituto Mexicano del Seguro Social no existe una guía u orientación enfocada al mantenimiento preventivo de subestaciones, el único curso con que se cuenta es para obtener el puesto de Técnico Electricista y es muy generalizado. Debe de tenerse en cuenta que una Unidad Médica de Atención Ambulatoria es aquella unidad en donde se realizan operaciones especializadas que no requieren hospitalización, tales como operación de cataratas, extirpación de tumores malignos ó eliminación de cálculos renales. El personal de conservación de la Unidad Médica de Atención Ambulatoria No.1 en su mayoría desconoce el mantenimiento preventivo de una subestación y sólo se ocupan de ella cuando

surge un problema y algunos departamentos de la Unidad Médica de Atención Ambulatoria No.1 como son: Hemodiálisis, Quimioterapia, Urología, Oftalmología y CEYE dejan de operar total o parcialmente. Al no contar con una guía, el mantenimiento preventivo se desconoce en su totalidad.

Hipótesis. Con la ayuda del manual se pretende que el personal de conservación pueda evitar el mal funcionamiento o paro total de la subestación, porque se dirá paso a paso cómo realizar el mantenimiento preventivo, pero lo más importante, la inoperatividad de algunos servicios de salud, ya que no se estaría cubriendo al 100%.



CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1. Subestaciones.

Subestación eléctrica es el conjunto de elementos integrados que transforman, distribuyen, protegen, controlan, distribuyen y miden la energía eléctrica proveniente de las plantas generadoras, líneas de transmisión o líneas de distribución en media o alta tensión transformando su tensión a valores de utilización.

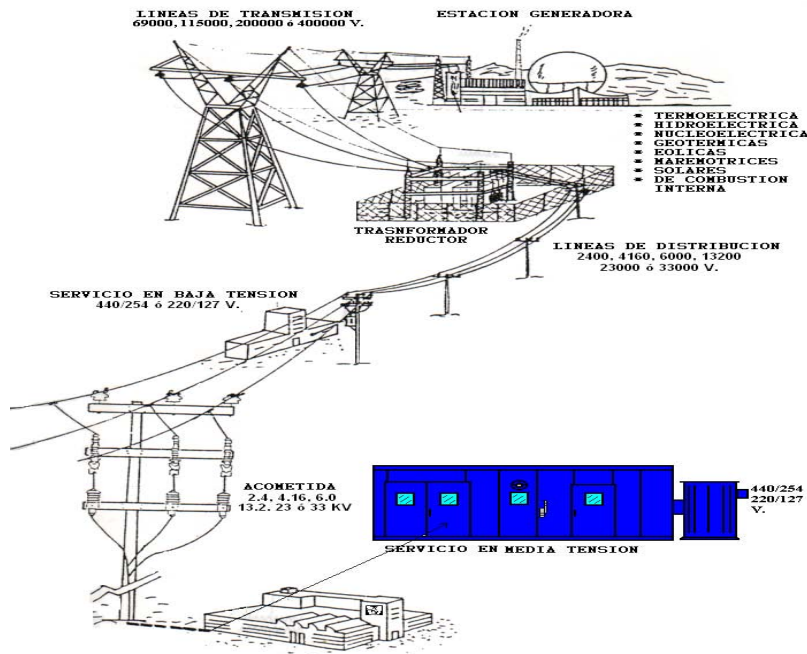


FIG 1.1

Tipos de subestaciones.

Por su servicio:

a) *Subestación tipo intemperie.* Estas subestaciones se construyen en terrenos expuestos a la intemperie y requieren de un diseño y equipo especial capaz de soportar condiciones atmosféricas adversas (lluvia, viento, nieve e inclemencias ambientales diversas).



FIG 1.2

b) *Subestaciones de tipo interior.* En este tipo de subestaciones el equipo y diseño de la subestación estarán adaptados para operar en lugares protegidos de los cambios climatológicos.



FIG 1.3

Por su construcción:

a) *Subestaciones compactas*. También llamadas unitarias. Para operación en seco alojadas en gabinetes de lámina. En estas subestaciones el equipo se encuentra protegido por gabinete y el espacio necesario es muy reducido. Pueden construirse para servicio interior o para servicio exterior.

b) *Subestaciones convencionales o abierta*. Para operación a prueba de goteo, se colocan en una estructura metálica y se aíslan tan solo por una malla de alambre. El equipo que se instala en este tipo de subestaciones también llamadas abiertas se coloca en estructuras metálicas, se aíslan tan sólo por una malla de alambre, es decir, no van en gabinetes. Pueden construirse para servicio interior o exterior.

c) *Tipo poste*. Para operación a prueba de goteo instalada en poste (intemperie).

d) *Tipo jardín*. Para operación en seco alojada en gabinetes de lámina a prueba de goteo (intemperie).

Por su tensión de suministro:

Clase de aislamiento.

2.4 KV	2.5
4.16 KV	5.0
6.0 KV	8.7
13.2 KV	15.0
23.0 KV	25.0
33.0 KV	34.5

Por su función:

- a) Primaria o receptora.

- b) Secundaria o derivada.

Características generales de la subestación tipo intemperie.

Las subestaciones compactas SELMEC se construyen bajo especificaciones de la última revisión de la norma ANSI C 37, 20, la cual cumple ampliamente con los requerimientos establecidos por el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.

Gabinetes autosoportados, provistos de puertas embisagradas, contruídos con láminas de acero roladas en frío calibre 14 USG (1.89mm) para puertas, cubiertas y techo, y calibre 12 USG (2.65mm) para uniones de módulos y elementos estructurales o de soporte, mismos que aportan la rigidez mecánica necesaria para soportar los esfuerzos estáticos y dinámicos inherentes a la operación de los elementos de la subestación, evitando con esto deformaciones permanentes, a pesar de la presencia de cortocircuitos severos.

Base perimetral de canal estructural de acero de 120 x 50 x 50mm (3.41mm de espesor).

La subestación para servicio intemperie está provista de elementos calefactores para evitar la condensación de humedad. Está terminada con 2 capas de esmalte gris ASA 61, previa limpieza, desoxidación y banderizado epóxico.

Las juntas entre secciones son metálicas y están selladas con un compuesto plástico a prueba de intemperie; el cierre de las puertas está diseñado de tal forma que impide la entrada de agua (goteo).

Subestación convencional servicio intemperie. Construída con una estructura de hierro canal y angular galvanizado de alta resistencia mecánica en la cual se montan las barras, cuchillas seccionadoras, interruptores, cortacircuitos fusibles y apartarrayos, utilizando aisladores de soporte de porcelana.

Características generales de la subestación interior.

Las subestaciones compactas SELMEC se construyen bajo especificaciones de la última revisión de la norma ANSI C 37, 20, la cual cumple ampliamente con los requerimientos establecidos por el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.

Gabinetes autosoportados, provistos de puertas embisagradas, construídos con láminas de acero roladas en frío calibre 14 USG (1.89mm) para puertas, cubiertas y techo, y calibre 12 USG (2.65mm) para uniones de módulos y elementos estructurales o de soporte, mismos que aportan la rigidez mecánica necesaria para soportar los esfuerzos estáticos y dinámicos inherentes a la operación de los elementos de la subestación, evitando con esto deformaciones permanentes, a pesar de la presencia de cortocircuitos severos.

Base perimetral de canal estructural de acero de 120 x 50 x 50mm (3.41mm de espesor).

Acabado con dos capas de esmalte gris ASA 61, previa limpieza, desoxidación y bonderizado.

1.2. Partes.

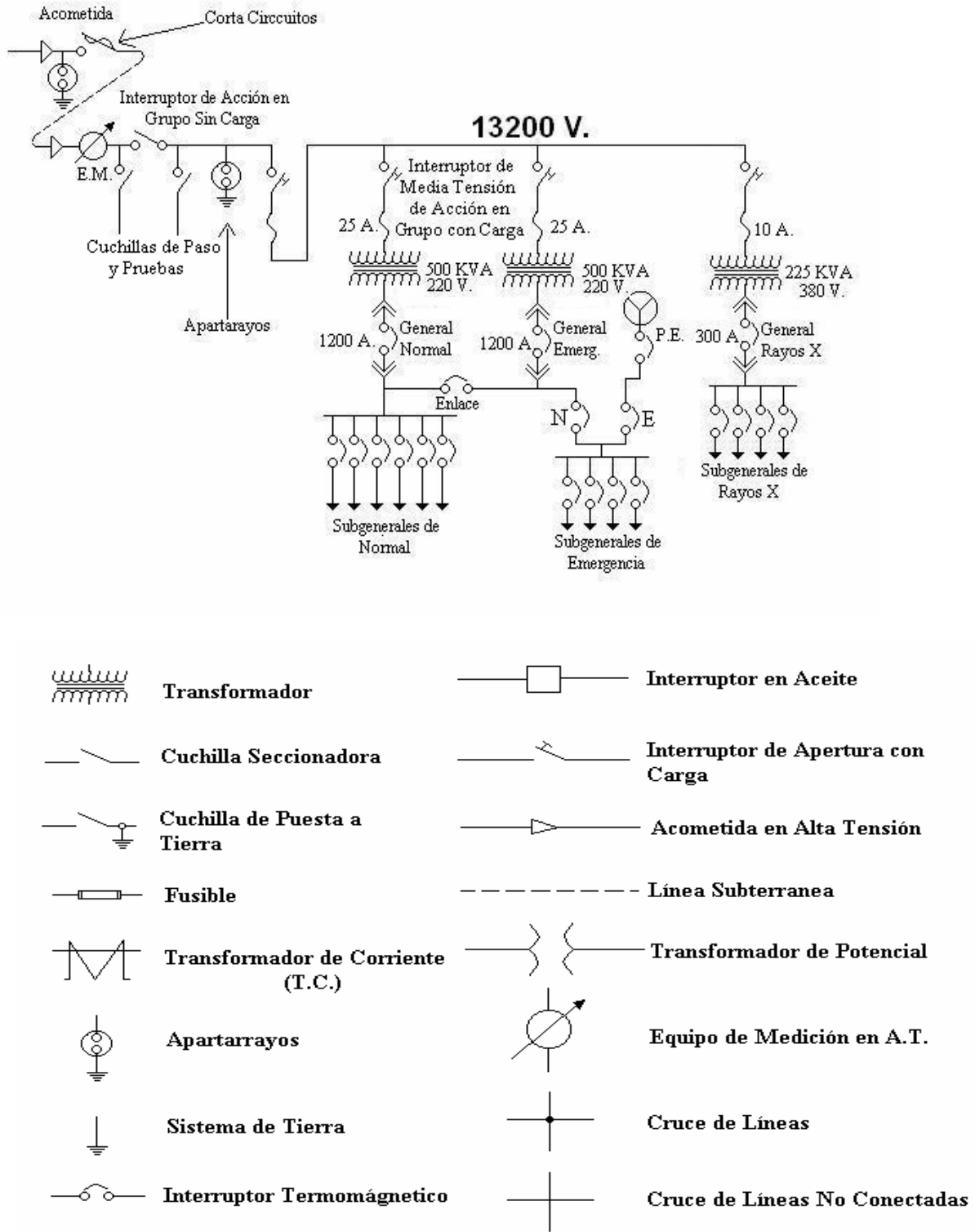


FIG 1.4

a) *Acometida.*

Existen dos clases de acometida:

Acometida aérea. Es la parte de los conductores de una línea aérea de servicio, comprendida desde las líneas o equipos inmediatos del sistema general de abastecimiento, hasta el primer punto de sujeción de dichos conductores en la propiedad servida.

Las acometidas aéreas son usadas según convenio con la compañía suministradora y por lo general están constituidas por aisladores tipo suspensión 10S ó 6S de porcelana, vidrio vitex o resina epoxi, usando remates preformados si se usa aluminio, instalándose en una estructura de hierro galvanizado tipo canal, tipo angular o en postes con este mismo tipo de herrajes según se requiera. En ocasiones se pueden utilizar aisladores de alfiler o pasamuros según lo que pida el tipo de acometida que satisfaga la necesidad.

Las acometidas aéreas se instalan en subestaciones convencionales tipo intemperie que principalmente se usan en zonas rurales y en complejos industriales.

Conector de ranuras paralelas— de fundición de bronce estañado. Para fácil conexión del conductor, acomoda a dos conductores de diferente diámetro en un sólo conector. Otros estilos de conectores también están disponibles.

Aislador compuesto de polímero silicón— Más ligero que la porcelana, sumamente resistente a la ruptura, proporciona una mejor ejecución en áreas de alta contaminación y costas.

Contactos inferiores (no visibles)— De Plata-Plata; proporcionan una trayectoria dual para la corriente, independientemente del eje del muñón. Los resortes de respaldo de acero inoxidable previenen el arqueado cuando el tubo se eleva en la bisagra durante la recuperación.

Muñón—Fundición de bronce de alta resistencia, cubierto de plata. Las superficies laterales del muñón se mantienen con un amplio contacto con la bisagra para permitir el alineamiento del tubo portafusible durante el cierre.

Cavidad de alojamiento del muñón— Asegura el tubo portafusible en el muñón durante el cierre.

Canal de una pieza— pesado acero galvanizado (que también se utiliza para insertos, colgadores, pernos y tuercas estructurales)

Contactos superiores— De Plata-Plata, el resorte de acero inoxidable asegura el buen contacto a presión.

Ganchos de sujeción resistentes, para la utilización del Loadbuster— sirven como guía del portafusible durante el cierre.

Tubo Portafusible— Presenta revestimiento MultiWind™, que es virtualmente impermeable al agua. Acabado especial resistente a los rayos UV que aseguran una larga vida. También modelos disponibles con cuchilla desconectadora.

Unión Bisagra— Asegura la caída confiable del tubo portafusible después de la interrupción

Férulas robustas— Fundidas en bronce. Sujetas a las partes superiores e inferiores del tubo para asegurar un alineamiento permanente. Ya sea el largo y accesible anillo para izado o la ranura (no visible en la foto) pueden ser enganchados con una pértiga para un control seguro del tubo portafusible durante su instalación o extracción.

Gatillo— Proporciona alta velocidad de separación entre terminales del fusible, cuando éste se funde, expulsando rápidamente el cable (en conjunto con el mecanismo colapsable), reduce la transmisión de las fuerzas al eslabón fusible durante el cierre.

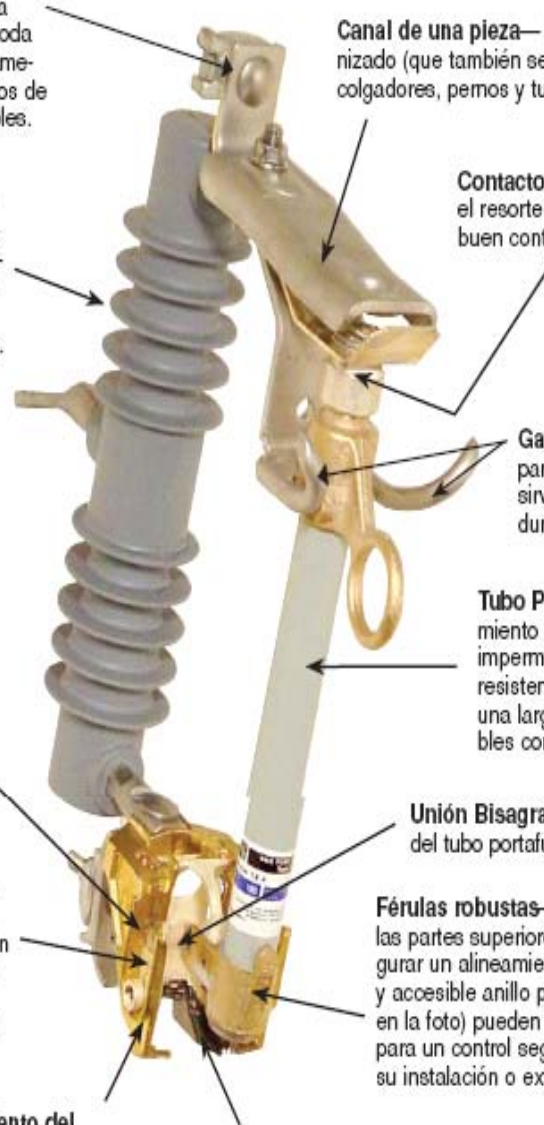


FIG 1.5

Acometida subterránea. Es la parte de los conductores de una línea subterránea de servicio comprendida desde las líneas o equipos inmediatos del sistema general de abastecimiento hasta el límite de la propiedad servida.

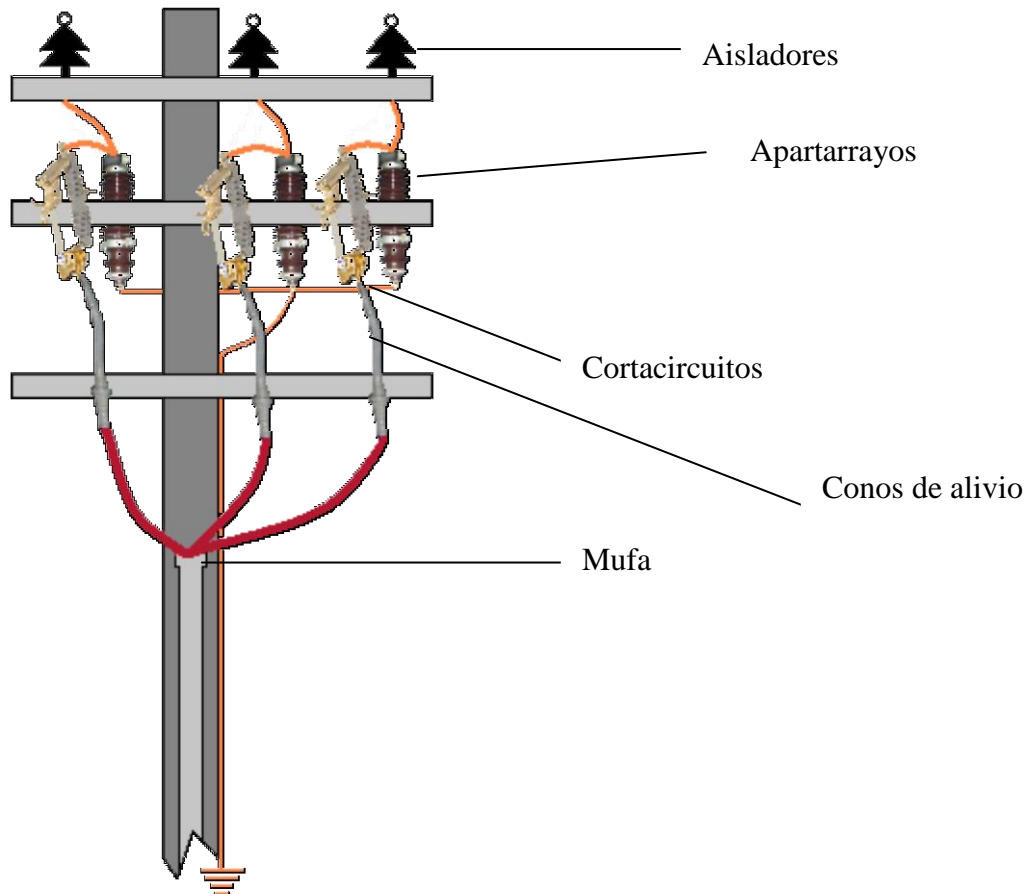


FIG 1.6

Ampliamente utilizadas para subestaciones industriales compactas, están formadas principalmente por aisladores, apartarrayos, cortacircuitos, mufa o terminales y varilla de tierra, todo esto sobre herrajes de hierro canal galvanizado montado en poste de concreto.

Este tipo de acometidas es la que se usa normalmente en subestaciones industriales compactas localizadas en zonas urbanas.

En la instalación de acometidas subterráneas se utilizan diferentes tipos de terminales, como las siguientes:

- Terminal Interior Premoldeada (TIP).



FIG 1.7

Esta terminal (TIP) ha sido diseñada para uso interior, en sistemas con voltaje de operación hasta 34.5 KV entre fases, neutro a tierra. El cono ha sido diseñado para operar adecuadamente a cualquier voltaje hasta 34.5 KV en cables de energía con pantalla eléctrica y aislamiento extruído (EP, XLP, PVC). La única

diferencia entre terminales de diferentes voltajes será la distancia de fuga que se deje al preparar el cable.

El cono de alivio, instructivo, lubricante y accesorios para la preparación de la terminal vienen todos integrados en un práctico empaque.

- Terminal Modular Intemperie (TMI).



FIG 1.8

El sistema modular de terminales intemperie está diseñado para proporcionar una instalación rápida, confiable y versátil en cables de energía de media tensión (5-35 KV) con aislamiento extruido (EP, XLP, PVC).

Esta terminal modular es adecuada para cables con aislamiento extruído hasta 34.5 KV. Aunque diseñada para cables monofásicos, puede utilizarse en cables trifásicos, sellando la trifurcación con resina epóxica, cintas auto fundentes o “guantes” termo contráctiles.

La formulación de los compuestos elastomérico resistentes al tracking la hacen ideal para uso intemperie. Pero también pueden utilizarse las campanas para uso interior, donde se tenga limitaciones de espacio. En este caso (uso interior), no se instala el sello semiconductor superior, ni el conductor universal, sino una zapata convencional de compresión.

- Terminal Tipo Bayoneta (TTB).

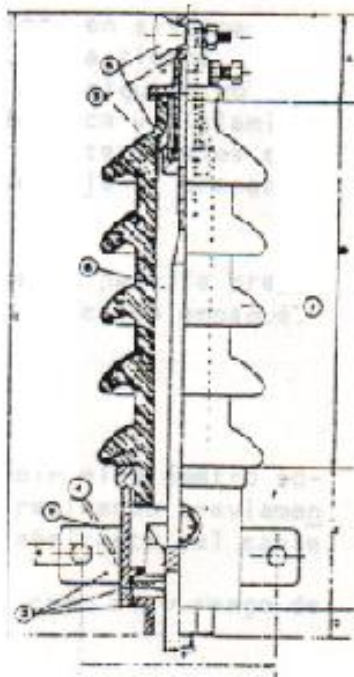


FIG 1.9

Las terminales TTB pueden ser utilizadas desde 5 hasta 35 KV con cables con conductor de cobre o aluminio (indicar cuando el conductor sea de aluminio para que se proporcione el conector adecuado), aislamiento de papel impregnado en aceite y forro de plomo, o cables con aislamiento extruído (XLP, EP, PVC, etc.).

- Cono de Alivio Prefabricado Tipo Banderola.

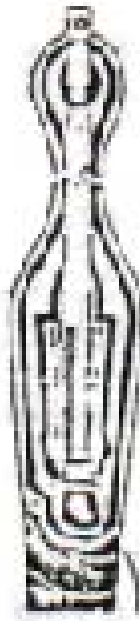


FIG 1.10

Descripción.

1.- Cinta No. 13, semiconductor que reduce los esfuerzos eléctricos, sumamente conformable y con respaldo de protección de seguridad.

2.- Cinta No. 23, para alto voltaje, autofusible, para prevención de fenómeno corona, resistente al ozono y solventes.

3.- Cinta No. 33, de cloruro de polivinilo, conformable, autoextinguible, excelente resistencia a la abrasión, álcalis, solventes e intemperie.

Tela tratada especialmente para no dejar residuos. Solvente para una perfecta limpieza del cable. Tela abrasiva de grano, no conductor. Cinturón de cobre con salida aislada para conexión a tierra, que le evita poner soldaduras. Compatibilidad con todos los materiales entre sí y para con los aislamientos existentes.

- Terminales de Porcelana Serie 5900.

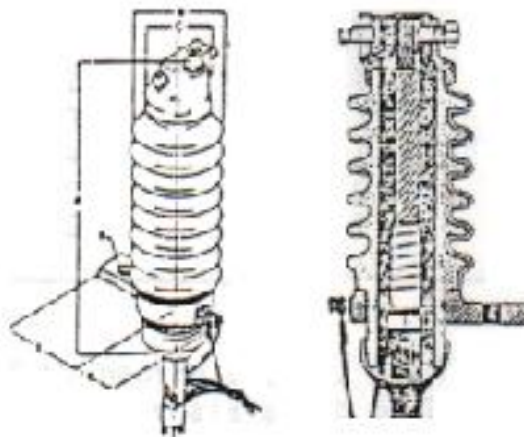


FIG 1.11

Existen 3 tamaños, en 5, 15 ó 25 KV que pueden ser utilizados para terminar cables desde 33.6 a 380mm² (2AWG a 750MCM) con pantalla o neutro concéntrico.

Una alta calidad en aislante de porcelana de proceso húmedo asegura la máxima confiabilidad para una superficie contra “arqueos” y al “paso conductor carbonizado”.

Los aislantes de porcelana son de material azul cielo, a fin de combinar contra el horizonte. Están hechas conforme a las especificaciones Munsell 589-7.0/04.

3M ha diseñado una tapa superior y especial en sello de metal, que no sólo asegura el sello permanente, sino que también elimina la necesidad de conectores internos o externos a los conductores de cobre. El contacto a presión es realizado por una cuña, que es dirigida contra el conductor por un tornillo de ajuste. Pruebas en diferentes ciclos de cargas han demostrado que este sistema de contacto por presión previene los sobrecalentamientos en la terminal. El contacto queda sellado cuando el compuesto elastomérico es vertido y se fragua. La conexión aérea del alambre se hace en la misma forma, teniendo las ventajas de ser fácilmente desconectable.

A fin de acomodar un mayor rango de cable con diferentes medidas y manejar fácilmente el blindado, el neutro concéntrico se vierte para moldear un aislante hecho a base de un compuesto elastomérico, el que se fragua alrededor del cable.

Las instrucciones para ser instaladas son incluidas dentro de cada juego.

b) *Sección de medición.*



FIG 1.12



FIG 1.13

La sección de medición consta de un gabinete blindado con dimensiones adecuadas según el valor de la tensión, diseñado y provisto para recibir y alojar el equipo de medición de la compañía suministradora. Este gabinete tiene dos puertas con ventana de inspección, de material transparente e inastillable con manija y dispositivo para candado, además:

- Un bus trifásico de cobre electrolítico.
- Un sistema de tierras con capacidad adecuada.
- Conectores del tipo mecánico, tres para el bus principal y uno para conexión a tierra.

c) *Cuchillas de paso y prueba.*

FIG 1.14



FIG 1.15



FIG 1.16

La sección de cuchillas de paso y pruebas es un gabinete blindado con equipo adecuado según el valor de la tensión. Este gabinete tiene dos puertas con ventana para inspección y dispositivo para candado y en su interior aloja:

- Un juego de tres cuchillas trifásicas desconectadas para operar en grupo sin carga, tiro sencillo con dispositivo de apertura y cierre rápido.

- Un juego de tres accionamientos independientes por medio de volante y dispositivo de señalamiento (Abierto-Cerrado) y seguro mecánico con portacandado.
- Sistema de tierra con capacidad adecuada.

El objetivo de esta sección es proporcionar un medio de desconexión visible de la sección de transformación y distribución para efectos de mantenimiento, reposición de fusibles o la conexión del equipo patrón de medición de los equipos de medición de la propia subestación, sin interrumpir el suministro de energía eléctrica.

Las cuchillas tradicionales para alta tensión no pueden cerrarse en un circuito eléctrico sin el peligro para el operador, ni mucho menos abrirse con carga. Al separarse sus contactos no se interrumpe la corriente de inmediato, puesto que se forma un arco voltaico, a través del cual sigue fluyendo la corriente, esto representa un problema y una inseguridad en el punto de seccionamiento ya que el arco puede llegar a saltar a tierra o a fase adyacente originando un cortocircuito en el sistema, en el caso menos grave, el arco (en proceso de extinguirse) se restablece repetitivamente, dando origen a voltajes transitorios de recuperación (VTR), que son perjudiciales a los demás equipos instalados en el sistema. Por tal motivo, las cuchillas tradicionales tienen limitaciones de operación y de montaje, aún las que van provistas con cuernos de arqueado ya que sólo pueden interrumpir corrientes muy reducidas.

d) *Interruptor de apertura con carga a apartarrayos.*



FIG 1.17



FIG 1.18

La sección de interruptor, fusibles y apartarrayos, también es un gabinete blindado con dimensiones y equipo adecuado según el valor de la tensión.

El gabinete tiene una puerta con ventana de inspección de vidrio transparente e inastillable y manija con dispositivo para candado y en su interior aloja:

- Interruptor de carga de simple apertura, servicio interior, montaje vertical, 3 polos, operación en grupo por medio de palanca tipo recíprocante, con mecanismo de energía almacenada para la apertura y cierre rápido y disparo simultáneo en las tres fases en caso de operar algún fusible.
- Fusibles, tres de potencia.
- Juego de tres apartarrayos autovalvulares monopolares con el neutro conectado sólidamente a tierra.
- Accionamiento por medio de disco y palanca por el frente del tablero para la apertura y cierre manual de cortacircuitos, con bloqueo mecánico el cual

impide la apertura de la puerta si el interruptor está en la posición de "CERRADO".

- Bus trifásico de cobre electrolítico soportado por medio de aisladores de resina epóxica.
- Sistema de tierra con capacidad adecuada.
-

En las subestaciones compactas se utilizan normalmente 2 tipos de interruptores para abrir con carga:

- Interruptores de carga Alduti.
- Interruptores de carga Wickman.

Los interruptores de carga tipo *Alduti* tienen una gran versatilidad en aplicaciones físicas, reportando importantes ventajas para el usuario, ya que como no producen arco externo, pueden ser montados en subestaciones o en gabinetes metálicos en cualquier posición sin el peligro de las cuchillas convencionales. También como la interrupción del circuito se logra en el primer ciclo, cuando la corriente pasa por cero extinguiéndose el arco instantáneamente en el interior de la cámara.

En virtud de que los interruptores Alduti no están limitados por su operación y montaje, la selección de los mismos resulta sumamente sencilla, ya que solamente se toman en cuenta sus características de aplicación.

Para la selección de los interruptores son necesarias las características siguientes:

1º. Tipo de servicio.

- a) Servicio interior.
- b) Servicio intemperie.

2°. Tensión del sistema.

a) Servicio interior.

- 14.4 KV.

- 25 KV.

b) Servicio intemperie.

- 14.4 KV.

- 25 KV

- 34.5 KV

3°. Corriente del sistema.

- 600 Amp.

- 1, 200 Amp.

4°. Montaje.

- Horizontal.

- Vertical.

Aplicación.

Como ya se ha mencionado, los interruptores de carga tipo Alduti, hacen posible la conmutación de corriente de carga, en líneas alimentadoras de distribución, en subestaciones y en puntos de seccionamiento, teniendo una gran variedad de aplicaciones:

1.- Desconexión de transformadores.

- a) En paralelo.
- b) Con corrientes de carga.
- c) Con corrientes magnetizantes.

2.- Desconexión de líneas.

- a) Para dividir cargas.
- b) Con corrientes de carga.
- c) Con corrientes de la línea.

3.- Desconexión de cables.

- a) Para dividir cargas.
- b) Con corrientes de carga.
- c) Con corriente del cable.

4.- Desconexión en bancos de capacitares sencillos.

Montaje.

A diferencia de las cuchillas con cuernos de arqueado que requieren de un montaje horizontal con apertura hacia arriba, por la naturaleza ascendente del arco, al irse extinguendo; los interruptores de carga tipo Alduti pueden montarse en cualquier posición: horizontal hacia arriba, horizontal hacia abajo, en forma lateral o bien en forma vertical.

Los interruptores de carga tipo Alduti servicio interior, generalmente van montados en gabinetes en forma vertical hacia el frente o hacia los costados y en forma horizontal hacia abajo.

Los de servicio intemperie van montados en un poste, dos postes o en estructura en forma horizontal o vertical.

Para realizar el montaje de los interruptores se debe seguir cuidadosamente con el instructivo de instalación que se proporciona junto con el equipo.

El interruptor en aire *Wickman*, de operación en grupo bajo carga, tripolar de accionamiento vertical es usado para protección de circuitos de alto voltaje.

Son adecuados para instalarse en Subestaciones Unitarias, Compactas y Centros de carga ya sean para servicio interior o intemperie, para capacidades hasta de 3, 000 KVA, y voltajes que pueden variar desde 2, 400 hasta 24, 000 volts.

Características.

- 1.- Operación en grupo bajo carga, tripolar, de accionamiento vertical.
- 2.- Capacidad de hasta 3, 000 KVA y voltajes de 2, 400 a 24, 000 V.
- 3.- Equipados con portafusibles de alta capacidad interruptiva, con mecanismo de accionamiento en grupo en caso de falla de uno de ellos.
- 4.- Para desconectar basta oprimir un botón de disparo que opera mecánicamente o bien a través de una bobina de disparo.

Operación.

El desplazamiento de sus contactos se realiza en forma vertical por medio de un sencillo y robusto mecanismo de energía almacenada que provee el cierre y la

apertura de los mismos en forma rápida y positiva, independientemente de la velocidad del operario.

Otros tipos de interruptores y sus características que de manera remota se usan en el IMSS son:

a) Interruptores Alstom tipo L-TRI 5.

Características.

- 1.- Cámaras planas para extinción del arco eléctrico.
- 2.- Dimensiones reducidas, simple y robusta construcción mecánica.
- 3.- Mecanismo de disparo manual y automático por medio de energía almacenada.
- 4.- El disparo siempre es tripolar, nunca queda operando en una fase.
- 5.- Apertura y cierre rápido, independiente de la velocidad de operación de interruptor.
- 6.- Operación confiable, mantenimiento reducido, colocación sencilla.

b) Interruptores Energomex (26 vueltas).

Características.

- 1.- Cámaras para extinción del arco eléctrico.
- 2.- Robusta construcción mecánica.
- 3.- Mecanismo de disparo manual y automático por medio de energía almacenada.
- 4.- El disparo siempre es tripolar, nunca queda operando en una fase.
- 5.- Cierre por medio de una manivela a la cual hay que dar vueltas (aprox. 26 veces).
- 6.- Relevadores de protección de sobrecorrientes.

c) Interruptores Driescher.

Características.

- 1.- Cámaras para extinción del arco eléctrico.
- 2.- Robusta construcción mecánica.
- 3.- Mecanismo de disparo manual y automático por medio de energía almacenada.
- 4.- El disparo siempre es tripolar, nunca queda operando en una fase.
- 5.- Apertura y cierre por medio de palanca.
- 6.- Apertura y cierre rápido, independiente de la velocidad de operación del interruptor.
- 7.- Operación confiable, mantenimiento reducido y colocación sencilla.

Los fusibles y cortacircuitos forman parte del grupo de dispositivos destinados a realizar la protección e interrupción de circuitos eléctricos de alta tensión, proporcionando a su vez, seguridad y confiabilidad en su operación y mantenimiento, facilidad de montaje, economía en su funcionamiento y, sobre todo, excelentes características eléctricas tanto para la conducción como para la interrupción de la corriente eléctrica dentro del rango para el cual han sido diseñados.

La unidad fusible y el elemento fusible para cada tipo de circuito están fabricados con plata. El elemento de plata, gracias a su muy alta temperatura de fusión, no pierde sus propiedades en caso de sobrecargas momentáneas, de esta manera conserva sus características de fusión, permitiendo una coordinación confiable con todo y cada uno de los dispositivos de protección del sistema.

Características de los cortacircuitos.

- 1.- Sin cámaras para extinción del arco eléctrico.
- 2.- La conexión y desconexión no es tripolar, es de acción individual por medio de pértiga.
- 3.- Su accionamiento siempre debe ser sin carga.
- 4.- Fusibles de protección integrados en la propia canilla que al accionarse desconecta sólo esa fase.

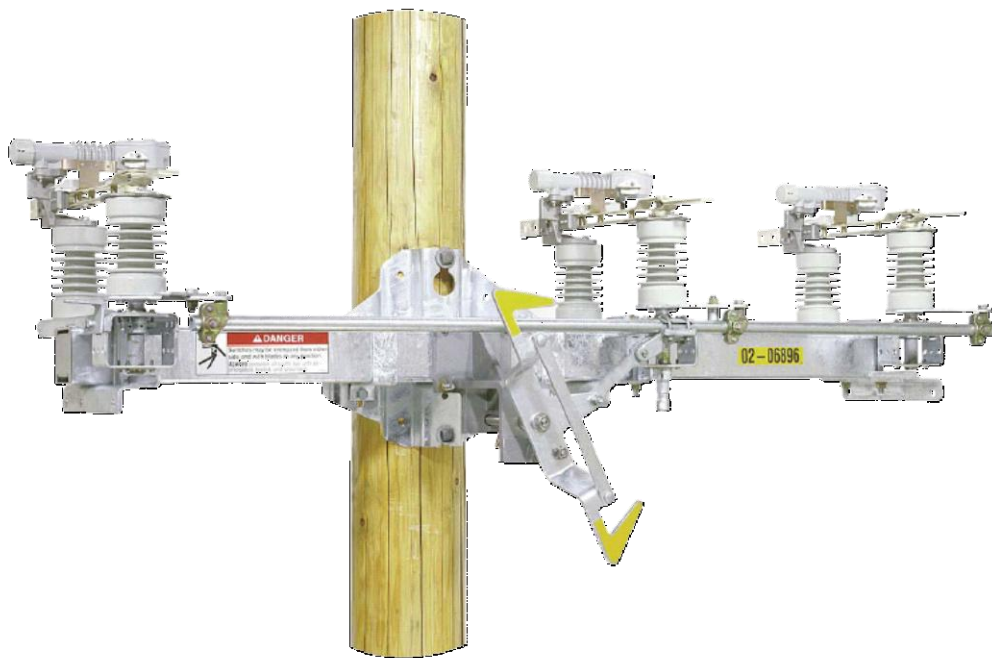


FIG 1.19

Apartarrayos.**FIG 1.20**

La función básica del apartarrayos es proteger las instalaciones eléctricas y equipo de subestaciones, principalmente los transformadores eléctricos, cuando en la línea se produce una sobretensión que puede ser debida a una caída de rayos en puntos cercanos u operación de interruptores también cercanos a las instalaciones; dicha sobretensión se deriva a tierra en forma de corrientes transitorias muy elevadas que pasan a través de las distancias de arqueo de los cilindros autovalvulares hasta la terminal de tierra, pasando por el indicador de fallas.

El apartarrayos debe ser capaz de descargar las sobretensiones y de interrumpir la corriente permanente cuando termine el primer medio ciclo de la frecuencia normal de la línea donde se presenta la sobretensión.

Esto significa la extinción completa del fenómeno en $1/120$ de segundo a 60 c.p.s.

Características de diseño.

1) Capuchón aislante.

Todo apartarrayos lleva en la terminal de alta tensión, un capuchón aislante. Este capuchón es moldeado en PVC, el cual es resistente al aceite, agua, alcaloides, ácidos e intemperie. Adicionalmente de proteger a los cilindros contra descargas de alta tensión, este capuchón es excelente contra el daño de pájaros y ardillas. Se instala fácilmente presionándolo fácilmente en el perno de la terminal superior y en cambio, requiere 4.5 kgs. para removerlo.

Todos los capuchones llevan una ranura para la entrada del cable y un recorte marcado para el caso de instalación con cable continuado.

2) Terminal superior y conector.

Construída con una alta resistencia de aleación no ferrosa, esta terminal así como la tapa superior, van estañadas electrolíticamente para que puedan conectarse conductores de cobre o aluminio desde el número 14 de alambre sólido, hasta el número 2 en cable.

Para asegurar un agarre efectivo, la tapa de la terminal tiene realces con crestas agudas formando anillos concéntricos que se encajan en el conductor durante la instalación. La grapa estañada de la terminal con su tuerca de 12.7 mm. (1/2") con 20 hilos, son a prueba de corrosión. En la parte lateral de la tapa superior, tiene marcada la tensión nominal de operación en cada apartarrayos.

3) Conjunto de cámaras de arqueo.

Los apartarrayos tienen la característica de un diseño especial de cámaras de arqueo, consistente de varias distancias de fuga, conectadas en serie y formadas por electrodos cilíndricos y anillos de latón. Éstas cámaras de arqueo están arregladas en forma que alargan por sí solas el arco de descarga. La onda de corriente formada por los electrodos dan origen a un flujo magnético que separa el arco y lo amplía, alejándolo de su punto de iniciación. Este arrastre del ardo evita que se flameen y quemen los electrodos, con lo que se reduce la radiointerferencia, se uniformizan las características de descarga y se prolonga la vida del apartarrayos. Adicionalmente, el arco queda limitado entre placas frías de cerámica que permiten al apartarrayos mejorar los valores de corriente de extinción.

4) Resorte de contacto con derivador.

Un resorte a compresión mantiene todas las partes internas, con un buen contacto eléctrico y mecánico, para evitar daños por desacomodo de piezas durante el manejo o transporte de las unidades. El derivador de cobre elimina los efectos inductivos del resorte en espiral y hace una conducción más efectiva, que en otra forma alteraría las características de protección.

5) Cilindros autovalvulares.

Los cilindros autovalvulares en los apartarrayos de distribución, son usados para limitar la corriente de extinción a un valor que pueda ser manejado por las cámaras de arqueo.

Estos cilindros de nuevo diseño, son formados por cristales de carburo de silicio y amalgamados en cerámica por medio de un moldeado a grandes presiones. Cada cilindro va revestido exteriormente con un material aislante y posteriormente

cocido en hornos a alta temperatura durante la cual se realiza la vitrificación. En este proceso, el material aislante exterior se integra al cuerpo de carburo de silicio, para protegerlo de arcos externos superficiales. El proceso de cocimiento aumenta considerablemente la capacidad térmica del cilindro. Posteriormente, a los cilindros se les aplica una capa de pintura de aluminio en ambos extremos transversales para garantizar una buena conexión eléctrica entre cilindros.

Los cristales de carburo de silicio que son el elemento básico para la operación del apartarrayos, tienen la propiedad de poseer una baja resistencia a las descargas transitorias de alta frecuencia, así como una alta resistencia a las tensiones de baja frecuencia, usuales en las líneas de transmisión. Las características de resistividad no proporcional, limitan la corriente de extinción a valores que pueden ser controlados por las cámaras de arqueo.

6) Porcelana fabricada bajo proceso húmedo.

Esta es de color chocolate formando un aislador de alta resistencia, resultado de un proceso húmedo perfeccionado, revestido con esmalte de compresión. Mientras es más pequeño y ligero, el cuerpo de porcelana está formado por faldas profundas para obtener una máxima distancia de fuga.

7) Abrazadera galvanizada de sujeción.

Se logra una sujeción sencilla a la cruceta, según normas NEMA, con la abrazadera de hierro galvanizada en caliente, que se proporciona con cada apartarrayos.

8) Indicador de fallas.

Está formado por una copa de baquelita de alta resistencia y a prueba de intemperie, que funciona instantáneamente asegurando una protección positiva, evitando que se sostenga la falla a tierra y dando una indicación visual de cual apartarrayos está fuera de servicio.

9) Sello soldado.

El adelanto más importante como medio de un perfecto sello, no depende de ningún empaque que estaría sujeto a deterioro a través del tiempo. Este sistema primero se usó hace tiempo, en la técnica del sello de aisladores para capacitores Westinghouse, el cual asegura una permanente unión entre la porcelana y la parte metálica, que no envejece ni se deteriora en el servicio a la intemperie. El sello no puede ser dañado físicamente sin fracturar primero la porcelana.

Construcción.

El cuerpo exterior está hecho de baquelita de alta resistencia, dentro de la cual van: el elemento de control, la distancia de fuga y el perno terminal de tierra. Este cuerpo es sellado independientemente del apartarrayos por medio de sellos anulares de neopreno y fueron elegidos por su excelente resistencia a deformaciones.

El elemento de control consiste de una bobina de calentamiento y de un cartucho de pólvora a prueba de humedad. La característica de tiempo-temperatura del conjunto de bobina y cartucho, se ha coordinado cuidadosamente para asegurar que el cartucho nunca opere cuando las funciones del apartarrayos son normales y en cambio, siempre operará si el apartarrayos deja de interrumpir el arco. En paralelo con la bobina y el cartucho, queda localizada la distancia de fuga. La función de esta distancia es puntear las descargas a tierra, durante las altas

frecuencias de impulso, evitando así que operen la bobina y el cartucho cuando las condiciones son normales.

Este indicador de fallas es libre del efecto de radiofrecuencia, ya que la distancia de fuga es puentada por la bobina, descargando cualquier corriente de fuga que pase por el apartarrayos. El arreglo de la bobina protege la copa moldeada de baquelita de cualquier descarga externa, debido a la corriente de fuga que se origina sobre la superficie exterior de los apartarrayos cuando se contaminan, también manteniendo el cartucho fuera de cualquier trayectoria de corriente de fuga.

Operación.

La descarga de un rayo cae sobre una línea y pasa por el interior del apartarrayos hacia tierra. Al llegar al indicador de fallas, esta descarga tiene que elegir entre dos caminos: a través de la bobina o a través de la distancia de fuga. Como la inductancia de la bobina resulta alta al cociente dA/dt de la descarga, se origina una caída de tensión ($E=ZdA/dt$) a través de la bobina que excede la tensión de fuga de la distancia.

Por lo tanto, la corriente pasa a través de la distancia de fuga y de ahí a tierra. Una vez que la descarga ha terminado, la corriente remanente es la de extinción y en estas condiciones la frecuencia es cercana a la normal de la línea de transmisión, por lo que dejará pasar la corriente por la distancia de fuga y se irá por la bobina a tierra. La bobina está hecha de alambre de suficiente sección para poder manejar la corriente normal de extinción, que no dura más de medio ciclo debido a la actuación de las cámaras de arqueo. Ahora bien, si el apartarrayos se daña, el indicador de fallas queda sujeto a una corriente de extinción de mayor duración, lo cual calentará dicha bobina y ésta a su vez, originará la explosión del cartucho. El cartucho al explotar, rompe la baquelita a lo largo de la sección más débil, y por lo tanto, la terminal de tierra se separará del apartarrayos instantáneamente.

Indicador de fallas.

El indicador de fallas tiene como objeto desconectar la terminal de tierra, en caso de una remota falla del apartarrayos. Es factible que un apartarrayos falle bajo condiciones adversas y anormales, tales como corrientes excesivas por descargas de rayos, tensiones anormales en el sistema o combinaciones de los dos casos anteriores.

Junto con el indicador de fallas, el apartarrayos tiene, en la tapa inferior, un agujero de ventilación que opera únicamente cuando el apartarrayos falla, liberando cualquier presión interna. En caso de que el indicador de fallas opere, basta una pequeña corriente de falla para fundir la soldadura que tapa el agujero de ventilación. A corrientes mayores de falla, se origina un arco entre la parte rota del indicador de fallas y el extremo de la tapa inferior. Este arco produce suficiente calor para perforar la tapa, permitiendo la liberación total de la presión interna. Ninguna otra condición origina suficiente calor para fundir la soldadura.

Tensión nominal del apartarrayos.

La tensión nominal del apartarrayos es el valor efectivo de la tensión alterna de frecuencia fundamental (60Hz) a la cual se efectúa la prueba de trabajo, y que puede aparecer en forma permanente en el apartarrayos sin dañarlo.

A esta tensión del apartarrayos se extingue la corriente de frecuencia fundamental, por lo que se conoce también como “tensión de extinción del apartarrayos”

Tensión de arqueo.

La tensión de arqueo es la magnitud de la tensión a la cual se produce el arqueo en el apartarrayos.

Corriente nominal de descarga.

Es la magnitud de la corriente que el apartarrayos descarga a tierra sin que opere el indicador de falla. La tensión residual del apartarrayos depende de la corriente de descarga.

1.3 Sistema de tierra.

Las instalaciones eléctricas deben estar diseñadas para prevenir el peligro de cualquier contacto accidental de las partes metálicas que rodean a los elementos que se encuentran bajo tensión, los cuales deben estar provistos de los apoyos y aisladores adecuados. Aún con estas medidas de seguridad permanece el peligro de que estas partes normalmente aisladas tengan contacto con las partes que no están a tensión y se tenga una diferencia de voltaje con respecto al suelo (tierra) que podría causar algún accidente.

Este peligro se puede reducir y eventualmente eliminar estableciendo una conexión a tierra conveniente que se denomina "sistema de tierra".

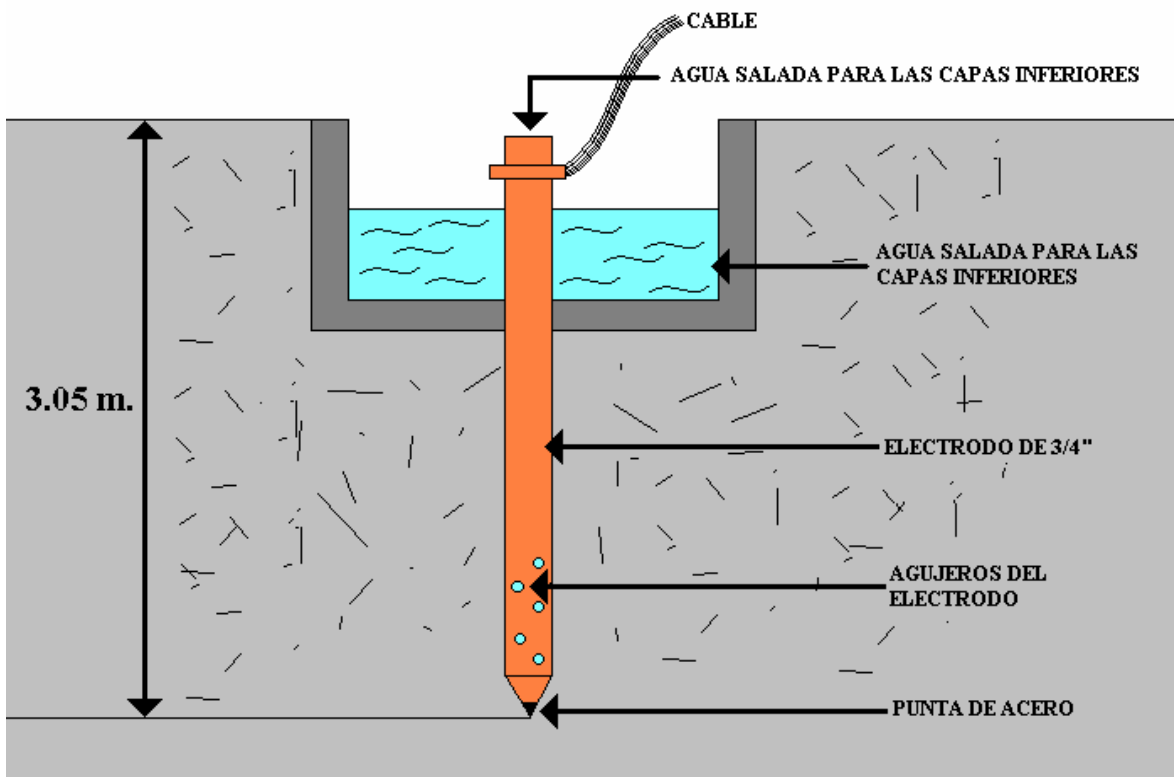


FIG 1.21

1) Conexión a tierra para protección.

Es necesario conectar eléctricamente al suelo aquellas partes de las instalaciones eléctricas que no se encuentran sujetas a voltaje normalmente, pero que pueden tener diferencias de voltaje a causa de fallas accidentales, tales como pueden ser: los tableros eléctricos, el tanque de los transformadores o interruptores, la carcasa de las máquinas eléctricas, la estructura metálica de las subestaciones o de las líneas de transmisión y en general todos los soportes metálicos de equipos y aparatos.

2) Conexión a tierra para funcionamiento.

Con el fin de mejorar el funcionamiento, tener mayor seguridad y mejorar la regularidad de operación es necesario establecer una conexión a tierra en determinados puntos de una instalación eléctrica, como por ejemplo los neutros de los alternadores, de los transformadores, en los devanados conectados en estrella, la conexión a tierra de los apartarrayos, de los hilos de guarda, de los transformadores de potencial y algunos otros.

3) Factores que determinan la resistencia de las conexiones a tierra.

I.- Factores del terreno.

- 1.- Clase de terreno.
- 2.- Humedad del terreno.
- 3.- Salinidad del terreno.
- 4.- Temperatura del terreno.

II.- Factores de los electrodos.

- 1.- Profundidad de los electrodos.
- 2.- Diámetro de los electrodos.
- 3.- Separación de los electrodos.
- 4.- Número de los electrodos.
- 5.- Material de los electrodos.

A continuación se explica como influye cada uno de los factores anteriores.

I.- Factores del terreno.

1.- Clase del terreno. La clase del terreno es de primerísimo importancia para un buen sistema de tierras. Para dar una idea de la resistencia eléctrica que tiene cada tipo de terreno, se compara la resistencia del cobre contra la resistencia del terreno que es mucho mayor.

Clase de terreno	Resistencia (ohm)	Comparación con el cobre
Suelo pantanoso	50	29 veces la del cobre
Tierra de labor	100	57 veces la del cobre
Tierra de arcilla	100	57 veces la del cobre
Tierra arenosa	600	342 veces la del cobre
Suelo guijarroso	1, 000	570 veces la del cobre
Suelo rocoso	3, 000	1, 710 veces la del cobre

2.- Humedad del terreno. Cuanto mayor sea la humedad del terreno, se reducirá la resistencia eléctrica del terreno, especialmente cuando la humedad es superior al 15%. Para un buen sistema de tierras se elegirá un terreno suficientemente húmedo.

3.- Salinidad del terreno. Al aumentar la salinidad del terreno, la resistencia eléctrica del terreno disminuye. Para un mejor resultado conviene tratar el terreno con sal común, además ayuda a conservar la humedad del terreno.

4.- Temperatura del terreno. Las temperaturas de cero grados centígrados o menores, congelan el agua contenida en el terreno su resistencia eléctrica. La temperatura deseable es no menor de 10°C pero como no es práctico calentar el terreno, surge la necesidad de enterrar los electrodos hasta una profundidad que alcance capas menos frías de la tierra y por ello fuera de la zona de congelación del agua. Cuanto más alta sea la temperatura del terreno, menos será su resistencia eléctrica.

II.- Factores de los electrodos.

1.- Profundidad de los electrodos. La profundidad mínima de los electrodos de $\frac{3}{4}$ de pulgada es de 2.5 metros, pero cuanto mayor profundidad tenga es mejor. A mayor profundidad alcanzada por los electrodos, menor será la resistencia eléctrica del sistema de tierras.

2.- Diámetro de los electrodos. El diámetro del electrodo puede ser de $\frac{3}{4}$ de pulgada o mayor si es necesario, pero cuanto mayor sea el diámetro del electrodo, se aumenta la superficie de contacto entre el electrodo y el terreno y por ello la resistencia eléctrica de contacto disminuye. Cuanto mayor sea el diámetro del electrodo, menor será la resistencia eléctrica del sistema de tierras.

3.- Separación de los electrodos. Para electrodos de $\frac{3}{4}$ de pulgada, enterrados a 3 metros, se ha observado que a partir de 2 metros de separación de los electrodos, la resistencia eléctrica de la toma de tierras ya no disminuye notablemente. Para separaciones menores de 2 metros, la resistencia eléctrica se eleva mucho. La separación mínima aceptable entre los electrodos será de 2 metros y a separaciones mayores y razonables, la resistencia eléctrica del sistema de tierras disminuye. Para fines prácticos se tomará una separación entre electrodos de 3 metros.

4.- Número de electrodos. A medida que se ponen más electrodos, por el hecho de que la resistencia eléctrica de cada uno de ellos quede conectada en paralelo, la resistencia eléctrica total disminuye. Cuanto mayor sea el número de electrodos interconectados, menor será la resistencia eléctrica de la toma de tierras.

5.- Material de los electrodos. Para una buena conductividad de conexiones a tierra el material utilizado es normalmente cobre electrolítico con una pureza de 99.9%. La conductividad de la varilla aumenta considerablemente cuando tiene alma de acero de bajo contenido de carbón.

e) *Acoplamiento.*

Esta sección sin puertas resguarda los buses de conexión de los fusibles de potencia del módulo anterior y los bornes primarios del transformador, conservando las distancias mínimas de Norma.

f) Transformación.



FIG 1.22

La sección de transformación de una subestación eléctrica es la más importante porque es en ella en donde se transfiere la energía eléctrica cambiando el valor de la tensión a los valores de utilización.

Contiene un transformador de distribución o potencia, marca IESA, sumergido en aceite, auto enfriado, 3 fases, 60c.p.s., adecuado para operar a 2,300m.s.n.m., con una elevación de temperatura de 65°C sobre la del ambiente, 4 derivaciones de $\pm 2.5\%$ c/u en el primario, excepto el de 23Kv, 150Kv BIL., con conexión Delta que está provisto con 5 derivaciones de capacidad plena de 1, 000V c/u, 1 arriba y 4 abajo de 23Kv.

Con estas derivaciones, el transformador puede operar satisfactoriamente.

En los transformadores eléctricos industriales, las terminales de alto voltaje están marcadas con H1, H2 y H3 y las de bajo voltaje con X1, X2, X3 y X0.

El devanado secundario es de 220/127 V ó 440/254 V, conexión estrella con el neutro accesible.

Los bornes primarios y secundarios del transformador, irán dentro de una cámara de terminales, para permitir el acoplamiento directo a la subestación y al tablero de baja tensión, o conexión a este último.

Complementado con los accesorios normales y aceite aislante necesario.

Construido cumpliendo con lo establecido por las normas ANSI.

Tipos de transformadores.

- Transformadores de distribución tipo pedestal. Conjunto formado por un transformador de distribución con un gabinete integrado en el cual se incluyen accesorios para conectarse en sistemas de distribución subterránea, éste conjunto está destinado para instalarse en un pedestal y para servicio en intemperie (NOM-002-SEDE-1999).



FIG 1.23



FIG. 1.24

- Transformadores de distribución tipo poste. Es aquel transformador de distribución que por su configuración externa esta dispuesto en forma adecuada para sujetarse o instalarse en un poste o en alguna estructura similar (NOM-002-SEDE-1999).



FIG 1.25

- Transformadores de distribución tipo subestación. Es aquel transformador de distribución que por su configuración externa está dispuesto en forma adecuada para ser instalado en una plataforma, cimentación o estructura y su acceso está limitado por un área restrictiva (NOM-002-SEDE-1999).

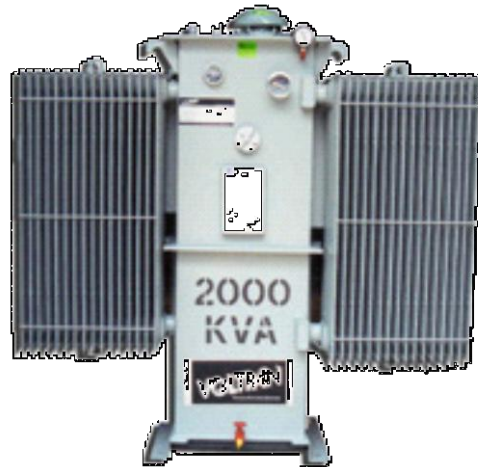


FIG 1.26

-Transformadores de distribución tipo sumergible. Es aquel transformador de distribución que por su configuración externa está dispuesto en forma adecuada para ser instalado en un pozo o bóveda y que estará expuesto a sufrir inundaciones (NOM-002-SEDE-1999).

Cambiador de derivaciones.

Por lo general se manejan en el IMSS dos tipos de cambiador de derivaciones:

- Externo. El cual se acciona desde el exterior y el cambio es en las tres fases con un solo movimiento.
- Interno. El cual se acciona dentro del transformador y el cambio es individual en cada una de las fases.

En ambos casos la variación de tensión es en el lado primario del transformador y se debe de realizar sin energía y aterrizado.

g) *Media tensión.*

Para la sección de media tensión se utilizan como terminales subterráneas conector de codo para corte de sistemas de potencia, el cual es una terminación de enchufe completamente blindada y aislada para la conexión de cable subterráneo en transformadores, gabinetes de conmutación y uniones equipadas con boquillas de corte. El conector de codo y la boquilla comprenden las componentes esenciales en todas las conexiones de corte.



FIG 1.27

h) *Baja tensión.*

FIG 1.28

Finalidad.

Agrupar en gabinetes compactos autosoportados, dispositivos de distribución y control de la energía eléctrica en baja tensión (hasta 600 volts), así como elementos para la protección de los conductores y equipos eléctricos de las instalaciones para obtener un medio seguro y eficiente de distribución, control y medición de la energía eléctrica utilizada.

Está constituida por los siguientes elementos:

a) Gabinete. Son las cajas metálicas que tienen por objeto formar el soporte de los equipos eléctricos de control y protección protegiéndolos del medio ambiente y evitando el contacto accidental de la persona con las partes energizadas, pueden ser de tipo interior o intemperie.

b) Barras. Son los elementos de conexión entre el interruptor general y los derivados, en los sistemas trifásicos son tres barras rectangulares de aluminio o cobre electrolítico.

c) Interruptores. Parte principal del tablero de baja tensión, pueden ser de fusibles limitadores de alta capacidad, interruptores termomagnéticos o interruptores electromagnéticos individuales o agrupados en interruptor general y derivados.

Los componentes principales en esta sección son los interruptores el cual es un elemento de operación con carga que además sirve de protección a tiempo de retardo en sobrecorrientes instantáneas en cortocircuitos.

Los interruptores están formados básicamente por tres componentes:

- El mecanismo de operación. El mecanismo de apertura puede ser operado en forma manual, mediante el uso de la palanca o manija de operación o

automáticamente mediante la acción de soltar el sujetador del gatillo de disparo.

- Elementos de disparo. La función de cada elemento de disparo es la de accionar el mecanismo en caso de una sobrecorriente prolongada o de cortocircuito. Para efectuar esta operación, se ha provisto de una acción térmica y magnética combinada.

- Los supresores de arco. La extinción del arco se efectúa en $\frac{1}{2}$ ciclo aproximadamente.

Tipos de interruptores usados en el IMSS.

- Interruptores termomagnéticos en caja moldeada.



FIG 1.29

- Interruptores termomagnéticos H-2 y HL-2 de Federal Pacific.



FIG 1.30

- Interruptores electromagnéticos.



Interruptor general de baja tensión. De navajas o termomagnético en subestaciones con transformadores de 15 a 150 KVA y 220/127 V. En subestaciones de 225 a 2, 500 KVA se instalan los interruptores de potencia en aire tipo H-3.

Interruptores derivados de baja tensión. Pueden ser de navajas, termomagnéticos, arrancadores o centros de control de motores y tableros de alumbrado según sea necesario.

Los interruptores electromagnéticos para bajo voltaje tipo H - 2 y HL – 2, están diseñados para controlar y proteger circuitos eléctricos de fuerza que operan a tensiones máximas de 250 V C.D. ó 600 V C.A.

Estos aparatos operan de manera segura conectando o desconectando manualmente la carga de los circuitos de fuerza y automáticamente cuando se presentan condiciones que provocan sobre intensidades de corriente en cualquiera de las fases que protegen. El montaje de estos interruptores es fijo o removible.

En los primeros, las terminales de línea y carga han sido diseñados para atornillar firmemente a zapatas de conexión o a las barras conductoras del tablero

Todos los interruptores H – 2 y HL – 2, efectúan su cierre mediante la energía almacenada en un resorte y están equipados con una palanca para comprimir o cargar manualmente dicho resorte. Los interruptores de operación eléctrica llevan instalado un equipo adicional operado por un motor para cargar automáticamente el resorte.

Los interruptores tipo HL – 2 son similares a los H – 2, pero están equipados con fusibles limitadores de alta capacidad interruptiva montados en la parte posterior y del lado de la línea del aparato. Todos los interruptores HL – 2, son de montaje removible.

i) Aisladores.

Tipos

Los aisladores en las subestaciones eléctricas se emplean como elementos de montaje y sujeción de barras y conductores, existen básicamente dos tipos:

- Tipo soporte
- Tipo suspensión.

El empleo de cada uno de estos tipos está sujeto al elemento conductor usado en el sistema de barras de la instalación, así por ejemplo si se emplea barra sólida, el aislador será de soporte; pero si se emplea cable, entonces es común el empleo de aisladores tipo suspensión formado por cadenas montadas generalmente en posición horizontal.

Se fabrican para uso interior y exterior por lo general de vidrio vides y porcelana, aunque para instalaciones interiores también se fabrican de resinas fundidas.

Selección.

Los aisladores tipo soporte se usan para instalaciones de alta tensión y por la alta resistencia de la resina sintética contra influencias climatológicas, y de tipo suspensión se puede usar en ambientes de aire húmedo y en climas tropicales de temperatura ambiente de hasta 90°C.

Para la selección de las dimensiones de los aisladores depende de la tensión nominal del sistema, los fabricantes recomiendan en sus catálogos, los adecuados basados en pruebas de laboratorio que cumplen con las normas establecidas.

CAPÍTULO 2. EQUIPOS DE MEDICIÓN Y PRUEBA

2.1. Medición.

a) Finalidad.

La compañía suministradora entregara al consumidor una correcta y justa facturación si realiza una medición con exactitud tanto de consumo como de demanda.

b) El equipo de medición instalado en las subestaciones está formado básicamente por kilowatthorímetro, medidor de demanda máxima, fasímetros o medidor de factor de potencia, transformadores de medición, transformador defasador y block de pruebas.



FIG 2.1

c) El Kilowatthorímetro.

El kilowatthorímetro es un instrumento de medición que totaliza la potencia utilizada durante un cierto tiempo, usando una unidad práctica que es el Kilowatthora.

Los kilowatthorímetros pueden ser monofásicos o trifásicos pero el principio de funcionamiento se puede comprender si se conocen los componentes básicos del waththorímetro monofásico.

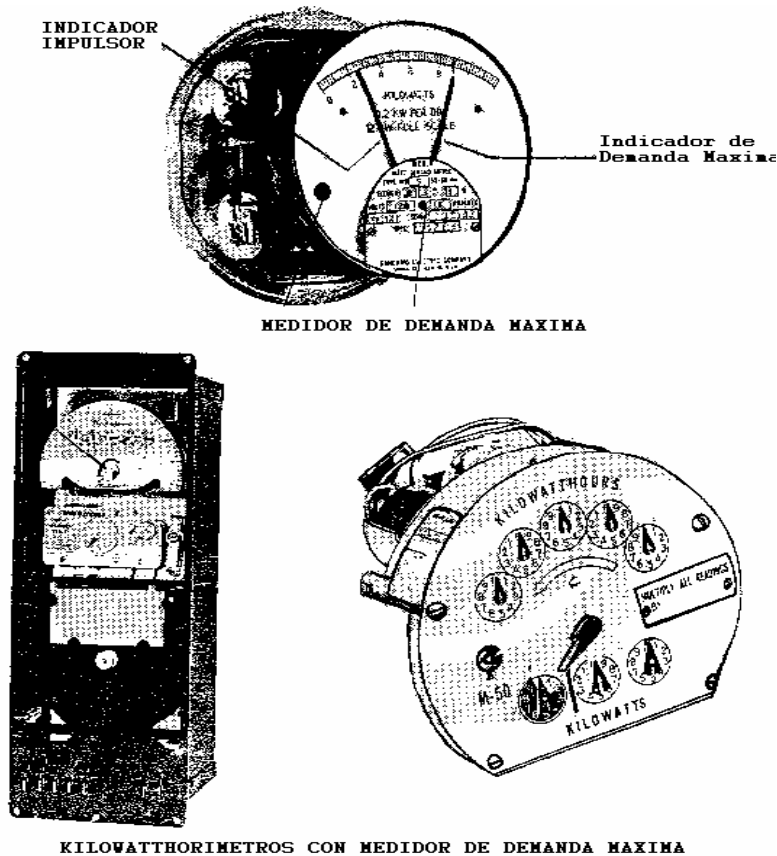


FIG 2.2

Descripción de los componentes de un wathorímetro monofásico.

La bobina de corriente está hecha de pocas espiras de alambre grueso, puesto que al conectarse en serie llevará la corriente de línea. La intensidad de corriente que circula por la bobina crea un campo magnético que induce corrientes en el disco de aluminio.

La bobina de potencial está formada por muchas espiras de alambre delgado por lo que, aunque la intensidad de corriente que la recorre es pequeña, crea un campo magnético que interacciona con las corrientes inducidas en el disco provocando un par de rotación.

De esta forma la velocidad del disco depende de la intensidad de corriente que circula por la bobina de corriente y de la diferencia de potencial aplicada.

El disco, mediante un sistema de engranes mueve las manecillas del registro. El imán es un medio para regular la velocidad del disco y es uno de los puntos donde se calibra el medidor.

d) Medidor de demanda máxima.

La compañía suministradora realiza un cobro al consumidor por la cantidad de kilowatts de carga conectada en un tiempo determinado (en horas), es decir, hace un cargo por los kilowatts hora y se llama cargo por consumo de energía eléctrica.

Pero también aplica un cargo adicional por el promedio de las cargas eléctricas máximas conectadas durante intervalos de tiempo de 15 ó 30 minutos, este es un cargo por “demanda máxima”.

El cargo por “consumo” de energía eléctrica se hace con base a la lectura tomada del wathorímetro. El cargo por “demanda máxima” se realiza con la lectura tomada en el “medidor de demanda máxima” que algunas veces está integrado en el wathorímetro y otras viene como un medidor individual.

Existen dos tipos de medidores de demanda máxima.

1.- Mecánicos

2.- Térmicos.

El medidor de demanda máxima mecánico cuenta directamente las revoluciones del disco de wat horas con un registro mecánico durante un intervalo mecánicamente marcado. Por el conteo de las revoluciones a través de impulsos, los totaliza al cumplirse el intervalo de 15 ó 30 minutos y los marca en un indicador separado o en un indicador gráfico.

En un medidor de demanda máxima térmico se utilizan dos bobinas bimetálicas y un calentador o resistencia eléctrica que tiene un intervalo de tiempo marcado por el efecto calorífico de la carga. La lectura en el medidor de demanda máxima térmico se realiza por:

- Indicadores de demanda con aguja de demanda máxima.
- Por medio de registradores gráficos.

e) Transformadores de medición.

I.- Usos.

Principalmente se usan por su precio, debido a que los medidores o relevadores para medir alta tensión o corriente directamente, gastarían más energía y serían mucho más costosos tanto en su precio de venta como en su mantenimiento, que la combinación usada de medidores y relevadores.

II.- Funciones.

Las funciones de los transformadores para instrumento son:

Primero, para aislar los circuitos de medición y control de los circuitos de potencia de alta tensión, suministrando con ello una protección a los medidores y aparatos de control, así como también a las personas que deben trabajar con ellos.

Segundo, sirven para reducir un sinnúmero de valores de tensión y corrientes nominales que se encuentran en los circuitos de fuerza a una base común, logrando con ello, la estandarización de los medidores y relevadores.

III.- Tipos.

Hay dos tipos diferentes de transformadores para instrumento, los “transformadores de corriente” y los “transformadores de potencial”, los primeros son utilizados para cambiar la corriente del circuito primario a un valor normalizado, y son usualmente subdivididos en dos clases, dependiendo del servicio a que van a estar destinados, a sea, transformadores para medición y transformadores para protección. Los segundos como su nombre lo indica, son usados para cambiar el potencial del circuito primario a un valor tal que puede ser

usado con los instrumentos de medición y protección normales (generalmente 120 ó 115volts). Como los transformadores de corriente para medición son usados para medir directamente valores de corriente y de potencia, es importante que los errores tanto de relación como de ángulo de fase sean los más pequeños posibles prácticamente, ya que ambos afectan las medidas de potencia. Los transformadores de corriente para protección son usados para la operación de los relevadores en circuitos de protección y control, y para tales aplicaciones errores mayores pueden ser aceptados. Más aún, para este tipo de aplicación los errores de ángulo de fase generalmente tienen muy poca importancia, ya que la operación de los relevadores no es afectada apreciablemente por tales errores.

IV.- Características.

Las principales características de los transformadores de potencia y corriente se muestran en la siguiente tabla:

	Transformador de potencial	Transformador de corriente
Tensión	Constante	Variable
Corriente	Variable	Constante
La carga determina	La corriente	La tensión
Causa del error	Caída de tensión en serie	Corriente derivada en paralelo
Carga secundaria	Cuando Z2 disminuye	Cuando Z2 aumenta
Conexión del transformador a la línea	En paralelo	En serie
Conexión de los aparatos al secundario	En paralelo	En serie

V.- Selección.

Los factores que determinan la selección de los transformadores para instrumento son:

- El tipo de instalación.
- El tipo de aislamiento.
- La potencia y clase de precisión.

Instalación.

Los aparatos pueden ser construídos para ser usados en instalaciones interiores o exteriores. Generalmente por razones de economía, las instalaciones de baja y media tensión, hasta 25KV, son diseñadas para servicio interior. Las instalaciones de tipo exterior son de tensiones desde 34.5 a 400KV.

Aislamiento.

Material para baja tensión.

Generalmente, los aparatos son construídos con aislamiento en aire o aislamiento en resina sintética, ya que lo común son las instalaciones interiores.

Material de media tensión.

Los transformadores para instalaciones interiores (tensión de 2.5 a 25KV) son construídos ya sea con aislamiento de aceite con envoltente de porcelana (concepción antigua), con aislamiento de resina sintética (concepción moderna).

Hay que hacer notar que la mayoría de los diseños actuales consideran el material seco, los aparatos con aislamiento en aceite o masa aislante (compound) se utilizan muy poco y sólo para ampliaciones de instalaciones existentes.

Los aparatos para instalaciones exteriores son generalmente construídos con aislamiento porcelana-aceite, aunque la técnica más moderna está realizando ya aislamiento en seco para este tipo de transformadores.

Potencia.

La potencia nominal que se debe seleccionar para los transformadores de medición está en función de la utilización a que se destina un aparato.

Clase de precisión.

La selección de la clase de precisión depende igualmente de la utilización a que se destinen los transformadores. Independientemente a esto, los transformadores y los aparatos que van a ser conectados a ellos deberán presentar una similitud de exactitud.

Para las mediciones industriales y puramente inductivas de voltímetros y amperímetros, las clases 1, 2 y 3 son siempre suficientes. En algunos casos, la clase 0.6 es utilizada, cuando se trata de instrumentos más precisos.

Para las mediciones de energía, las clases 0.3 y 0.6, son las más comúnmente utilizadas, se emplea la clase 0.3 en los casos de instalaciones de gran potencia, donde dicha clase se justifica.

Para transformadores de corriente empleados en la alimentación de sistemas de protección, las clases de precisión 2.5, 5 y 10 son utilizadas, con valores definidos de factores de sobrecarga.

2.2 Transformadores de corriente.

Los transformadores de corriente tienen por finalidad llevar la corriente que se desea medir a un valor cómodo para manipular y registrar. Conectados en serie con las líneas de alimentación, están sujetos a las mismas sobretensiones y sobrecorrientes que ellas. Estas sobrecorrientes, que son provocadas generalmente por un cortocircuito, no son solamente función de la potencia tomada por el circuito de alimentación, sino que dependen de la potencia de la planta y de la impedancia de los circuitos afectados.

Hace falta entonces tener en cuenta la capacidad de cortocircuito del sistema y el lugar en donde se conectará el transformador de corriente.

Instalación.

Suponiendo que se ha elegido el tipo de instalación (interior o intemperie) conviene examinar todavía qué tipo de transformador de corriente será posible utilizar en la instalación.

En efecto, la elección de un modelo puede estar influenciada por elementos particulares como pueden ser posición, altura, mantenimiento previsto, etc.

Tensión nominal de aislamiento.

La tensión nominal de aislamiento de un transformador de corriente debe ser cuando menos igual a la tensión más elevada del sistema en que se utilice.

La elección de la tensión nominal de aislamiento depende igualmente de las condiciones especiales de la instalación elegida. En climas salinosos, tropicales, con neblina o en instalaciones a altitudes superiores de 1, 000 metros, se deberá prever un nivel de aislamiento superior.

Realización.

Los transformadores de corriente pueden ser construídos con un solo o varios circuitos magnéticos, según las necesidades particulares de su utilización.

Los transformadores son provistos con un solo circuito magnético, cuando alimentan a un solo aparato, teniendo una función bien definida, por ejemplo: medición o protección, o cuando las exigencias de la explotación permiten conectar, sobre el mismo circuito magnético, aparatos teniendo funciones diferentes, pero donde las influencias mutuas de ellas no tienen consecuencias (un amperímetro indicador y un relevador de sobrecorrientes).

Cuando son provistos con núcleos separados, cada circuito magnético alimenta los aparatos que tengan una función definida, por ejemplo: un transformador que tenga tres circuitos magnéticos separados, puede alimentar:

- El primero, la medición de precisión (facturación).
- El segundo, una protección diferencial.
- El tercero, mediciones industriales y relevadores de sobrecorrientes.

Un aparato construído con 2 ó 3 circuitos magnéticos separados se comporta, teóricamente, como si se tratara de 2 ó 3 aparatos completamente diferentes, ya que sólo el bobinado primario es común, los circuitos magnéticos y los bobinados secundarios están completamente independientes y separados.

Los transformadores de corriente destinados a se utilizados en subestaciones de alta tensión (intemperie) y subestaciones interiores con gran capacidad en el sistema de alimentación, son comúnmente construídos con varios núcleos separados.

Corrientes nominales normalizadas para transformadores de corriente.

La corriente nominal de los bobinados primarios y secundarios de un transformador de corriente son los valores para los cuales los bobinados están diseñados. Las diferentes normas (ASA, VDE, CEB, CEI, etc.) han normalizado los valores de las corrientes primarias y secundarias de los aparatos.

Corriente nominal primaria.

Se seleccionará generalmente el valor normalizado superior a la corriente nominal de la instalación. En ciertos tipos, se realiza una doble o una triple relación primaria, ya sea por medio de conexiones serie paralelo del bobinado primario, o por medio de tomas en los bobinados secundarios.

Corriente nominal secundaria.

El valor normalizado es generalmente de 5 amperes, en ciertos casos, cuando el alambrado del secundario puede representar una carga importante, se puede seleccionar el valor de 1 ampere.

Carga secundaria.

La carga secundaria para un transformador de corriente es el valor en ohms de la impedancia constituida por los instrumentos conectados al secundario, comprendiendo sus conexiones.

La carga secundaria nominal es la impedancia del circuito secundario correspondiente a la potencia de precisión bajo la corriente nominal.

Potencia nominal.

La potencia nominal de los transformadores de corriente es la potencia aparente secundaria bajo corriente nominal, determinada considerando las prescripciones relativas a los límites de errores; está indicada generalmente en la placa de características y se expresa en volt-amperes aunque también puede expresarse en ohms.

Valores normales de potencia de precisión y factores de potencia.

2.5 VA.	Cos ϕ = 0.9
5.0 VA	Cos ϕ = 0.9
12.5 VA	Cos ϕ = 0.9
25.0 VA	Cos ϕ = 0.5
50.0 VA	Cos ϕ = 0.5
100.0 VA	Cos ϕ = 0.5
200.0 VA	Cos ϕ = 0.5

B.- Transformadores de potencia.

Conexión.

Los transformadores de potencia van conectados ya sea entre fases o bien entre fase y tierra.

La conexión entre fase y tierra se emplea normalmente con grupos de 3 transformadores monofásicos conectados en estrella, se realiza:

- 1) Cuando se trata de subestaciones exteriores.
- 2) Cuando se desea medir la tensión y la potencia de cada una de las fases por separado.
- 3) Para alimentar algún indicador de tierra.
- 4) Cuando el número de VA suministrado por dos transformadores de potencial es insuficiente.

Tensión nominal de servicio.

Se escoge generalmente la tensión nominal de aislamiento, en KV, superior y más próxima a la tensión de servicio.

Tensión nominal secundaria.

La tensión nominal secundaria es de 120Volts para los transformadores de tensión nominal de servicio de hasta 25KV y de 115Volts con aquellos de 34.5 o más.

En transformadores conectados entre fase y tierra es normal también una tensión secundaria de 115/1.73Volts.

Los transformadores de potencia son construídos en la generalidad de los casos con un solo bobinado secundario, que alimenta los aparatos de medición y de protección. Se cuenta normalmente con dos bobinados secundarios en el caso de que se desee alimentar relevadores de tierra.

Potencia nominal.

Para escoger la potencia nominal de un transformador de tensión se hace generalmente la suma de las potencias nominales de todos los aparatos conectados al secundario. Se tiene en cuenta, por otro lado, las caídas de tensión en las líneas si las distancias entre los transformadores y los instrumentos de medición son importantes.

Se escoge la potencia normal inmediata superior a la suma de las potencias. Los valores normales de las potencias de precisión y de sus factores de potencia, son los siguientes:

12.5 VA.	$\text{Cos } \varnothing = 0.1$
25 VA.	$\text{Cos } \varnothing = 0.7$
75 VA.	$\text{Cos } \varnothing = 0.85$
200 VA.	$\text{Cos } \varnothing = 0.85$
400 VA.	$\text{Cos } \varnothing = 0.85$

Clases de precisión.

Las clases de precisión normales para los transformadores de potencia son 0.1, 0.3, 0.6, 1.2 y 3; la primera y la última clase no están consideradas en las normas ASA. Las siguientes tablas presentan las diferentes clases de precisión de los instrumentos normalmente conectados y a las potencias comunes de sus bobinados:

Clase	Utilización
0.1	Calibración
0.3	Medición en laboratorios, alimentación de integradores (wathorímetros) para sistemas de gran potencia.
0.6	Instrumentos de medición e integradores (wathorímetros)
1.2 y 3	Vóltmetros de tableros, vóltmetros registradores, wattmetros de tableros, wathorímetros, frecuenciómetros de tablero, sincronoscopios, reguladores de tensión, relevadores de protección, etc.

Aparatos	Consumo aproximado en VA
Vóltmetros	
Indicadores	3.5-15
Registradores	15-25
Wáttmetros	
Indicadores	6-10
Registradores	5-12
Medidores de fase	
Indicadores	7-20
Registradores	15-20
Watthorímetros	3-15
Frecuenciómetros	
Indicadores	1-15
Registradores	7-15
Relevadores de tensión	10-15
Relevadores selectivos	2-10
Relevadores direccionales	25-40
Sincronoscopios	6-25
Reguladores de tensión	30-250

Factor de potencia.

En las instalaciones eléctricas industriales, algunos equipos como los transformadores, motores, soldaduras, etc., ocupan una parte de la intensidad de corriente para producir en sus bobinas el campo magnético necesario para su funcionamiento, la otra parte para producir trabajo.

La intensidad de corriente magnetizante es devuelta a la red, por lo que el wathhorímetro no registra la potencia utilizada por esta corriente (potencia reactiva) pero sí obliga a los generadores, transformadores y líneas de distribución a soportar intensidades muy altas que representan sobrecargas.

El número que resulta de dividir la potencia de la corriente que produce trabajo (potencia activa), entre la potencia de la corriente que produce el magnetismo (potencia reactiva) se llama factor de potencia.

Se debe conocer mes a mes el factor de potencia, para saber su importancia, tomemos uno de los párrafos de las tarifas aplicables al suministro de energía eléctrica, aparecido en el Diario Oficial de la Federación, el día 19 de enero de 1962.

“...En caso de que el factor de potencia del consumidor durante cualquier mes tenga un promedio menor de 85% atrasado, el suministrador tendrá derecho a cobrar al consumidor la cantidad que resulte de multiplicar el monto del recibo correspondiente, por 85% y dividir el producto entre el factor de potencia medio atrasado, en por ciento, observado durante el mes...”

En otras palabras, si operamos con F.P. inferior a 85% tendremos un recargo monetario en el monto a pagarse por consumo de energía. Por ejemplo:

Si un consumidor industrial necesita mensualmente una potencia real cuyo costo es de \$25, 000 y opera con un factor de potencia medio de 70% deberá pagar:

$$\frac{25,000 \times 0.85}{0.70} = \$30,357.10$$

Mensuales, lo que supone un 21% de pago adicional, por penalidad.

En la práctica, suele multiplicarse por 100 el factor $\cos \phi$, quedando medido el factor de potencia en tanto por ciento: porcentaje de potencia real consumida, con relación a la potencia aparente.

Métodos para determinar el F.P.

Para determinar el factor de potencia de un circuito de 3 fases, 3 hilos, pueden usarse cuatro diferentes métodos:

- 1.- Conexión "W1 – W2" o método de los dos wattímetros.
- 2.- Conexión "Z" o método "Z".
- 3.- Conexión "para medir KVARH".

El cuarto método, o sea la medición de KVARH se puede efectuar mediante un wathhorímetro polifásico conectadas sus bobinas de potencia a un autotransformador defasador, o bien, con un medidor de KVARH que no requiera defasador.

Los métodos 1 y 3 son recomendables para cargas balanceadas. Sin embargo, el 3 ya no se usa en el sistema de la C.F.E.

Los otros dos métodos se pueden aplicar, tanto a cargas balanceadas como a desbalanceadas.

f) Transformador defasador.

Es un accesorio que permite utilizar kilowathhorímetros para medir la potencia reactiva utilizada en una instalación industrial.

Los componentes principales de un transformador defasador son:

- 2 autotransformadores con derivaciones.
- Tablilla de terminales para conexión.
- Clavija de pruebas.
- 3 receptáculos, 2 de prueba y 1 para funcionamiento.

Cuando la clavija se conecta al receptáculo para funcionamiento, se obtienen los voltajes defasados 90° en las terminales 4 y 5, 6 y 7, 8 y 9, para que los wathhorímetros conectados a ellas registren la potencia reactiva.

Los dos receptáculos de prueba, sirven para alimentar con los voltajes de línea (sin defasar) a los wathhorímetros para su comprobación o calibración. Se usa el receptáculo correspondiente al tipo de servicio (3 fases, 4 hilos en Y ó 3 fases, 3 hilos en delta).

g) Accesorios de medición del transformador.

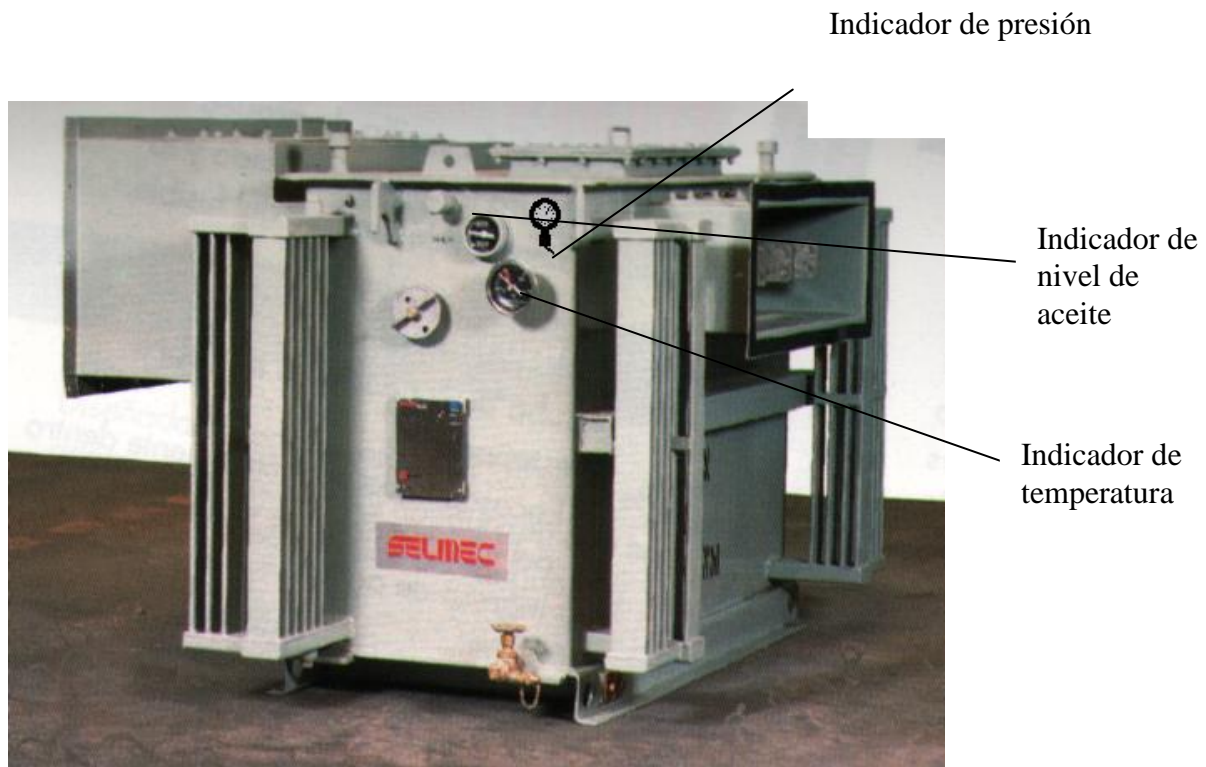


FIG 2.3

1.- Indicador de nivel de aceite.



FIG 2.4

Como su nombre lo indica, es un aparato que informa cual es el nivel de aceite en el interior del transformador.

Básicamente hay dos tipos de indicadores de nivel:

- *De tubo de cristal.*
- *De carátula.*

El indicador de tubo de cristal se usa en los transformadores que tienen tanque conservador, pues el tanque principal se encuentra completamente lleno de aceite. En la cámara de expansión, la presión puede aumentar por el calentamiento del aceite, pero al llegar a un valor de peligro se abre una válvula de seguridad dejando salir los gases a la atmósfera. Otros tanques de conservación permiten la expulsión de esos gases antes de que se alcancen niveles peligrosos.

Cuando el nivel de aceite en el tanque conservador varía, también lo hace en el tubo de cristal por estar directamente comunicado, pudiéndose así determinar desde el exterior, el nivel de aceite en el tanque conservador.

El indicador de nivel tipo carátula es muy utilizado en los transformadores herméticos, también llamados de colchón de aire. Como en la cámara o colchón de aire se presentan presiones al calentarse el aceite, este tipo de indicador es apropiado para usarse en los transformadores herméticos porque no permite fugas de aceite ni entrada de humedad a través de él.

La operación del indicador de nivel de carátula es por medio de un flotador, su aguja indicadora está montada sobre un imán que gira en un sistema de aguja flotante. El sistema está herméticamente sellado.

El acoplador magnético consta de una flecha e imanes orientados y polarizados, de tal manera que al recibir el mando del flotador, transmiten su movimiento a la aguja indicadora y accionan un micro-interruptor en la posición de Bajo Nivel de Líquido. Los contactos de este micro-interruptor se utilizan para operar circuitos de alarma, luz indicadora o sistemas de relevador. Las conexiones se localizan por medio de un cable conector removible sellado.

La brida de acoplamiento está construída de una pieza de aluminio para evitar fugas de líquido. Esta brida contiene un imán montado sobre una flecha en la cual se ensambla el brazo del flotador.

Para la instalación del instrumento, el tanque debe ser llenado a su nivel, a una temperatura del líquido de 25°C, a éste se le considera el nivel normal.

El aparato indica nivel normal "N", solamente cuando el nivel de aceite es correcto y la temperatura es de 25°C (temperatura ambiente promedio de muchos lugares).

Con estas condiciones, el indicador de nivel marcará Alto Nivel con temperaturas superiores a 25°C.

En caso de que se tenga Bajo Nivel de peligro, para el transformador, la aguja marcará Bajo Nivel, encendiéndose una luz y posteriormente operará una alarma sonora.

Cuando se presenta un ALTO NIVEL DE ACEITE REAL, se originan sobrepresiones en el colchón de aire que puede romper el hermetismo del tanque y provocar la entrada de humedad, pero antes de que esto suceda, la aguja del indicador marcará ALTO NIVEL y sonará la alarma.

2.- Indicador de temperatura.

Este aparato indica la temperatura que hay en la parte superior del interior del tanque, que es el lugar donde el aceite se encuentra más caliente.

El indicador tiene un vástago dentro del cual hay un elemento bimetálico que se deforma con el calor y mueve a la aguja indicadora.

También cuenta con sus contactos para alarma visual y audible.

El sistema de alarma, viene calibrado de fábrica para que opere a 80°C, pero su mecanismo permite ajustes para temperaturas mayores y menores. Si el transformador soporta 55°C sobre el ambiente de 40°C, la calibración de la alarma puede hacerse para operar con la temperatura máxima permitida en este caso.

Hay fabricantes de transformadores que recomiendan que el aceite no sobrepase a 90°C, en cuyo caso la alarma se calibrará para operar a 90°C.

3.- Indicador de presión.

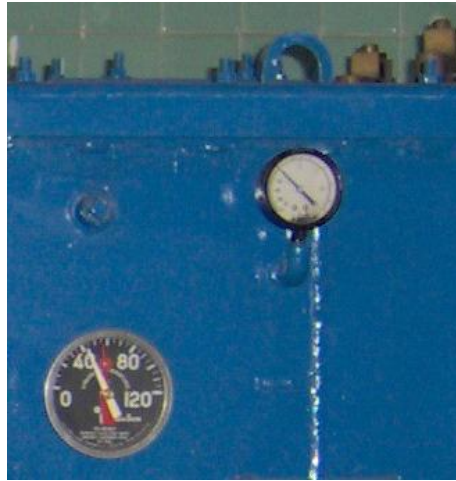


FIG 2.5

Manovacuómetro. Este accesorio nos indica si existe presión positiva o negativa (vacío) dentro del tanque del transformador.

Es normal que fluctúe durante el funcionamiento del mismo ya que al subir la temperatura, el aceite se expande provocando presión positiva y al bajar la temperatura, el efecto contrario provocando un vacío dentro del mismo.

Si no hay movimiento en este indicador puede significar que se ha perdido hermeticidad en el tanque con las consecuencias que esto conlleva, por lo que es necesario realizar una inspección para detectar alguna falla en el tanque.

4.- Voltímetro.

Se usa generalmente de tipo electromagnético para corriente alterna y se conecta en paralelo con el circuito a medir. La conexión es directa en sistemas de 220 V, y por medio de transformadores para 440 V o más.

5.- Amperímetro.

Normalmente es a través de transformadores de corriente que proporcionan en su secundario por norma, hasta 5 Amp. como máximo.

CAPITULO 3. MANTENIMIENTO A LA SUBESTACIÓN DE MEDIA TENSION

3.1. Equipos de seguridad.

Si en toda maniobra con equipo eléctrico existe un riesgo, con mayor razón tratándose de una subestación, en donde los valores de voltaje y corriente son de unas dimensiones extremadamente grandes, por lo que pueden resultar mortales. Es importante recalcar que la persona que acceda a una subestación debe de ser alguien debidamente capacitado y que cuente con el equipo de seguridad necesario, en el IMSS debe tratarse de personal con la categoría de técnico electricista hacia arriba, nunca debe de estar dentro un técnico polivalente sin la asesoría de el técnico electricista o alguien de mayor rango y conocimientos adecuados. De suma importancia es también aclarar que el personal que acceda o esté a cargo de la subestación, por razones de seguridad nunca debe de estar solo al momento de entrar en ella o hacer reparaciones o mantenimiento preventivo, así como tampoco acceder a ella sin que exista conocimiento de tal acto por parte del ingeniero a cargo.

Es de suma importancia el mantenimiento preventivo, ya que es mejor reparar una parte o sección determinada sin suspender el servicio a tener que cambiar varias secciones o la unidad misma dejando sin energía a varios departamentos, incluidos los departamentos críticos como quirófano, hemodiálisis ó quimioterapia, por mencionar algunos.

Debe de tenerse el inmueble de la subestación en un óptimo estado, limpio y con las indicaciones de seguridad como delineado de zonas de seguridad y letreros de aviso, el cual debe de estar a la vista de cualquier persona que pretenda tener contacto con el equipo, deben colocarse extinguidotes contra incendio tantos como sean necesarios adecuados para aplicarse a partes vivas en lugares convenientes y claramente marcados, de preferencia cercanos a los accesos de la subestación. Deben de ser revisados periódicamente para que siempre estén en

óptimas condiciones de ser usados y no deben de estar sujetos a cambios bruscos de temperatura mayores que las indicadas por el fabricante para su correcta operación.



FIG. 3.1

Para ejecutar el mantenimiento o reparación de emergencia en una subestación, se debe de contar con el equipo de seguridad adecuado que es:

a) Pértiga universal. La pértiga es propiamente un equipo de operación. Se debe de contar con pértiga apropiada para la operación de cuchillas desconectadoras, fusibles desconectadores, etc., debiendo ser de características dieléctricas, longitud y resistencia mecánica adecuada.

Las pértigas están construidas principalmente de epoxiglas, el cual consiste en miles de fibras de vidrio impregnadas de resina epoxi, colocadas unas longitudinalmente y otras envolventes sobre un núcleo unicelular de espuma plástica.

Debe de estar limpia y seca para poder ser usada en cualquier momento. Las emergencias no tienen horario.

b) Casco protector. El casco protector es un equipo de seguridad, construido de material plástico de alta resistencia al impacto y su uso puede evitar un accidente.

c) Guantes dieléctricos y de piel. Los guantes son equipo de seguridad contruidos con materiales dieléctricos de alta calidad, se deben emplear juntos para obtener una mayor protección para el operador y duración de los mismos. Nunca se debe usar solo guantes de carnaza.

d) Tarima aislante. La tarima aislante es un accesorio que proporciona una seguridad adicional en el momento de operar el equipo.

Las tarimas son de madera, fibra de vidrio o algún otro material aislante adecuado, su armado debe de ser sin partes metálicas, con superficie antiderrapante y con orillas biseladas.

e) Alicates aislados. Los alicates aislados son un equipo de operación y se montan en la pértiga universal. Están destinados para montar y desmontar fusibles en los seccionadores de carga trifásicos WICKMANN.

f) Botas dieléctricas. Las botas son equipo de seguridad construidas con suela antiderrapante resistentes a grasas, aceites, solventes y a altas temperaturas.

g) Detector neón. El detector de neón es un equipo de seguridad. Para su uso debe verificarse que todas las piezas de contacto así como los conductores del dispositivo de puesta a tierra, estén en buen estado.

h) Extintor. Equipo indispensable para sofocar conatos de incendio.

i) Equipo de tierras. Es necesario que exista este sistema cada vez que se requiera ingresar a la subestación para evitar descargas al personal.

El siguiente esquema muestra las distancias requeridas para el resguardo de partes vivas y espacios de seguridad:

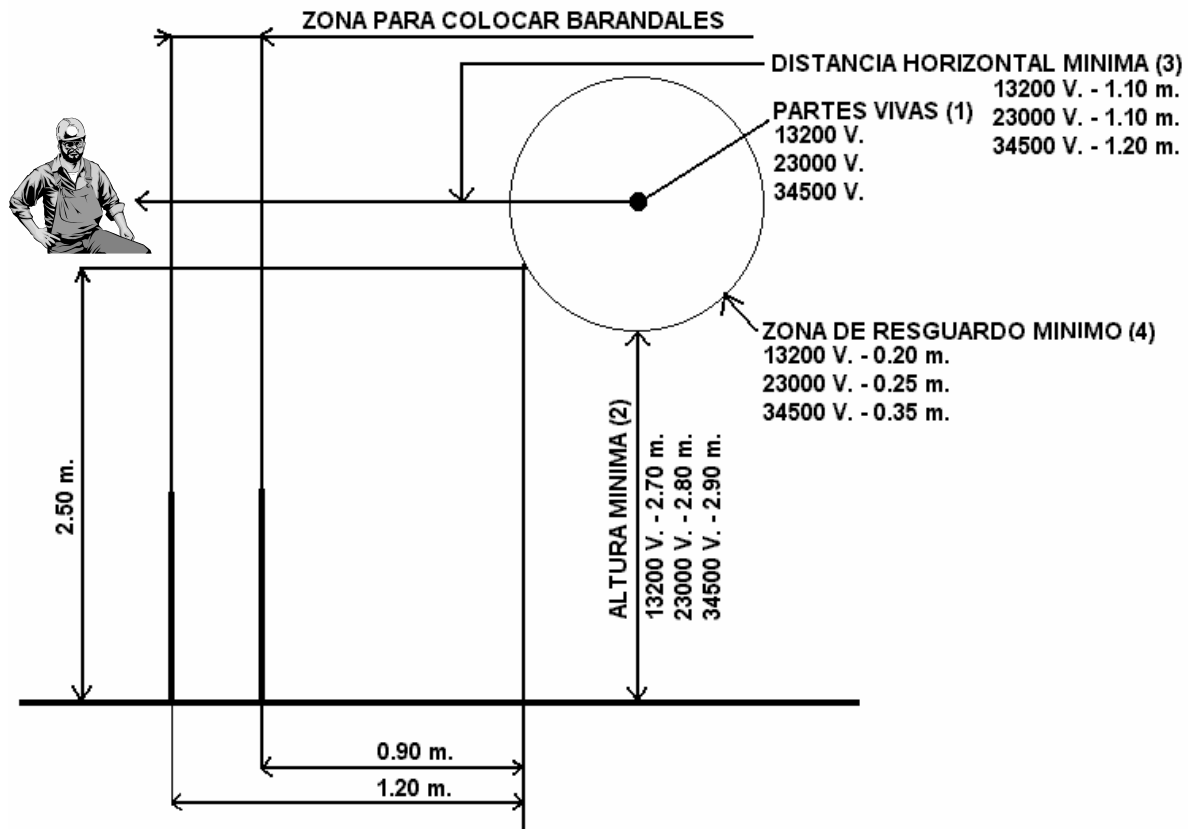


FIG. 3.2

3.2. Mantenimiento preventivo.

Una subestación después de transcurrido un tiempo que trabaja casi sin hacer ningún ruido y sin ofrecer problemas, se le cataloga como el lugar en donde se manejan voltajes peligrosos y al que es mejor no entrar pues hay alta tensión y queda sin recibir mantenimiento alguno.



FIG. 3.3

No se debe de olvidar que como cualquier equipo, también se le debe aplicar un programa de mantenimiento, con objeto de lograr que el equipo opere en las mejores condiciones para prolongar su vida útil, no ofrezca peligro para el personal que tenga que entrar en el local de la subestación y evitar que un departamento o varios dejen de operar por una falla de la subestación.

Hay que tomar en cuenta que una subestación debe de estar en constante monitoreo para evitar las siguientes causas de temperaturas anormales en los transformadores:

- 1.- Sobrecargas. Cuanto mayor es la intensidad de corriente que circula por las bobinas, mayor es la temperatura alcanzada.
- 2.- Taps en diferente posición. La posición de los Taps debe ser la misma en las tres fases.
- 3.- Falla del sistema de enfriamiento. Puede ser causado por formación de lodos que producen los barnices de los conductores de las bobinas y el aceite (OA), falla del arranque manual o automático de los ventiladores (FA), falla del sistema de bombeo de aceite (FOA).
- 4.- Falla del aislamiento interno. Se produce un arqueo entre las bobinas y por consecuencia un exceso de calor.
- 5.- Muy bajo nivel de aceite. Se reduce la disipación de calor, llegando incluso a quemarse el transformador.
- 6.- Pintura inadecuada.

Podría mencionarse también temperatura ambiente muy elevada, aunque sería complicado si no es que imposible hacer algo al respecto para remediar esta causa.

Mejoras para el mantenimiento de una subestación:



FIG. 3.4

1.- En la subestación es necesario que haya alguien para cualquier hora del día o de la noche, que conozca los equipos que la componen, las partes peligrosas de la misma y cómo se opera el interruptor o interruptores de alta tensión que contenga la misma. Como se mencionó anteriormente no debe ser un polivalente, lo ideal sería un técnico electricista o una categoría de casa de máquinas.

2.- La persona a cargo de la subestación debe tener siempre limpia la subestación, esto es, mantener limpio el piso y ventilas por lo menos una vez por semana. La subestación debe estar bien ventilada para evitar calentamientos, con una temperatura en el interior de 30° a 40°C y libre de polvos, humos o agentes similares. Gabinetes y ventanas de inspección deben estar lo más limpios posible. Es de suma importancia evitar el almacenaje de objetos ajenos a la subestación en el local de la misma (como se ha dado muchas veces, sobre todo en unidades hospitalarias).

Se tiene que revisar continuamente la fecha de recarga de los extintores por lo que es recomendable llevar una bitácora de los mismos, no se debe olvidar la revisión de la pértiga y fusibles de repuesto, para que siempre estén en condiciones óptimas de operación y sobre todo que se encuentren siempre a la mano.

3.- Inspeccionar una vez por semana de manera visual que no haya fugas de aceite que provengan del transformador o del interruptor, si es que el interruptor es de aceite. Si se presenta una fuga se debe dar aviso sin demora al jefe inmediato superior para que el personal adecuado lo verifique y trate de eliminar las fugas a la máxima brevedad. Esta inspección también es recomendable cuando se haya dado una interrupción del servicio y sobre todo si ha ocurrido una descarga atmosférica. De igual manera se debe verificar que el nivel de aceite del transformador sea el correcto, lo cual se puede apreciar observando el indicador de nivel que por norma se instala para capacidades de 225 KVA o mayores; la aguja roja del termómetro (temperatura máxima) debe indicar menos de 80°C ó 90°C, dependiendo de si el transformador es de 55° ó 65°C se sobre elevación de temperatura.

Asimismo se debe verificar que las lecturas de volts y amperes en los instrumentos del tablero de baja tensión sean las correctas de acuerdo con la tensión y corriente secundarias de placa del transformador.

No olvide que si es necesario accionar el cambiador de derivaciones del transformador para aumentar o disminuir la tensión secundaria, este debe de estar desenergizado.

4.- Cada que se presente el personal de la Comisión Federal de Electricidad a tomar lecturas, es conveniente verificar que se tomaron correctamente dichas lecturas en el equipo de medición, para lo cual es necesario familiarizarse en la forma como se leen los instrumentos. Para lo cual se debe llevar una bitácora de dichos eventos.

5.- Se debe comprobar mensualmente dichas lecturas para comprobar la exactitud de las mismas, para saber si se está operando con un factor de potencia correcto y si la demanda máxima no rebasa los límites contratados de capacidad del equipo de medición o del equipo de la subestación.

6.- Cada seis meses o por lo menos una vez al año es necesario pedir una libranza a la Comisión Federal de Electricidad, en un domingo o día que no trabaje la unidad, para que desconecten el servicio por un tiempo razonable para llevar a cabo una limpieza en el interior y exterior de los gabinetes y ventanas de inspección de la subestación, se debe de realizar con un trapo limpio y seco, así como aisladores de soporte, buses, apartarrayos, cables de energía, fusibles, cuchillas de prueba, interruptor Alduti, etc. Con la inspección visual se pretende verificar que los aisladores no presenten fracturas y no estén sujetos a esfuerzos indebidos, además de que los apartarrayos presenten sus conexiones a tierra y línea, que el indicador de fallas no haya operado o que la porcelana no presente fracturas.

Limpiar y engrasar los mecanismos y cadenas de las cuchillas de prueba (si las hay) y del interruptor Alduti, así como sus partes de contacto; para éstas últimas, se recomienda usar limpiador de contactos en aerosol. Los mecanismos mencionados deben probarse simulando la secuencia de operación, con el fin de verificar su correcto funcionamiento.

7.- Con el fin de unificar los colores del IMSS es conveniente pintar la estructura de la subestación, si es de tipo convencional interior, de color azul dieléctrico (27c pantone) o gris y los conductores de colores verde amarillo y rojo.

8.- En la subestación de tipo convencional intemperie, si no es de estructura galvanizada o presenta oxidación, es necesario pintarla, de preferencia de color aluminio.

9.- Verificar que la resistencia dieléctrica del aceite del transformador no sea menor de 25 KV llevando a cabo tres pruebas en muestras del aceite aislante del transformador después del primer año de servicio.

10.- Con los resultados de la prueba anterior, calcular cada cuando es conveniente filtrar el aceite, que por lo general se hace cada cinco años cuando los equipos están bien sellados y no hay probabilidades de contaminación exterior.

11.- Verificar periódicamente que los sistemas que hacen operar el interruptor general de alta tensión por bajo voltaje o por sobrecarga en subestaciones equipadas con interruptor automático ya sea en aire o aceite, estén operando correctamente y tener la seguridad de que se activarán en caso necesario.

12.- Comprobar en subestaciones unitarias tipo compacto una vez por lo menos cada seis meses que los mecanismos que hacen operar las cuchillas de prueba estén correctos. Si no operan correctamente se tendrá que solicitar una libranza en un día con menos o nula demanda de los departamentos y arreglar la falla.

13.- Verificar visualmente que no haya fugas u otras irregularidades en el transformador si se presentan fuertes lluvias o tormentas eléctricas como es común en la zona noreste, además de que los apartarrayos no tengan fracturas, que sus conexiones a tierra y a línea estén firmes y que el indicador de fallas no haya operado. En caso de haberse presentado, debe investigarse a fondo la

causa del transformador y corregirse y/o cambiarse el apartarrayos completo por uno nuevo.

Todas estas operaciones deben realizarse desde el exterior de la subestación y, en caso de ser necesario hacer alguna reparación o movimiento en el interior, se debe asegurar que la subestación esté desenergizada. No olvidar dejar pasar 30 segundos después de desenergizar y abrir las puertas de la subestación para entrar en ella, además de descargar los buses.

Si es necesario cambiar fusibles, se debe investigar antes la causa de la falla y corregirla, sin olvidar tomar las medidas de seguridad necesarias.

Pasos necesarios para dar mantenimiento a una subestación por el lado de media tensión.

- 1.- Cortar el suministro de energía para que arranque la planta de emergencia y quede energizada y protegida toda esa área.
- 2.- Cortar la alimentación al sistema de “Normal”, empezando por el interruptor de menor capacidad hasta llegar al interruptor general de “Normal”.
- 3.- Abrir los interruptores de Apertura con Carga de Media Tensión.
- 4.- Abrir el interruptor de Apertura Sin Carga.
- 5.- Realizar la libranza en la acometida en poste.
- 6.- Abrir los gabinetes de Media Tensión, esperar 30 segundos ya que el ambiente dentro de ellos está “enrarecido” o “ionizado”.

7.- Comprobar la ausencia de tensión.

8.- Cortocircuitar a tierra las tres fases y dejarlas en ese estado hasta terminar los trabajos.

Pruebas de aceite.

Un transformador tendrá una larga vida si opera sin cargas anormales o aumentos de temperatura excesivos, sobre todo en las unidades con tanques cerrados. Los peores problemas son por humedad, calor, acción química y las cargas pico continuas. La mayoría de los transformadores de distribución y potencia en servicio, están sumergidos en líquido.

El líquido en los transformadores tiene dos funciones básicas, primero, sirve como aislamiento dieléctrico y segundo, sirve como medio de enfriamiento.

Los líquidos dieléctricos más usados son aceites minerales altamente refinados y líquidos sintéticos no inflamables como askareles (ya en continuo desuso).

Por lo cual es necesario que por lo menos una vez al año se tomen muestras de aceite a los transformadores con el fin de comprobar que su rigidez dieléctrica no sea menor de 25 KV.

La prueba de rigidez dieléctrica del aceite se realiza en el probador de aceite, pero antes, será necesario obtener del transformador la muestra de aceite, es recomendable que durante esta actividad, haya cuando menos 25°C de temperatura ambiente y no hablar directamente sobre la muestra durante el vaciado para no contaminar con humedad la muestra.

Antes de extraer la muestra de aceite, se debe limpiar la válvula con un trapo limpio y seco, se deben limpiar con papel los hilachos y dejar correr un poco de aceite.

En un frasco de vidrio previamente enjuagado con el mismo aceite obtener una muestra para llenar cuatro veces la copa del probador. Se vacía la muestra a otro frasco hermético previamente lavado con bencina o solución de alcohol y éter.

Manejo del probador de aceite.

- 1.- Conectar la carcasa del aparato a tierra.
 - 2.- Levantar la tapa y colocar la copa con la primera muestra de aceite.
 - 3.- Conectar a 127 ó 220 volts según sea el aparato.
 - 4.- Poner el interruptor en la posición de encendido.
 - 5.- Mantener oprimido en interruptor de seguridad para encender el aparato, la luz verde debe estar encendida.
 - 6.- Partiendo siempre de cero, girar lentamente el regulador para aumentar el voltaje.
 - 7.- Al romper el aceite, la luz roja encenderá.
- Obtenida la primera prueba, se agita lentamente la muestra, se deja reposar y se repite de dos a tres veces la operación descrita anteriormente. El resultado se calcula con el promedio de los voltajes en que rompió el aceite en las tres pruebas.

A continuación se dan valores de ruptura de aceite con electrodos circulares de 1 pulgada de diámetro y separados 0.1 pulgadas.

Condición	Tensión de ruptura
Excelente	30 KV
Muy bueno	25 KV
Bueno	22.5 KV
Satisfactorio	20 KV
Dudoso	17.5 KV
Malo	Menos de 17.5 KV

TABLA 3.1

Circuito simplificado del probador de aceite.

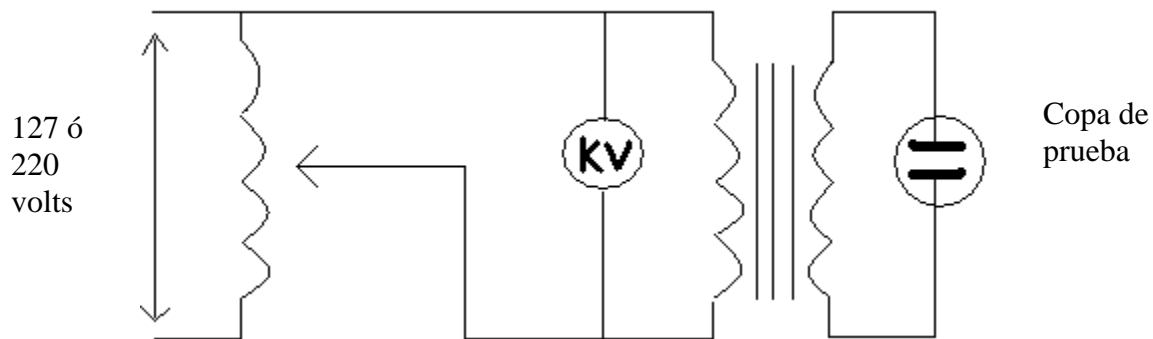


FIG. 3.5

Cómo conectar y operar un probador de resistencia de aislamiento.

1.- Colocar el instrumento sobre una base segura y firme. Esto debe hacerse porque con la armadura y los esfuerzos magnéticos, la aguja puede estar desnivelada debido a que el Megger no tiene resortes de control.

2.- Posición del switch selector. Si el instrumento tiene un switch selector, colocarlo en la indicación de mega ohms u ohms según sea el tipo de lectura que se desee tomar.

Comúnmente los voltajes de prueba de c.d. empleados para mantenimiento de rutina son:

Voltaje nominal del equipo bajo prueba	Voltaje de prueba c.d.
Arriba de 100 volts	100 a 250 volts
440 a 550 volts	500 a 1, 000 volts
2, 400 volts	1, 000 a 2, 500 volts
4, 160 volts o superiores	1,000 a 5, 000 o mayores

TABLA 3.2

3.- Checar infinito. Girar la manivela a la velocidad indicada en el aparato, en dirección del giro de las manecillas del reloj, con esto la aguja debe moverse hasta marcar infinito. No olvidar hacer este chequeo sin las puntas terminales.

4.- Checar cero. Se hace cortocircuitando las terminales de prueba, girando la manivela lentamente, la aguja debe moverse rápidamente a cero o al extremo de la escala baja en algunos instrumentos.

5.- Usar terminales de prueba que tengan el aislamiento adecuado para soportar la tensión de prueba.

6.- Checar terminales de prueba. Teniendo las terminales separadas, se gira la manivela a la velocidad normal y la aguja debe marcar infinito. A continuación se unen las terminales de prueba por sus extremos y se hace girar la armadura, en este caso la lectura debe ser cero. Si no se cumplen estas condiciones deben cambiarse las terminales.

7.- Sacar de servicio y aislar los aparatos bajo prueba de todos los demás equipos. Los aisladores de soporte deben limpiarse perfectamente con trapo seco o húmedo en alcohol.

8.- Operar y leer. Girar la manivela en el sentido de giro de las manecillas del reloj a su velocidad normal, la cual es indicada en el instrumento y observar la posición de la aguja sobre la escala, ésta muestra el valor del aislamiento bajo prueba. Tomar la lectura mientras se está operando, preferiblemente a 30 ó 60 segundos.

Mantenimiento de baja tensión.

El mantenimiento a la sección de baja tensión está enfocado principalmente al interruptor H – 2 debido a que es lo que falla con más frecuencia, si no es que es lo único que falla.

Mantenimiento y revisión del mecanismo.

Para seguridad y buen funcionamiento del interruptor, es necesaria la inspección y el mantenimiento sistemático del mismo, se recomienda que una vez al mes sea inspeccionado visualmente y se limpie el polvo que pueda acumular.

El mantenimiento completo debe hacerse por lo menos cada doce meses.

Para aumentar la vida útil del interruptor es necesario eliminar los efectos de la oxidación, lo cual se logra abriendo y cerrando varias veces el interruptor (sin carga) a intervalos por dos semanas.

Si las condiciones del ambiente de operación existentes son de atmósferas saladas, polvo excesivo, goteo, atmósferas húmedas o ácidas, etc., la inspección y mantenimiento deben realizarse regularmente y en períodos más cortos que el señalado. Durante las inspecciones y limpieza, no debe olvidarse de limpiar y revisar los moldes del respaldo del interruptor. El polvo causa muchos problemas.

Precauciones que no deben olvidarse.

Antes de abrir la puerta de la celda, los indicadores de la tapa frontal deberán quedar en posición de “OFF” y “DESCARGADO”.

- a) Desconecte toda alimentación de línea y carga en el circuito del interruptor.
- b) Por medio de un voltímetro cerciórese de que no hay tensión en las terminales ni en tierra.
- c) No olvide desconectar la alimentación del control de operación eléctrica o bobinas auxiliares.

- d) Descargue cualquier equipo con condensadores o carga capacitiva.
- e) Bloquee los interruptores que alimentan el circuito al que está conectado el interruptor.
- f) Cuide sus manos. No toque el mecanismo ni los contactos cuando el resorte principal está cargado.

Revisión y cuidado de los contactos.

Examine los contactos con frecuencia, sobre todo si se trabaja en lugares donde hay vapores químicos en el ambiente o humos de azufre, revisando su alineación y presión de contacto. Sustituya los contactos dañados para que no causen la destrucción de otras partes del aparato por calentamiento.

Se deben limpiar los contactos flameados por medio de una lija de agua recogiendo el polvo con una franela limpia y una aspiradora. Nunca debe utilizar solventes o líquidos limpiadores de contactos, éstas sustancias dañan el material de los aisladores que se utilizan en este interruptor y disminuyen su aislamiento poco a poco.

Se debe desenergizar el lado de línea del aparato y desconectar los cables o barras del lado de carga para medir la resistencia de contactos del interruptor. Si la resistencia de contacto resulta alta respecto al valor proporcionado al fabricante, será necesario revisar en primer lugar el apriete de los tornillos de los contactos estacionarios y el estado y resistencia de las mordazas o dedos de contacto.

La resistencia entre terminales de línea y carga pueden reducirse, aumentando la presión de los contactos principales móviles. Lo anterior se logra insertando calzas entre el eslabón aislante y la horquilla.

Revise la operación correcta de los indicadores “ABIERTO - CERRADO” y “CARGADO - DESCARGADO”, los sistemas de varillas que los accionan no deben tener fricción, y revise que están bien colocados.

Lubricación.

Debe lubricarse el interruptor periódicamente. La empresa FPE recomienda que la lubricación se efectúe cada cuatro meses. Al efectuar la lubricación, debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- 1.- El aceite utilizado para la lubricación debe ser del tipo SAE30.
- 2.- Se recomienda la grasa marca Loctite compuesto anti-aferrante (trabajo pesado) categoría 767 – 64 o similar.
- 3.- deben aceitarse todos los pivotes del compartimiento del mecanismo, las chumaceras de la flecha de cierre, el muñón del trinquete (localizado en la parte interior izquierda), el pivote del trinquete secundario.
- 4.- Debe engrasarse la ranura guía del resorte principal y los dientes de la rueda dentada.

3.3. Maniobras de libranza para mantenimiento y emergencias.

Una libranza es el procedimiento por medio de el cual se desenergiza una subestación para realizar labores de mantenimiento o reparación. Al realizar la libranza al igual que cualquier mantenimiento a la subestación no debe olvidarse contar con el equipo necesario de protección que se describió en el punto uno de este capítulo, el cual consiste en la pértiga universal, el casco protector, guantes dieléctricos y de piel, tarima aislante, alicates aislados, botas dieléctricas, extintor, detector, detector neón y sistema de tierras. Es importante seguir un orden para realizar este tipo de operaciones, el no seguirlo o saltarse algunos pasos puede ser la diferencia entre realizar el trabajo de una manera segura o sufrir algún accidente que al ser trabajos de alta tensión es muy probable que resulte mortal.

A continuación se enlistan las secuencias de operaciones para realizar libranzas dependiendo de los trabajos a realizar:

a) Libranza para mantenimiento en un interruptor de apertura con carga.

1.- Abrir el interruptor general en baja tensión.

2.- Abrir el interruptor de apertura con carga.

3.- Abrir las cuchillas de servicio y comprobar su apertura verificando que estén abiertas las cuchillas de prueba.

4.- Abrir los cortacircuitos fusibles y verificar la ausencia de tensión.

5.- Conectar a tierra y cortocircuitar las terminales del interruptor con carga del lado del transformador.

6.- Comprobar la ausencia de tensión en las cuchillas de servicio del lado del interruptor de carga.

7.- Conectar a tierra y cortocircuitar las terminales del interruptor de carga del lado de las cuchillas de servicio.

8.- Limitar la zona de trabajo, instalar candados y ejecutar el trabajo de mantenimiento o reparación.

Al terminar el trabajo de mantenimiento o reparación, se debe poner en funcionamiento la subestación de la siguiente manera, sin olvidar que se deben seguir los siguientes pasos ni el orden de estos:

1.- Comprobar que ninguna persona, herramienta o útiles de seguridad se queden en el lugar de trabajo. Para lo cual es recomendable llevar una lista de la herramienta usada.

2.- Retirar las conexiones a tierra.

3.- Cerrar los cortacircuitos fusibles.

4.- Cerrar las cuchillas de servicio.

5.- Cerrar el interruptor de apertura con carga

6.- Cerrar el interruptor general de baja tensión.

7.- Retirar los letreros y banderolas que limitan la zona de trabajo.

b) Libranza para sustituir cortacircuitos, apartarrayos o aisladores de soporte y bushings de transformadores.

1.- Abrir el interruptor de baja tensión.

2.- Abrir el interruptor de apertura con carga.

3.- Abrir las cuchillas de servicio y comprobar que las cuchillas de prueba estén abiertas.

4.- Cortocircuitar y conectar a tierra el lado de baja tensión del transformador.

5.- Comprobar la ausencia de tensión en las terminales del interruptor de apertura con carga del lado del transformador y en las terminales de alta tensión.

6.- Cortocircuitar y conectar a tierra.

7.- Limitar la zona de trabajo y poner candados.

8.- Sustituir las partes dañadas.

Acabada la sustitución de la o las partes dañadas, la puesta en servicio debe ser en el siguiente orden:

1.- Comprobar que ninguna persona, herramienta o útil de seguridad se queden en el lugar de trabajo.

2.- Retirar las conexiones a tierra.

3.- Cerrar las cuchillas de servicio.

4.- Cerrar el interruptor de apertura con carga.

5.- Cerrar el interruptor general de baja tensión.

6.- Retirar los señalamientos que limitan la zona de trabajo.

Maniobras de libranza en una subestación compacta.

La operación de las subestaciones unitarias SELMEC se reduce a dos acciones:

1.- Manejar la carga (conexión y desconexión). Por este término se debe entender el conectar y desconectar la subestación del sistema eléctrico de la “compañía suministradora”, acción que puede hacerse con carga o sin carga y siempre desde el exterior mediante palancas o volantes y usando los útiles de seguridad.

2.- Restablecer el servicio (al operar los fusibles).

Como se usan dos tipos de interruptores de potencia (para abrir con carga) en las subestaciones SELMEC, que son el interruptor WICKMAN y el interruptor ALDUTI, la operación de ellos es la siguiente:

Operación del interruptor WICKMAN

Para cerrar:

1.- Empujar el botón rojo

2.- Insertar y girar la palanca hasta el tope.

3.- Accionar la palanca hacia arriba.

4.- Accionar la palanca hacia abajo.

Maniobras de libranza en una subestación compacta SELMEC modelo S7 – 15 – AYMJS para efectos de mantenimiento.

1.- Abrir el interruptor general de baja tensión.

2.- Abrir el interruptor de potencia ALDUTI y comprobar su apertura.

3.- Abrir las cuchillas de servicio y comprobar su apertura.

4.- Abrir la puerta del gabinete que aloja al interruptor ALDUTI y comprobar la ausencia de tensión.

5.- Conectar a tierra y cortocircuitar las cuchillas de servicio del lado del interruptor de potencia.

6.- Conectar a tierra y cortocircuitar las terminales del interruptor ALDUTI del lado del transformador.

7.- Realizar el trabajo de mantenimiento previsto.

Tenga cuidado, la celda de medición y de cuchillas de servicio quedan energizadas. No entre en ellas.

Al finalizar el trabajo de mantenimiento, se debe energizar la subestación siguiendo estos pasos:

- 1.- Comprobar que ningún objeto extraño o herramienta se queden dentro de la subestación.
- 2.- Retirar las conexiones de cortocircuito y a tierra.
- 3.- Cerrar la puerta del gabinete del interruptor ALDUTI.
- 4.- Cerrar las cuchillas de servicio y comprobar su cierre.
- 5.- Cerrar el interruptor ALDUTI y comprobar su cierre.
- 6.- Cerrar el interruptor general de baja tensión.

Para mayor seguridad se deben instalar candados o tarjetas de ¡NO OPERAR! en las palancas de operación de los interruptores y puertas de los gabinetes cuando se realizan las maniobras de mantenimiento, y recordar que en ningún trabajo en la subestación se debe de trabajar sólo, por lo menos se debe hacer acompañado de otra persona que conozca el equipo.

Casos más comunes en los cuales es necesario realizar maniobras en la subestación eléctrica.

- 1.- Para efectuar mantenimiento a un componente.
- 2.- Para operar el cambiador de derivaciones.
- 3.- Para efectuar mantenimiento mayor.

4.- Para cambio de fusibles en alta tensión.

5.- Para cambio de un componente.

Conclusiones.

El Instituto Mexicano del Seguro Social es por hoy la institución de salud pública más importante del país, aún a pesar de todas sus deficiencias, es por ello que el mantenimiento que se realiza en el instituto adquiere una importancia de trascendencia para llevar a cabo su misión que es la de proporcionar salud y bienestar social.

El sector de conservación del IMSS es el encargado de dar el mantenimiento a las unidades y dependencias de instituto, entiéndase por esto que en ello viene implícito el mantenimiento no solo a los edificios, sino también a los equipos que se encuentran en ella. Para poder realizar su trabajo de dar mantenimiento, el área de conservación se divide en categorías especializadas en cada una de sus áreas, para poder aspirar a una de estas categorías es necesario realizar un exámenes de conocimientos, con lo cual no quiere decir que una vez aprobado este examen y obtenido el nombramiento de la categoría por la que se compite, quiera decir que el técnico en cuestión está capacitado para todos los inconvenientes que se le presenten en el trabajo.

Es cierto que existen algunos cursos de actualización para las diferentes áreas de conservación, pero estos cursos en el mejor de los casos son aplicados sólo en la zona centro del país, no debe olvidarse que esta dependencia es del tipo centralizado, por lo que se le da prioridad a la zona centro del país. Cuando se lleva a cabo alguno de estos cursos en la zona noreste, la información es muy escasa o llega en partes, por lo cual no se puede aprovechar de manera debida.

El trabajo presente pretende ser una guía a los Técnicos de Conservación que se dedican al mantenimiento de una subestación y que están a cargo de ella, refiriéndose en específico a los Técnicos Electricistas. Con esto no se pretende excluir a las demás categorías, también para ellas el presente trabajo les sería de utilidad en el caso de que no se cuente con un Técnico Electricista en la unidad, o

simplemente para ampliar los conocimientos. Es por ello que se hace énfasis en que la subestación opere correctamente, conteniendo esta guía los pasos a seguir para que se realice un adecuado mantenimiento de ella, así como evitar las posibles fallas que pudieran presentarse y poder resolver algunas de ellas, esperándose que sea de gran utilidad para las labores que desempeña un técnico del IMSS y sea de provecho la información que contiene este trabajo.

El mantenimiento en cualquier lugar es una de las actividades primordiales para el buen funcionamiento o servicio tanto del sector público como en el privado. Es cierto que el trabajo de mantenimiento casi nunca es reconocido, se desconoce que existe en muchos aspectos, es un trabajo silencioso, no se sabe de él hasta que falla algún aparato o área y que muy rara vez se recibirá un reconocimiento por llevar a cabo esta labor. Pero no por ello se debe de dejar de hacer esta labor tan importante.

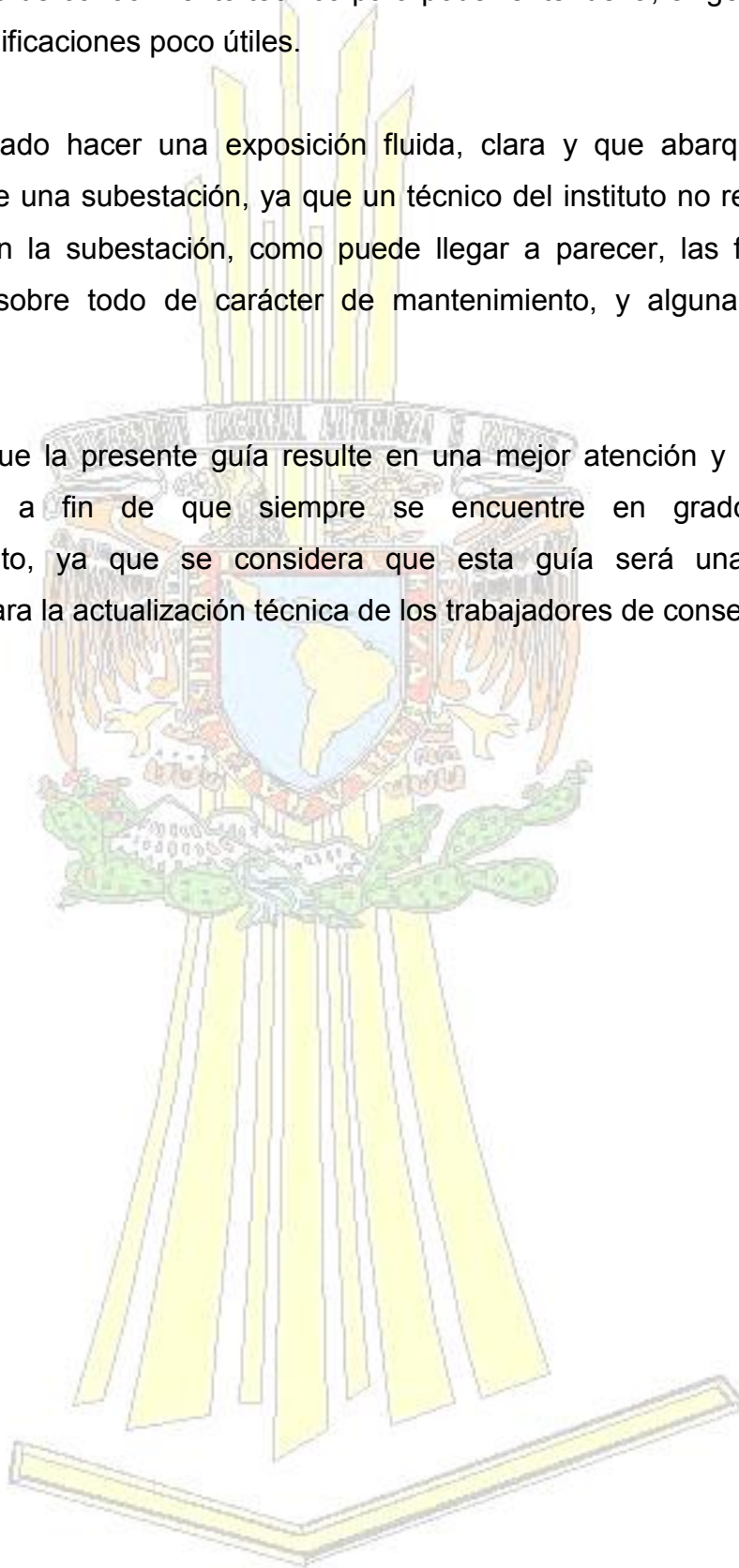
Si bien es cierto que el ingeniero es el encargado de el área de conservación, se dan casos en los que el ingeniero no está y no puede llegar a tiempo cuando falla la subestación, y aunque existe la planta de emergencia, ésta sólo da servicio a determinadas áreas de la unidad, las de atención primordial, deja fuera a muchas otras, pero también hay que recordar que la planta de emergencia trabaja con diesel y sólo se mantendrá operando mientras tenga combustible. Por lo que si no se repara, se corre el riesgo de tener que suspender el suministro de energía por completo, por lo que es necesario darle mantenimiento preventivo con el objeto de evitar que este tipo de situaciones lleguen a presentarse.

La razón para llevar a cabo esta guía se debe, pese a la abundante información existente en la actualidad en todos los medios llámese internet, revistas, libros, etc., a que son pocos los textos que tratan el tema de una manera sencilla y accesible, con lo cual no quiere decir que cualquier persona que no conoce las nociones de la electricidad por lo menos, podrá entender esta guía, es necesario

tener un poco de conocimiento técnico para poder entenderla, exigencia que evita caer en simplificaciones poco útiles.

Se ha intentado hacer una exposición fluida, clara y que abarque las partes principales de una subestación, ya que un técnico del instituto no realiza trabajos especiales en la subestación, como puede llegar a parecer, las funciones que realiza son sobre todo de carácter de mantenimiento, y alguna que otra de reparación.

Esperando que la presente guía resulte en una mejor atención y cuidado de la subestación, a fin de que siempre se encuentre en grado óptimo de funcionamiento, ya que se considera que esta guía será una herramienta importante para la actualización técnica de los trabajadores de conservación.



Aislamiento funcional: aislamiento necesario para asegurar el funcionamiento normal de un aparato y la protección fundamental contra los contactos directos.

Aislante: Un material aislante es aquel que, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente unidos a sus núcleos, prácticamente no permite sus desplazamientos y, por ende, el paso de la corriente eléctrica cuando se aplica una diferencia de tensión entre dos puntos del mismo. Material no conductor que, por lo tanto, no deja pasar la electricidad.

Amperímetro: Aparato que mide la intensidad de la corriente eléctrica cuando lo intercalamos con un hilo conductor.

Amperio: Unidad que mide la intensidad de una corriente eléctrica. Su abreviatura es A, y su nombre se debe al físico francés André Marie Ampere.

Autoseccionador: aparato que abre un circuito automáticamente en condiciones predeterminadas, cuando dicho circuito está sin tensión.

Bobina: Arrollamiento de un cable conductor alrededor de un cilindro sólido o hueco, con lo cual y debido a la especial geometría obtiene importantes características magnéticas.

Borne: Cada uno de los botones de metal a los que se une los hilos conductores de un aparato eléctrico.

Buscapolos: Destornillador para comprobar la existencia de corriente al encenderse una lámpara de neón que tiene en su interior.

Cables rígidos: Cables que se utilizan para transportar energía y que tienen la particularidad de estar instalados entre las canalizaciones fijas hasta los enchufes.

Caja de conexiones: En electricidad, caja empotrable o de superficie destinada a alojar empalmes de cables. También caja de empalmes.

Caja de elementos: En electricidad, caja empotrable destinada a alojar los interruptores, bases, etc. Si no va empotrada y va atornillada se denomina zócalo.

Calibrador: Herramienta que sirve para determinar el calibre (grosso) del los alambres.

Canalización: conjunto constituido por uno o varios conductores eléctricos por los elementos que los fijan y por su protección mecánica.

Cargas lineales: La mayor parte de las cargas eléctricas se tipifican como cargas convencionales; estas se comportan linealmente, lo cual significa que al aplicar una tensión, la forma de onda de la corriente conserva esa misma forma, aunque en general estará desplazado en el tiempo un ángulo (j).

Cautín (soldador): Aparato para soldar con estaño.

Central eléctrica: conjunto de instalaciones utilizadas directa e indirectamente para la producción de energía eléctrica.

Central Hidroeléctrica: Es aquella central donde se aprovecha la energía producida por la caída del agua para golpear y mover el eje de los generadores eléctricos.

Central térmica: Instalación donde se obtiene energía eléctrica a partir del carbón (hulla, antracita o lignito). A veces también cubre las centrales que usan derivados del petróleo.

Circuito: es la trayectoria que sigue una corriente eléctrica para desplazarse del polo negativo al polo positivo del generador del voltaje o fuerza electromotriz (fem.). Circuito eléctrico es aquel que, con elementos colocados por el ser humano, tales como conductores, componentes electrónicos, configurados de tal forma para llevar a cabo una función. Puede decirse que el circuito eléctrico más corto es un conductor que une los 2 polos de una fuente eléctrica, es obvio que esto no tiene sentido práctico, más bien se define como corto circuito.

Coefficiente de falta a tierra: es el coeficiente UPF/UP, siendo UPF la tensión eficaz entre una fase sana del punto P y tierra durante una falta a tierra, y UP la tensión eficaz entre cualquier fase del punto P y tierra en ausencia de falta. La falta a tierra referida puede afectar a una o más fases en un punto cualquiera de la red.

Capacitor eléctrico: Dispositivo que almacena pequeñas cantidades de electricidad. Su capacidad se mide en faradios.

Capacitor electrolítico: Componente electrónico que almacena corriente continua.

Conductor: Son los elementos metálicos, generalmente cobre o aluminio, permeables al paso de la corriente eléctrica y que, por lo tanto, cumplen la función de transportar la "presión electrónica" de un extremo al otro del cable. Material que opone mínima resistencia ante una corriente eléctrica. Los materiales que no poseen esta cualidad se denominan aislantes.

Conductores activos: los destinados normalmente a la transmisión de energía eléctrica.

Conector: Pieza destinada a establecer conexiones debidamente aisladas y a prueba de humedad.

Conector RCA: Tipo de conexión utilizada para las señales de audio y vídeo.

Consumo energético: Gasto total de energía en un proceso determinado.

Corriente: Movimiento de electricidad por un conductor. Es el flujo de electrones a través de un conductor. Su intensidad se mide en Amperios (A).

Corriente de contacto: corriente que pasa a través del cuerpo humano cuando está sometido a una tensión.

Corriente de defecto a tierra: es la corriente que en caso de un solo punto de defecto a tierra, se deriva por el citado punto desde el circuito averiado a tierra o a partes conectadas a tierra.

Corriente Eléctrica Alterna: Es el flujo de corriente en un circuito que varía periódicamente de sentido.

Cortacircuitos: En electricidad, dispositivo para producir un corte en la corriente cuando se produce un cortocircuito o una sobrecarga eléctrica. Este corte se produce al fundirse un fusible.

Corte omnipolar: corte de todos los conductores activos. Simultáneo, la conexión y desconexión se efectúa al mismo tiempo en el conductor neutro o compensador y en las fases o polares. No simultáneo, la conexión se establece a antes.

Cortocircuito: Contacto accidental de dos cables con distinta polaridad.

Desoldador: Aparato que succiona el estaño de un componente electrónico para poder desmontarlo y sustituirlo si es el caso.

Diferencial: En electricidad, interruptor de seguridad, que corta la corriente al producirse una descarga a tierra o al contacto de una persona con un polo positivo.

Diodo: Componente electrónico que deja pasar la corriente de una batería cuando se conecta el ánodo al positivo y el cátodo al negativo, oponiéndose al paso de corriente si se conecta al contrario.

Distribución: Incluye el transporte de electricidad de bajo voltaje y la actividad de suministro de la electricidad hasta los consumidores finales.

Disyuntor: interruptor automático por corriente diferencial. Se emplea como dispositivo de protección contra los contactos indirectos, asociado a la puesta a tierra de las masas.

Electroimán: Es la magnetización de un material mediante la electricidad.

Elementos conductores: todos aquellos que son susceptibles de propagar un potencial.

Emplazamiento peligroso: espacio en el que una atmósfera explosiva está presente en tal cuantía, como para requerir precauciones especiales, en la construcción, instalación y utilización del material eléctrica.

Energía: La energía es la capacidad de los cuerpos o conjunto de éstos para efectuar un trabajo. Todo cuerpo material que pasa de un estado a otro produce fenómenos físicos que no son otra cosa que manifestaciones de alguna transformación de la energía.

Capacidad de un cuerpo o sistema para realizar un trabajo. La energía eléctrica se mide en kilowatt-hora (kWh).

Energía alternativa: Energía procedente de fuentes no convencionales, por ejemplo, la energía solar y la eólica.

Energía atómica o nuclear: La que mantiene unidas las partículas en el núcleo de cada átomo y que, al unirse dos núcleos ligeros para formar uno mayor (reacción de fusión) o al partirse en dos o más fragmentos un núcleo muy pesado (reacción de fisión) es liberada en forma de energía calorífica o radiante. Aprovechamiento del calor desprendido en la reacción de fisión de elementos radioactivos para generar vapor que, a su vez, mueve una turbina que da lugar a energía eléctrica.

Energía eólica: Energía cinética del aire, es producida por los vientos y se aprovecha en los molinos de viento en los aerogeneradores. También se utiliza para la generación de electricidad en las centrales eólica. Generación de energía eléctrica debido al movimiento de las aspas de los generadores por la velocidad del viento, en zonas donde éste es fuerte.

Energía geotérmica: Obtención de calor para calefacción y para producción de energía eléctrica mediante el uso del vapor producido por las altas temperaturas del interior de la Tierra. El calor interno de nuestro planeta produce el derretimiento de las rocas y el calentamiento de las aguas subterráneas y los gases subterráneos calientan el agua de las capas inferiores, la que emana a la superficie en forma de vapor o líquido caliente. Estas erupciones, intermitentes, normalmente las encontramos en zonas volcánicas y se conocen con el nombre de géiser.

Energía hidráulica: Energía originada mediante turbinas por el aprovechamiento de la presión que se produce en un salto de agua por la diferencia de alturas. Fuerza viva de una corriente o de una caída de agua que se aprovecha en forma de energía mecánica para mover maquinarias o producir energía eléctrica.

Energía Hidrotérmica: Resulta por la caída de temperatura de un cuerpo, entre un manantial frío y otro caliente. En una central de este tipo se emplea el agua caliente de la superficie del mar y la fría del fondo. Como el agua no es lo suficientemente caliente se emplea un líquido de ebullición muy baja, para vaporizarla (cloruro de etilo), cuyo vapor accionará un turboalternador, como en las centrales termoeléctricas.

Energía Mareomotriz: Se aprovecha el flujo y reflujo del agua del mar, cerrando con una presa -provista de turboalternadores- la entrada de un río en puntos donde las mareas sean suficientemente importantes.

Energía Química: Suministrada por reacciones químicas. Ejemplos de ellas: los explosivos, las pilas eléctricas.

Energía Radiante: Es la energía de las ondas electromagnéticas: rayos gamma, equis y ultravioleta; rayos luminosos e infrarrojos, ondas hertzianas.

Energía solar: Energía producida mediante el efecto del calor del sol en una placa solar. Se usa principalmente en hogares para calentar agua y para calefacción, y en instalaciones de alumbrado en carreteras mediante una batería que se carga durante el día. Proviene del sol y se produce por la fusión de los núcleos atómicos de hidrógeno, componente principal del Sol.

Energía Térmica: Energía calorífica producida por la combustión en las máquinas térmicas de hulla, petróleo, gas natural y otros combustibles.

Estañar: Soldar dos metales con estaño.

Fotocélula: interruptor cuya acción de conectar o desconectar está comandada por una célula fotoeléctrica.

Fuente de energía: aparato generador de energía eléctrica.

Halógeno: metaloide de la familia del cloro.

Hub: es un accesorio que se usa para conectar un caño de acero flexible a una caja o tablero.

Hz: símbolo de la unidad de frecuencia "hertz".

Ignitor: elemento del circuito auxiliar de las lámparas halógenos metálicos. Su misión es la de emitir un pulso de alta tensión para el encendido.

Iluminación artificial: aquella que se logra a través de aparatos de luz.

Iluminación combinada: combinación de dos o más métodos de alumbrado.

Ignitor: elemento del circuito auxiliar de las lámparas halógenos metálicos. Su misión es la de emitir un pulso de alta tensión para el encendido.

Iluminación artificial: aquella que se logra a través de aparatos de luz.

Iluminación combinada: combinación de dos o más métodos de alumbrado.

Iluminación de emergencia: Iluminación que debe entrar en funcionamiento automático y permitir, en caso de falla del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal, la evacuación segura y fácil del público al exterior; solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía y deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

Iluminación decorativa: sistemas de iluminación dedicados a iluminar lugares o sitios que se quieren mostrar con detalles, tanto sea de formas, como color o diseño.

Incandescencia: Sistema en el que la luz se genera como consecuencia del paso de una corriente eléctrica a través de un filamento conductor.

Inducción: Producción de corrientes llamadas corrientes inducidas en un circuito bajo la influencia de un imán o de una corriente. Influjo recíproco de las corrientes eléctricas sobre los imanes.

Instalación de Alta Tensión: tensiones por encima de 33.000V

Instalación de Baja Tensión: tensiones entre 50V y 1.000V

Instalación de Media Tensión: tensiones entre 1.000X y 33.000V

Instalación de Muy Baja Tensión: tensiones hasta 50V

Instrumento de medida: Conjunto formado por el sistema de medida, la caja del mismo y los accesorios incorporados.

Interruptor: Aparato de poder de corte destinado a efectuar la apertura y/o cierre de un circuito que tiene dos posiciones en las que puede permanecer en ausencia de acción exterior y que corresponden una a la apertura y la otra al cierre del circuito. Puede ser unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar.

- **Unipolar:** Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por 1 cable.
- **Bipolar:** Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por dos cables. Puede ser un vivo y el neutro o dos fases.
- **Tripolar:** Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por tres cables.
- **Tetrapolar:** Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por 4 cables.

Lámpara incandescente: Fuente de luz, cuyo funcionamiento se basa en el principio de la incandescencia.

Lámpara fluorescente: Las lámparas fluorescentes tubulares es en realidad una lámpara de descarga de vapor de mercurio de baja presión, en la cual la luz se produce mediante el empleo de polvos fluorescentes que son activados por la energía ultravioleta de la descarga.

Línea general de distribución: Canalización eléctrica que enlaza otra canalización, un cuadro de mando y protección o un dispositivo de protección general con el origen de canalizaciones que alimentan distintos receptores, locales o emplazamientos.

Luminaria: Aparato que sirve para repartir, filtrar o transformar la luz de las lámparas, y que incluye todas las piezas necesarias para fijar y proteger las lámparas y para conectarlas circuito de alimentación.

Núcleo magnético: Una cantidad de material ferroso que se coloca en una bobina o en un transformador para que nos proporcione un trayecto mejor que el aire para un flujo magnético incrementando, por lo tanto, la inductancia de la bobina y aumentando el acoplamiento.

Pantallas: Son los elementos metálicos generalmente de cobre, materializados en forma de cintas o alambres aplicados en forma helicoidal o cintas corrugadas, que tienen como objeto proteger al cable contra interferencias exteriores, darle forma cilíndrica al campo eléctrico, derivar a tierra una corriente de falla, etc. En el caso de los cables aislados con papel impregnado o de altísima tensión para uso enterrado, esta protección esta

formada por una envoltura (vaina) continua y estanca de plomo o aluminio.

Potencia: Es el trabajo o transferencia de energía realizada en la unidad de tiempo. Se mide en Watt (W) o kilovatio (kW).

Potencia nominal de un motor: Es la potencia mecánica disponible sobre su eje, expresada en vatios, kilovatios o megavatios.

Potencia activa: Es la que efectivamente se aprovecha como potencia útil en el eje de un motor, la que se transforma en calor en la resistencia de un calefactor, etc.

Potencia reactiva: Es la que los campos magnéticos de los motores, de los reactores ó balastos de iluminación etc. intercambian con la red sin significar un consumo de potencia activa en forma directa.

Potencia aparente: Es la que resulta de considerar la tensión aplicada al consumo y la corriente que éste demanda, esta potencia es lo que limita la utilización de transformadores, líneas de alimentación y demás elementos componentes de los circuitos eléctricos.

Punto a potencial cero: Punto del terreno a una distancia tal de la instalación de toma de tierra, que el gradiente de tensión resulta despreciable, cuando pasa por dicha instalación una corriente de defecto.

Punto mediano: Es el punto de un sistema de corriente continua o de alterna monofásica, que en las condiciones de funcionamiento previstas, presenta la misma diferencia de potencial, con relación a cada uno de los polos o fases del sistema.

Punto neutro: Es el punto de un sistema polifásico que en las condiciones de funcionamiento previstas, presenta la misma diferencia de potencial, con relación a cada uno de los polos o fases del sistema.

Protecciones eléctricas: Se trata de delgadas capas de material sintético conductor que se coloca en los cables de aislación seca de XLPE de tensión superior o igual a 3,3 kV y en los de ERP a partir de 6,6 kV. La capa inferior, colocada entre el conductor y el aislante, tiene por objeto hacer perfectamente cilíndrico el campo eléctrico en contacto con el conductor, rellenando los huecos dejados por los alambres que constituyen las cuerdas. La capa externa cumple análoga función en la parte exterior de aislamiento y se mantiene al potencial de tierra.

Protecciones mecánicas: Son las armaduras metálicas formadas por alambres o flejes de acero o aluminio (para cables unipolares).

Receptor: Aparato o máquina eléctrica que utiliza la energía eléctrica para un fin particular.

Red de distribución: El conjunto de conductores con todos sus accesorios, sus elementos de sujeción, protección, etc., que une una fuente de energía o una fuente de alimentación de energía con las instalaciones interiores o receptoras.

- **Privadas:** Son las destinadas, por un único usuario, a la distribución de energía eléctrica de Baja Tensión, a locales o emplazamientos de su propiedad o a otros especialmente autorizados por la Dirección General de la Energía.

- **Públicas:** Son las destinadas al suministro de energía eléctrica en Baja Tensión a varios usuarios. En relación con este suministro generalmente son de aplicación para cada uno de ellos, los preceptos fijados en los Reglamentos Electrotécnicos de Baja Tensión, así como los Reglamentos de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía que pudieran existir en cada país.

Sistema simétrico homopolar. Sistema equilibrado homopolar.

Sistema simétrico inverso. Sistema equilibrado inverso.

Sistema sinusoidal. Sistema eléctrico constituido por una red sinusoidal.

Sistema trifásico. [ing. *three-phase system*] **1** Conjunto de tres sistemas monofásicos con sus generadores conectados en estrella o en triángulo. **2** Conjunto ordenado de tres funciones sinusoidales de la misma frecuencia o de sus tres fasores.

Sistema trifásico equilibrado. [ing. *balanced three-phase system*] Sistema trifásico cuyas tensiones e intensidades están equilibradas.

Solución de un dipolo. Cualquier par posible de valores (v,i) de su tensión e intensidad.

Por ejemplo, el conjunto de todas las soluciones de una fuente de tensión de 10 V es $(10,i)$, sin ninguna restricción para i . Si existe una relación tensión-intensidad del dipolo, el conjunto de soluciones del dipolo es el conjunto de pares (v,i) que satisfacen su relación tensión-intensidad. Por ejemplo, el conjunto de soluciones de

una resistencia R , cuya relación tensión intensidad es $v= Ri$ es el conjunto de todos los pares $(v, i=i/R)$, donde v puede ser cualquier valor. El conjunto de todas las soluciones de una autoinducción de valor L , cuya relación tensión-intensidad es $v = L \frac{di}{dt}$, es el conjunto de todos los pares $(v, i = \frac{1}{L} \int v dt)$.

Sobrepresión interna: Se denomina protección por sobrepresión interna aquella en la que las máquinas o materiales eléctricos están provistos de una envolvente o instalados en una sala en la que se impide la entrada de los gases o vapores inflamables, manteniendo en su interior aire u otro gas ininflamable a una presión superior a la de la atmósfera exterior.

Tensión: Potencial eléctrico de un cuerpo. La diferencia de tensión entre dos puntos produce la circulación de corriente eléctrica cuando existe un conductor que los vincula. Se mide en Volt (V), y vulgarmente se la suele llamar voltaje.

Tensión a tierra: Tensión entre una instalación de puesta a tierra y un punto a potencial cero, cuando pasa por dicha instalación una corriente de defecto.

Tensión de contacto: Diferencia de potencial que durante un defecto puede resultar aplicada entre la mano y el pie de la persona, que toque con aquélla una masa o elemento metálico, normalmente sin tensión.

Tensión de defecto: Tensión que aparece a causa de un defecto de aislamiento, entre dos masas, entre una masa y un elemento conductor, o entre una masa y

tierra.

Tensión nominal: Valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para los que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para los sistemas trifásicos se considera como tal la tensión compuesta.

Tensión nominal de un aparato: Tensión prevista de alimentación del aparato y por la que se designa. También gama nominal de tensiones o intervalo entre los límites de tensión previstas para alimentar el aparato.

Tensión nominal de un conductor: Tensión a la cual el conductor debe poder funcionar permanentemente en condiciones normales de servicio.

Vainas exteriores: La mayoría de los cables poseen vainas exteriores que forman una barrera contra la humedad y las agresiones mecánicas externas. Según la propiedad que se quiera resaltar, estas vainas pueden ser de diferentes materiales. Así pueden ser de PVC para cables de uso general y con el agregado de aditivos especiales adquiere características de resistencia a la propagación del incendio, al frío, a los hidrocarburos o de reducida emisión de gases tóxicos - corrosivos (RETOX). También pueden ser de Polietileno para cables de uso enterrado que requieran una buena resistencia contra la humedad o de Polietileno Clor-sulfonado (Hypalon) cuando se requiera flexibilidad y resistencia a las aceites.

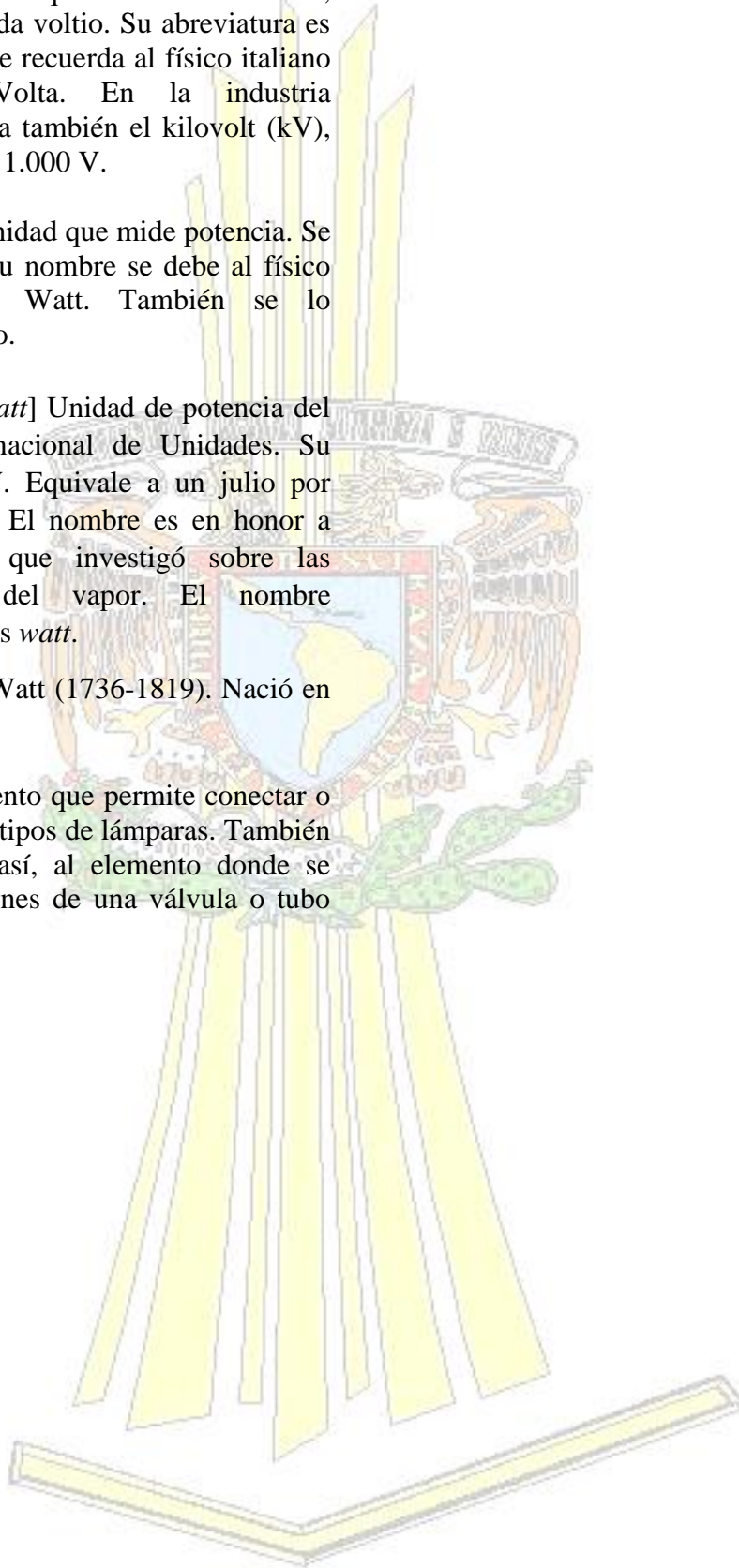
Voltio: Unidad que mide la tensión, también llamada voltio. Su abreviatura es V, y su nombre recuerda al físico italiano Alessandro Volta. En la industria eléctrica se usa también el kilovolt (kV), que equivale a 1.000 V.

Vatio: Es la unidad que mide potencia. Se abrevia W y su nombre se debe al físico inglés James Watt. También se lo denomina vatio.

watio. [ing. *watt*] Unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Su símbolo es W. Equivale a un julio por segundo (J/s). El nombre es en honor a [James Watt](#), que investigó sobre las aplicaciones del vapor. El nombre internacional es *watt*.

Watt. James Watt (1736-1819). Nació en Greenock

Zócalo: Elemento que permite conectar o montar, cierto tipos de lámparas. También se denomina así, al elemento donde se insertan los pines de una válvula o tubo electrónico.



CATALOGO COMPENDIADO PRODUCTOS DE DISTRIBUCIÓN Y DE CONTROL.

Septiembre, 2006.

Schneider Electric S.A Square D

Roberto Espinosa y Lara
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Ed. Limusa S.A. de C.V.

México, D.F. 1990.

www.codumex.com.mx

www.luz.philips.com

www.nacobre.com.mx

www.bticino.com