



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA SUBESTACIÓN EN
ALTA TENSIÓN EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE ELÉCTRICO
DE LA CIUDAD DE MÉXICO (TROLEBÚS).”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

P R E S E N T A :

CASTRO ZAVALA SERGIO DANIEL

ASESOR: ING. BENITO BARRANCO CASTELLANOS



Bosques de Aragón, Estado de México

Abril de 2011



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.

| | |
|---|------------|
| Índice | I |
| Introducción | II-V |
| Capítulo 1 Subestación eléctrica rectificadora | 1 |
| 1.1 Antecedentes | 1 |
| 1.1.1 Historia | 3 |
| 1.1.2 Catenaria | 6 |
| 1.1.3 Línea tranviaria | 7 |
| 1.2 Sistema eléctrico | 13 |
| 1.2.1 Tensión de los sistemas de distribución sub transmisión y transmisión | 13 |
| 1.2.2 Corriente alterna | 13 |
| 1.2.3 Moto de corriente continua | 14 |
| 1.2.4 Motor generador | 15 |
| 1.3 Subestación eléctrica | 15 |
| 1.3.1 Principales partes de una subestación eléctrica | 18 |
| 1.4 Elementos que conforman el sistema | 19 |
| 1.4.1 Acometida | 19 |
| 1.4.2 Sección de medición | 22 |
| 1.4.3 Celda para cuchillas trifásicas generales de 23kV 400ª sin carga | 23 |
| 1.4.4 Interruptor de potencia (52) | 26 |
| 1.4.5 Interruptor de apertura con carga | 28 |
| 1.4.6 Transformación | 29 |
| 1.4.7 Rectificación | 31 |
| 1.4.8 Interruptor ultra rápido principal | 37 |
| 1.4.9 Interruptores ultra rápidos derivados | 37 |
| 1.4.10 Baterías | 38 |
| 1.4.11 Cargador | 42 |
| 1.4.12 tablero de control | 46 |
| 1.5 sistema de tierra | 51 |
| 1.5.1 Aisladores | 54 |
| 1.6 Cables de control | 55 |
| Capitulo 2 Procedimientos de operación encendido - apagado y mantenimiento | 57 |
| 2.1 Tipos de mantenimiento | 57 |
| 2.2 Actividades de mantenimiento | 60 |
| 2.3 Importancia y necesidad del mantenimiento a transformadores, cuchillas y equipo eléctrico | 61 |
| 2.3.1 Contactores eléctricos | 63 |
| 2.4 Operación y mantenimiento | 64 |
| 2.4.1 operación encendido y apagado para iniciar el mantenimiento | 64 |
| 2.4.2 Cuchillas tripolares generales | 66 |
| 2.4.3 Interruptor de potencia en pequeño volumen de aceite para interior | 68 |
| 2.4.4 Interruptor de apertura con carga | 79 |
| 2.4.5 El transformador | 80 |
| 2.4.6 Rectificador | 87 |
| 2.4.7 Interruptor ultra rápido (UR) | 89 |
| 2.4.8 Interruptores derivados | 91 |
| 2.4.9 Cargador de baterías | 93 |
| 2.4.10 Tablero de control | 104 |
| 2.4.11 Sistema de tierras | 105 |
| Capitulo 3 Energía de calidad | 106 |
| 3.1 Necesidades de capacitar | 106 |
| 3.2 Concepto de mantenimiento | 107 |
| 3.3 Seguridad e higiene | 117 |
| 3.4 Energía de calidad | 122 |
| Conclusiones | 126 |
| Bibliografía | 127 |
| Glosario | 128 |

Objetivo

El objetivo de este trabajo es contar con un conocimiento más específico para el personal de transportes eléctricos en cuanto a los tipos de mantenimiento que existen así como los procedimientos a seguir.

Actualmente en el servicio de transportes eléctricos se ha hecho el propósito de llegar a ser una empresa de clase y con una competitividad que llegue a ser de beneficio para el público usuario así como tratar de prestar un mejor servicio evitando dejar carros parados por falta de corriente eléctrica.

Introducción

Para lograr este servicio se trata de mantener el equipo en buen estado para evitar que fallen por mal mantenimiento. En años anteriores el mantenimiento mayor que se daba a las subestaciones era dado por empresas exteriores al servicio y esto era por falta de capacitación al personal el cual solo se dedicaba a atender en caso de emergencia o mantenimiento solo de limpieza dentro del inmueble de la subestación sin acercarse a la parte del equipo eléctrico.

Con el paso del tiempo en últimas fechas se ha logrado capacitar en forma clara a personal para que en determinadas circunstancias sea capaz de realizar algunas pruebas y ciertos mantenimientos a las subestaciones rectificadoras de distrito federal, y en cierta forma esta tesis trata de completar el conocimiento para lograr un mantenimiento integro y así salvaguardar con mayor seguridad el equipo eléctrico con el que se cuenta

Desde fines del siglo pasado se ha dado una gran importancia al mejoramiento continuo del transporte público urbano en la Ciudad de México; el primer intento que puede considerarse significativo fue aquel que señaló el cambio de la tracción animal por la eléctrica autorizado a través de acuerdo del 20 de febrero de 1881.

Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal se ha planteado como objetivo fundamental transformarse en una organización de transporte moderna y eficiente con la habilidad de adaptarse continuamente a los nuevos retos del Distrito Federal y mantener ventaja competitiva ante otras empresas relacionadas con el giro mediante una planeación estratégica de cambio; garantizando con ello a los usuarios de los modos que opera (Trolebús y Tren Ligero) un servicio de transportación de excelencia y calidad, además de confortable y no contaminante que satisfaga sus necesidades de traslado en la Ciudad de México.

Tomando en cuenta que las subestaciones eléctricas son un componente importante de los sistemas de potencia, además de ser los de mayor costo económico, y que la continuidad del servicio depende en gran parte de ellas; es necesario aplicar a estos sistemas (subestaciones) una adecuada gestión de mantenimiento. Esta gestión deberá observar al mantenimiento preventivo, englobando al mantenimiento predictivo, para revisar con cierta frecuencia el estado de los equipos, al mantenimiento correctivo para reparaciones o reemplazos preventivos, el cual deber tener cierta planificación para intervenciones de emergencia, y al mantenimiento proactivo, para el análisis y revisión periódica de la gestión, y para la evolución del mantenimiento y sus procedimientos. Todo esto interrelacionado entre sí, conformando así al mantenimiento Integrado.

Actualmente la generación y transmisión de grandes bloques de energía eléctrica es primordial para abastecer los requerimientos de las industrias, los servicios públicos y domésticos de una población en constante crecimiento, lo que ha provocado la formación de grandes redes de transmisión y distribución denominados sistemas que permiten un consumo en los núcleos de población, las industrias y el campo más eficiente de la energía generada en plantas instaladas en lugares donde las condiciones son adecuadas.

En México se tienen operando redes de transmisión con tensiones del orden de 400 KV, que incluyen bancos de capacidad hasta valores cercanos a los 300 MVA, formados por transformadores monofásicos. Es evidente que estas unidades fueron diseñadas y construidas con las técnicas más avanzadas y con materiales de muy alta calidad.

El papel que desempeña el transformador en un sistema de transmisión o distribución es determinante, ya que al estar fuera de servicio un banco de (transformadores por cualquier causa, la capacidad de dicho sistema puede quedar reducida críticamente y obligar a "tirar carga", es decir dejar sin alimentación a determinadas zonas o servicios, este problema se agudiza en el caso de transformadores que operen en circuitos de generación. En interruptores, cuchillas seccionadoras y líneas, esta situación es más difícil de presentarse ya que en el diseño de las subestaciones y de las redes se proveen las alternativas de llevar la carga por circuitos auxiliares o de enlace.

Si tomamos en cuenta que aun cuando por definición a los transformadores se les considera como maquinas estáticas con respecto a su función, y aparentemente están exentos de sufrir daños, la realidad es que durante su operación están expuestos a esfuerzos mecánicos, esfuerzos dieléctricos y elevaciones de temperatura, cuyas magnitudes están determinadas por las condiciones de

operación, las condiciones atmosféricas y las características de protección existentes en el circuito donde están instalados.

Cuando durante la operación se presentan condiciones anormales con características de exposición severas en magnitud o en tiempo, pueden reducir la vida de los componentes eléctricos considerablemente o provocar daños que lo dejen fuera de servicio para reparaciones menores en su base o la reconstrucción en el taller.

Estos conceptos nos dan una idea del cuidado que se debe proporcionar al equipo una vigilancia constante y confiable durante su operación, con inspecciones visuales, registros de tensiones, cargas y temperaturas; un sistema seguro de alarmas que avisen cuando existe una anomalía en la operación de sus equipos auxiliares y las protecciones necesarias para evitar sobretensiones o sobre corrientes. También se ve la necesidad de administrar un mantenimiento programado adecuadamente tanto predictivo como preventivo, con objeto de por un lado saber con cierta certeza en qué estado se encuentra y por otro tratar de evitar que surjan defectos en sus partes constructivas y en sus equipos auxiliares que en un momento dado pueden presentar problemas en la operación e inclusive obligar a sacarlo de servicio.

Otro factor que influye seriamente en la correcta operación de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica es el que se refiere a la regulación de la tensión, ya que debido a las variaciones de las cargas y a las condiciones de generación, se presentan estos problemas que en ocasiones se resuelven. Modificando la relación de transformación por medio de cambiadores de derivación en vacío y/o bajo carga y en el caso de redes, de distribución con cambiador de derivaciones de control automático integrado al transformador o con reguladores automáticos de voltaje. Estos últimos aparatos por ser una variante del transformador, se les debe proporcionar la misma clase de mantenimiento y además el relacionado con los controles automáticos y su mecanismo de operación.

El propósito de esta tesis es reunir una serie de conocimientos prácticos que deben observarse antes de, durante y después de la ejecución de los trabajos de mantenimiento en las subestaciones eléctricas rectificadoras de STE (Sistema de Transporte Eléctrico), para obtener el mejor rendimiento y la mayor confiabilidad.

Capítulo 1

Subestación eléctrica rectificadora

1.1 Antecedentes

Desde finales del siglo se ha dado una gran importancia al transporte urbano en el distrito federal y para este caso en particular al transporte eléctrico que empezó su crecimiento gracias al administrador general de la Compañía de Ferrocarriles del Distrito Federal que el Ayuntamiento concede a esa Compañía autorización para que adopte la tracción eléctrica y para que en las calles pueda sostener, por medio de ménsula y columnas de fierro los conductores eléctricos; limitando por ahora esa autorización a una sola vía, y reservándose el Ayuntamiento la facultad de fijar las condiciones definitivas para permitir el empleo de la tracción eléctrica y aún para negarlo por completo después de que se hayan hecho los ensayos prevenidos por la Secretaría de Fomento".

Lo anterior constituyó el punto inicial, el cual ciertamente no produjo resultados inmediatos, más sin embargo abrió la brecha en la renovación del transporte urbano. Y fue hasta el 14 de abril de 1896, que la Compañía Limitada de los Ferrocarriles del Distrito, pidió permiso al Ayuntamiento para cambiar en algunas de sus líneas, la tracción animal por la eléctrica. Por ello se realizaron diversos estudios acerca de las ventajas e inconvenientes que a la ciudad podría ocasionar el cambio de tracción, habiéndose encontrado que además de la mejor conservación de pavimentos y mayor limpieza en las calles, los viajes se efectuarían en menor tiempo y se fraccionarían los trenes de modo que pudieran salir con más frecuencia lo que representaba sin duda una gran ventaja para el público.

Así quedaron planteados los más firmes propósitos para adoptar la tracción eléctrica, sin embargo fue hasta el 15 de enero de 1900 que se concretizaron las acciones para explotar este tipo de tracción, al inaugurarse la línea de la Chapultepec a Tacubaya y el día 16 se inició el servicio para el público. Con 2 subestaciones eléctricas generadoras a 50 Hz, produciendo 25 kV y transformándolo en 750 V de corriente directa.



Fig.1.1.-Tranvia de la primera línea Chapultepec-Tacubaya

A partir del 1º de marzo de 1901 la compañía limitada de tranvías eléctricos de México se hizo cargo de la explotación que en diversas rutas realizaba la compañía de ferrocarriles del distrito federal, la cual se consolidó en 1907 y adquirió vigor el desarrollo de su red en toda la ciudad de México.

Desde su nacimiento, los tranvías eléctricos de la Ciudad de México, se destacaron como un sistema de vanguardia tecnológica en varios sentidos:

A partir de la serie de la que el "Cero" es el único sobreviviente se difundió el uso de carrocerías más anchas con filas de asientos dobles; se experimentó con carros de 72 asientos acomodados en dos pisos, se implantó el uso de espejos retrovisores, el despacho centralizado de corridas, el sistema de tarifa múltiple para uso en carros de clase mixta que permitía una diversificación de ingresos y servicios: fúnebres, de presidiarios, excursiones privadas y turísticas, trenes de carga por horario o contratados y hasta la circulación de un tranvía presidencial.

La Cía. de tranvías de México con una red de 225 kms. de vías para 1909, vio terminar la primera etapa de la hidroeléctrica de Necaxa, quedando así los generadores a vapor de Indianilla como auxiliar y permitiendo en conjunto, la tremenda expansión en años subsecuentes donde se cumplió todo lo programado para antes de 1913, pero proyectos a terminar en 1918 como las líneas de Puebla y Toluca quedaron suspendidas en Tulyehualco y la Venta respectivamente; al fragor de estas obras se experimentó con innovaciones con el uso de concreto en durmientes o losas para la vía de 1,435 mm de ancho.



Fig. 1.2-Centro histórico (1909).

Para 1922 su servicio era el de mayor difusión para el traslado de pasajeros, carga, funerario etc., estaba a la vanguardia de la publicidad ya que en la mayoría de las unidades se promocionaban diferentes empresas

Entre 1920 y 1945, diversos conflictos obrero-patronales culminaron con la declaración que el Presidente Ávila Camacho hiciera en el informe de septiembre

de 1946, como consecuencia de que la Compañía de Tranvías de México no cumplió con todas las obligaciones que le imponían las concesiones; el Gobierno, después de recibir sus defensas, las declaró caducas y estaba por resolver la organización que se daría a tan importante servicio y fue así que por decreto del 31 de diciembre de 1946 se dio nacimiento a la Institución Descentralizada de Transporte Eléctrico del Distrito Federal.



Fig.1.3. Últimos tranvías en 1945.

En octubre de 1952, el Departamento del Distrito Federal adquiere todos los bienes de las empresas: Compañía de Tranvías de México, S.A., Compañía Limitada de Tranvías de México y Compañía de Ferrocarriles del Distrito Federal, las cuales pasaron a formar parte del patrimonio del Organismo Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal.

El trolebús, también conocido como trolley o trole, es un autobús eléctrico alimentado por una catenaria de dos cables superiores desde donde toma la energía eléctrica mediante dos astas. El trolebús no hace uso de vías especiales o rieles en la calzada, por lo que es un sistema más flexible. Cuenta con neumáticos de caucho en vez de ruedas de acero en rieles, como los tranvías.

1.1.1 Historia

La historia del trolebús empieza el 29 de abril de 1882, cuando Ernst Werner von Siemens hace andar su Electromotor en un suburbio de Berlín, que funcionó hasta el 13 de junio de 1882. La primera línea experimental, desarrollada por Lombard Gérin se puso en marcha para la Exposición Universal de París de 1900. Max Schiemann da un salto decisivo cuando el 10 de julio de 1901 implanta la primera

línea de trolebuses para transporte público en Bielathal (cerca de Dresde) en Alemania.

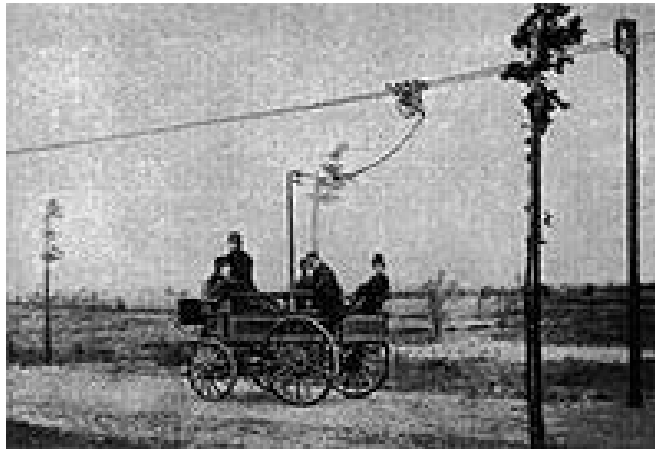


Fig. 1.4. Primer trolebús del mundo en Berlín.

El desarrollo del gran trolebús data de la primera década del siglo XX, cuando pareció ser un punto medio natural entre los vehículos eléctricos (tranvía) y los autobuses a gasolina. Los sistemas de trolebús pueden evitar obstáculos en la vía que un tranvía no puede, lo que aumenta la seguridad y no requiere la alta inversión de una línea de tranvía. También ofrece una capacidad de transporte intermedia entre los ómnibus y los tranvías (menos capacidad que un tranvía, más que un ómnibus) por hora y por dirección.

En Estados Unidos las petroleras y la industria de automóvil fueron condenadas a una multa federal por usar malas artes con las entidades públicas y privadas para la eliminación de tranvías y trolebuses y cualquier otro tipo de transporte eléctrico, reducción de todo tipo de transporte guiado, por fomentar el automóvil particular en urbanizaciones y todo tipo de transporte por carretera, tolerando los autobuses como mal menor siempre que no compitiera en igualdad de condiciones con el transporte privado, y asimismo por reducir el transporte ferroviario y fomentar la aviación.

El trolebús se desarrolló ampliamente en los países de la Europa Oriental o de la URSS, donde se implantaron en casi todas las ciudades con más de 200.000 habitantes.

Algunas empresas de transporte público, empezando por la Brooklyn-Manhattan Transit Corporation (BMT) de Nueva York, enunciaron el concepto de *all-four*. Esto es, el empleo de autobuses, trolebuses, tranvías y metros como un sistema integrado y complementario entre los sistemas más ligeros y los más pesados. En especial los autobuses y trolebuses se consideraron un sistema para recorridos

cortos que completaba otros sistemas de más largo recorrido, y más rápidos, como el metro, tren ligero o tren urbano

Desventajas

El trolebús comparte ventajas con el tranvía y el autobús pero también algunas desventajas.

Si el trolebús se separa accidentalmente de la catenaria, se para. Por el mismo motivo, los recorridos posibles se limitan a los tramos con catenarias instaladas. Sin embargo, se puede incorporar una batería o un motor térmico convencional para permitir una mayor versatilidad.

Los neumáticos producen más resistencia que las ruedas metálicas sobre los rieles y, por tanto, un mayor gasto de electricidad respecto a un tranvía.

Ventajas

Los trolebuses son de particular importancia para ciudades escarpadas o montañosas, donde la electricidad es más efectiva que el diesel a la hora de subir colinas; además, tienen mayor adherencia que los tranvías.



Fig. 1.5. Trolebús MASA SOMEX en una calle del centro histórico de Guadalajara.

Los trolebuses, al igual que todos los vehículos eléctricos, suelen verse como un medio de transporte más compatible con el medio ambiente que los autobuses de combustión, que consumen hidrocarburos y emiten gases. La utilización de energía producida en centrales eléctricas tiene ventajas sobre los motores de explosión: es más eficiente, puede utilizar mayor variedad de combustibles y es más conveniente para el control de la contaminación y se puede reutilizar el calor generado suministrando agua caliente para todo tipo de usos (industrias,

hospitales, instalaciones deportivas), o generación de frío con equipos de absorción. En todo caso, también se puede utilizar la electricidad renovable.

Otra ventaja que rara vez está presente en otros vehículos (excepto algunos turismos híbridos) es que pueden generar energía eléctrica a partir de la energía cinética cuando frenan o van cuesta abajo en un proceso llamado frenado regenerativo.

Se ha sugerido que los trolebuses se volverán obsoletos en una economía de hidrógeno, que no acaba nunca de llegar. Sin embargo, la transmisión directa de electricidad, como la usada en el trolebús, es mucho más eficiente que la producción, el transporte, el almacenamiento y el aprovechamiento energético del hidrógeno en celdas de combustible en un factor de 2,2 a 1, y mucho menos peligroso.

1.1.2 Catenaria

En ferrocarriles se denomina catenaria a la línea aérea de alimentación que transmite potencia eléctrica a las locomotoras u otro material motor.

Algunos autores prefieren utilizar el término "Línea Aérea de Contacto" o abreviadamente L.A.C., que puede incluir los sistemas denominados "línea tranviaria", con suspensión simple, "línea de trolebús" (el trolebús puede utilizar una catenaria común de tres hilos con el tranvía), suspensión simple con desplazadores en ciertos tramos, "catenaria flexible" y "catenaria rígida". Existen otros sistemas de alimentación eléctrica para ferrocarriles que no deben ser considerados como catenarias; los más importantes son el "tercer carril" y la levitación magnética.

Las tensiones de alimentación más comunes van desde 600 V a 3 kV en corriente continua, o entre 15 y 25 kV en corriente alterna. La mayor parte de las instalaciones funcionan con corriente (continua o alterna) monofásica, aunque existen algunas instalaciones trifásicas.



Fig. 1.6. Pantógrafo ferroviario.

En las líneas aéreas, el polo positivo de la instalación es normalmente la catenaria y el negativo son los carriles sobre los que circula el tren. Las corrientes provenientes de la subestación (transformadora o rectificadora de la tensión de la red general) llegan al tren por la catenaria a través del pantógrafo y vuelven a la subestación a través de los carriles de la vía férrea.

Una excepción a esta norma son las líneas aéreas de contacto para trolebuses, donde al no existir carriles, la corriente de retorno circula hacia la subestación por un segundo cable paralelo al primero y en contacto con el vehículo por un segundo trole.

El nombre de catenaria proviene de la forma geométrica característica de la curva que forma un hilo flexible sometido a su propio peso, curva que se presenta en el caso de una línea tranviaria formada por un único cable. Sin embargo, en los casos en que se requiere una mayor velocidad del material rodante (cercanías, líneas suburbanas e interurbanas y, por supuesto, ferrocarriles de alta velocidad) se requiere que el conductor del que el pantógrafo toma la tensión abandone la geometría de la catenaria aproximándose a una recta paralela a la vía. Por ello, la solución a este problema pasa por instalar un segundo cable del que aquel se cuelga. La curva adoptada por este segundo cable tampoco será una catenaria, ya que soporta un peso variable por unidad de longitud (al soportar el peso del hilo de contacto). No obstante, se denomina catenaria a todo el conjunto formado por los cables alimentadores, apoyos y elementos de tracción y suspensión de los cables que transmiten la energía eléctrica.

Tipos de catenaria

Hay varios sistemas de alimentación eléctrica para ferrocarriles:

- Línea tranviaria
- Líneas de trolebús
- Catenaria aérea flexible
- Catenaria aérea rígida
- Sistema de alimentación por tercer carril

1.1.3 Línea tranviaria

La línea tranviaria es la más sencilla de las aplicaciones de este tipo. Consiste en un hilo de contacto suspendido en apoyos consecutivos sobre la vía férrea. El tren toma energía de este hilo a través de un pantógrafo o de un trole.

La diferencia entre un pantógrafo y un trole consiste en que el pantógrafo tiene una pletina que "frota" el hilo por la parte inferior de este, mientras que el trole tiene una polea o roldana que rueda bajo el hilo.



Fig.1.7. Línea tranviaria.

La línea tranviaria tiene el inconveniente de que la flecha del hilo (distancia vertical entre el apoyo y el punto más bajo del hilo) es grande (cuadráticamente proporcional al vano). La introducción de un cable sustentador disminuye esta flecha mediante el uso de péndolas. (Ver catenaria flexible).

La velocidad que puede alcanzar un vehículo alimentado por línea aérea de contacto depende de la regularidad de la altura del hilo y de la uniformidad en la elasticidad de la línea, por lo cual la línea tranviaria sólo está aconsejada para velocidades bajas. Se emplea comúnmente en tranvías, metros ligeros, estaciones de carga, cocheras, etc.

Las líneas de trolebús son una derivación de las líneas tranviarias, consistiendo la diferencia fundamental de las mismas en que debe existir un segundo hilo, paralelo al primero, para el retorno de la corriente.

Al carecer los vehículos de dispositivos de guiado, la línea debe ser capaz de absorber grandes desviaciones laterales que puede transmitir la roldana del trole hacia la misma. Para ello las suspensiones de la línea disponen de un sistema flexible que permite el "balanceo" del hilo de contacto en sentido transversal en un rango muy amplio.

Catenaria aérea flexible



Fig. 1.8. Catenaria aérea flexible

La catenaria flexible consiste en dos cables principales, de los cuales el superior tiene aproximadamente la forma de la curva conocida como catenaria y se llama "sustentador"; en algunos países hispanohablantes se denomina también "cable portador". Mediante una serie de elementos colgantes (péndolas) sostiene otro cable, el de contacto, llamado hilo de contacto, de modo que permanezca manteniéndose en un plano paralelo al plano de las vías. A veces hay un tercer cable intermedio para mejorar el trazado del de contacto, al que se suele llamar "falso sustentador" o "sustentador secundario".

Las catenarias con un segundo sustentador en todo lo largo de su recorrido se suelen llamar catenarias compuestas o "compound".

El hilo de contacto no es propiamente lo que se conoce como cable, con varios hilos o alambres enrollados en varias capas, sino un trefilado, es decir, un alambre macizo de una sola pieza.

Este sistema de cables tiene una geometría compleja, que va variando a lo largo de la línea en función de los requerimientos que se exigen en cada punto. Los parámetros geométricos más importantes que definen esta geometría son los siguientes:

- Vano.
- Altura del hilo de contacto del pantógrafo del tren.
- Altura de la catenaria.
- Elevación.
- Flecha de los hilos.
- Longitud del cantón.
- Descentramiento.

La catenaria rígida se distingue de las otras en que el elemento que transmite la corriente eléctrica no es un cable, sino un carril rígido. Lógicamente para mantener este carril rígido paralelo a la vía, ya que su peso es muy grande, no basta tensarlo o suspenderlo de otro cable con más flecha, sino que además el número de apoyos en los que hay que suspenderlo debe ser mucho más elevado.¹

Como ejemplo diremos que para suspender una catenaria rígida se usan vanos (distancia entre apoyos) de 10 ó 12 m, mientras que el vano para catenarias flexibles está en torno a los 50 ó 60 m. Dicha limitación restringe su uso a los túneles, estructuras o sitios de muy escaso gálibo, donde otros sistemas se muestran ineficaces.

El origen del sistema parte de una idea básica, y es solucionar el principal inconveniente del tercer carril, que es la peligrosidad de los contactos directos. Todos hemos visto películas del Metro de Nueva York (con tercer carril) donde algún individuo muere al tocar el tercer carril (y la tierra o el negativo obviamente). ¿Cuál fue la solución?, pues muy sencillo, en vez de poner el tercer carril abajo donde se puede tocar, lo ponemos arriba. La solución en principio se practicó con el mismo carril (de acero), pero enseguida se desarrollaron carriles más avanzados, con menor peso y mayor conductividad.

El carril empleado actualmente consiste en una barra de aluminio que lleva en su parte inferior un hilo de contacto de cobre. La transmisión de energía se realiza por el aluminio y el cobre, pero sólo el cobre debe entrar en contacto con el pantógrafo.

Este sistema ha sido desarrollado y patentado por el Metro y aplicado a numerosos sistemas ferroviarios, desde otros metros del mundo.

Elementos de una catenaria

- Estructuras de soporte
- Conductores
- Regulación de la tensión mecánica
- Protecciones
- Sistemas asociados

Estructuras de soporte de catenaria

Las estructuras de soporte tienen como fin sostener los cables (conductores) sobre el tren de la manera adecuada.

La estructura de soporte de la catenaria consta, en el caso más sencillo, de dos partes: el poste y la ménsula. Evidentemente el poste debe fijarse al terreno, ya sea este natural o no. En el caso de terreno natural se suele fundamentar con una zapata de hormigón, que en el argot ferroviario se denomina "macizo", "macizo de

fundación" o "fundación". En el caso de fijarse sobre estructuras, existen múltiples métodos, siendo algunos de los más comunes los anclajes gewi, anclajes express, resinas epoxi, etc.

Los postes son pilares verticales que se levantan desde la altura del terreno hasta la altura adecuada para soportar la línea aérea de contacto. Existen infinidad de tipos, siendo los más comunes los metálicos y los de hormigón armado. Los de madera están actualmente casi olvidados, salvo en alguna línea minera o turística.

Las ménsulas son elementos estructurales, en voladizo desde el poste, que tienen como función sostener la línea aérea de contacto en su posición correcta sobre el tren o el trolebús.

Conductores y Transmisión

Llamamos conductores a los cables que conducen la corriente eléctrica desde la subestación al tren o trolebús. Los conductores normalmente asociados al sistema de línea aérea de contacto, o catenaria, pueden ser los siguientes:

- Hilo de contacto
- Sustentador
- Alimentador positivo o Alimentador de subestación
- Alimentador de acompañamiento
- Alimentador negativo

Con el avance tecnológico que se ha venido teniendo han actualizado y avanzado en muchas cosas esta modernización concierne a 8 subestaciones destinadas a la alimentación del tren ligero con 750 v de corriente continua y por otra parte 44 subestaciones destinadas a la alimentación de 650 v de corriente continua para la red del trolebús de la ciudad de México.

Las subestaciones se encuentran alimentadas con 23 kv a 60 hz trifásica a partir de un tablero de mando instalado en el interior de la sub-estación. Todo esto con una potencia nominal de 2000 kw y alimenta el hilo de alimentación a plena carga.

Para entender mejor e involucrarse en lo referente a la energía eléctrica debemos entender que existen grandes sistemas de energía eléctrica que son necesarios entre la planta generadora y la planta industrial. Esto se debe a que en un país generalmente existen pocos lugares donde las riquezas naturales son suficientes para generar energía eléctrica en forma económica; como es el caso donde existe gran cantidad de energía hidráulica o combustible natural de bajo costo para impulsar los generadores eléctricos.

La energía eléctrica siempre es 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 85,000; 230,000; o 400,000 volts y enviada mediante una línea de transmisión a una subestación reductora local.

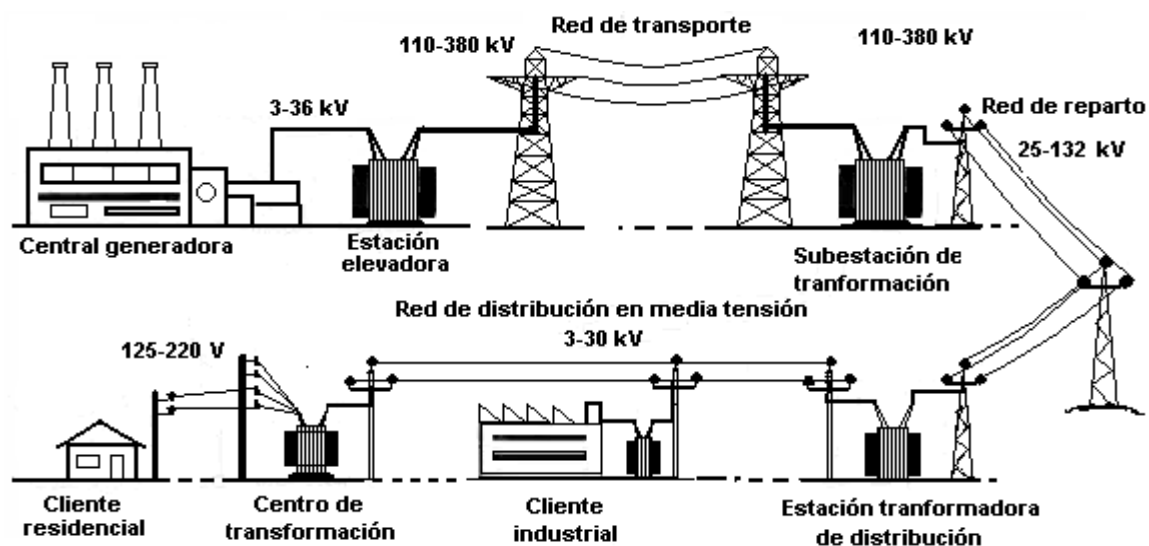
En esta subestación se utilizan transformadores para reducir la tensión a 13,800; 23,000 o 34,500 y se envía la energía eléctrica mediante una línea de distribución a una subestación ubicada en el área del consumidor.

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

A los conductores que sirven para alimentar la energía eléctrica del sistema general de abastecimiento a la propiedad servida se les llama acometida. Cuando el usuario cuenta con su propia subestación, esta reducirá la tensión a la tensión que el usuario necesite y será transmitida al interior de su sistema para su utilización.

Se utilizan otros tipos de combinaciones de transmisión y distribución pero la instalación que se ha mencionado es una de las más utilizadas.

De todo este sistema a lo que se le dará importancia será a la subestación eléctrica industrial.



1.9. Diagrama esquematizado de la red de distribución de la energía eléctrica.

1.2 Sistema eléctrico

Este sistema es un conjunto de elementos que permiten producir, transportar, distribuir y consumir la energía eléctrica. Para producción, manejo y uso eficiente de la energía eléctrica es necesario contar con un buen sistema eléctrico.

La energía eléctrica no se puede almacenar por en grandes cantidades, debe generarse en el momento de su consumo, es decir transmitirla. Para ello se requiere de una gran infraestructura tan importante como la generación misma. Así el sistema constara parte importante de un sistema es la transmisión que puede ser aérea, subterránea o una combinación de ambas, ya sea en alta, media o baja tensión.

- Tensión de transmisión: 400 y 230 kv
- Tensión de subtransmisión: 115,85 y 66 kv
- Tensión de distribución primaria: 345, 23 y 13,8 kv
- Tensión de distribución secundaria: 240, 220,127 y 120 V.

Es la parte final del sistema en donde la energía eléctrica distribuida desde los centros de generación y/o transformación es utilizada por las diferentes cargas del centro de consumo, como son bombas, motores, compresores, calentadores, contactos trifásicos, alumbrado, etc.

1.2.1 tensión de los sistemas de distribución, subtransmisión y transmisión

De la norma CFE-L0000-02 se indica a continuación las tensiones que se deben emplear en forma preferente en los sistemas de energía eléctrica a nivel nacional de la Comisión Federal de Electricidad.

Los valores son alternos y sus valores son eficaces.

- Baja tensión: Tensiones no mayores de 1 000 V.
- Mediana tensión: Tensiones mayores de 1 000 V hasta 35 000 V.
- Alta tensión: Tensiones mayores de 35 000 V y hasta 230 000 v.
- Extra alta tensión: Tensiones superiores a 230 000 V.

1.2.2 Corriente alterna

(CA) es la corriente eléctrica cuya magnitud y dirección cíclica varia, en comparación con corriente directa, que su dirección sigue siendo constante.

Generalmente la forma de onda de la corriente alterna es una onda senoidal, es por esto que da lugar a la transmisión más eficiente de la energía. No obstante en ciertos usos se utilizan diversas formas de onda, por ejemplo ondas triangulares o cuadradas.

Corriente directa (C.C) es el flujo unidireccional de carga eléctrica. La corriente directa es producida por las fuentes tales como baterías, termopares, células solares, y conmutador-tipo máquinas eléctricas de tipo dínamo. La corriente directa puede fluir en un conductor por ejemplo un alambre, pero puede también estar a través semiconductores, aisladores, o aún en vacío como dentro electrón o haces iónicos. En la corriente directa, cargas eléctricas fluyen en la misma dirección, distinguiéndolo de corriente alterna (CA). El término que se utilizaba antes para *corriente directa* era Corriente galvánica.

La corriente directa se puede obtener de una fuente de la corriente alterna por medio de un arreglo de la actual-conmutación llamado rectificador, que contiene elementos electrónicos (generalmente) o elementos electromecánicos (históricamente) que permiten que la corriente fluya solamente en una dirección. La corriente directa se puede hacer en corriente alterna con inversor o un sistema del motor-generador.

El primer anuncio de transmisión de la energía eléctrica (hecho por Thomas Edison en el pasado siglo diecinueve). Debido a la ventaja de la corriente directa del excedente de la corriente alterna en transformar y la transmisión, la distribución de la energía eléctrica es hoy casi toda la corriente alterna. Para los usos que requieren la corriente directa, por ejemplo tercer carril los sistemas de energía, corriente alterna se distribuyen a una subestación, que utiliza rectificador para convertir la energía a la corriente directa.

La corriente directa se utiliza para cargar las baterías, y en casi todos los sistemas electrónicos como la fuente de alimentación. Las cantidades muy grandes de energía continua se utilizan en la producción de aluminio y otros procesos electroquímicos. La corriente directa se utiliza para la propulsión de algunos ferrocarriles, especialmente en áreas urbanas. Corriente directa de alto voltaje se utiliza para transmitir cantidades grandes de energía de sitios alejados de la generación o interconectar rejillas de la energía de la corriente alterna.

1.2.3 Motor de corriente continúa.

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotatorio.

Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en muchas aplicaciones de potencia (trenes y tranvías) o de precisión (máquinas, micro motor, etc.) La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga.

1.2.4 Motor generador

Los Motores y generadores eléctricos, son un grupo de aparatos que se utilizan para convertir la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, con medios electromagnéticos. A una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica se le denomina generador, alternador o dínamo, y a una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica se le denomina motor.

Dos principios físicos relacionados entre sí sirven de base al funcionamiento de los generadores y de los motores. El primero es el principio de la inducción descubierto por el científico e inventor británico Michael Faraday en 1831. Si un conductor se mueve a través de un campo magnético, o si está situado en las proximidades de un circuito de conducción fijo cuya intensidad puede variar, se establece o se induce una corriente en el conductor. El principio opuesto a éste fue observado en 1820 por el físico francés André Marie Ampere. Si una corriente pasaba a través de un conductor dentro de un campo magnético, éste ejercía una fuerza mecánica sobre el conductor.

1.3 Subestación eléctrica.

En toda instalación industrial o comercial es indispensable el uso de la energía, la continuidad de servicio y calidad de la energía consumida por los diferentes equipos, así como la requerida para la iluminación, es por esto que las subestaciones eléctricas son necesarias para lograr una mayor productividad.

Una subestación es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos, que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica, permitiendo el control del flujo de energía, brindando seguridad para el sistema eléctrico, para los mismos equipos y para el personal de operación y mantenimiento. Las subestaciones se pueden clasificar como sigue:

- Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas.
- Subestaciones receptoras primarias.
- Subestaciones receptoras secundarias.

Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas.- Estas se encuentran en las centrales eléctricas o plantas generadoras de electricidad, para modificar los parámetros de la potencia suministrada por los generadores, permitiendo así la transmisión en alta tensión en las líneas de transmisión. Los generadores pueden suministrar la potencia entre 5 y 25 kV y la transmisión depende del volumen, la energía y la distancia.

Subestaciones receptoras primarias.- Se alimentan directamente de las líneas de transmisión, y reducen la tensión a valores menores para la alimentación de los sistemas de su transmisión o redes de distribución, de manera que, dependiendo de la tensión de transmisión pueden tener en su secundario tensiones de 115, 69 y eventualmente 34.5, 13.2, 6.9 o 4.16 kV.

Subestaciones receptoras secundarias.- Generalmente estas están alimentadas por las redes de su transmisión, y suministran la energía eléctrica a las redes de distribución a tensiones entre 34.5 y 6.9 kV.

Las subestaciones, también se pueden clasificar por el tipo de instalación, por ejemplo:

- Subestaciones tipo intemperie.
- Subestaciones de tipo interior.
- Subestaciones tipo blindado.

Subestaciones tipo intemperie.- Generalmente se construyen en terrenos expuestos a la intemperie, y requiere de un diseño, aparatos y máquinas capaces de soportar el funcionamiento bajo condiciones atmosféricas adversas (lluvia, viento, nieve, etc.) por lo general se utilizan en los sistemas de alta tensión.

Subestaciones tipo interior.- En este tipo de subestaciones los aparatos y máquinas están diseñados para operar en interiores, son pocos los tipos de subestaciones tipo interior y generalmente son usados en las industrias. y se contienen en gabinetes auto soportados, provistos de puertas abisagradas, construidas 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.

Subestaciones tipo blindado.- En estas subestaciones los aparatos y las máquinas están bien protegidos, y el espacio necesario es muy reducido, generalmente se

utilizan en fábricas, hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que requieran poco espacio para su instalación, generalmente se utilizan en tensiones de distribución y utilización.

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: |
|-------------------------------|-----------------------|
| 2.4kv | 2.5 |
| 4.16kv | 5.0 |
| 6.0kv | 8.7 |
| 13.2kv | 15.0 |
| 23.0kv | 25.0 |
| 33.0kv | 34 |

Características generales de la subestación tipo intemperie.

Las subestaciones compactas Alsthom 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 auto soportados, provistos de puertas abisagradas, contruidos 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).

Características de una subestación tipo interior:

Estas subestaciones se encuentran situadas dentro de una construcción u obra civil diseñada para contenerla con espacios y adecuaciones para ellos decir ductos, tuberías y dimensiones necesarias la cual cumple ampliamente con los requerimientos establecidos por el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.

1.3.1 Principales partes de una subestación eléctrica:

1. Cuchillas desconectadoras.
2. Interruptor.
3. TC.
4. TP.
5. Cuchillas des conectadoras para sistema de medición.
6. Cuchillas des conectadoras de los transformadores de potencia.
7. Transformadores de potencia.
8. Barras de conexión.
9. Aisladores soporte.
10. Conexión a tierra.
11. Tablero de control y medición.
12. Barras del tablero
13. Sujeción del tablero.

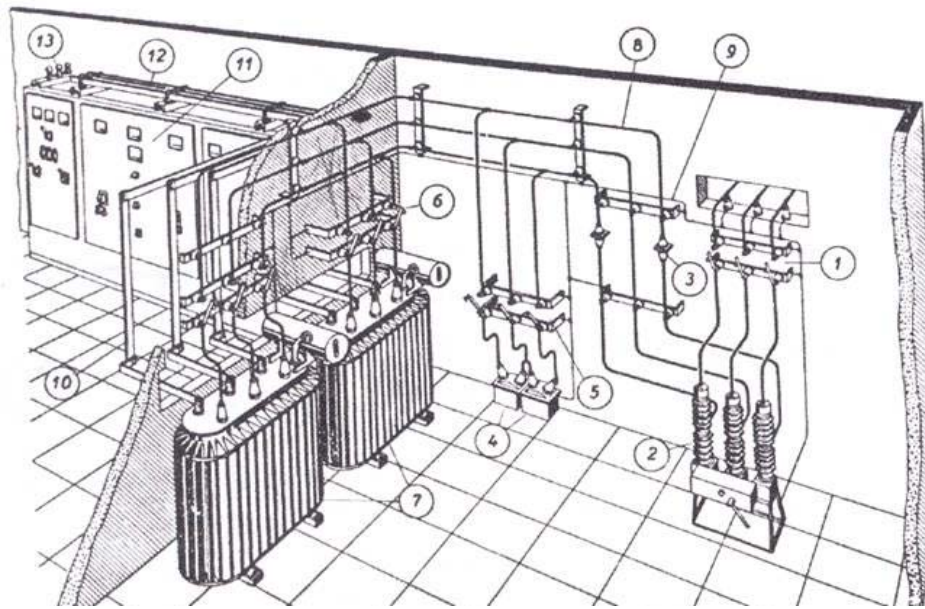


Fig. 1.10 Elementos principales de una subestación eléctrica de media potencia y media tensión

El uso de las subestaciones eléctricas es de vital importancia en la industria, ya que nos permiten el control del flujo de la energía necesaria para llevar a cabo los procesos; las subestaciones se pueden clasificar en primarias, secundarias, y subestaciones en las plantas generadoras; el elemento principal de una subestación eléctrica es el transformador, que funciona con el principio de inducción, a través de una serie de bobinados, que permiten controlar el voltaje de salida.

Diagrama unifilar El punto de partida para el diseño de una subestación eléctrica es el llamado diagrama unifilar, este diagrama debe mostrar la conexión y arreglo de todos los equipos eléctricos.

1.4. Elementos que conforman el sistema

1.4.1. 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.

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.

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.

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

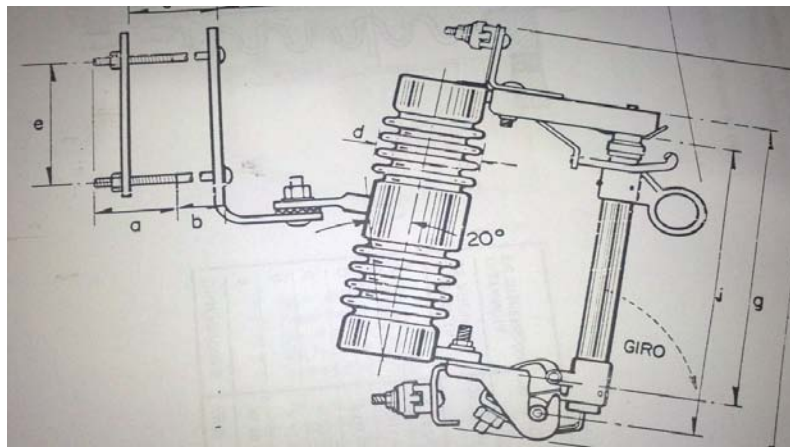


Fig. 1.11. Cortacircuitador.

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).

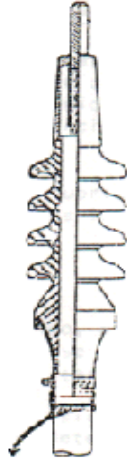


Fig.1.12. Terminal modular intemperie

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 extruido 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.

- Terminales de Porcelana Serie 5900.

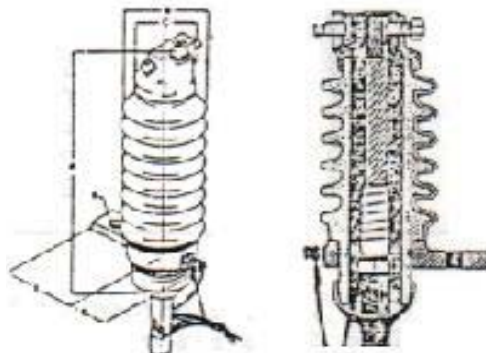


Fig.1.13. Terminal de porcelana serie 5900.

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.

1.4.2. Sección de medición

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.

1.4.3. Celda para cuchillas trifásicas generales de 23 kV 400 A operación sin carga

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 des conectadoras para operar en grupo, 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.
- Juego de tres apartarrayos auto valvulares mono polares con el neutro conectado sólidamente a tierra.
- Sistema de tierra con capacidad adecuada.

Cuchillas desconectadoras

Las cuchillas des conectadoras (llamados también Seccionadores) son interruptores de una subestación o circuitos eléctricos que protegen a una subestación de cargas eléctricas demasiado elevadas. Son muy utilizadas en las centrales de transformación de energía eléctrica de la ciudad. Consta de las siguientes partes:

- Contacto fijo. Diseñado para trabajo rudo, con recubrimiento de plata.
- Multicontacto móvil. Localizado en el extremo de las cuchillas, con recubrimiento de plata y muelles de respaldo que proporcionan cuatro puntos de contacto independientes para óptimo comportamiento y presión de contacto.
- Cámara interruptora. Asegura la interrupción sin arco externo. Las levas de las cuchillas y de la cámara interruptora están diseñadas para eliminar cualquier posibilidad de flameo externo.
- Aisladores tipo estación. De porcelana, dependiendo del tipo de seccionador varía el número de campanas.

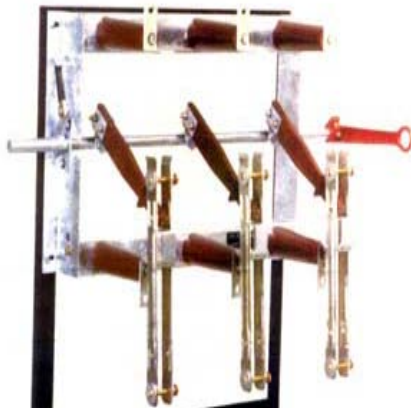


Fig. 1.14 Cuchillas des conectadoras.

Apartarrayos

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 auto valvulares 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.



Fig. 1.15. Apartarrayos auto valvulares.

Características de diseño.

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 Kg. 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.

Terminal superior y conector.

Construida 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.

En la parte lateral de la tapa superior, tiene marcada la tensión nominal de operación en cada apartarrayos.

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. Estas 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 radio interferencia, 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.

Cilindros auto valvulares.

Los cilindros auto valvulares 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.

1.4.4. Interruptor de potencia

El interruptor de potencia es un dispositivo electromecánico cuya función principal es la de conectar y desconectar circuitos eléctricos bajo condiciones normales o de falla. Adicionalmente se debe considerar que los interruptores deben tener también la capacidad de efectuar re cierres, cuando sea una función requerida por el sistema. Tareas Fundamentales de los Interruptores de Potencia Se requiere que cualquier interruptor de potencia, sin tomar en cuenta su aplicación particular, efectúe cuatro operaciones fundamentales: Cerrado, debe ser un conductor ideal. Abierto, debe ser un aislador ideal. Cerrado, debe ser capaz de interrumpir la corriente a que fue diseñado, rápidamente y en cualquier instante, sin producir sobre voltajes peligrosos. Abierto, debe ser capaz de cerrar rápidamente y en cualquier instante, bajo corrientes de falla, sin soldarse los contactos por las altas temperaturas.

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.

También en esta zona se concentran lo que son los TP'S y TC'S para la medición que se debe tener en el tablero de control de la subestación y que es ajeno a la medición del suministrador.

Transformadores de corriente

Se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control. Ciertos tipos de transformadores de corriente protegen a los instrumentos al ocurrir cortocircuitos.

Usualmente estos dispositivos vienen con un amperímetro adecuado con la razón de transformación de los transformadores de corriente, por ejemplo: un transformador de 600/5 está disponible con un amperímetro graduado de 0 - 600A.



Fig. 1.16 Transformadores de corriente

La función de un Transformador de Corriente, llamados Tc's, es básicamente la de cumplir dos tareas:

1. Medir grandes valores de Amperaje, o altas magnitudes de Corriente, con aparatos de medida de bajo alcance o rango de trabajo. Esta función se cumple tanto en circuitos de Alta tensión, como en los circuitos de Baja Tensión.
2. Brindar separación entre el circuito al cual se le mide la corriente con respecto de los instrumentos de medición. Esta segunda función es mucho más importante cuando se hace en Alta Tensión. Por lo cual existen diversos tipos constructivos para cumplir esta función, todos ellos brindando el aislamiento eléctrico requerido por seguridad.

En general se puede decir que los transformadores de corriente se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control.

Transformadores de potencial

La función de un Transformador de Potencial, llamados Tp's, es la de brindar mediante un primario devanado especialmente, o acople tipo capacitivo en otros modelos, una conexión segura con los circuitos de Alta Tensión, para reducir el voltaje y aislar galvánicamente su lado secundario y conectarse de forma segura con los circuitos de medida en el lado de baja tensión.



Fig. 1.17 Transformadores de potencial.

Generalmente los Tp's tienen una potencia nominal muy baja y su único objetivo es suministrar una muestra de voltaje del sistema de potencia, para que se mida con instrumentos conectados a su secundario.

Además, puesto que el objetivo principal es el muestreo de voltaje deberá ser particularmente preciso como para no distorsionar los valores verdaderos. Se pueden conseguir transformadores de potencial de varios niveles de precisión, dependiendo de qué tan precisas deban ser sus lecturas, para cada aplicación especial.

El primario de un transformador de potencial se conecta en paralelo con el circuito de potencia y en el secundario se conectan los instrumentos o aparatos de protección.

De esta forma se obtiene un aislamiento entre el lado de Alta tensión con respecto de los circuitos de Baja tensión donde están los voltímetros o instrumentos de medida, relés o controladores.

1.4.5. Interruptor de apertura con carga

La sección de interruptor y fusibles, 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 reciprocante, con mecanismo de energía almacenada para la apertura y cierre rápido y disparo simultáneo en las tres fases en caso de operar algún fusible.
- Tres fusibles de potencia.
- 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.

1.4.6 Transformación.

Es la parte más importante de una subestación eléctrica, consta de un embobinado de cable que se utiliza para unir a dos o más circuitos, aprovechando el efecto de inducción entre las bobinas.

La bobina conectada a la fuente de energía se llama bobina primaria, las demás bobinas reciben el nombre de bobinas secundarias. Un transformador cuyo voltaje secundario sea superior al primario se llama transformador elevador, si por el contrario, el voltaje secundario es inferior al primario este dispositivo recibe el nombre de transformador reductor.

Se denomina transformador o trafo (abreviatura) a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño, etc.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de voltaje, en energía alterna de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente por lo general arrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

El devanado primario con N_1 vueltas, está conectado a la red de CA y el devanado secundario con N_2 vueltas se conecta al circuito de la fuente de alimentación de CD. Entonces, se forma un voltaje v_s de CA de $(N_2/ N_1) V$ (rms) entre los dos terminales del devanado secundario. Al seleccionar una razón apropiada de vueltas (N_2/ N_1) para el transformador, el diseñador puede reducir el

voltaje de línea al valor necesario para obtener una salida específica de voltaje CD de la fuente.

Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro dulce o hierro silicio. Las bobinas o devanados se denominan *primarios* y *secundarios* según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

En la fig. 1.18 se representa un transformador monofásico. Como se puede ver, consta de dos arrollamientos, uno se denomina primario y recibe la energía eléctrica a la tensión eficaz V_1 , y el otro, es el secundario que la entrega a la tensión V_2 , ambos están enlazados por un núcleo común de material ferromagnético, en el cual se forma el flujo magnético que da lugar a la inducción electromagnética. Cualquiera de los dos arrollamientos puede cumplir la función de primario o secundario, y es por esto que se les considera Indistintamente, y las teorías existentes son validas cualquiera sea el que actúe como primario.

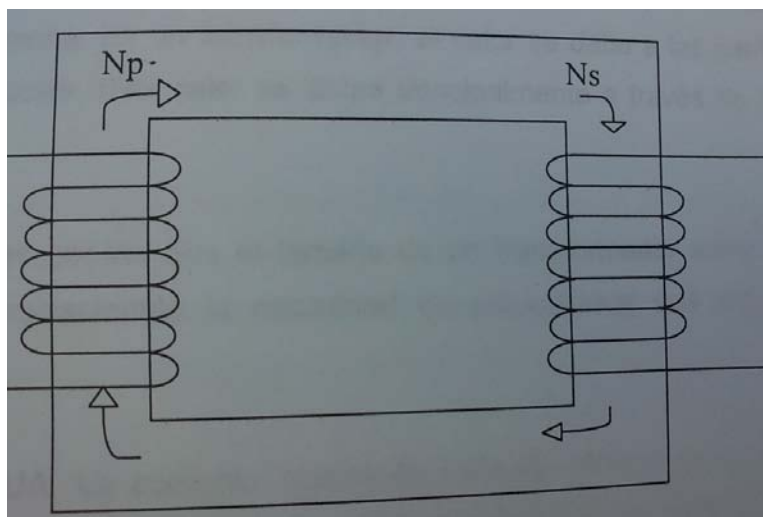


Fig.1.18. Esquema básico del transformador.

Durante el funcionamiento en vacío, el transformador está alimentado por el primario con la tensión V_1 , mientras que el secundario está abierto, y para la formación del flujo ϕ se produce una corriente llamada de excitación o de vacío I_0 , la cual tiene dos componentes: Una llamada magnetizante I_m es la que genera el flujo y que está en fase con él, y otra que está en fase con la tensión, y que sirve para compensar las pérdidas por histéresis y corrientes parásitas en el núcleo.

Para el caso específico de las subestaciones del servicio de transportes eléctricos hablaremos de dos tipos de transformadores el primero que será de potencia que alimentara al sistema de rectificación disminuyendo la tensión de 23kv a 470 v y el transformador de servicios que disminuirá la tensión de 23kv a 127/220 v.

1.4.7 Rectificación

Rectificación de media onda

El rectificador de media onda es un circuito empleado para eliminar la parte negativa o positiva de una señal de corriente alterna de entrada (V_i) convirtiéndola en corriente directa de salida (V_o).

Una de las aplicaciones más importantes de los diodos, es el diseño de los circuitos rectificadores. Un diodo rectificador es esencial en las fuentes de alimentación CD necesarias para alimentar equipos electrónicos. Observemos en la figura que nos muestra un diagrama en bloques, la fuente de alimentación se conecta a la línea y a una frecuencia de 60Hz tomados de la red de CA, y este entrega un voltaje V_0 de CD a un circuito electrónico representado por la carga. V_0 de CD debe de ser tan constante como sea posible.

El primer bloque de una fuente de alimentación de CD es el transformador de potencia, que consta de dos bobinas separadas y devanadas alrededor de un núcleo de hierro que acopla magnéticamente ambos devanados.

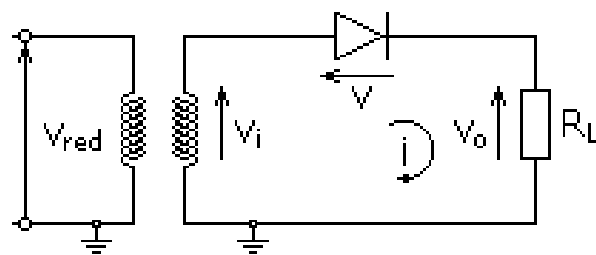


Fig.1.19 Es el circuito más sencillo que puede construirse con un diodo.

Análisis del circuito (diodo ideal)

Los diodos ideales, permiten el paso de toda la corriente en una única dirección, la correspondiente a la polarización directa, y no conducen cuando se polarizan inversamente. Además su voltaje es positivo.

Polarización directa ($V_i > 0$)

En este caso, el diodo permite el paso de la corriente sin restricción, provocando una caída de potencial que suele ser de 0,7 V. Este voltaje de 0,7 V se debe a que

usualmente se utilizan diodos de silicio. En el caso del germanio, que es el segundo más usado el voltaje es de pena al máximo 0,3 V.

Y la intensidad de la corriente puede fácilmente calcularse mediante la ley de Ohm: $R = I * V$

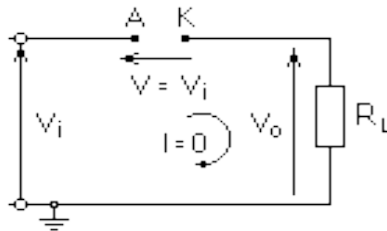


Fig.1.20 Polarización inversa ($V_i < 0$)

En este caso, el diodo no conduce, quedando el circuito abierto. La tensión de salida es igual a la tensión de entrada, y la intensidad de la corriente es nula:

$$V_o = V_i$$

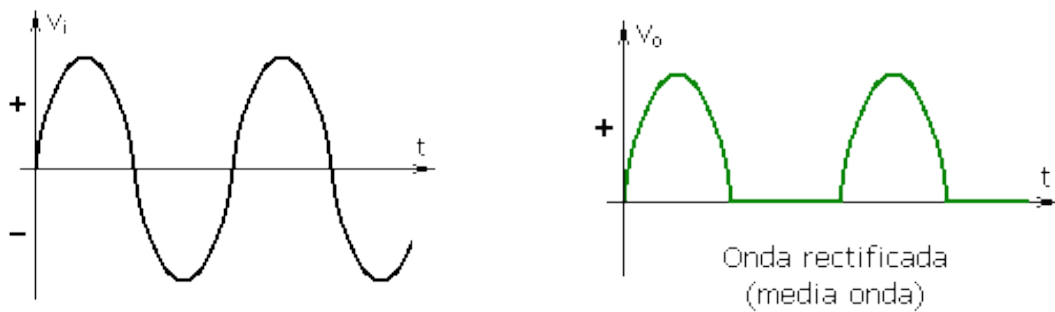


Fig.1.21. Rectificación de media onda

Diodo rectificador

Un diodo (del griego: *dos caminos*) es un dispositivo semiconductor que permite el paso de la corriente eléctrica en una única dirección con características similares a un interruptor. De forma simplificada, la curva característica de un diodo (I-V) consta de dos regiones: por debajo de cierta diferencia de potencial, se comporta como un circuito abierto (no conduce), y por encima de ella como un circuito cerrado con una resistencia eléctrica muy pequeña.

Debido a este comportamiento, se les suele denominar rectificadores, ya que son dispositivos capaces de suprimir la parte negativa de cualquier señal, como paso inicial para convertir una corriente alterna en corriente continua.

- Polarización directa de un diodo. Si se conecta la fuente de tensión al diodo de forma que el potencial negativo este unido al cátodo y el positivo al ánodo se dice que el diodo está en polarización directa. Al aplicar esta tensión el diodo conduce.

- Tensión de codo, de partida o umbral. Es la tensión, en polarización directa, por debajo de la cual la corriente es muy pequeña (menos del 1% del máximo valor nominal). Por encima de esta tensión la corriente sube rápidamente. Esta tensión es de 0,2-0,3 V en los diodos de germanio y de 0,6-0,7 V en los de silicio.

- Resistencia interna. Cuando el diodo trabaja en la zona de polarización directa, con pequeñas variaciones de tensión la corriente aumenta rápidamente, lo único que se opone al paso de la corriente es la resistencia de las zonas "p" y "n". A la suma de estas resistencias se le llama resistencia interna del diodo, $r_B = r_p + r_n$. El valor de esta resistencia depende del nivel de dopado y del tamaño de las zonas "p" y "n". Normalmente la resistencia de los diodos rectificadores es menor de 1 ohmio.

Una vez que el diodo entra en conducción se considera que la tensión aumenta linealmente con la corriente.

Especificaciones de un diodo rectificador

Tensión inversa de ruptura: la tensión inversa de ruptura es la máxima tensión en sentido inverso que puede soportar un diodo sin entrar en conducción; esta tensión para un diodo rectificador es destructiva, por ello cuando se diseña un circuito siempre se utiliza un factor de seguridad que no está determinado, sino que depende del diseñador, así por ejemplo, si la hoja de características de un diodo expresa un valor para la tensión inversa de ruptura de 80 V, un diseñador muy conservador puede utilizar un factor de seguridad de 2. El diodo no soportará, en ningún caso, tensiones inversas superiores a 40 V.

- Corriente máxima de polarización directa: es el valor medio de corriente para el cual el diodo se quema debido a una excesiva disipación de potencia. Este valor nunca se debe alcanzar, por ello, al igual que en el caso de la tensión inversa de ruptura se utiliza en diseño un factor de seguridad que suele ser 2. Este valor está expresado en la hoja de características del diodo referido a alimentación monofásica, carga resistiva, 50 o 60 Hz y a 75 °C de temperatura.

- Caída de tensión con polarización directa: esta medida se realiza con una señal alterna y se obtiene la caída de tensión con polarización directa, para un valor determinado de corriente y una temperatura de 25 °C.
- Corriente inversa máxima: es la corriente con polarización inversa para una tensión continua determinada que viene indicada en la hoja de características del diodo. El valor de la corriente inversa se da para diferentes temperaturas.

Circuito rectificador

Un circuito rectificador es un circuito que convierte potencia de ca en potencia de CC con el cual se puede suprimir la fuerza electro motriz inversa o bien disponer las conexiones del circuito de modo que las dos mitades de la onda circulen en el mismo sentido en el circuito receptor.

Hay muchos circuitos rectificadores diferentes, que producen grados variables de alisamiento en su salida de CC.

Existen tres configuraciones básicas de rectificadores que son las siguientes:

- media onda
- onda completa con derivación central
- onda completa

Una buena medida del alisamiento del voltaje de CC que sale de un circuito rectificador es el factor de rizado. El porcentaje de rizado en una fuente de potencia de CC se define como la relación del valor rms de los componentes de CA en el voltaje suministrado, con el valor de CC del voltaje.

$$r = \frac{V_{CA\text{ rms}}}{V_{CC}} * 100\%$$

en donde $V_{CA\text{ rms}}$, es el valor rms de los componentes de ca del voltaje de salida y V_{CC} es el componente de CC del voltaje en la salida. Cuanto más pequeño sea el factor de rizado en una fuente de alimentación, más suave la forma de la onda resultante CC.

El componente de CC del voltaje de salida V_{CC} , es muy fácil de calcular, puesto que es justamente el promedio del voltaje de salida del rectificador:

El valor rms de la parte de ca del voltaje de salida es más difícil de calcular, puesto que el componente de CC del voltaje debe sustraerse primero. En donde V_{rms} , es el valor rms del voltaje de salida total y V_{CC} es la CC o voltaje promedio de salida del rectificador.

El rectificador de media onda generalmente usa una capacitancia de filtrado mayor para mantener el mismo voltaje de rizado que un rectificador de onda completa. Durante el intervalo $t=0 \rightarrow T/2$, la polaridad del voltaje aplicado V_{rms} es igual a la que contiene el diodo cuando se está polarizado directamente, por lo que conduce el diodo y permite el pico positivo, pero cuando $T/2 \rightarrow T$, la polarización de la entrada se invierte y el diodo no conduce pero pasa a la parte negativa donde conduce la parte negativa.

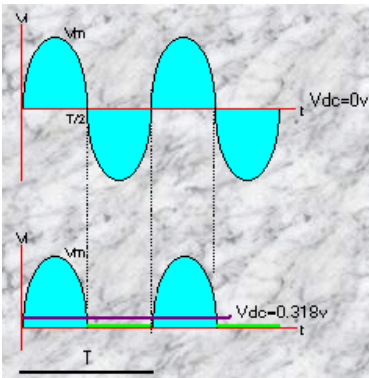


Fig.1.22 Media onda positiva rectificada.

Rectificador con capacitor

El objetivo del capacitor es desviar parte de la corriente por él, para que sólo vaya por la RL la componente continua de Fourier y el resto se cortocircuite a masa a través del condensador.

Para que esto ocurra tenemos que ver la impedancia equivalente del condensador, y ver así como afectan los diferentes valores de la frecuencia a esta impedancia. Las ondas que tendríamos con y sin Capacitor serán estas, comparadas con la onda del secundario:

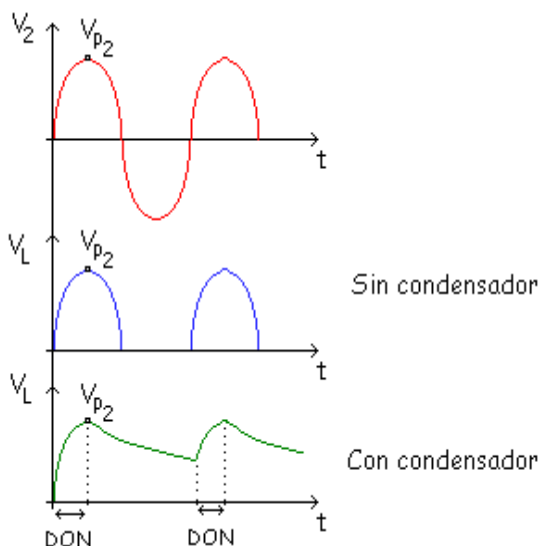


Fig.1.23 Rectificación con capacitor.

Al añadir el Capacitor hay modificaciones en el comportamiento del circuito. Veamos los pasos que se dan:

Inicialmente el Capacitor es un cortocircuito, y al enchufar el circuito a la red es Capacitor se carga de 0 a V_{p2} . Se cargará al ritmo del transformador porque el diodo es ideal, con lo que es un cortocircuito.

Cuando el Capacitor se ha cargado del todo a V_{p2} , a partir del valor máximo, el Diodo entra en inversa y deja de conducir (Diodo conduce hasta V_{p2}), con lo que empieza a disminuir el valor de la tensión de salida.

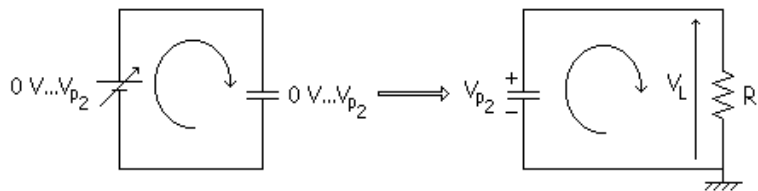


Fig. 1.24 Descarga del Capacitor a través de R_L .

El capacitor se va descargando hasta igualarse al valor de V_L , entonces el Diodo pasa a ON con lo que se vuelve a cargar hasta V_{p2} y se repite el proceso. Mientras el Capacitor se carga el Diodo conduce y mientras Capacitor se descarga el diodo no conduce.

Ahora el Diodo está en ON en menos tiempo que antes y las corrientes son muy grandes porque el Capacitor se carga en poco tiempo.

En poco tiempo necesita mucha energía, por lo tanto la intensidad es grandísima, y el resto del tiempo el Diodo no conduce.

La tensión en el Diodo se da cuando está en OFF. El valor máximo de esa tensión es:

A ese valor máximo de tensión en inversa se le llama "Tensión Inversa de Pico del Diodo".

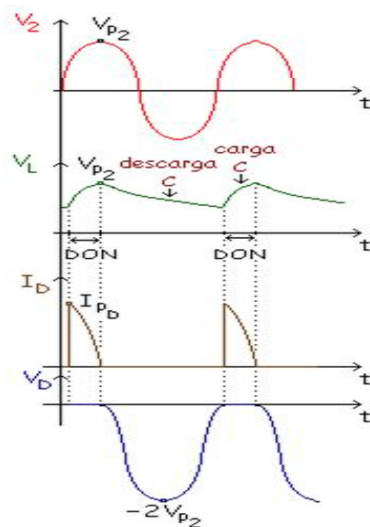


Fig.1.25 Tensión inversa de pico del diodo.

1.4.8 Interruptor ultra-rápido principal.

Interruptor ultra rápido (UR) marca ABB unipolar con cierre electrónico y manual para un voltaje nominal de 800 V.C.D. y corriente de 6000 Amp. C.D. Equipado con sistema de disparo de corte por sobre corriente, de alta velocidad mediante mecanismos de desenganche electromagnético y sensor electrónico de intensidad de corriente y de velocidad de incremento de la misma (di/dt).

Así como mecanismo de disparo por falta de alimentación de control de 120 VCD.

En conjunto en esta zona se encuentran seccionadores multilaminares de operación sin carga para la salida en la barra positiva y en la negativa.

Se los conoce también con el nombre de separadores o des conectadores, son dispositivos que sirven para conectar y desconectar diversas partes de una instalación eléctrica, para efectuar maniobras de operación o bien de mantenimiento.

La misión de estos aparatos es la de aislar tramos de circuitos de una forma visible.

Los circuitos que debe interrumpir deben hallarse libres de corriente, o dicho de otra forma, el seccionador debe maniobrar en vacío. No obstante, debe ser capaz de soportar corrientes nominales, sobre intensidades y corrientes de cortocircuito durante un tiempo especificado.

Así, este aparato va a asegurar que los tramos de circuito aislados se hallen libres de tensión para que se puedan tocar sin peligro por parte de los operarios.

1.4.9 Interruptores ultra-rápidos derivados

Interruptores ultra rápido (UR) derivados para proteger cada uno de los cinco circuitos de alimentación de las líneas de salida, marca ABB unipolar con cierre electrónico y manual para un voltaje nominal de 800 V.C.D. y corriente de 4000 Amp. C.D.

Equipado con sistema de disparo de corte por sobre corriente, de alta velocidad mediante mecanismos de desenganche electromagnético y sensor electrónico de intensidad de corriente y de velocidad de incremento de la misma (di/dt).

También llamados interruptores eléctricos los cuales están colocados para proteger de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros. En este caso en particular nos vamos a referir a interruptores derivados como los interruptores que protegen cierto tramo de la línea del trolébus aproximadamente 4 o 5 kilómetros de línea y que es el último paso de la corriente eléctrica antes de salir a la calle a la línea del trolébus.

1.4.10 Baterías

La primera evidencia histórica de las baterías proviene de excavaciones arqueológicas hechas en Bagdad, Iraq. Esta batería inicial fue identificada como del año 250 AC; y pudo haber sido utilizada en pequeñas aplicaciones para electroplatinas de objetos con una delgada capa de metal, un proceso parecido al que se usa actualmente para los recubrimientos de oro o plata en las ollas. Este se considera posiblemente uno de los primeros usos de las baterías. Las baterías fueron “re-descubiertas” muchos años después por Alejandro Volta, luego de que la unidad de potencia eléctrica fuese llamada bajo su apellido (Volt o Voltio).

¿Qué es una Batería?

El concepto de una batería puede definirse como la de un dispositivo que es capaz de almacenar energía eléctrica para su uso posterior.

El uso común de la palabra batería en términos eléctricos está limitado al dispositivo electroquímico que convierte energía química en eléctrica por una celda galvánica. Una celda galvánica es un dispositivo bastante simple que consiste de dos electrodos de metales diferentes o compuestos metálicos (un ánodo y un cátodo) y una solución electrolítica (usualmente ácida, pero algunos alcalinas). Una “Batería” es dos o más de esas celdas en series, aunque muchos tipos de celdas sencillas también son llamadas baterías, como las baterías de las luces de flash.

Como definimos anteriormente, una Batería es un dispositivo de almacenamiento de electricidad. Las Baterías no hacen la electricidad, la almacenan; así como un tanque de agua almacena el agua para su uso futuro. A medida que los químicos cambian en la batería, la energía eléctrica es almacenada o liberada. En las baterías recargables este proceso puede repetirse muchas veces. Las Baterías no son 100% eficientes -Parte de la energía se pierde como disipación de calor y reacciones químicas mientras se cargan y se descargan. Si usas 1000 Watts de una batería, podría tomar 1050 o 1250 Watts o más para recargarse completamente.

Los bancos de baterías estarán constituidos por un conjunto de vasos de 2V de baterías plomo ácido conectadas en serie, siendo cada vaso una batería del tipo sellado de recombinación regulada por válvula de electrolito absorbido (VRLA). Las baterías estarán diseñadas para uso estacionario, estando normalmente funcionando en la modalidad de flotación y alimentando las cargas de los servicios auxiliares de tensión continua de la subestación, teniendo que mantener la

alimentación de las mismas en el caso de falta de alimentación de tensión alterna que alimenta el cargador de baterías.

Los bancos serán suministrados con todos sus accesorios, entre los que no faltarán un bastidor, cubre bornes y cables de conexión de los vasos, buhonería, grasa protectora, etc.

Características constructivas y dimensionales

El número de vasos de baterías de 2 voltios que constituyen el banco de baterías depende de la tensión nominal del banco se resume en la siguiente tabla:

Tensión nominal del banco

Nº de vasos

110Vdc 52

48Vdc 23

La capacidad nominal especificada es a descarga a corriente constante durante 10h (C10), con tensión final de descarga por vaso de 1.8Vdc.

Las placas serán de pbca y estarán separadas por un elemento micro poroso que facilite la recombinación de los gases.

Las carcasas de los vasos serán de ABS retardante de las llamas, estarán construidos en forma robusta y resistente a los impactos.

La válvula de los vasos cumplirá la función de alivio de presiones que pudiesen dañar la batería en el caso de carga con tensiones inapropiadas o cortocircuitos. En caso de actuar la válvula, la misma deberá cerrarse inmediatamente luego de su actuación, evitando la salida de electrolito y manteniendo el sellado de la unidad.

Las baterías deberán soportar al menos 100 ciclos de cargas/descargas en el ensayo de endurecía a los ciclos.

Las baterías deberán ser diseñadas con una tasa de auto descarga tal que permita su almacenamiento por un período de 8 meses sin necesidad de recarga y sin pérdida de vida útil, siendo almacenadas en las condiciones que más adelante se mencionaran.

Conexión de las baterías

Los bornes de conexión estarán previstos para la utilización de terminales de ojal fijados mediante bulones que roscarán directamente en los mismos.

Para la conexión de los cables a los terminales se utilizarán arandelas planas y cónicas de asegurar una presión de contacto uniforme a lo largo del tiempo y a pesar de los cambios de temperatura.

Se suministrarán con las baterías cubre bornes y grasa de protección para evitar corrosión en los contactos.

Los cables de conexión serán de Cu aislado, altamente flexibles y serán entregados ya listos para su utilización, cortados y con los terminales ya colocados.

Para evitar esfuerzos sobre los terminales de las baterías, el conjunto de las baterías se unirá al cargador de baterías mediante una bornera que será fijada al bastidor. Dicha bornera y la conexión de las baterías a la misma es parte integrante del banco a ser suministrado.

Bastidor

Las baterías se entregarán con un bastidor que soporte el banco y tendrá la forma de una estantería, que disminuya el área ocupada por el banco.

El bastidor será metálico y estará pintado con pintura epoxi resistente al ácido que lo proteja en el caso de derrame de electrolito, además poseerá patas aislantes, de forma tal que se impida la continuidad a tierra en caso de derrame de electrolito.

Para facilitar su transporte y manipulación, el bastidor será desarmable, teniéndose especial cuidado en evitar puntos donde se pueda acumular el ácido y en especial se protegerá sus borneras.

En las superficies en donde serán apoyadas las baterías, deberá preverse una protección plástica que impida que se dañe la pintura del mismo así como la acumulación de ácido y simplifique la limpieza del mismo en dicha eventualidad.

El área que podrá ocupar el bastidor será de cómo máximo de $0,3 \times 2 \text{m}^2$ y no podrán tener una altura superior a 1,8m.

Resistencia Interna

Parte, o la mayor parte, de las pérdidas al cargar o descargar las baterías, son debidas a su resistencia interna. Esta se convierte en calor, lo que explica por qué las baterías se calientan cuando están siendo cargadas. A menor resistencia interna...mucho mejor.

Las tasas de recarga más lentas son más eficientes. Una batería clasificada en 180Ah (amperios-hora) en un período de 6 horas puede ser también clasificada

como de 220Ah en un período de 20 horas, y de 260Ah en 48 horas. Gran parte de esta pérdida de eficiencia es debido a la mayor resistencia interna a mayores rangos de amperajes (la resistencia interna no es una constante) y es algo como “mientras más empujas, más fuerte es el empuje de respuesta”.

La eficiencia típica de una batería de ácido plomo es de un 85-95%, en las alcalinas y de NiCad es del 65%. Las verdaderas baterías AGM de Ciclo Profundo pueden alcanzar eficiencias de un 98%.Prácticamente todas las baterías utilizadas en un sistema fotovoltaico y hasta el más pequeño de los sistemas de energía de respaldo son de ácido plomo. Aún luego de un año de usos, estas baterías siguen ofreciendo la mejor relación precio-potencia.

Tipos de Baterías

Las baterías se dividen de dos formas, por su aplicación (para qué son usadas) y por su construcción (como son elaboradas). La mayor aplicación es para uso automotriz, marino, y de ciclo profundo. Las de ciclo profundo incluyen aplicaciones en Energía Solar, Energía de Respaldo, UPS, Energía Portátil y para Vehículos Camperos. Las baterías que más se construyen son las abiertas, las de Gel y las AGM. Las Baterías AGM (Absorbed Glas Mat) también son denominadas “secas” ya que la capa de fibra de vidrio solo es saturada a un 95% de ácido sulfúrico y no hay exceso de líquido.

Vida Útil de las Baterías

La vida útil de una batería de ciclo profundo está directamente relacionada con el uso que a esta se le dé, como es su mantenimiento y método de re-carga, la temperatura y otros factores. En casos extremos, las variaciones podrán ser extremas, y se pueden ver casos de baterías muertas en apenas un año por efectos de sobre-cargas severas, así como también hemos tenido casos de baterías para sistemas de telefonía que han tenido de 5-10 recargas severas y que han durado más de 25 años! Hemos visto baterías de Gel destruidas en un día por sobrecargas usando cargadores de vehículos grandes.

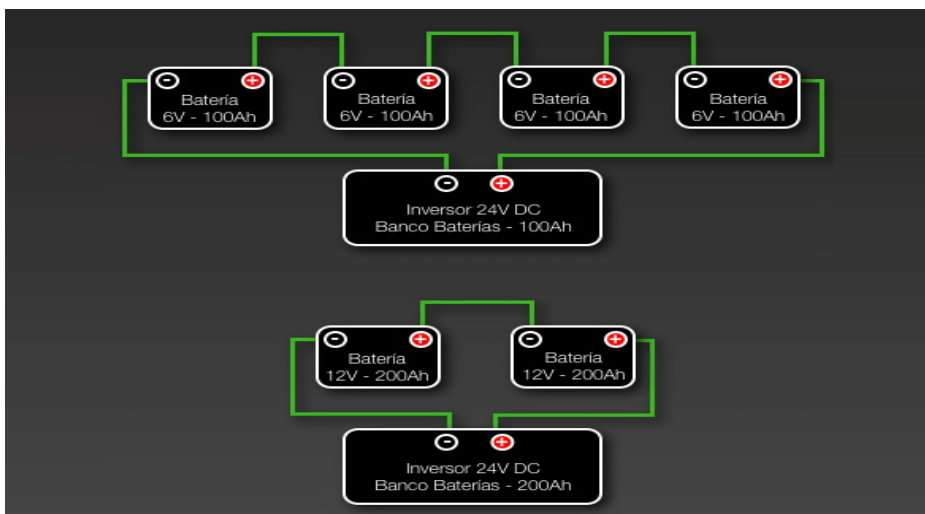


Fig. 1.26
Conexión de las
baterías.

Materiales de Construcción de las Baterías

La mayor parte de las baterías “grandes” de uso común son de ácido plomo. (Existen algunas de Nickel Cadmio en uso pero para usos prácticos tienen un costo inicial elevado así como también su costo alto del manejo adecuado como desecho; lo que no justifica su uso).

El ácido es normalmente 30% sulfúrico y 70% agua a carga plena. También están disponibles las baterías Nife o de Nickel-Hierro, que se caracterizan por una larga durabilidad pero poca eficiencia de un 60-70% y los voltajes son diferentes, lo que las hacen una opción no muy viable para usar en sistemas o inversores de 12, 24 o 48 Voltios. El mayor inconveniente con las baterías de Nickel-Hierro es que muchas veces es necesario poner 100 Watts de energía para obtener 70 Watts de carga, lo que las hace mucho menos eficiente que las baterías de ácido plomo. De este modo lo que se obtiene en ahorro de baterías, se paga más caro en paneles adicionales.

Las baterías de NiCad (Nickel Cadmio) también son ineficientes, alrededor de un 65%; y muy costosas... sin embargo, pueden llegar a congelarse sin sufrir daño alguno. Por lo general, todas las baterías AGM pueden soportar congelamiento sin problemas considerando que su potencia de salida será mínima o cero.

1.4.11 Cargador

Un cargador de baterías es un dispositivo utilizado para suministrar la corriente eléctrica o tensión eléctrica que almacenará una o varias (simultáneamente) pilas recargables o una batería. La carga de corriente depende de la tecnología y de la capacidad de la batería a cargar. Por ejemplo, la corriente -tensión- que debería suministrarse para una recarga de una batería de auto de 12V deberá ser muy diferente a la corriente para recargar una batería de teléfono móvil.

Un rectificador es un equipo no necesariamente preparado para todas las necesidades de carga que requiere una batería. En cambio un cargador es un equipo que incluye a un rectificador pero con circuitos adicionales, de automatización y control, especialmente diseñados para adaptarse a la carga de una batería. Demos un ejemplo para que se entienda mejor esto: un rectificador entrega una tensión fija, como 24, 48 o 110V de tensión continua. En cambio, un cargador puede entregar una tensión de mantenimiento de 27.2, 54.5 o 125V y, además, otras tensiones más elevadas para cargar la batería.

En lo que respecta a las especificaciones, vamos a distinguir dos tipos: en primer lugar nos referiremos a las que tienen que ver con las cuestiones básicas que se

requieren para el buen mantenimiento de una batería. El parámetro más importante es, sin duda, la regulación estática de la tensión de salida. Se entiende por este término, a la variación que experimenta la tensión de salida cuando la corriente de carga varía entre 0 y 100% (regulación de carga) y la red entre +/- 10% ó -15%/+10% ó cualquier otro porcentaje que se requiera según las características de la red del lugar (regulación de línea).

La *regulación de la tensión de salida* es muy importante para mantener estabilizada la tensión de flote o mantenimiento de una batería estacionaria. Si la regulación no es buena, y la tensión baja o sube según el consumo o el estado de la red, la consecuencia será una batería cuya auto descarga no estará correctamente compensada (tenderá a sulfatarse), o cuya gasificación será excesiva (si es de electrolito líquido habrá que reponer el agua evaporada con mayor frecuencia y si es sellada tenderá a secarse con varias consecuencias para la duración del producto).

¿Qué porcentaje de regulación podemos pedirle a un buen cargador? Lo primero que diremos es que depende del tipo de batería. Si se trata de una batería de electrolito líquido, una regulación de +/- 1% es suficiente para mantener la vida del producto. Pero, si se trata de una batería sellada, la regulación debe de +/- 0,5% o mejor.

Cuando hablamos de ese porcentaje de regulación, estamos suponiendo que las variaciones de red y carga pueden producirse en forma simultánea y en el sentido más desfavorable (la carga en su valor máximo y la red en su menor valor).

La regulación dinámica, representada por el porcentaje de variación de la tensión de salida cuando se aplica un escalón de carga y/o una brusca variación de la red, no tiene una gran importancia para los sistemas cuya carga está directamente en paralelo con la batería, ya que esta hace las veces de un gran condensador y dichos transitorios pasan desapercibidos para el consumo. No obstante, se menciona porque en algunos equipos puede aparecer especificada y, en algunas aplicaciones podría tener mayor importancia. Como es de imaginarse, los valores de regulación dinámica pueden exceder ampliamente a los de la regulación estática pero aquí importa no solo este valor sino el tiempo durante el cual la tensión de salida se mantiene afuera de la “ventana” de regulación estática. Cuanto mayor el tiempo, menor será el valor de apartamiento que puede admitirse. Los tiempos que se admiten varían mucho según la tecnología del cargador.

Los valores de regulación mencionados más arriba son fácilmente alcanzables cuando se emplea la tecnología y los criterios de diseño adecuados. Una regulación de 1% se puede obtener en equipos con control de fase por tiristores. En cambio, con esta tecnología el valor más ajustado de 0,5% que requieren las baterías selladas aumenta los costos y, actualmente, se tiende a utilizar la tecnología de switching en alta frecuencia. Esta tecnología también brinda una mejor regulación dinámica y otras ventajas que se mencionarán más adelante.

El segundo parámetro que mencionaremos en esta nota es el rizado superpuesto a la tensión continua de salida. Para quienes no están familiarizados con este término, diremos que se trata de una *tensión alterna que queda como residuo de la rectificación de la tensión alterna de la red*.

¿Qué frecuencia tiene esta tensión alterna?

Cuando la rectificación es del tipo denominado “onda completa”, la frecuencia fundamental es de 100 Hz para una alimentación monofásica y 300 Hz para una trifásica. Y decimos frecuencia fundamental porque, en realidad, este residuo de tensión alterna que se superpone sobre la tensión continua de salida, está compuesto por una serie de armónicas, siendo la fundamental la de mayor amplitud.

La tensión alterna superpuesta es perjudicial para cualquier batería porque produce calentamiento y su amplitud debe limitarse. Su valor debe estar en el orden del 1% de la tensión de continua, con un 2% como valor máximo.

Otra consideración a tener en cuenta es en qué condición se debe medir. Muchos fabricantes especifican el ripple en condición de batería conectada. Sin embargo esto es inaceptable dado que será la propia batería la que lo reciba y provoque el efecto de filtrado. En un buen cargador de baterías, el ripple debe medirse en la condición de “sin batería conectada”. De esta manera, estaremos seguros que a la batería le llega la alimentación que le corresponde para conservar su vida útil.

Está claro que lograr un ripple bajo sin batería conectada obliga a colocar un filtro de tipo inductor-capacitor luego de la etapa de rectificación, pero no hay otra forma de lograrlo con *cargadores convencionales*, esto es, del tipo controlado por tiristores operando a frecuencia de red. En los cargadores más modernos, de tecnología switching, la alta frecuencia a la que trabajan logra que estos componentes sean sensiblemente más pequeños y de menor costo.

La diferencia entre ambas tecnologías (rectificación con tiristores trabajando a frecuencia de red y rectificación con switching o conmutación en alta frecuencia) es muy notable.

En la fotografía de abajo, se puede ver el tamaño de los componentes ferro magnético. El equipo de switching, al trabajar en alta frecuencia logra una drástica reducción en el tamaño de estos componentes que, además, deben realizarse mediante cerámicas magnéticas (ferrita). Los tiristores fueron desarrollados por General Electric, entre otras compañías, y los equipos con estos componentes alcanzaron su auge en la década del 70. Los equipos de switching comenzaron a desarrollarse en la década del '80 y todavía están evolucionando.



Fig.1.27 Cargadores de baterías.

Rendimiento y factor de potencia

Estos dos parámetros a los que, anteriormente, no se les otorgaba ninguna importancia pero que, en los tiempos que corren, han pasado a ser elementos fundamentales para evaluar la calidad de un equipo. Se entiende por rendimiento a la relación entre la potencia de salida (en tensión continua) y la de entrada (en tensión alterna). Como decíamos, en la época actual, donde el ahorro de energía tiene una gran importancia, en equipos de baja potencia ($P_{in} < 1\text{KVA}$) debe pedirse un rendimiento mínimo de 75 a 80%, con tecnología convencional y de 85 a 90% si se trata de switching en alta frecuencia. En los grandes rectificadores, de potencias superiores a 10KVA, el rendimiento debe alcanzar valores de 85%, con tecnología convencional, y tan altos como 90% en switching. De otra manera, pensemos que la cantidad de energía desperdiciada sería muy importante.

En lo que respecta al factor de potencia, comencemos diciendo que se trata de la relación entre la potencia activa y la potencia aparente que ingresa al equipo desde la red. Este factor es cada vez más tenido en cuenta por los usuarios debido a las penalidades que imponen las compañías de luz. En los equipos tiristorizados, la forma de mejorar el factor de potencia es agregando inductores y capacitores de corrección en la entrada (tener en cuenta que la mejora es hasta un límite de 0,85, aproximadamente, debido a la presencia de potencia de distorsión, que no puede ser compensada por estos componentes) y, en los más modernos de switching, deben contar con una etapa de pre regulación con un corrector activo (con lo que se logra que el factor de potencia sea de 0,99).

Tipos de cargadores de baterías

Sencillo

Un cargador sencillo trabaja haciendo pasar una corriente continua -o tensión, entre otras, por ejemplo para la tecnología de plomo- constante por la batería que va a ser cargada. El cargador sencillo no modifica su corriente de salida basándose en el tiempo de carga de la batería. Esta sencillez facilita que sea un cargador barato, pero también de baja calidad. Este cargador suele tardar bastante en cargar una batería para evitar daños por sobrecarga. Incluso así, una batería que se mantenga mucho tiempo en un cargador sencillo pierde capacidad de carga y puede llegar a quedar inutilizable.

Cargador de mantenimiento

Un cargador de mantenimiento es un tipo de cargador sencillo que carga la batería muy despacio, a la velocidad de auto descarga; es el tipo de cargador más lento. Una batería puede dejarse en un cargador de este tipo por tiempo indefinido, manteniéndose cargada por completo sin riesgo de sobrecarga o calentamiento. Esta indicado para el mantenimiento de la fuente de energía de sistemas desatendidos, como sistemas de alarma o de iluminación de emergencia.

1.4.12 Tablero de control.

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.

Finalidad

Agrupar en gabinetes compactos auto soportados, dispositivos de distribución y control de la energía eléctrica en baja tensión, 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.

El sistema de control de una subestación es el conjunto de instalaciones en baja tensión necesarias para controlar en forma manual o automática las instalaciones de alta tensión y comprenden lo siguiente:

- Dispositivos de mando para la operación del equipo de alta tensión (apertura y cierre de interruptores y cuchillas des conectadoras motorizadas) y el equipo auxiliar necesario para la correcta ejecución de las maniobras (diagrama mímico e indicadores luminosos de posición).
- Dispositivos de alarma sonoros y luminosos, que permiten indicar al operador el funcionamiento de una protección por relevadores o de alguna condición anormal en la subestación.
- Aparatos registradores como los registradores de eventos y de disturbios, destinados a suministrar información sobre los mismos que afecten a la subestación, la operación de los relevadores e interruptores y a la aparición de condiciones anormales de funcionamiento en el equipo de la subestación.
- Los sistemas de control de las subestaciones se pueden clasificar por su localización o por el tipo de operación:

Por su ubicación:

- Control local
- Control remoto

Por el tipo de operación:

- Control manual
- Control automático.

Control local

Los sistemas de control local son utilizados por el operador para realizar las maniobras en forma manual del equipo de la subestación, desde el tablero de control localizado en el salón de tableros de la propia subestación.

En subestaciones no telecontroladas solo se tiene control local por lo cual es necesario que permanentemente se encuentre un operador para vigilar el correcto funcionamiento de la subestación y realizar las maniobras que se requieran desde el tablero de control, auxiliándose de los sistemas automáticos de control y protección para ciertos eventos.

Conmutadores

La operación de los diferentes equipos de la subestación se realiza por medio de conmutadores y de acuerdo con la función que vayan a efectuar, pueden ser básicamente los siguientes:

- Los conmutadores de control que se utilizan para el control de los interruptores y cuchillas motorizadas.
- Los conmutadores para equipos de medición se emplean para la medición de corriente o de tensión de un circuito trifásico, permitiendo utilizar únicamente un amperímetro o un voltímetro según sea el caso.

Tipos de señalización

La señalización que se utiliza para el control local de las subestaciones en conjunto con los conmutadores de control para la operación de los interruptores y cuchillas motorizadas.

Luz roja y verde

La luz roja que supervisa al circuito de disparo del interruptor de potencia, se mantiene encendida cuando el interruptor está cerrado. La supervisión del circuito de disparo no es muy confiable debido a que, aun estando el interruptor cerrado, el circuito de disparo se puede abrir al ocurrir una falla del propio circuito por lo que se apaga la lámpara. El operador puede no percatarse de que tanto la lámpara roja como la verde están apagadas y especialmente en tableros de subestaciones grandes, en donde se localizan gran número de lámparas indicadoras de las cuales más de la mitad se encuentran encendidas

Diagrama mímico

Para el control local de una subestación es necesario que el operador pueda darse cuenta del estado que guardan los interruptores de potencia y cuchillas des conectadoras de la subestación para poder realizar las maniobras necesarias. Para esto, se utiliza el diagrama mímico que representa sobre el tablero de control el diagrama unifilar de la subestación, cuyas líneas y detalles están formados por listones de acrílico de colores.

Mediante este diagrama el operador se percata, por medio de los indicadores de posición, cuando un interruptor de potencia o cuchilla des conectadora está abierto o cerrado. Estos indicadores de posición son los mismos conmutadores de control adaptados al diagrama mímico, los cuales, en el caso de un interruptor o cuchilla cerrada coinciden en dirección con el trazo de la línea, mientras en el caso de interruptor o cuchilla abierta se encuentran en dirección perpendicular con el trazo de la línea. Para la correcta interpretación del diagrama mímico el operador se auxilia de las lámparas de indicación o señalización.

Para el caso de las cuchillas no motorizadas, estas se simbolizan en el mímico de la misma forma que en el diagrama unifilar de la subestación, representando a su navaja con un listón de acrílico que permite indicar su posición de abierta o cerrada.

Cuadro de alarmas

El cuadro de alarmas está localizado en el tablero de control aunque también en subestaciones grandes está montado en una consola, este consiste en un conjunto de señales luminosas y una sonora, que le indican al operador el funcionamiento anormal de uno de los equipo de la subestación. Las alarmas utilizadas en las subestaciones se clasifican en las siguientes:

- a) Alarmas que indican cuando ha operado, para alguno de los elementos de la subestación (líneas de transmisión, bancos de potencia, bancos de capacitores, etcétera), su protección por relevadores.

La protección por relevadores de uno de los elementos de la subestación opera cuando ocurre una falla en este, al operar la protección cierra sus contactos, que se encuentran en serie con el circuito de disparo del interruptor que libra la falla, en serie con este circuito se encuentra también un relevador de alarma que se energiza al pasar la corriente de disparo del interruptor y cierra sus contactos activando una alarma sonora, la cual deja de sonar hasta que el operador la restablece manualmente.

Para que el operador se dé cuenta rápidamente en que sección se presento la falla, se cuenta con un relevador de alarma para cada nivel de tensión de la subestación.

- b) Alarmas que permiten señalar alguna condición anormal en el funcionamiento del equipo. Los transformadores, interruptores y reguladores de tensión cuentan con una serie de dispositivos que indican la presencia de alguna anomalía en el equipo. Estos dispositivos envían una señal hasta el cuadro de alarmas activando a su vez la señal sonora y luminosa correspondiente. Normalmente se tienen para cada equipo las siguientes alarmas

Alarmas reservadas para determinar la existencia de alguna anomalía en los circuitos de control o en el servicio de estación.

Los circuitos de corriente directa utilizados para el control, así como para otras funciones, se protegen por medio de relevadores que detectan la falla de

alimentación de corriente directa y envían una señal de alarma cuando se realiza la apertura del termo magnético o la falla del cable del circuito de alimentación. Además se cuenta con una alarma sonora para indicar una condición de baja tensión en las barras generales de corriente directa de la subestación. Esta alarma se alimenta por medio de un circuito de corriente alterna.

Control remoto

El control remoto es utilizado para operar a una subestación desde un centro de operación, comúnmente se le conoce como telecontrol. En las subestaciones con este tipo de sistema de control, normalmente la operación de su equipo se realiza con el telecontrol y solo en casos de emergencia se operan desde el tablero de control local de la subestación. Las subestaciones se diseñan con sistemas de control remoto con la finalidad de disminuir costos de operación y aumentar la confiabilidad y eficiencia.

Para el telecontrol de las subestaciones de S.T.E. se utiliza el sistema denominado Puesto Central de Control (PDC). Este es un sistema en el cual la información obtenida, a través de la unidad terminal remota, sobre las condiciones de operación de la subestación, es transmitida por los medios de comunicación adecuados a las computadoras, ubicadas en el Puesto Central de Control (PCC).

Esta información es procesada y presentada en las terminales de operación para que los operadores procedan a realizar las instrucciones necesarias, además de la información obtenida, las computadoras interpretan las acciones de control remoto indicadas por el operador, para poder ejecutar maniobras en el equipo de la subestación.

- a) Telecontrol.- El operador puede realizar maniobras remotamente desde el centro de control, tales como:
 - Apertura y cierre de interruptores
 - Reposición de relevadores auxiliares de disparo de protecciones
 - Bloqueo de cierre de interruptores de enlace de 23 kV
 - Bloqueo individual de re cierre
 - Cierre de interruptores con sincronización

- b) Tele señalización.- El operador puede supervisar, por medio de esta función, el estado que guarda el equipo de la subestación como:

La posición de abierto o cerrado de interruptores y cuchillas

- Estado de los sistemas automáticos de control

- Operación de los relevadores de protección debido a fallas en las instalaciones.
- Indicación de alguna condición anormal en el equipo de la subestación.

Señalización de las condiciones generales de la subestación, como por ejemplo: bajo voltaje de batería, puerta abierta de la subestación, etc.

Como las alarmas que indican alguna condición anormal en un equipo determinado de la subestación son varias, y no se dispone de la cantidad de puntos suficientes en la unidad terminal remota para poderlas enviar todas al centro de operación, las alarmas según su trascendencia se clasifican en:

- Alarma emergencia equipo: es un grupo de alarmas que indican averías que ponen en peligro inmediato a un equipo determinado, por lo que deben ser atendidas lo más rápido posible.
- Alarma alerta equipo: es un conjunto de alarmas que indican situaciones anormales que no presentan un peligro inminente al equipo y que permiten disponer de un tiempo suficiente para corregir la falla.

c) Tele medición: el operador puede obtener desde el centro de operación la medición de las magnitudes eléctricas de las líneas de transmisión, de los bancos de potencia, de los alimentadores de distribución, etcétera. Por medio de transductores, las señales de medición analógicas se convierten en señales digitales o binarias antes de ser enviadas tanto a la unidad terminal remota como al equipo de medición del tablero miniaturizado.

1.5 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”.

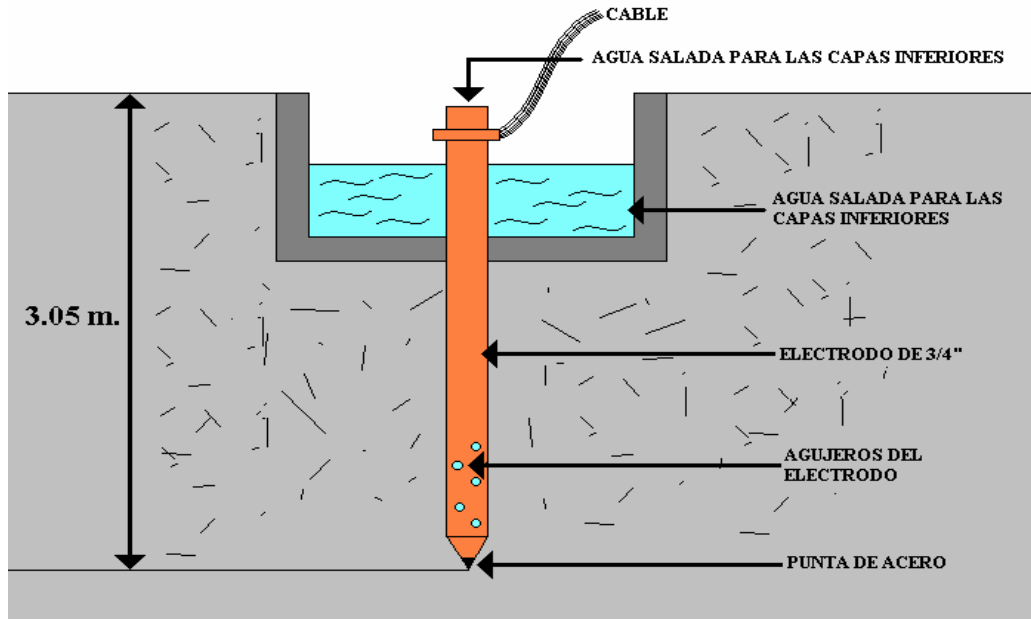


Fig.1.28 Colocación de varilla de tierra (Cooper Wells).

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.

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.

Factores que determinan la resistencia de las conexiones a tierra

Factores del terreno

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

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 cómo influye cada uno de los factores anteriores.

Clase del terreno. La clase del terreno es de primerísima 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 |

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.

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.

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. Cuanta más alta sea la temperatura del terreno, menos será su resistencia eléctrica.

Factores de los electrodos.

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.

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.

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.

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.

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.

1.5.1 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 verde 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.

1.6 Cables de control

A pesar de que los cables de control y protección representan un pequeño porcentaje del costo de una subestación, es de extrema importancia su selección y su instalación, considerando la simplicidad para facilitar la construcción y el mantenimiento, y la confiabilidad en la operación de la subestación. Por lo tanto, una buena instalación de cable de control deberá ser motivo de una buena planeación y construcción.

Para instalar los cables de control se han utilizado diferentes tipos de rutas, mismas que tienen sus ventajas y sus desventajas. Las rutas pueden ser básicamente de cuatro tipos diferentes:

Rutas con tubería conduit

Para este tipo de instalación, se requiere construir cajas de registro a distancias razonables para limitar los jalones de los cables a valores permisibles. Cada cable se instala en su correspondiente tubo y se deja un número determinado de tubos extra para ampliaciones futuras. En este caso se obtiene buena protección mecánica, pero su costo es relativamente alto.

Rutas en trincheras

Este sistema permite instalar los cables conforme se vayan requiriendo, ya sea directamente en el fondo de la trinchera o apoyando los cables en soportes anclados en las paredes de la misma y para conectar al equipo individual se utilizan tubos conduit. La trinchera debe ser cubierta con algún tipo de tapa que debe estar de acuerdo con las necesidades de tránsito de la zona.

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 de ¼ por 4 pulgadas soportadas por aisladores tipo suspensión y clemas¹.

¹ Es un tipo de conector eléctrico en el que un cable se aprisiona contra una pieza metálica mediante el uso de un tornillo. Al cable a veces simplemente se le retira el aislamiento exterior en su extremo, y en otras ocasiones se dobla en forma de U o J para ajustarse mejor al eje del tornillo. Alternativamente, al cable se le puede crimpar un terminal para protegerlo. También se usan prisioneros, pero no son adecuados para su uso con los terminales, ya que no encajan. En cualquier caso, se ha de apretar un tornillo para asegurar la conexión. <http://es.wikipedia.org/wiki/Clema>

Capítulo 2

Procedimientos de operación encendido, apagado y mantenimiento

2.1 tipos de mantenimiento

Al efectuar cualquier actividad de mantenimiento, es necesario prever que las condiciones de operación del equipo van a mejorar en forma óptima o cuando menos aceptable y que de ninguna manera se va exponer al mismo o sus componentes a deterioros de cualquier clase que pudieran llegar a afectar su funcionamiento y/o reducir su tiempo de servicio.

También se requiere que el personal dedicado al mantenimiento de cualquier tipo de aparato, maquina o instalaciones reúna ciertos conocimientos básicos que les permita desarrollar su labor en forma segura y eficaz, utilizando adecuadamente los recursos materiales y la Información existentes; el alcance de estos conocimientos debe ir de acuerdo con las labores específicas a desarrollar según el nivel o categoría del trabajador, esta necesidad de capacitación dirigida en forma especial al mantenimiento, se hace más patente en la persona que dirige o supervisa el trabajo, pues debe dominar una gama más amplia de conocimientos, entre los que por su importancia destacan los siguiente.

- Planeación del trabajo y organización del personal.
- Principios de funcionamiento de los equipos a mantener, así como de sus dispositivos y accesorios.
- Uso de los equipos de proceso, equipos de maniobra, aparatos de medición y prueba, herramientas especiales y otros.
- Análisis e Interpretación del material de Información, como son; Instructivos, planos, tablas, diagramas, etc.
- Los procesos especiales más comunes para algunos trabajos de mantenimiento, saber escoger y aplicar el más adecuado según el caso que se presente.
- La relación que existe del aparato o equipo a intervenir con otros que operan en el mismo circuito, mecanismo, proceso o sistema y sus afectabilidades.
- Elaboración de reportes del estado del equipo antes y después de ejecutado el trabajo de mantenimiento, dando datos de las pruebas, observaciones y recomendaciones a seguir en futuras intervenciones.
- Por lo menos tener idea de las propiedades físicas químicas o biológicas de ciertos materiales o fluidos que se manejen.
- Las normas de seguridad.

En la medida que se cumpla lo anterior, redundara en llevar a feliz término cualquier actividad de mantenimiento ya sea programada o de emergencia. Atendiendo a los conceptos anteriormente escritos, iniciare este trabajo definiendo lo que es mantenimiento, las clases en que se divide y las funciones que se realizan de acuerdo a la clase de mantenimiento de que se trate. Concepto de mantenimiento Se puede considerar como mantenimiento a la serle da actividades que hay que ejecutar para conservar las propiedades físicas de una empresa en condiciones seguras, eficientes y económicas. Atendiendo a las funciones qua se realizan, el mantenimiento se puede clasificar en: Mantenimiento Predictivo.

- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Predictivo.

Se basa en una serie de pruebas en el equipo estando dentro o fuera de servicio que permiten verificar el estado del mismo. Estas pruebas van dirigidas a comprobar su funcionamiento adecuado y que ciertas características, parámetros o valores se encuentren dentro de los lmites establecidos en el diseño, en las normas en vigor y que estén de acuerdo con las experiencias adquiridas y las recomendaciones del fabricante. Además los datos obtenidos en las pruebas se comparan con los de fabricación, instalación y pruebas anteriores para formar el historial o estadística de la maquina o aparato en cuestión. Variaciones notables con respecto al estado inicial de instalación y la tendencia de los datos estadísticos de diferentes pruebas predicen con cierta aproximación el grado de deterioro de alguno o varios de sus componentes, el tipo de mantenimiento preventivo o correctivo que es necesario aplicar y el tiempo que puede continuar operando el equipo con seguridad en espera del momento adecuado para la ejecución de los trabajos requeridos.

Mantenimiento Preventivo

Consiste en la serie de trabajos que es necesario desarrollar en alguna maquina o instalación para cuidar que esta pueda interrumpir el servicio que proporciona. Esta serie de trabajos general mente se derivan de las instrucciones que dan los fabricantes al respecto, y los puntos de vista que se tienen de los técnicos de mantenimiento según la especialidad. La clase de estos trabajos varia, pero estudiándolos se pueden subdividir en dos grandes grupos, el primero de los cuales estará formado por los trabajos, que no necesitan de conocimientos profundos o herramientas especiales para ser atendidos (mantenimiento preventivo ligero), y el segundo grupo lo formaran los trabajos en los cuales es necesario el empleo de personal y herramientas especializados (mantenimiento preventivo) a fondo. Algunos trabajos de mantenimiento preventivo se pueden derivar de los datos obtenidos en el mantenimiento predictivo

El mantenimiento preventivo permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costos de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista de ventajas.

Además debemos agregar que el mantenimiento preventivo en general se ocupa en la determinación de condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de un equipo en mención este tipo de mantenimiento nos ayuda en reducir los tiempos que pueden generarse por mantenimiento correctivo.

En lo referente al mantenimiento preventivo de un producto software, se diferencia del resto de tipos de mantenimiento (especialmente del mantenimiento perfectivo) en que, mientras que el resto (correctivo, evolutivo, perfectivo, adaptativo...) se produce generalmente tras una petición de cambio por parte del cliente o del usuario final, el preventivo se produce tras un estudio de posibilidades de mejora en los diferentes módulos del sistema.

Aunque el mantenimiento preventivo es considerado valioso para las organizaciones, existen una serie de fallas en la maquinaria o errores humanos a la hora de realizar estos procesos de mantenimiento. El mantenimiento preventivo planificado y la sustitución planificada son dos de las tres políticas disponibles para los ingenieros de mantenimiento.

Algunos de los métodos más habituales para determinar que procesos de mantenimiento preventivo deben llevarse a cabo son las recomendaciones de los fabricantes, la legislación vigente, las recomendaciones de expertos y las acciones llevadas a cabo sobre activos similares.

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

Mantenimiento Correctivo.

El mantenimiento correctivo o mantenimiento por rotura fue el esbozo de lo que hoy día es el mantenimiento. Esta etapa del mantenimiento va precedida del mantenimiento planificado.

Es la serie de trabajos que es necesario ejecutar en las instalaciones, aparatos o maquinas a nuestro cuidado, cuando estás dejan de proporcionar el servicio para el cual han sido concebidos. Este tipo de trabajos debe efectuarse de inmediato

para que la Interrupción del servicio o producción sea lo más corta posible y así evitar que las pérdidas se eleven. También este mantenimiento se divide en mantenimiento correctivo ligero y mantenimiento correctivo a fondo, según la importancia de los trabajos que hay que desarrollar para corregir la falla; el primero puede ser atacado con personal de escasa preparación y el segundo tipo de mantenimiento debe ser atendido por personal especializado.

Hasta los años 50, en pleno desarrollo de la producción en cadena y de la sociedad de consumo, lo importante era producir mucho a bajo coste. En esta etapa, el mantenimiento era visto como un servicio necesario que debía costar poco y pasar inadvertido como señal de que "las cosas marchaban bien".

En esta etapa, "mantener" es sinónimo de "reparar" y el servicio de mantenimiento operaba con una organización y planificación mínimas (mecánica y engrase) pues la industria no estaba muy mecanizada y las paradas de los equipos productivos no tenían demasiada importancia al tratarse de maquinaria sencilla y fiable y, debido a esta sencillez, fácil de reparar. La política de la empresa era la de minimizar el costo de mantenimiento.

Estas acciones, que no implican cambios funcionales, corrigen los defectos técnicos de las aplicaciones. Entendemos por defecto una diferencia entre las especificaciones del sistema y su funcionamiento cuando esta diferencia se produce a causa de errores en la configuración del sistema o del desarrollo de programas. Se establecerá un marco de colaboración que contemple las actividades que corresponden a la garantía del actual proveedor y las actividades objeto de este contrato. La corrección de los defectos funcionales y técnicos de las aplicaciones cubiertas por el servicio de mantenimiento, incluye:

- Recogida, catalogación y asignación de solicitudes y funciones.
- Análisis del error / problema.
- Análisis de la solución.
- Desarrollo de las modificaciones a los sistemas, incluyendo pruebas unitarias.
- Pruebas del sistema documentadas.
- Mantenimiento de las documentaciones técnicas y funcionales del sistema.

2.2 Actividades de mantenimiento

Las actividades que tiene que efectuar normalmente el personal dedicado a aplicar mantenimiento son;

Inspección y pruebas

Se efectúan para comprobar el funcionamiento seguro, eficiente y económico de los aparatos, maquinas y equipo de producción o servicio. De acuerdo con los datos que se obtengan se determinan los trabajos de mantenimiento que es necesario efectuar.

Servicio

De esta actividad fundamental se derivan los siguientes elementos:

- Ajustes
- Limpieza de componentes y mecanismos
- Lubricación
- Pintura y protección anticorrosiva
- Desincrustación, etc.

Reparación

Se efectúa cuando las condiciones del trabajo así lo requieren. Esta reparación se realiza con interrupción de la producción o sin interrupción de ella y por su magnitud puede ser una reparación mayor o una reparación menor.

Cambio

Consiste en sustituir una pieza que ha agotado su vida útil por otra en perfecto estado. Se realiza previo estudio y se determina por razones técnicas, económicas y de seguridad.

Modificación

Se efectúa alterando el diseño de la construcción original de un equipo para eliminar o reducir fallas repetitivas que por mal diseño están afectando la producción o el servicio; también se llegan a realizar modificaciones para aumentar la eficiencia y seguridad de una maquina y así aumentar la productividad de una empresa.

2.3 Importancia y necesidad del mantenimiento a transformadores, cuchillas y equipo eléctrico

En el desarrollo general e industrial de un país, es de vital importancia la disponibilidad de energía eléctrica, por ser el medio más económico de tener fuerza motriz, iluminación, alimentación de diversos aparatos etc., y son evidentes los problemas que ocasiona toda deficiencia en el suministro de este fluido. Las variaciones severas de tensión pueden dañar los motores y diversos aparatos o afectar seriamente su eficiencia, y en el caso de algunos equipos electrónicos y computadoras provocan un mal funcionamiento o la interrupción de procesos importantes. La interrupción del suministro, definitivamente causa problemas más

serios, como son: Suspensión de labores en industrias y comercios, suspensión de algunos servicios públicos, en hospitales puede ponerse en peligro la vida de algunos enfermos graves, en industrias como las fundidoras puede llegar a solidificarse el metal en el crisol ocasionando verdaderos problemas para volverlo a fundir, etc. Los transformadores y reguladores de voltaje son elementos muy importantes en un sistema de suministro de energía eléctrica. Con los transformadores de potencia se hace posible el enlace de los diferentes niveles de tensión para transportar la energía desde las plantas de generación hasta los consumidores. Una operación inadecuada o el retiro obligado del servicio de un banco de transformación, puede causar serios trastornos a la operación estable del sistema o a la continuidad del servicio.

Con los reguladores de voltaje se hace posible entregar la energía a los usuarios con la "calidad" de tensión aceptable, es decir, sin variaciones notables y dentro de los límites establecidos.

La seguridad de una buena operación de los transformadores y reguladores de potencia depende básicamente de un programa de mantenimiento efectivo que permita controlar el estado de cada una de sus partes, a través de datos tales como: Temperatura, cargas de operación, condiciones de aislamiento, estado del líquido dieléctrico, estado del sistema de enfriamiento y el estado de sus dispositivos auxiliares, cambiadores de derivaciones, etc.

La calidad, confiabilidad e interpretación de los datos obtenidos, dependerá a su vez del conocimiento que se tenga del equipo y de la forma de desarrollar las pruebas que a él deben hacerse.

Tomando en cuenta que la construcción de los transformadores, autotransformadores y los reguladores de voltaje es muy similar y que sus diferencias son fundamentalmente en lo que respecta a formación de las bobinas y a los cambiadores de derivaciones; para la aplicación del mantenimiento se pueden tratar en la misma forma, exceptuando los problemas relacionados con los cambiadores de derivaciones y sus controles, que se tratan en forma específica.

La conservación en buen estado de operación de cualquier equipo eléctrico, depende de que sea llevado a cabo el mantenimiento predictivo y aplicado oportunamente el mantenimiento preventivo correspondiente.

Como se sabe, los transformadores carecen de partes móviles (excepto en los que tienen circulación forzada de aceite, cambiadores de derivaciones bajo carga, etc.).

Estas características representan una de las grandes ventajas de los transformadores en cuanto a operación y mantenimiento se refiere, también se puede considerar como una circunstancia favorable de los mismos el que se encuentren alojados en tanques herméticos.

2.3.1 Contactores eléctricos

Una parte fundamental en toda la lógica o toda la escalera del funcionamiento de una subestación se encuentra principalmente basada en el funcionamiento de contactores que ya sea que abran o que cierren serán parte de la cadena del funcionamiento de una subestación.

Un contactor es un dispositivo eléctrico, que realiza la función de conectar y desconectar cargas con altas corrientes a la línea por medio de la protección de sobre carga en el equipo donde exista la falla. Otro tipo de contactor se coloca para transferir carga eléctrica de una fuente de energía normal a otra de emergencia.

Básicamente un contactor es una bobina de alambre montada en un núcleo de silicio laminado y un juego de contactos, superiores fijos e inferiores móviles. El núcleo consta de dos partes; el núcleo fijo y el núcleo móvil que esta acoplado mecánicamente a los contactos móviles.

Al igual que los arrancadores los contactores están diseñados para diferentes capacidades y tipos de función en cuanto tamaño y servicio.

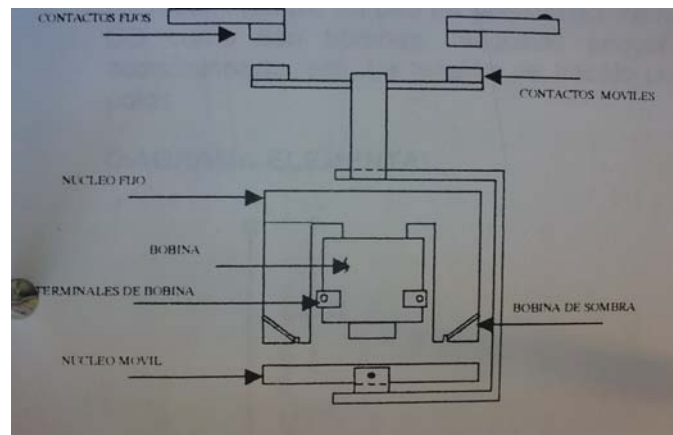


Fig.2.1. Esquema de un contactor eléctrico.

Su principio de funcionamiento es sencillo pues cuando la bobina es energizada, se forma un fuerte campo magnético, cuya fuerza atrae al núcleo móvil, su posición cambia de abierto a cerrado ocasionando que los contactos cambien también de posición. En el núcleo fijo o en el móvil se coloca una pequeña bobina de cobre o de aluminio llamada de sombra que sirve para evitar ruido, vibraciones, calentamiento y desgaste de las caras de los núcleos. Este tipo de contactores desafortunadamente están libres de mantenimiento interno por lo complicado de desarmar su mantenimiento solo es externo.

2.4 Operación y mantenimiento.

Las presentes instrucciones concierne a las subestaciones del servicio de transportes eléctricos y a sus diferentes componentes los cuales aunque su diseño no requiere de mantenimiento con mucha constancia si es preciso que al llegar al punto de hacerlo tendrá que ser un mantenimiento de calidad para así salvaguardar la seguridad de un servicio en el cual se verá reflejado con el servicio que brinden lo trolebuses y tren ligero en la ciudad de México.

El mantenimiento deberá iniciarse teniendo la seguridad que la parte a trabajar este completamente desenergizada pero eso se verá paso a paso en cada uno de los dispositivos.

2.4.1 Operación encendido y apagado para iniciar el mantenimiento

Para poder iniciar cualquier tipo de mantenimiento se debe tener el conocimiento sobre el equipo como ya se menciona y posterior a eso se debe de conocer los procedimientos de apertura y cierre de cada uno de los componentes y dado que las subestaciones son teledirigidas debe existir comunicación entre el puesto de control y el operador presente en la subestación y garantizar el conocimiento en la información procesada, enganche, disparo, fallo, y solicitud de licencia para mantenimiento.

La señalización del estado abierto o cerrado de los órganos de corte es del tipo de luz apagada, es decir, que visto desde el sinóptico de mando, cada órgano de corte está representado por un conmutador del tipo girar lámpara para los seccionadores y girar y empujar para los disyuntores.

Por lo tanto, para un seccionador se puede conocer en todo momento su estado poniendo el puente del conmutador (seccionador normalmente cerrado) en concordancia con el bus mímico, la lámpara se encenderá si está abierta, se apagará si esta efectivamente cerrada.

Además se pone el puente del conmutador en discordancia con el bus mímico (seccionador normalmente cerrado), la lámpara se encenderá si está apagada, se apagará si está abierta.

Para un disyuntor es el mismo a no ser que se abra el órgano a distancia, hundiendo la cabeza del conmutador y la lámpara dará después de esta acción el estado en el que se encuentra el disyuntor (abierto o cerrado), según este o no en discordancia.

Procedimiento de puesta en servicio:

Poner todos los conmutadores luminosos en concordancia con el bus mímico.

- Cerrar los seccionadores positivo y negativo en el tablero de control el relevador 89PN se acciona y el indicador luminoso se apaga.
- Pulsar el botón pulsador BP 52.86 en el interior del tablero para anular la alarma de bloqueo definitivo (si no hay fallo el relé se acciona).
- Pulsar el botón pulsador 640.11 borrado de fallas en el tablero de control para anular el bloqueo temporal (si no hay fallo el relé se acciona).
- Poner el conmutador luminoso en concordancia con el bus mímico (el indicador luminoso se enciende) pulsar el conmutador 52.80 para enganchar el interruptor de potencia de 23 kV en ese instante el indicador luminoso se apagará.

Verificar el valor de la tensión continua en el voltímetro del rectificador.

- Poner el conmutador luminoso en concordancia con el bus mímico (el indicador luminoso se enciende) pulsar el conmutador 54.80, el disyuntor de corriente continua (54) se cierra y el indicador luminoso 54.80 se apaga.

Nota: Este disyuntor solo puede cerrarse si el interruptor de potencia se encuentra cerrado.

Mando de un interruptor de salida de línea.

- Poner el conmutador luminoso en concordancia con el bus mímico (el indicador luminoso se enciende) y accionar el conmutador 154.80. El indicador luminoso se apagará.

Se enciende la lámpara de “presencia de tensión” en el contenedor del disyuntor de salida y que va hacia la carga.

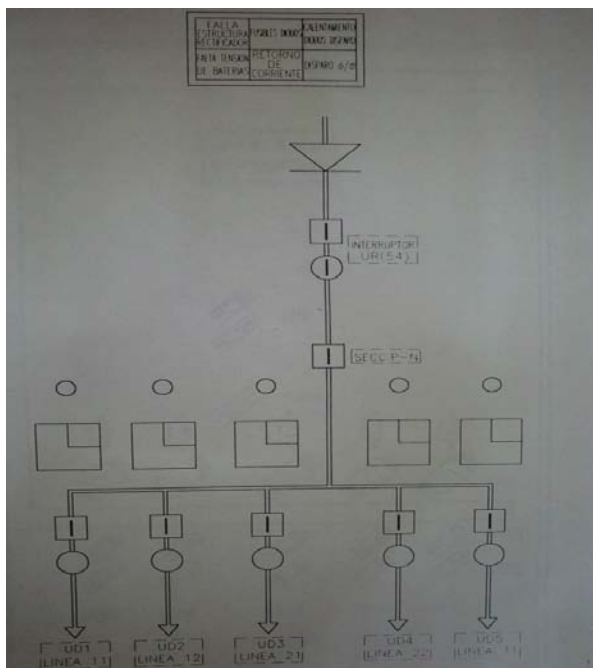


Fig.2.2. Diagrama mímico en el tablero de control.

En el caso que el equipo haya salido de servicio por una falla se deberá primero revisar en la pantalla de fallas para saber cuál fue la razón y así poder dirigirse a la parte del equipo en cuestión, revisarlo y repararlo si es necesario y proceder a realizar el cierre como ya se ha descrito.

Para poner el equipo fuera de servicio se deberá seguir los pasos y secuencias antes descritas pero en sentido opuestos. Se debe poner el botón pulsador en discordancia al bus mímico el indicador luminoso se enciende pulsarlo y el disyuntor se abrirá y la señal luminosa se apagará. El procedimiento de será empezar por el lado de la carga hasta el interruptor de potencia.

Es recomendable que para un mantenimiento se aislé la subestación abriendo los seccionadores positivo y negativo, esto por los regresos de otras subestaciones, alternos con las cuchillas tripolares que alimentan al interruptor de potencia.

Los regresos son alimentaciones provenientes de otras subestaciones que para hacer mantenimiento en una subestación es apoyada por otra, es decir se alimenta el tramo de sección que se va a sacar de servicio para dar mantenimiento por medio de otra subestación por medio de amarres que se hacen físicamente en la calle.

Con todo lo anterior se puede proceder a dar el mantenimiento que para la subestación convenga y con el grado de seguridad que se requiera.

Zona de medición. Para el caso de mantenimiento esta zona queda totalmente restringida solo podrá hacerse cargo del mantenimiento la empresa que suministra el servicio de energía.

2.4.2 Cuchillas tripolares Generales.

Cuchillas. Fabricadas con doble solera de cobre. La forma de su ensamble proporciona una mayor rigidez y alineación permanente, para asegurar una operación sin carga y de forma confiable.

Contacto de bisagra. Sus botones de contacto troquelado y plateados en la cara interna de las cuchillas, en unión con un gozne plateado giratorio y un resorte de presión de acero inoxidable, conforman un diseño que permite combinar óptimamente la presión de contacto, evitando puntos calientes pero facilitando la operación y estabilidad de las cuchillas esta zona deberá ser lubricada en la zona giratoria y para la cara de contacto se deberá pulir con fibra escoch para evitar el desgaste de la plata.

Aisladores tipo estación. De porcelana, dependiendo del tipo de seccionador varía el número de campanas los cuales se limpian con un trapo casi seco para retirar el polvo.

Cojinete. De acero, con buje de bronce que proporciona una operación suave. No requiere mantenimiento y resiste la corrosión. Mecanismo de operación. Permite una amplia selección de arreglos de montaje para diferentes estructuras.

La maniobra de operación con estas cuchillas implica abrir antes los interruptores que las cuchillas en el caso de desconexión. Y cerrar antes las cuchillas y después los interruptores en el caso de conexión.

Esto es debido a que los seccionadores son un tipo de aparamenta² eléctrica más de seguridad, que de corte propiamente dicho, pues su objetivo es proporcionar una seguridad visual de desconexión real ante operaciones que requieren desconexión. De esta forma, un operario trabajando puede ver visualmente que la desconexión se ha llevado a cabo, y que no sufrirá ninguna clase de daños,

Aunque se debe tener suma precaución pues del otro lado de la desconexión se encuentra alimentado por 23kv que se encuentran presente en la caja de medición la cual no se puede desenergizar a menos que se pida una licencia a la empresa que suministre.

En esta zona también se encuentran los apartarrayos que protegen la entrada de alta tensión a la subestación los cuales se deben de inspeccionar visualmente pues de manera fácil darse cuenta si están operados o no.

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 a través de la bobina que excede la tensión de fuga de la distancia.

² Aparamenta eléctrica: aparatos de maniobra, protección, medida, regulación y control, incluidos los accesorios de las canalizaciones eléctricas utilizadas en instalaciones de baja y alta tensión. Se define a partir de los valores asignados a algunas de sus magnitudes funcionales (tensión corriente) Estos valores son los valores nominales o asignados. Valor nominal de una cualidad determinada de un aparato al valor de la magnitud que define al aparato para esa cualidad. <http://www.xuletas.es/ficha/aparamenta-electrica/>

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. Junto con el indicador de fallas, el apartarrayos tiene, en la tapa inferior, un agujero de ventilación que opera únicamente cuando el apartarrayos falla, 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. Ya realizado la inspección visual solo bastara retirar el polvo con un paño húmedo y revisar que el apriete de las conexiones sea el adecuado. Así como pruebas de aislamiento.

2.4.3 Interruptor de potencia de pequeño volumen de aceite

El corte de un cortocircuito no se puede realizar sino al pasar la corriente por cero. El procedimiento de extinción del arco que se utiliza en estos disyuntores tiene por efecto de hacer aumentar, lo más rápidamente posible, la tensión de cebado entre los contactos al pasar la intensidad por cero. Para conseguir tal condición, es necesario, remplazar, en un tiempo muy corto, la masa gaseosa que conduce al arco por un espacio aislante de gran rigidez dieléctrica.

Esta operación será tanto más fácil cuanto menor sea la energía del arco. Es pues preciso reducir la longitud del arco y su duración.

Los disyuntores para interior son aparatos tripolares, de palos separados, montados sobre un armazón rígido de chapa plegada, accionados por un mando único. A la apertura, la varilla de contacto se traslada hacia abajo. Algunos aparatos se han previsto para reenganche rápido.



Fig.2.3. Interruptor de potencia en pequeño volumen de aceite.

Polo disyuntor

Cada polo consta de un cilindro aislante de gran resistencia mecánica. Esta envoltura aislante cilíndrica forma cuba de aceite y lleva:

En la parte alta:

- la toma de corriente superior,
- el contacto fijo superior,
- el dispositivo parachispas.
-

La cámara de expansión comunica con el cuerpo del aparato por medio de un surtidor de escape de gas y de una válvula de retorno de aceite. Lleva un tapón de llenado de aceite. Una mirilla permite comprobar el nivel de aceite en el disyuntor.

En la parte media:

- la cámara de corte de soplado axial o transversal,
- el contacto fijo inferior
- la toma de corriente inferior
- la varilla de contacto móvil con su boquilla parachispas y su prolongación aislante

En la parte baja:

- el carácter del mecanismo conectado con la masa metálica.

Este mecanismo va arrastrado por un árbol motor que actúa la varilla de contacto mediante una biela. El carter lleva un grifo de vaciado.

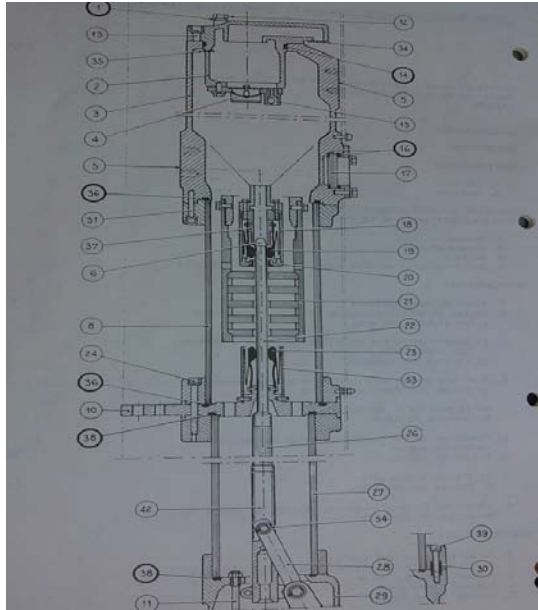


Fig.2.4. Esquema de un polo disyuntor

Mecanismo de maniobra

Los disyuntores H G están equipados con mandos que permiten el cierre repentino de manera independiente del operador y que garantizan el poder de corte. Según el aparato al que van acoplados, estos mandos puede ser de dos tipos diferentes.

- De muelles helicoidales, con rearme manual o eléctrico;
- De muelle en espiral, con rearme eléctrico.
- Mando de muelles helicoidales
- Con rearme manual eléctrico
- Las fases sucesivas de funcionamiento son las siguientes:

Tensado de muelle de cierre

El motor eléctrico hace girar la rueda de tensado del árbol de los muelles por medio de un reductor y de dos cadenas y tensa el muelle de cierre. Este último se puede también tensar por medio de la manivela.

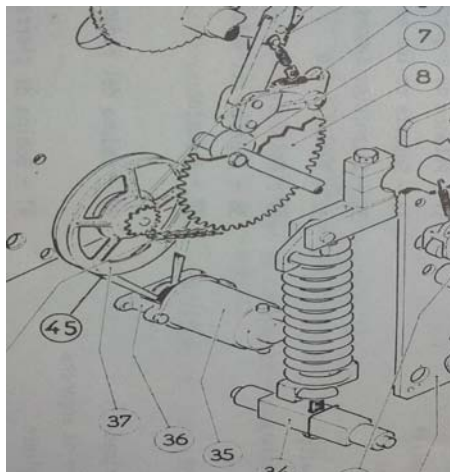


Fig.2.5. Partes para el tensado del muelle o resorte. Aflojamiento del muelle Cierre del disyuntor Rearme del muelle

La acción del electroimán o del pulsador de maniobra separa la palanca de enganche del pestillo y libera el árbol de los muelles. El muelle de cierre se afloja. La leva que arrastra el pestillo asegura el cierre del disyuntor y el tensado del muelle de apertura por una rotación de 120°.

El pestillo que corre sobre la rampa-guía se desprende al fin de su recorrido y topa con el tacón de la rampa, lo que tiene por efecto de mantener el muelle de apertura en posición "tensado". El rearme del muelle de cierre puede efectuarse inmediatamente, sea manualmente mediante la manivela, a sea automáticamente mediante el motor. La reserva de energía para otro cierre esta pues constituida sin esperar que el disyuntor se abra.

Al producirse un cierre en cortocircuito, el funcionamiento es semejante a un cierre normal, con la diferencia que la palanca puede retraerse bajo la acción del electroimán o de los relés montados sobre el disyuntor. No estando ya enclavada, la rampa se cae y cesa de servir de guía para el pestillo, lo que tiene por resultado de desacoplar el árbol de los muelles de con el árbol del disyuntor. El árbol de los muelles puede por consiguiente continuar su recorrido hasta el punto muerto alto y el disyuntor se abre libremente.

Apertura del disyuntor

La acción del electroimán o del pulsador de maniobra separa la palanca de enganche de la rampa-guía; esta última se desprende y llega a tope. El pestillo topa con el tacón de la rampa y se desprende. La acción del muelle de apertura arrastra el árbol del disyuntor y hace abrirse el aparato. La rampa vuelve entonces a su posición inicial por la acción de un resorte.

Un indicador óptico señala la posición del muelle de cierre y la del disyuntor.

Enclavamientos mecánicos y eléctricos impiden que se hagan falsas maniobras.

Mando de muelle en espiral con rearme eléctrico

Las fases sucesivas del funcionamiento son las siguientes:

Tensado de los muelles

El motor eléctrico arrastra la extremidad exterior del muelle en espiral mediante el tornillo sin fin y la rueda dentada. El muelle se tensa, pues su extremidad interior es solidaria del árbol primario que esta inmovilizado por el enganche de la palanca sobre el pestillo de cierre.

Después de una vuelta completa de la rueda dentada, el muelle esta tensado y el motor se para automáticamente por abrirse el contacto.

O: disyuntor abierto

F: disyuntor cerrado

T: muelle tensado

D: muelle aflojado

Aflojamiento del muelle Cierre del disyuntor Rearme del muelle

La acción del electroimán o de la manecilla de maniobra local separa la palanca del pestillo; el muelle se afloja y arrastra el árbol primario en el sentido de la flecha, y la leva rechaza el arrastrador. El árbol secundario solidario del arrastrador, efectúa una rotación y mediante la transmisión mecánica causa simultáneamente el cierre del disyuntor y el tensado de los muelles de apertura. El árbol secundario, a pesar del esfuerzo de los muelles de apertura, queda inmovilizado por el enganche de la palanca con el pestillo de apertura.

Al instante que el disyuntor se cierra, es decir al estar el muelle aflojado, el contacto cierra el circuito del motor y el muelle se tensa de nuevo automáticamente: la reserva de energía para otra operación está por consiguiente constituida sin que sea necesario esperar que se abra el disyuntor.

Apertura del disyuntor

La acción del electroimán o de la manecilla de maniobra local separa la palanca del pestillo. Los muelles del disyuntor se aflojan y se produce simultáneamente la apertura y, mediante la transmisión mecánica, la rotación del árbol secundario en el sentido indicado por la flecha: el arrastrador vuelve atrás a su posición inicial. Los indicadores ópticos y señalan la posición del muelle (tensado-aflojado) y la posición del disyuntor (cerrado-abierto). La manivela amovible sirve para tensar el muelle manualmente y la palanca proporciona el enclavamiento necesario.

Pruebas de aislamiento se deberán hacer en condiciones y forma que al megger³ competen para probar el aislamiento de conexiones de entrada y salida así como los contenedores del aceite y la estructura del interruptor.

Enclavamientos mecánicos y eléctricos impiden que se hagan falsas maniobras.

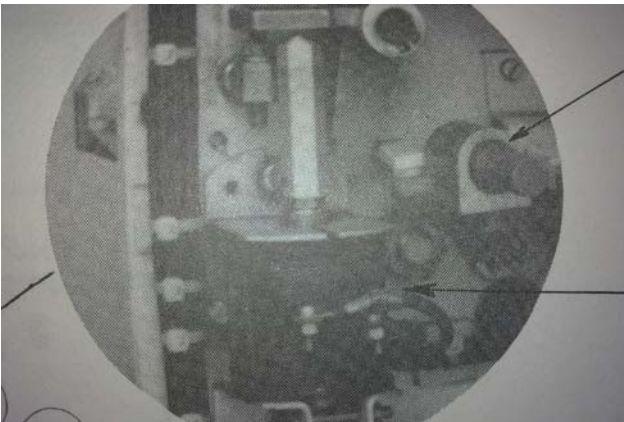


Fig.2.6. Bobina de apertura o cierre del disyuntor.

³ es un instrumento que sirve para medir la resistencia de aislamiento, cable, bobinados, puede ser respecto a tierra o entre fases, con el megger podrás hallar el índice de polarización. La tensión que aplicarás para medir el nivel de aislamiento es aplicando (para equipos nuevos) el doble de la tensión de servicio, en equipos en uso será el mismo nivel de tensión en corriente continua. El valor en mega Ohmios se llevara después de 1 minuto La normas a seguir es "EASA" o "IEEE" . http://www.tumaster.com/que_es_el_megger-res4870.htm

Accesorios

Diversos equipos auxiliares han sido previstos en el dispositivo de mando. Los equipos se encuentran agrupados de manera a permitir su muy fácil acceso.

1. Disparadores auxiliares. Son de dos tipos:
 - de emisión de tensión,
 - de falta de tensión, tipo Mi
2. Por otra parte, el mando va equipado con un interruptor auxiliar que permite señalar a distancia la posición del disyuntor. Los contactos son de apertura o de cierre, según se requiere. Se pueden modificar fácilmente sin desmontaje.
3. Un cerrojo de tipo chapa se puede también montar para enclavar el disyuntor en posición “abierto”.

Los dispositivos de mando están provistos de una resistencia de calentamiento permanente (30 W) que tiene por objeto evitar las condensaciones al interior del mecanismo.

Instalación

Estos aparatos se pueden montar en celdas abiertas o protegidas, en disposición fija o extraíble.

Algunos “Ortoyectores” se pueden instalar al exterior; en este caso el cilindro aislante está encerrado en un aislador de porcelana para protegerlo contra los agentes atmosféricos.

Mantenimiento

Los disyuntores H G en servicio necesitan muy poco mantenimiento, limitado a algunas operaciones muy sencillas, mayormente el control del estado del aceite y de las piezas sometidas al arco. Pero se deben engrasar las partes móviles y limpiar con líquido dieléctrico

Control del aceite

La frecuencia de las pruebas depende de lo que se exige del aparato, y se indica en la reseñas “montaje y mantenimiento” de los aparatos correspondientes. El control es por medio de un espinterómetro, electrodos esféricos de 12,5 mm de diámetro con una separación de 5 mm, los valores a medir deberán ser los siguientes:

- 60 kV para un aceite nuevo
- 40 kV para un aceite nuevo pero que ha permanecido en almacén.
- 10 kV para un aceite que ya a efectuado corte y debe ser remplazado.

En realidad, el aceite dura tanto como las piezas sometidas al arco. Prácticamente, es el estado de estas piezas que determina la frecuencia de las revisiones y por lo tanto del control o cambio del aceite.

Revisión de los contactos

El desgaste de los contactos depende de la totalidad de las corrientes cortadas. Por ejemplo, un disyuntor puede efectuar sin revisión 3500 cortes a 625 A, 1200 cortes a 1250 A. Sin embargo, los cortocircuitos plenos son raros; la mayoría tienen una intensidad mucho menor. En la práctica, las revisiones son muy raras. Cada año o después de cada serie 2000 maniobras (1000 aperturas y 1000 cierres), se aconseja de engrasar el mando, estando el aparato fuera de servicio y los muelles del mando aflojados.

En ningún caso se debe engrasar el mando o maniobrar una palanca o una biela al interior del mando si los muelles están tensados, si el disyuntor está cerrado (pues los muelles del disyuntor están tensados), o si los circuitos de alimentación baja tensión (corriente alterna y continua) no están cortados. Para mayor seguridad, retirar los fusibles del motor. Si fuera necesario, efectuar una triple maniobra manual, apertura-cierre-apertura, para aflojar los muelles del mando y del disyuntor. Se deberá luego tensar los muelles manualmente antes de conectar la alimentación baja tensión.

Limpiar cuidadosamente los diferentes órganos por lubricar empleando trapos limpio y secos. Durante la operación de lubricación, controlar que todas las piezas en movimiento - especialmente aquellas de difícil acceso - hayan sido bien lubricadas.

Engrasar con aceite neutro de vaselina los agujeros de engrase y los cojinetes y ejes de los rodillos. Engrasar también la superficie exterior del excéntrico y los ejes de los muelles. Engrasar la cadena y los contactos de señalización con grasa grafitada.





Vigilar especialmente el estado de la superficie y la limpieza de los rodillos, cojinetes de bolas y pestillos que sirven para los enganches de cierre y de apertura.

Verificar y engrasar todas las articulaciones. Estas piezas se engrasan únicamente con aceite neutro de vaselina.

Para ser eficaz, el engrase se debe efectuar con regularidad pero con moderación. Un exceso de grasa es perjudicial para el buen funcionamiento del aparato.

Comprobar las escobillas y el recolector del motor, los pasadores de las palancas y articulaciones y el apriete de las tuercas, etc.

Tabla de mantenimiento

| operaciones | cada 6 meses | cada año, o después de cada serie de 1000 ciclos* | 3000 ciclos | 6000 ciclos | observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| verificar su correcto funcionamiento |  | | | | |
| lubricación completa del dispositivo de accionamiento | |  | | | |
| verificación del espacio necesario de cada elemento | | |  | | referirse a la figura (5) para el ajuste de cada espacio. |
| cambio de los resortes de llamada de las uñas de enganche: -de las rodajas de enganche y de las uñas -de la bobina Mi | | | |  | siguiendo las instrucciones arriba mencionadas -referirse a la figura (5) para el ajuste de cada espacio -verificar el ajuste de la bobina Mi |

Piezas de cambio

Una placa de identificación al interior del mando indica todas las características de los elementos eléctricos principales que pueden sufrir desgaste y que el usuario puede cambiar fácilmente: motor, contactores, bobina de cierre, bobina (s) de apertura, resistencias.

El rodaje se efectúa como sigue:

- aflojar los muelles de mando y del disyuntor y retirar los fusibles del motor;
- tensar manualmente los muelles del mando con la manivela;
- alimentar el motor directamente (sin utilizar el interruptor de fin de tensado (IN) a tensión reducida (20 a 30% de la nominal). Ya estando los muelles tensados, el trinquete de tensado funciona en vacío y causa pequeña llamada de corriente;
- hacer funcionar así el motor durante 5 a 10 minutos.

Durante el rodaje de las escobillas, vigilar que el motor no gire muy rápidamente y que no dure la operación para evitar el calentamiento del motor.

Manera de operar para el control y reemplazo de las piezas sometidas al arco

a) Desmontaje y verificación

- Aislar el disyuntor de la red bajo tensión.

Una vez que el disyuntor se encuentre en posición “abierto”:

- Imposibilita el funcionamiento a distancia del órgano de maniobra, cortando todos los circuitos de alimentación bajo tensión. (En caso de accionamiento eléctrico, retirar los fusibles del motor si estos existen).
- Antes de vaciar el aceite, efectuar eventualmente –de manera manual- una doble maniobra cierre/apertura para eliminar la tensión del resorte de cierre. El disyuntor se encontrara entonces en posición “abierto”.
- Vaciar el aceite contenido en la cámara de corte
- Durante el transcurso de las diferentes operaciones de desmontaje, tener cuidado de identificar y de no invertir las piezas ni mezclar los tornillos (al retirar estos últimos, no olvidar recuperar las arandelas).
- Aflojar y retirar el tornillo de fijación de la tapa o cubierta. Retirar la cubierta. Con una llave Allen del N° 4 aflojar unas 10 vueltas los 3 tornillos. Empujar hacia abajo el tapón de la cámara de corte y extraer los tres segmentos de fijación.
- Sacar el tapón de la cámara de corte, utilizando el tornillo de fijación de la cubierta.
- En caso de dificultad, utilizar una placa metálica (espesor E= alrededor de 10 mm) perforada de un orificio que permita el paso del tornillo de fijación
- Atornillar a fondo.
- Retirar el conjunto.
- Retira el contacto superior fijado sobre su soporte con 4 tornillos (utilizar una llave Allen del N°5).
- Retirar la camisa solidaria del anillo parachispas y fijada sobre el portacontacto por medio de 2 tornillos. Tener cuidado de no deteriorar la hoja aislante colocada al interior de esta camisa. De esta manera resulta posible examinar las puntas o dedos de contacto, y el anillo parachispas.

Si debido a su estado, los dedos o puntas no necesitan ser reemplazadas (ver “límites de desgaste”, eliminar las perlas producidas por el arco empleando una lima suave.

En caso que se requiriese cambiar los dedos, es conveniente revisar también el extremo parachispas de la varilla de contacto móvil y eventualmente reemplazarlo.

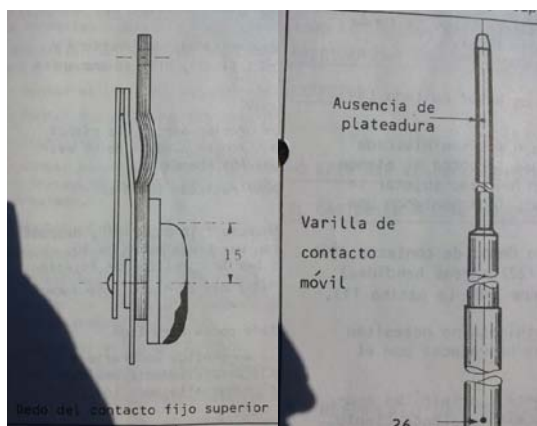


Fig.2.7. Dedos y varilla de contacto internos.

En tal caso:

- retirar los tornillos de cabeza Allen del collarín que sujeta al cilindro aislante sobre el carácter del mecanismo. La toma de corriente y el cilindro de corte salen con el cilindro aislante. La varilla de contacto móvil es solidaria del sistema de bielas situado al interior del carácter.
- desatornillar el extremo parachispas, sin forzar. En caso de necesidad, mantener con firmeza la varilla de contacto con unas pinzas, después de haber colocado entre varilla y pinzas una lamina de cobre.

Después de varios cambios de contactos, aconsejamos desmontar el cilindro de corte para controlar que no presente huella alguna de deterioración.

Para ello, después de haber extraído el cilindro aislante como se indico anteriormente:

- Retirar el contacto inferior fijado con 4 tornillos sobre su soporte (utilizar una llave Allen del N°5);
- Aflojar la tuerca de sujeción de la toma de corriente inferior. Retirar las arandelas elásticas así como el anillo de hermeticidad con su junta. Sacar la toma de corriente inferior por la parte interior del cilindro aislante;
- Con una llave Allen del N°4, aflojar unas 10 vueltas los 3 tornillos;
- Por el orificio inferior del cilindro aislante, empujar el soporte;
- Retirar los 3 segmentos de fijación y enseguida el soporte y al final el conjunto soporte montado con el cilindro de corte.

b) Montaje

Después del control de reemplazo eventual de las piezas, volver a montar el conjunto efectuando las operaciones en orden inverso al desmontaje, teniendo cuidado de orientar correctamente los diferentes elementos. Controlar el buen estado de las juntas de hermeticidad y su correcta colocación.

- Reconstruir el contacto superior. Verificar para ello el buen estado y el correcto posicionamiento de la hoja aislante. Respetar el sentido de montaje de los resortes de presión y de las puntas de contacto: estos resortes son asimétricos, y su parte recta, de más pequeña dimensión, deberá hallarse del lado del soporte de contacto. Evitar que la camisa gire durante su introducción en el soporte de contacto.
- Atornillar el extremo parachispas e inmovilizarlo, dándole un golpecito seco cuando se haya terminad de apretar.

Si el cilindro de corte fue retirado, limpiarlo con paños limpios y secos para eliminar los depósitos carbonosos. Limpiarlo al final enjuagándolo en aceite

aislante limpio y seco para disyuntor, o en su defecto, soplándolo con aire comprimido.

Al volver a montar el cilindro de corte, controlar solamente la posición correcta en rotación del soporte de manera que sus dos salientes puedan penetrar en los alveolos del soporte durante el posicionamiento de este ultimo.

- Montar los segmentos y acercar de manera uniforme, apretándolos sin forzar, los 3 tornillos, de manera a posicionar sin juego axial los soportes.
- Introducir por el interior del cilindro aislante la toma de corriente inferior. Colocar sobre esta misma toma y en el siguiente orden: la junta, el anillo, las arandelas y la tuerca.
- Apretar fuertemente la tuerca para garantizar un buen contacto. Por esta misma razón, verificar que la tuerca de la toma de corriente superior se halle bien apretada. Si se dispone de una llave dinamométrica, el par o torque de fijación deberá ser de 50 mAn (1 mAn = 0.102m.kg).
- Apretar a fondo los 3 tornillos.
- Volver a montar los contactos inferiores y los superiores sobre su soporte correspondiente.
- Montar nuevamente el cilindro aislante: tornillos que fijan al collarín del cilindro aislante sobre carácter del mecanismo deberán apretarse con un par o torque de 35 a 40 mAn.
- Posicionar la placa de apoyo y el tapón, orientando este último de manera a colocar la tobera de escape de gases sobre el plano de los 3 polos.
- Al volver a montar la cubierta, verificar que los orificios de escape de los gases y de puesta en atmosfera no estén obstruidos y se encuentren orientados convenientemente: dichos orificios deberán hallarse sobre un plano que pase por la toma de corriente y la señal de nivel de aceite.
- Apretar los tornillos de fijación hasta que la parte central de la cubierta se encuentre al mismo nivel que su parte periférica que descansa sobre el cilindro aislante.
- Efectuar el llenado de aceite.

Sustitución de la bobina m.i.

- Introducir la bobina dentro del circuito magnético y poner los soportes. No olvidar las arandelas entre el circuito magnético y el soporte superior.
- Arreglar a la medida de 35 mm el núcleo con la tuerca de aluminio.
- Colocar el conjunto, la biela de acerrojamiento, la arandela de freno y ajustar el núcleo de aluminio de tal manera que el último milímetro de recorrido del núcleo, cambia la posición del contacto.



Fig.2.8. Bobina tipo M.I.

2.4.4 Interruptor de apertura con carga.

Estas cuchillas su principal función es la de proteger al transformador de servicios de 30kva 23kv/220/127 V.A.C. 3 fases 60Hz acoplado a la celda de alta tensión.

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.

Interruptores (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. Operación confiable, mantenimiento reducido, colocación sencilla.

Al igual que las cuchillas generales el mantenimiento se realiza principalmente en la limpieza con fibra scotch para cuidar el recubrimiento de plata, la lubricación de las partes móviles y apriete de conexiones. A diferencia de las cuchillas generales en esta parte se encuentran tres fusibles de potencia para 6 amp. Estos también se deben de limpiar en la parte de contacto con las mordazas y checar su buen estado con el multímetro para medir su continuidad.

La parte principal a checar es el mecanismo de apertura que opera al accionar alguno de los percutores de los fusibles y provoca la apertura inmediata de las cuchillas.

2.4.5 El transformador

En su forma más simple el transformador puede estar constituido de tres partes a saber, que son: Núcleo, bobinas y aislamientos. Sin embargo, los diferentes usos que tienen y los requerimientos que exigen las condiciones de servicio, así como las situaciones económicas que se presentan, determinan los diseños específicos de cada transformador.

En el caso que se presenta, me referiré exclusivamente a transformadores de potencia para el S.T.E., de 2225 V.A.C. 23 kV/472 V.A.C. 60Hz tres fases conexión ESTRELLA /DELTA diseñado para alimentar el puente rectificador y para soportar sobrecargas de 1.5 veces la corriente normal(I_n) durante 2 horas y 2 veces la corriente nominal durante un minuto utilizados en plantas y subestaciones de un sistema de distribución de energía eléctrica; quipos que constructivamente son muy similares; en el caso del transformador de estación es un transformador con conexión DELTA/ESTRELLA.

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. A continuación se indican cada una de las partes que constituyen generalmente un transformador, su construcción y la función que cada una de ellas desempeña.

Los componentes principales de un transformador son:

1. Contenedor de humedad
2. Boquillas de conexión
3. Respirador
4. Aceite
5. Tapa principal

6. devanado
7. Orejas para el traslado del transformador
8. Indicador de temperatura
9. Indicador de nivel de aceite
10. Indicador de circulación de aceite
11. Válvulas para aceite
12. Cambiador de voltajes
13. Sistema de alarma
14. Válvulas para toma de pruebas
15. Válvula para toma de pruebas
16. Masa del transformador
17. Base de anclaje y alarma de masa tierra
18. Base de anclaje y alarma de masa tierra
19. Radiadores de enfriamiento
20. Devanados
21. Tanque de reserva
22. Alarma buchholz

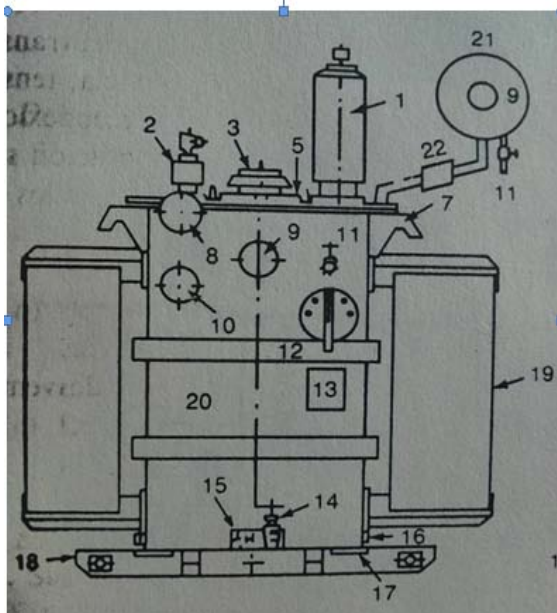


Fig.2.9. Esquema de un transformador de potencia

Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento en el caso de los transformadores, es recomendable aplicarlo a los componentes internos, solo cuando los resultados obtenidos en el mantenimiento predictivo indiquen algún deterioro o degradación que justifiquen el retiro del servicio y también cuando durante la operación el aparato empieza a presentar síntomas de funcionamiento anormal que evidentemente sea producto de alguna anomalía interna, la cual quizá se pueda precisar por medio de pruebas antes de destapar el transformador, en caso contrario será necesario efectuar una

revisión total, tomando todas las precauciones posibles para evitar que los aislamientos se vayan a humedecer durante los trabajos correspondientes de revisión y de reparación, en su caso, los reguladores de voltaje y los transformadores que cuentan con cambiador de derivaciones bajo carga, al cumplirse cierto tiempo de servicio, cantidad de operaciones o ambos, requieren la revisión de los contactos y del mecanismo de operación, normalmente los fabricantes recomiendan la revisión cada año o cada cien mil operaciones.

En el mantenimiento preventivo que se aplica al exterior del transformador, no siempre se requiere sacarlo de servicio.

Exteriormente se efectúan trabajos relacionados con limpieza, pintura, revisión y ajuste de los aparatos indicadores, secado de la silica del equipo de respiración o calibración de las válvulas de alivio, etc.

A un transformador se le puede aplicar mantenimiento preventivo mayor o mantenimiento preventivo menor. Se considera mantenimiento preventivo menor aquel en el que no hay necesidad de librar al transformador o el libramiento es requerido durante un corto tiempo.

El mantenimiento preventivo mayor es aquel que para ejecutarlo es necesario dejar fuera de servicio al transformador por un periodo mayor, de días o semanas, por ejemplo, el cambio de aceite o el proceso de secado.

Mantenimiento correctivo

En los transformadores se presentan fallas que por sus consecuencias se pueden dividir en dos clases, una en la que se incluyen las fallas que se producen en partes fundamentales del aparato provocando la operación de las protecciones que lo dejan fuera de servicio o que hacen necesario su libramiento de inmediato por representar el peligro de un disturbio con resultados más graves para ese u otros equipos, y otra en la que se incluyen las que se producen en sus equipos y dispositivos accesorios y normalmente no es necesario librar al transformador, pudiéndose efectuar la reparación estando en servicio o si se requiere librarse se pueda programar para otra ocasión más conveniente.

En el primer caso, en ocasiones las reparaciones se pueden efectuar en el mismo lugar y normalmente tardan varios días o semanas, pero si se tiene el peligro de que se humedezcan los aislamientos o si los efectos de la falla fueren severos, lo que procede es retirarlo de su base y enviarlo al taller, donde se cuenta con las condiciones y los recursos apropiados para efectuar la reparación satisfactoriamente.

Aceite

Función. En realidad, el aceite cumple una doble función: Por un lado, como aislante cuya fluidez le permite penetrar en todos los intersticios del transformador;

por otro lado, su gran facilidad de circulación y su elevado calor específico, facilita el transporte del calor desde los devanados donde se produce hacia las paredes del tanque y los radiadores.

Contenido de partículas:

- a) Esta prueba tiene por objeto determinar la cantidad de partículas que contiene una muestra de aceite, este se pasa a través de un filtro calculándose el peso de impurezas detenidas y relacionándolas con el volumen previamente determinado.

Rigidez dieléctrica Existen dos métodos para probar la rigidez dieléctrica del aceite, en uno se utilizan electrodos planos de 2.54 cm. de diámetro, separados 2.54 mm; en el otro método se utilizan electrodos semiesféricos separados en sus puntos más próximos 1.02 mm. Para aparatos con electrodos planos, la especificación para aceite nuevo indica un valor de 30 KV mínimo. La especificación de la prueba con electrodos semiesféricos es de 20 KV mínimo en aceite nuevo.

Para hacer el muestreo del aceite se deben tomar en cuenta las siguientes precauciones:

1. Limpiar perfectamente la válvula de drenaje de muestreo del transformador con estopa, cuidando de no dejar residuos de la misma.
2. Para que el aceite por muestrear conserve sus impurezas, no se debe drenar antes de tomar la muestra, excepto lo necesario para enjuagar el recipiente de muestreo.
3. Cuando existe una tubería en el punto de muestreo, debe tirarse un volumen igual al de la tubería antes de tomar la muestra.
4. El aceite no debe exponerse al aire por un tiempo prolongado, para evitar la contaminación por humedad.
5. El recipiente de muestreo debe enjuagarse con el aceite que se le va a realizar pruebas.
6. Se debe evitar la formación de burbujas en el aceite muestreado, para lograr esto el aceite se debe dejar resbalar por las paredes del recipiente, o usar un tubo de neopreno o similar lo suficientemente largo, para permitir que llegue al fondo del recipiente y así desplazar el aceite del fondo hacia la boca del recipiente, hay que dejar que se derrame una pequeña cantidad de aceite, para eliminar la existencia de burbujas dentro del recipiente.
7. Una vez tomada la muestra se deberá cerrar la válvula de muestreo y tapar inmediatamente en forma hermética el recipiente de muestreo.

Temperatura

- b) El Indicador es un instrumento tipo carátula, activado por un elemento bimetálico contenido dentro de una funda metálica, Indicada mediante una

carátula, la temperatura del aceite en la parte superior del transformador. La graduación de la carátula es en grados centígrados, señalada mediante una aguja móvil. Adicionalmente tiene una aguja de máximas, para señalar la temperatura máxima que alcanza el aceite en un periodo de tiempo determinado, para restablecer esta aguja se utiliza un Imán. En el indicador de temperatura se tienen contactos que se usan para enviar señal de alarma cuando la temperatura del aceite del transformador no sea la adecuada para una confiable operación.

- c) Indicador de vacío o manovacuómetros. Indica la presión positiva o negativa dentro del transformador, Normalmente debe marcar una presión cero positiva, para evitar la entrada de aire del medio ambiente. Se usa en transformadores sellados con cámara inerte con presión regulada o sin regular.
- d) Indicadores de nivel. Indican el nivel de aceite aislante en el tanque del transformador, mediante un flotador de corcho acoplado magnéticamente a una aguja indicadora. Normalmente tiene un contacto que se cierra para enviar una señal de alarma cuando el nivel baja al límite Inferior que está marcado como Lo. La marca del nivel normales 25°C y como límite superior Hi.
- e) Indicadores del flujo del aceite. Este indicador se Instala en el tubo de descarga de las bombas del sistema de enfriamiento y consiste de dos partes, una Interior y otra exterior, acopladas magnéticamente. La parte interior es una veleta metálica que cuando no hay flujo su posición es perpendicular al tubo y con flujo gira 90° quedando paralela al sentido del mismo, este movimiento se transmite por medio de la varilla de giro y un imán permanente al dispositivo exterior, controlando la aguja indicadora y un contacto normalmente cerrado en la posición de no flujo para enviar la señal de alarma.

La carátula lleva las marcas de "OFF" en la posición de no flujo y "ON" en la de flujo correcto.

El relevador buchholz o trafoscopio, se tiene instalado en transformadores de potencia de capacidad de voltaje de 23 KV, que cuentan con tanque conservador de aceite. Su instalación es intercalada en la tubería que comunica el tanque conservador con el tanque del transformador. Estos relevadores tienen la función de captar desperfectos ocurridos en el interior de los transformadores que originen desprendimientos de gases.

El funcionamiento del relevador es el siguiente: La cámara normalmente llena de aceite, contiene los flotadores, móviles alrededor de sus ejes de giro. Si, a consecuencia de una falla incipiente o poco importante, se producen pequeñas

burbujas de gas, estas se elevan en el tanque del transformador, y se dirigen hacia el depósito conservador de aceite. Estas burbujas al llegar al aparato, son acumuladas en la cámara, donde baja progresivamente el nivel de aceite a medida que se aumenta el volumen de gas. Cuando la cantidad de gas es suficiente, la inclinación del flotador llega a cerrar su contacto, enviando la señal al cuadro de alarmas del tablero de la subestación (visual y sonora). Si continua el desprendimiento de gas, el nivel de aceite en la cámara baja hasta que los gases pueden pasar a la tubería que los lleva hasta el tanque conservación. En este caso su mantenimiento es el de purgar los gases para evitar acumulación y provoque una falsa alarma

Sistemas de Alarma

Con objeto de mantener una vigilancia constante durante la operación de los transformadores, los dispositivos indicadores y de protección están adaptados para enviar una señal de alarma cerrando un contacto cuando se presenta una situación anormal. La señal de alarma correspondiente se recibe en un gabinete instalado en el transformador o próximo a él, donde se tienen varios módulos, cada uno con capacidad para cuatro señales. Uno de los módulos recibe las señales de emergencia y el resto reciben las de alerta. Del gabinete de alarmas del transformador, solamente se envían dos tipos de señales a la consola de alarmas de la sala de tableros del operador de estación, que pueden ser de alerta o de emergencia. Evidentemente cualquier tipo de señal que se presente, puede ser causa de una condición desfavorable para el transformador, y debe verificarse de inmediato, la premura con que se debe atender la anomalía depende del grado de riesgo que represente para el equipo o para las características de operación del mismo; lógicamente existe un mayor riesgo cuando ha operado una alarma de emergencia.

Boquillas

Las boquillas o bushings son los dispositivos que se usan para pasar las conexiones internas de los transformadores hacia el exterior, a través de la tapa o pared del tanque, proporcionando un camino conductor aislado adecuadamente para evitar fugas de corriente a tierra.

Tipos de Construcción.

Existen diferentes tipos de boquillas, la aplicación de cada tipo depende de las características eléctricas y constructivas del transformador. Los más comunes en transformadores de potencia son:

- a) Tipo macizo. La boquilla es una pieza de porcelana, compuesta de una brida de sujeción que divide las partes externa e interna, la parte externa se

forma con varias campanas que sirven para dar la distancia de flameo y la parte interna, de forma cónica, longitudinalmente tiene un orificio que la atraviesa por donde se pasa el cable terminal de la bobina, ajustado con su aislamiento propio. Antiguamente el espacio libre entre cable y boquilla se rellenaba con alguna pasta aislante licuada que no ofrecía un sello adecuado, ya que permitía la entrada de humedad y la salida del aceite a través del forro del cable, actuando como una mecha.

Actualmente se coloca en el interior de la boquilla un birlo de cobre duro, sujetado con tuercas en ambos extremos y empacado con corcho, con lo que se logra un sello correcto. Este tipo de boquillas solo se usa en tensiones reducidas, como 6000 y 23000 volts.

Pruebas de aislamiento

Las pruebas de aislamiento a un transformador principalmente es la verificar que ninguna de las componentes internas y que están en contacto con el potencial que se esté haciendo pasar por el transformador tengan algún punto de fuga por el cual el potencial tenga contacto con la masa del transformador pues este sería de gran riesgo tanto para el equipo como el personal cercano al transformador.

Existen ocasiones en que por diversas cosas el transformador empiece a perder aislamiento en sus componentes internas ya sea por:

- Calentamiento por mal uso en el cambiador de derivaciones y se esté calentando.
- Falta de mantenimiento interno y revisiones del aceite poco frecuentes.
- Constantes elevaciones de corriente o corto circuito y trabajo en bajo voltaje.

Para ello se debe realizar pruebas de aislamiento que se debe realizar con un megger.

Consiste en introducir un voltaje mayor al nominal y deben realizarse con los circuitos de igual voltaje conectados entre sí y los circuitos de diferente voltaje se probaran por separado, primario, secundario y la masa del transformador, es decir:

Alta tensión vs. Baja tensión
Baja tensión vs. Tierra

Alta tensión vs. Tierra
Neutro vs. Tierra

Y la forma de conectarlo es el siguiente:

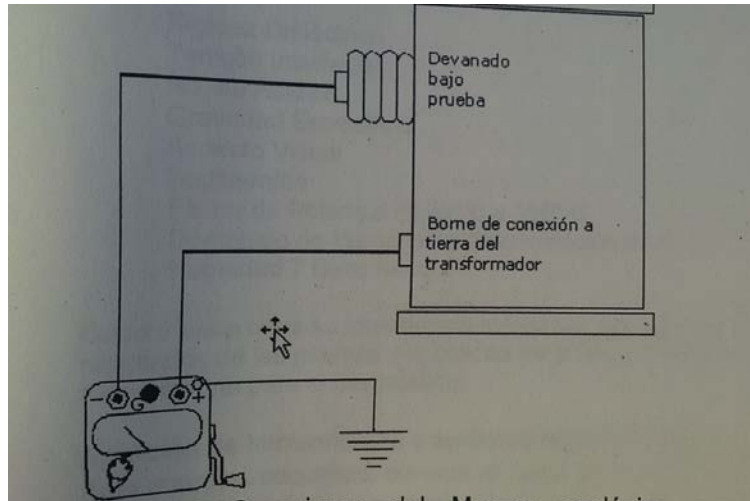


Fig.2.10. Forma de conectar un megger para mediciones de aislamiento.

El megger utilizado tiene 5000 V y las lecturas que deberán medirse según las normas serán de 670 M Ω para un voltaje de 25 kV y una temperatura de 20 grados centígrados.

2.4.6 Rectificador

Para este caso en la subestaciones están constituidas por un banco rectificador marca Jeumont de 2500 K.V.A. 600 VCD formado por seis piernas de cuatro diodos de silicio conectados en paralelo con capacidad de corriente de 2000 A. RMS y 2200 V de pico inverso montados en disipadores de calor de aluminio y protegidos por circuito R.C. contra transitorios de conmutación y fusibles rápidos con testigo para activar la alarma, termostatos de protección para sobre temperatura, así como relevador detector de corriente inversa y relevador detector de fuga de corriente a la estructura metálica.

Además de poseer un voltímetro y un amperímetro a la salida de C.D



Fig. 2.11 Rectificador de una subestación eléctrica rectificadora.

El funcionamiento del grupo rectificador es enteramente automático, por lo tanto hay pocas operaciones de mantenimiento y de verificación a efectuar en el rectificador puesto que su alimentación depende del cierre del interruptor de potencia.

Un diodo con sus 2 radiadores forma un conjunto indisociable. En efecto, el ensamblaje de un conjunto de diodo y radiadores se hace en prensa a una presión de 2.7 toneladas. En el caso en que un diodo deba ser remplazado, es necesario devolver el conjunto diodo-radiador al proveedor, quien, en la fabrica reemplazara entre los dos radiadores un diodo nuevo con todas las precauciones necesarias para así asegurar una garantía total.

Desmontaje de un conjunto diodo-radiador.

Para realizar esta operación es necesario:

1. Desconectar la escuadra de aluminio entre un radiador y el fusible del diodo (seis tornillos).
2. Desmontar los dos tornillos de fijación del bloque rectificador.
3. Desmontar el bloque diodo/radiador de su soporte (ángulo de aluminio) mediante los tornillos de fijación.

Para el montaje se realiza la operación inversa al desmontaje.

Fusibles

No es necesario realizar mantenimiento a los fusibles de protección de los diodos a menos que se hayan fundido. Checar la conexión de los hilos del circuito de conexión de fusión fusibles en los micros contactos, en particular el buen estado de los cartuchos o fusibles de protección.

Checar también el apriete del puente de diodo (escuadra de aluminio) en el fusible y, la tuerca y contra tuerca de la barra fusible en el angular de aluminio (par de apriete 3 m /kg).

Circuito RC

En caso de anomalía, verificar las resistencias de 15 ohm y los condensadores 1 μ F y proceder a su remplazo si fuera necesario.

En la cuestión de las alarmas lo único necesario es checar su buen funcionamiento abriéndolos y checando sus conexiones así como por medio de sus borneros activarlos para ver su buen funcionamiento.

En cuanto al resto del banco lo único es desempolvar con trapo semi húmedo.

Para esta zona también cabe mencionar que se encuentra 2 alarmas de suma importancia para la subestación y , para el caso de mantenimiento, se deben de prestar atención pues su buen funcionamiento solo se determina realizando la operación manual y que se debe realizar y verificar su buena operación en las pantallas de alarmas:

Retorno de corriente:

Esta alarma va a registrar el paso de la corriente en un solo sentido y va a operar en dado caso que se registre una corriente de retorno proveniente de la calle que pudiera afectar el equipo provocando la apertura del equipo.

Alarma de masa a tierra:

Esta alarma está diseñada para alarmar al equipo en caso que se rompa el aislamiento que debe existir entre las partes donde exista potencial y la masa del gabinete o partes que deben estar aisladas y aterrizadas a tierra.

2.4.7 Interruptor ultra-rápido (UR)

Interruptor ultra rápido (UR) marca ABB unipolar con cierre electrónico y manual para un voltaje nominal de 800 V.C.D. y corriente de 6000 Amp. C.D. Equipado con sistema de disparo de corte por sobre corriente, de alta velocidad mediante mecanismos de desenganche electromagnético y sensor electrónico de intensidad de corriente y de velocidad de incremento de la misma (di/dt).

Así como mecanismo de disparo por falta de alimentación de control de 120 VCD. Interrupción.- por un dispositivo a máxima intensidad ultra rápido, regulable de 4000 hasta 20000 amperios, y por bobina a falta de baja tensión. Apertura voluntaria por corte de alimentación a bobina de falta de tensión o desde la palanca de mando en el tablero.



Fig. 2.12 Interruptor ultra rápido principal.

El mecanismo de enclavamiento sea normalmente por un electroimán de cierre. Este cierre se lleva a cabo por medio de todo un mecanismo que empuja al juego de contactos que son de cobre con un recubrimiento de plata y la presión de cada uno de los contactos está asegurada por la compresión de un muelle en la última parte del cierre del disyuntor.

Para apertura por sobre corriente está provisto por una bobina que al sobre pasar de la corriente se pone en movimiento afectando la uña de enclavamiento para permitir la liberación del mecanismo y la apertura de los contactos. En función de la apertura y cierre se encuentran los contactos auxiliares los cuales van a mostrar el cambio de estado del interruptor para realizar apertura o cierre según corresponda.

También consta de una mirilla para ver físicamente el estado del interruptor así como un contador de operaciones para poder llevar un registro. También se debe observar y revisar la regleta de calibración que se encuentra bajo la cubierta.

El mantenimiento solo dependerá de quitar el polvo de los contactos y de las diferentes piezas del disyuntor ya sea por aspiración o por soplado con aire comprimido. En particular se debe poner cuidado al limpiar las superficies de las barras aislantes y de las bielas aislantes.

Quitar las partículas que se almacenan en las paredes internas de la caja de soplado o cámara de extinción.

Así como pulir los contactos auxiliares para un correcto contacto.

Asegurar el buen apriete de tuercas y tornillos así como la buena firmeza de los pasadores de los pernos.

Engrasar constantemente:

- Todos los ejes de articulación así como las bielas.
- Los rodillos
- El mecanismo móvil de los contactos así como la palanca de empuje.
- El eje de articulación para el enclavamiento y des enclavamiento.

La medida para el cambio de contactos está regida por el desgaste de los mismos. La capa de contacto tiene aproximadamente 4 mm cuando el desgaste de estos este al 50% es decir a 2mm deberá proceder a cambiarlos.

En el caso de los seccionadores que se encuentran en esta área colocados uno en la barra negativa y el otro en la positiva la única acción es pulir sus contactos, desempolvar y lubricar sus partes móviles.

2.4.8 Interruptores ultra-rápidos derivados

Interruptores ultra rápido (UR) derivados para proteger cada uno de los cinco circuitos de alimentación de las líneas de salida, marca ABB unipolar con cierre electrónico y manual para un voltaje nominal de 800 V.C.D. y corriente de 4000 Amp. C.D.

Para este caso el mantenimiento es semejante al del interruptor principal.

Dichos interruptores se encuentran en contenedores los cuales son controlados eléctricamente para realizar su apertura y cierre por medio del tablero de control general. En el contenedor vamos a encontrar dos peines de contacto en forma vertical en los cuales va a hacer contacto el par de peines que se encuentran en el carro interruptor.



Fig. 2.13 Interruptores ultrarrápidos derivados.

Al introducir el carro el cual tiene una barra de empuje para su introducción en forma de gusano con el cual se va a enclavar el carro.

El carro dentro de sí tendrá cuatro contactos móviles y cuatro fijos que funcionaran como el interruptor para permitir pasar la corriente. El mecanismo de cierre es a través de un resorte que al tensarse por medio de un motor forza a los contactos a cerrarse y una uña se enclava para mantenerse cerrados, para abrirse se utiliza una bobina con un núcleo móvil que al actuar desprende la uña de su enclavamiento y permitir que los contactos se abran. Y dentro del mismo contenedor se encontrara la protección y la única protección pero de mayor importancia llamado RMA.

La parte de importancia se encuentra en la bobina de retención que será la que mantendrá cerrada la sección por la alimentación de 110 V.C.D. que le

proporcionara el banco de baterías así aunque haya una falta de corriente alterna no se abrirán estas secciones para dar tiempo a que se restablezca la corriente. Este relevador va ser el encargado de mantener vigilada la salida de corriente hacia la calle y es tan eficiente que puede detectar diferentes tipos de anomalía en cuanto a cortocircuito se trata.

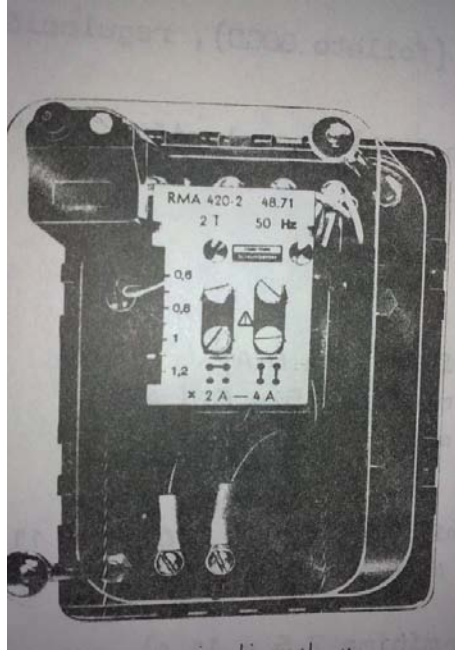


Fig.2.14. Relevador RMA para sobre corrientes.

- Los relés de intensidad RMA 420 (Campo de utilización del conjunto; desde 24 mA hasta 96 A).

Son relés electromagnéticos instantáneos.

Se caracterizan por:

- Su robustez
- Su gran seguridad de funcionamiento
- La diversidad de sus variantes y sus calibres.

Son relés primarios, con múltiples aplicaciones:

Se emplean siempre que se requiera detectar una anomalía de funcionamiento. Igualmente forman parte de numerosos dispositivos de protección:

- protecciones amperimétricos instantáneas o temporizadas, PA y PAK además se hallan, muy frecuentemente, incluidos en los conjuntos de protección más complejos:
- Instalaciones de mando y control de estaciones transformadoras.

Descripción y funcionamiento

El elemento activo de los relés RMA 420 y sus derivados es una balanza electromagnética, cuyos brazos están solicitados:

- uno, por la atracción entre los núcleos magnéticos de alta permeabilidad, situados dentro del campo magnético de una bobina inductora recorrida por la corriente a medir, uno de los núcleos es solidario del brazo y el otro lo es del chasis, y el otro, por un muelle antagonista, cuya fuerza se regula de acuerdo con el punto de funcionamiento del relé.

Este relé tiene facultad de medir un cortocircuito de baja intensidad pero un cierto tiempo y cuando esa baja intensidad empieza a ser dañina al paso del tiempo abrirá el interruptor.

Mide un cortocircuito de incremento instantáneo y de igual forma abre al interruptor.

Puede medir un corto circuito de media intensidad soportándolo por algunos instantes si no hay recuperación abrirá el interruptor pero si al paso de ese tiempo se elimina el corto el interruptor no se abrirá.

En su caratula mostrara que tipo de cortocircuito controlo para así poder tomar las medidas necesarias sobre la línea del trolebús.

2.4.9 Cargador de baterías

- a) Únicamente personal calificado deberá proporcionar servicio al equipo.
- b) Conocer el manual de operación para proceder al servicio.
- c) Desenergice todas las conexiones C.A. y C.C.
- d) Si alguna lesión ocurriera, aplique un tratamiento normal para un “shock” eléctrico.

Aplicación

El rectificador está diseñado para mantener un voltaje del sistema dentro del 0.5% del valor total sin excederse de la corriente específica de salida. Este mantendrá su valor, aun con variaciones del voltaje de entrada de un 10% del voltaje proporcionado con el transformador de poder o variaciones de frecuencia de 5%. Este cargador puede ser utilizado para cualquier número de celdas plomo ácido, nickel cadmio o níquel hierro siempre que el voltaje de flotación deseado este dentro del rango especificado en la placa del cargador.

El cargador UC está diseñado para operar únicamente mientras esté conectado a la batería.

Instalación

Localización: Seleccione un lugar limpio y seco para el cargador, este lugar puede ser el cuarto de las baterías, pero no deberá colocarse sobre las baterías, debe estar montado en la pared, las aberturas de ventilación colocadas en la parte superior e inferior del gabinete no deberán obstruirse porque esta proveen de enfriamiento por convección y ventilación. Las temperaturas ambientes de 0° a 500°C y elevaciones de 1000 M. sobre el nivel del mar no afectan el funcionamiento del cargador.

Cables de salida c.c.:

El calibre de los conductores del cargador deberán seleccionarse para llevar la corriente del cargador, y también para evitar la caída a menos de 0.5 volts, de los conductores entre el cargador y las terminales de la batería.

Elija el calibre del cable que reúna estas condiciones, sin escatimar. Es una buena práctica mantener los cables C.C. tan cortos como sea posible y mantenerlos juntos para obtener menor inductancia. Así mismo es buena práctica evitar los dobleces agudos en los conductores y llevar ambos cables en un solo conducto.

Puesta en servicio del cargador

- a) Fije el cargador y haga las conexiones de C.A. y C.C
- b) Después conecte la terminal (+) de la batería a la terminal (+) del cargador y la terminal (-) de la batería a la terminal (-) del cargador y observe el voltímetro.

Deberá leerse una polaridad correcta y un valor de voltaje de batería de circuito abierto de 2 volts por cada celda en baterías plomo-acido y de 1.2 volts por celda en baterías de nickel-alcálinas por ejemplo: Una batería de 60 celdas plomo-acido deberá leerse cerca de $2 \times 60 = 120$ volts. Con esto se comprueba que todas las celdas están en series importante también que todas las conexiones estén apretadas. El voltaje del circuito abierto deberá estar cerca del 8 al 10% abajo del rango del voltaje de flotación mostrado en los datos de la placa del cargador y el rango debe fijarse para el número de celdas mostrado en los datos de la placa.

- c) El cargador puede ahora energizarse cerrando primero el interruptor de C.C. después cierre el interruptor C.A. El amperímetro indica la corriente de salida. Es de esperarse que el cargador muestre arriba del 110% de la corriente proporcionada por el cargador siendo el 110% de ajuste de fábrica de control del límite de corriente.

El ajuste de fábrica del voltaje de flotación se muestra en los datos de placa del cargador y cuando este valor es alcanzado, el amperímetro del cargador deberá

mostrar un ligero descenso en la corriente, paulatinamente bajara hasta estabilizarse.

- d) El ajuste de fábrica del voltaje de carga de igualación también se muestra en los datos de placa del cargador para revisar este ajuste, gire la perilla del reloj de carga de igualación, que está localizado en la puerta del cargador.

El amperímetro del cargador deberá mostrar de nuevo el valor del límite de corriente, hasta que el voltaje de carga de igualación sea alcanzado. El lapso de tiempo para alcanzar este voltaje depende del estado de carga de la batería y de la capacidad de la batería

- e) Una vez revisados los valores de voltaje de flotación e igualación, el cargador puede considerarse instalado listo para el servicio.

Ajustes de carga de flotación e igualación

- a) El ajuste de flotación no es afectado por el ajuste de carga de igualación. El ajuste de flotación se hace por medio de un potenciómetro que está montado en la puerta del cargador, y el ajuste de igualación se hace con el reóstato R32 de la unidad de control.

Los voltajes de flotación e igualación deben ajustarse dentro de los rangos de voltaje mostrado en la placa del cargador. La respuesta del voltaje puede ser lenta, porque el estado de carga de la batería y la carga conectada tienen que ser considerados. El voltaje se elevara girando el ajuste a favor de las manecillas del reloj y disminuirá girándolo en contra del sentido de las manecillas del reloj.

- b) Es muy importante la precisión en la medición de los voltajes de flotación e igualación. Se recomienda para este tipo de medición un voltímetro portátil de 1% de precisión o un tipo similar.
- c) Cualquier ajuste de voltaje de flotación o igualación no deberá considerarse definitivo hasta que el amperímetro muestre un valor de corriente menor que el especificado por el cargador y el voltaje se estabilice sin variar en varias horas.

Mantenimiento

Este cargador requiere un mínimo de mantenimiento. No existen partes móviles, excepto el reloj, no debe esperarse efectos del tiempo en ningún componente. Sin embargo, debe mantenerse limpio, seco y todas las conexiones apretadas. Si es necesario puede sopletarse con aire seco el interior del aparato.

En caso de alguna operación irregular, examine y apriete si son necesarias todas las conexiones internas y externas y revise al alambrado del circuito.



Fig.2.15 Interior de un cargador de baterías sin partes móviles.

Siempre considera un extremo cuidado cuando trabajes con baterías de ácido-plomo y electrolitos. Usa guantes, gafas de seguridad y ropa vieja.

El ácido de la batería podrá quemar la piel y los ojos, y destruir cualquier tela de algodón y lana tejida. La forma más rápida de arruinar una batería de ácido-plomo es descargándola profundamente y luego dejarla “muerta” por un tiempo prolongado. Las placas positivas cambian de óxido de plomo cuando son cargadas a sulfato de plomo cuando son descargadas. Si estas se mantienen en el estado de sulfato de plomo por unos días, parte de esta placa no regresará al óxido de plomo cuando la batería sea recargada. Las partes de las placas que se hayan “sulfatado” nunca más almacenarán energía.

Las baterías que son plenamente descargadas y luego parcialmente cargadas fallarán en cuestión de un año...o menos. Debes checar tus baterías con una frecuencia regular para asegurarte de que están siendo cargadas correctamente. Utiliza un hidrómetro para checar la gravedad específica de la batería de ácido-plomo.

Si las baterías son profundamente descargadas, y luego re-cargadas lentamente, la lectura de la gravedad específica será menor debido a la mezcla incompleta de electrolitos. Checa el nivel de electrolitos de las baterías abiertas al menos cuatro veces al año y llena con agua destilada cada vez que sea necesario cada celda.

No agregues agua a baterías descargadas. El electrolito es absorbido cuando las baterías están descargadas. Si agregas agua a una batería descargada y luego recargas la batería, los electrolitos tendrán un sobre-flujo y se hará un desastre. Mantén los topes de tus baterías limpios y verifica que los bornes y cables están bien ajustados. No aprietes ni remuevas los cables mientras se está en proceso de carga o de descarga.

Cualquier chispa alrededor de la batería podría causar una explosión de hidrógeno en el interior y arruinar una de las celdas o inclusive a ti. Siempre será una buena idea el hacer una carga de ecualización cuando alguna de las celdas muestren una variación de 0.05 de gravedad específica entre cada una.

No trates de ecualizar baterías selladas tipo VRLA o de GEL. Con el cuidado adecuado, las baterías de ácido-plomo podrán tener una larga vida de trabajo y un excelente desempeño que funcionará con casi cualquier sistema de potencia. Con un tratamiento pobre y desatendido el tiempo de vida útil de las baterías será bastante corto.

Funcionamiento normal

- a) Considerando que el cargador está operando en posición de voltaje de flotación y quiere obtenerse una indicación del funcionamiento normal, puede colocarse en posición de igualación girando la perilla del reloj de igualación. Se observara en el amperímetro del cargador que la corriente aumentara hasta que el voltaje de igualación sea alcanzado, después del cual la corriente disminuirá lentamente.
- b) Por otra parte si el cargador está operando en posición de igualación, el cargador estará en cero o con una pequeña corriente de salida. Después que el reloj sea regresado manual o automáticamente a cero, caerá en la posición de flotación y una vez que el voltaje de flotación sea alcanzado la corriente deberá incrementarse lentamente al valor de la carga del sistema.
- c) En operación normal el control del límite de corriente, limitara la corriente máxima de salida C.C. aproximadamente el 110% de la corriente de carga especificada. En caso de una demanda alta de corriente, el control de corriente mantendrá la carga de salida dentro de los valores de seguridad, sin accionar los elementos de protección aun bajo condiciones de corto circuito.

Reloj manual de carga de igualación RC I

- a) Este reloj es para dar cargas de igualación hasta 72 Hrs. aumentando ligeramente le voltaje de flotación ordinario. El reloj también puede utilizarse

para recargar baterías viejas, y para dar una carga de refresco a baterías nuevas.

- b) Para opera el reloj, gire la perilla hacia la derecha al número de horas de carga deseada. Esta operara un reloj de C.A. que transmite un movimiento que operara dos contactos. Un contacto suministra C.A. al motor del reloj, el otro sensa el voltaje y lo eleva al voltaje de igualación. Una vez completado el periodo de tiempo programado, la perilla regresa a cero (la perilla del reloj también puede regresarse manualmente a cero girándolo en contra de las manecillas del reloj). El motor del reloj dejara de operar y el voltaje regresara automáticamente al voltaje de flotación.

Diagnostico de fallas

Cuando el cargador no está operando bien, la causa puede ser determinada revisando varios componentes hasta que la falla sea localizada.

Generalmente hablando, hay 3 componentes o partes principales que forman parte del equipo son:

1. Transformador de fuerza TF
2. Dispositivos reguladores y rectificadores de poder CR1 A CR4
3. Unidades de control UC.

Los componentes no son revisados en el orden que están listados arriba, el cargador puede presentar un número de dificultades cada una con diferentes síntomas. En muchos casos la falla de un componente puede causar la falla de otros, a continuación se tratan los problemas, síntomas y sus posibles causas.

La mayor parte de las siguientes revisiones pueden efectuarse con un voltímetro. Sin embargo un osciloscopio y un probador de SCR's serian de mucha ayuda.

Refiérase al diagrama esquemático de la figuras 4 y 5 para las siguientes revisiones.

- a) Para cualquier condición.
- Revise el voltaje de alimentación para asegurarse que está dentro del 10% del voltaje estipulado de entrada.
 - Examine el cargador para cualquier falla evidente, o conexiones impropias, particularmente en la unidad de control.
 - Revise continuidad del circuito de batería y compare el voltaje en las terminales del cargador con el voltaje total de las celdas.
 - Revise la precisión del voltímetro y del amperímetro del cargador.
- b) No hay salida de corriente continua después del ajuste del potenciómetro de flotación.

- Interruptor de C.A. y Transformador de fuerza.
 - Interruptor de C.C.
 - Transformador de control TC
 - Unidad de control UC
 - SCR's y Diodos
- c) Bajo voltaje o corriente de salida.**
- Ajuste de límite de corriente.
 - Un SCR abierto.
 - Unidad de control.
- d) Alto voltaje de salida.**
- Ajuste del voltaje de flotación.
 - Ajuste del rango de flotación de la resistencia R33 en la unidad de control.
 - Unidad de control.
 - SCR's en corto.
- e) Alta corriente de salida**
- Ajuste del límite de corriente.
 - SCR's en corto
- f) Interruptor de C.A. accionado ICA**
- TF en corto
 - Limite de corriente muy alto
 - Interruptor defectuoso
 - SCR's o diodos en corto.
- g) Interruptor de C.C. accionado ICO**
- SCR's y diodos en corto.
 - Supresor de voltaje dañado SV.
 - Interruptor defectuoso.
- h) Falla en el diodo o SCR**
- Supresor dañado o defectuoso
 - Alimentación de C.A.
 - Polaridad y voltaje del circuito C.C.
 - Limite de corriente ajustado arriba del 110% de la capacidad del cargador.
 - Temperaturas ambientes extremadamente altas.

Pruebas de componentes

a) Transformador de fuerza TF

1. Con los interruptores C.A. y C.C. fuera, revise el voltaje de línea de entrada a los interruptores, revise el ajuste de las conexiones 1 y 2 para asegurarse que están conectadas correctamente.

Revise el voltaje del primario así como el de la línea cerrando el interruptor de CA (si no coincide esto, indicara que el alambrado entre la alimentación y el TF está abierto). El foco piloto (FP) deberá encenderse inmediatamente; si no enciende reemplace el foco piloto, si el foco piloto aun no enciende, revise el alambrado del foco.

2. Revise el voltaje secundario TF.

El voltaje del secundario debe ser aproximadamente 10% o más alto que el voltaje de igualación proporcionado por el cargador (ver los datos de placa). Si el voltaje del secundario es menor que el voltaje de igualación y el voltaje del primario está correcto, el TF está fallando, o los dispositivos de regulación de poder. CR3, CR4 o el Supresor de voltaje (SV) están dañados, ver sección 10-D para revisar estas partes antes de reemplazar el transformador de fuerza.

b) Diodos rectificadores CR1, CR2

Estos deben revisarse desconectando un lado de ellos para verificar el buen estado de ellos y posteriormente medir su resistencia en los sentidos directo e inverso usando un óhmetro en la escala RX1 para leer la resistencia directa y deberá marcar de 5 a 10 ohms.

La resistencia inversa deberá marcar arriba de los miles de ohms (probablemente 50,000 ohms o más), por supuesto con una escala alta del óhmetro. Los diodos pueden revisarse también conectándolos en serie con una lámpara de 6 a 12 volts a través de una fuente CC de igual voltaje. La lámpara debe ser una que requiera menos de 0.25 ampere. La lámpara debe alumbrar cerca de sus brillantes totales con el sentido directo de la corriente, pero no en sentido inverso. Si alumbrar en ambas direcciones, el diodo está en corto, si no alumbrar en ninguna dirección el diodo está abierto.

c) Supresor de voltaje SV

1. Verifique visualmente si el supresor está en condiciones normales.
2. Si aparece cualquier signo de daño sustituya el supresor por otro en buenas condiciones.

3. Si el supresor está en corto, un óhmetro indicará continuidad. Cuando el supresor muestre alta resistencia medida en ambas direcciones, desconectando el cargador y tiene apariencia normal sin señales de daño, entonces se puede suponer que está en buenas condiciones.

d) Dispositivo de regulación de poder (SCR) CR3 CR4

1. Los reguladores de poder CR3 CR4 son rectificadores controladores de silicio, los cuales no pueden verificarse como los diodos rectificadores, revisando su resistencia en ambos sentidos, puesto que el SCR siempre mostrará una alta resistencia hasta que sea disparado. Utilice un probador SCR. Verifique el rectificador controlado de silicio para operación normal y para corto. Sustituya los SCR's abiertos en corto.
2. Un SCR puede también verificarse si está en corto o abierto con un voltímetro. Con la terminal negra en el común y la terminal roja en (+), pero con el switch de polaridad en C.C. (+). Conecte la terminal roja al ánodo y la terminal negra al cátodo. El medidor deberá indicar alta resistencia (arriba 50,000 ohms con la escala de RX 10,000). Esta es la verificación para cortos.

Con las terminales conectadas, como se menciona en el párrafo anterior y en la escala RX1, toque ligeramente la terminal de la compuerta (una terminal pequeña aislada). De esta manera se disparará el SCR y dará una lectura de aproximadamente 5-20 ohms. Esta prueba muestra que el SCR está en operación. En SCR's muy pequeños esta lectura se mantendrá después de quitar la terminal de la compuerta. La acción anterior se llama de "candado" pero puede también ser "sin candado" abriendo la conexión del cátodo. Los SCR's de capacidades más altas no operan ni se quedan con la corriente presente que proporciona un voltímetro. Dicho voltímetro no tiene suficiente corriente de disparo para operar los SCR's antes mencionados (de más de 400 amperios).

3. Otra prueba rápida para revisar los SCR's es quitando las terminales No. 6 y 8 de la unidad de control y encendiendo el cargador. Obviamente si no se tiene señales de compuerta del cargador deberá tener 0 en la salida C.C. Si todavía existe corriente de salida, uno o ambos SCR's están en corto circuito.

Las pruebas descritas anteriormente deben hacerse para confirmar el estado del SCR, sin embargo ocasionalmente un SCR puede indicar estar normal en todas estas pruebas y aun así puede fallar conectado al circuito del cargador.

e) Transformador de control TC

El TC transforma de 115 a 32 V.C.A en su derivación central. Estos voltajes pueden leerse en la terminales 3, 4 y 5 de la unidad de control (3 a 4 = 32 volts y de 3 a 5 o 4 a 5 = 16 volts).

f) Unidad de control UC

Si el cargador tiene “cero” una “alta” salida y todas las pruebas anteriores fueron satisfactorias, revise R2. Esta lectura debe dar un voltaje ligeramente menor que el voltaje de la batería. Si este voltaje esta correcto, reemplace la unidad de control.

Los puntos de disparo pueden revisarse en las terminales 6 a 7 y 8 a 7 y deben aparecer aproximados al mostrado en la figura No. 3, con un pico de onda variando según el valor de salida.

1. Ajuste del rango del voltaje R33

Con el cargador en voltaje de flotación el rango de ajuste de voltaje deberá dar un valor que este dentro de los valores especificados en los datos de placa del cargador. El reóstato R33 en la unidad de control establece valor máximo de voltaje del cargador y sale normalmente ajustado de fábrica y no requiere ajuste posterior.

2. Ajuste del límite de corriente R23

Cuando existía una corriente alta de salida la unidad de control o las conexiones propias del circuito de la unidad pueden tener una falla.

Para determinar si la unidad de control está fallando, gire R23 en contra de las manecillas del reloj. Si disminuye la corriente de salida, entonces haga los ajustes de corriente que se describen posteriormente, si la corriente de salida no disminuye reemplace la unidad de control.

Para efectuar un ajuste del límite de corriente ponga el interruptor C.A. en posición de apagado y deje conectada la carga al sistema para que el voltaje del sistema baje un poco. Coloque el cargador en carga de igualación y encienda el cargador. Observe la corriente máxima de C.C. Si la corriente es mayor a la especificada, gire ligeramente R23 en contra de las manecillas del reloj y repita el procedimiento. No ajuste el máximo corriente arriba del 110% de la corriente especificada por el cargador.

Pulso de disparo de la unidad de control

g) Voltímetro de la batería V

El voltímetro es del tipo de 2% de precisión. Está conectado a través de la salida del cargador. Si no marca use un voltímetro de precisión del 1% conectándolo a las terminales del voltímetro. Si indica el voltaje normal demostrara que el voltímetro está dañado. Si no marca voltaje indicara que no está conectado correctamente. Verifique el alambrado para cerciorarse que el circuito no esté abierto y reemplace el voltímetro si el circuito esta correcto.

h) Reloj de carga de igualación RCI

Gire la perilla hacia la derecha y observe si la corriente del cargador aumenta al valor máximo y el voltaje de la batería comienza a elevarse. Mientras tanto el motor del reloj está operando y la perilla del reloj empieza a girar lentamente hasta llegar a cero, cuando la perilla del reloj llegue a cero el voltaje de salida disminuirá hasta llegar al voltaje de flotación y la corriente de salida disminuirá momentáneamente a cero hasta alcanzar el voltaje de flotación.

Si la operación no ocurre como se indico, revise los contactos del reloj para determinar si están abiertos, si no lo están reemplace el reloj (si el motor se para antes de llegar a cero y baja el voltaje de salida, trate cambiando el sentido de los contactos entre las conexiones del motor y el voltaje. Intercambie las líneas 1 y 2 con las líneas 7 y 8 (las terminales son numeradas sobre la cubierta posterior del reloj) Si la líneas intercambiadas no paran el motor antes de abrirse los contactos, reemplace el motor.

i) Alambrado.

Revise el alambrado interno para determinar cualquier falla. Siga el diagrama de flujo de la figura No. 4 para el modelo del cargador usado y revise continuidad con un óhmetro para determinar conexiones abiertas, también revise si hay tierras y elimine cualquier línea a tierra.

j) Amperímetro del cargador A

El amperímetro está conectado en serie entre las líneas de salida del cargador y la batería, si está abierto, indicara cero o si esta en corto también indicara cero. Primero asegure que todas las conexiones estén apretadas. Si aun no indica, apague el cargador desconecte el amperímetro del cargador y sustitúyalo por uno de las mismas características de rango y 50 MV. Este seguro de hacer una buena conexión; los contactos del clip pueden hacer un mal contacto y causara una lectura errónea.

Una indicación inversa en la escala indica que el cargador no está operando o está en corto y las baterías se están descargando a través del rectificador o que las líneas del amperímetro pueden estar invertidas. Ponga los interruptores de

C.A. y C.C. en la posición de apagado y revise el ajuste de las conexiones del amperímetro.

2.4.10 tableros de control

Para este caso en el tablero de control donde se contienen todos los contactores y relevadores de baja tensión para el control de apertura, de cierre, así como el control de alarmas de toda la subestación, es de un mantenimiento meramente preventivo pues en el caso de los contactores es difícil saber en qué momento o condiciones se pueden quemar pues su funcionamiento es interno y no se pueden desarmar a libre gusto por lo tanto lo único que se procede a hacer es a sopletear para des empolvar así como limpiar con un trapo semi húmedo.



Fig. 2.16 Tablero de control.

La parte que si se puede checar es la parte de las luminarias o focos que indican el estado de un interruptor así como los focos de las alarmas para una adecuada indicación. También la conexión de los borneros es decir el apriete de los tornillos.

2.4.11 SISTEMA DE TIERRAS

Para el sistema de tierras el único mantenimiento es agregar eventualmente en las áreas de las varillas de tierra sus químicos de electrolito (cloruro de sodio), así como carbón mineral.

Se debe revisar la firme soldadura del cable de la red de tierra a la barrilla Cooper a si como realiza pruebas de resistencia óhmica del terreno.

Para estas pruebas se debe contar con el aparato para medir resistencia el cual consta de 3 o 4 varillas que se clavan en una zona del terreno al azar a una distancia de 3 a 4 mts. Tomando como base de inicio alguna de las varillas del sistema de tierra existente.

Se conecta el aparato y se introduce cierto potencial y el óhmetro dará una lectura en ohms la cual dependerá de la resistencia del terreno y a la distancia de cada una de las varillas.

Para tener un parámetro de los datos que se obtenga se deben hacer pruebas por lo menos cada año registrando lo obtenido en terreno húmedo la resistencia no debe ser mayor a 4 ohmios y en terreno seco no mayor a 10 ohmios. De empezar a ofrecer resistencia a se tendrá que realizar un nuevo sistema de tierras con un aumento de varillas y un tratamiento de tierra a base de cloruro de sodio y carbón mineral.



Fig. 2.17 Sistema de tierras por medio de barra y de cable desnudo

Capítulo 3

Calidad de la energía

3.1. Necesidades de capacitación

En el servicio de transportes eléctricos del DF se ha planteado como objetivo fundamental transformarse en una organización de transporte moderno y eficiente con la habilidad de adaptarse continuamente a los nuevos retos del distrito federal y mantener ventaja competitiva ante otras empresas relacionadas con el giro mediante una planeación estratégica de cambio; garantizando con ello a los usuarios del trolebús y del tren ligero un servicio de transportación de excelencia y la calidad, además de confortable y principalmente no contaminante que satisfaga sus necesidades de traslado en la ciudad de México.

El uso de herramientas en el manejo de la electricidad, se hace indispensable cuando se requiere de la corrección de fallas en la lógica de funcionamiento de los equipos sobre todo cuando estas son únicas y especiales; pero el personal que conforma la planilla de trabajo de la subgerencia de mantenimiento a subestaciones y despacho de carga adquiere un conocimiento por experiencia para el desarrollo en las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de las subestaciones eléctricas rectificadoras pertenecientes al S.T.E.

La única manera en la que el personal cubra todos los perfiles para dichos trabajos sería una preparación y conocimiento de los procedimientos para mantenimiento, tener la facultad de interpretar la lógica de funcionamiento de los diagramas eléctricos, manejo de equipos de medición como megger, TTR, Megger para sistema de tierras, probador de aceite, osciloscopio, multímetro, para pruebas de dichas subestaciones para la resolución rápida de fallas en el equipo que compone el sistema, así como el diagnóstico en el equipo que compone el sistema de mando a distancia y donde se contara con todo el equipo y material necesario para realizar un trabajo de calidad y obtener como resultado una energía de calidad. Aunado a esto la seguridad de las instalaciones, del equipo de seguridad del personal y la seguridad que el mismo trabajador tenga para su persona.



Fig.3.1. Manejo de equipo básicamente el multímetro.

Además de el conocimiento sobre el equipo es no menos importante el conocimiento de electricidad básica en el cual por lo menos se deben conocer los símbolos de dispositivos eléctricos que sean de uso común y esto con la finalidad de poder lograr un entendimiento de los diagramas eléctricos que se tienen sobre las subestaciones que, aunque sean un poco extensos se tenga conocimiento de las partes medulares de la subestación.

Esto es con la única finalidad de agilizar en un gran porcentaje los tiempos del trabajo que se esté realizando y así acortar los tiempos de interrupción en el suministro de la energía eléctrica.

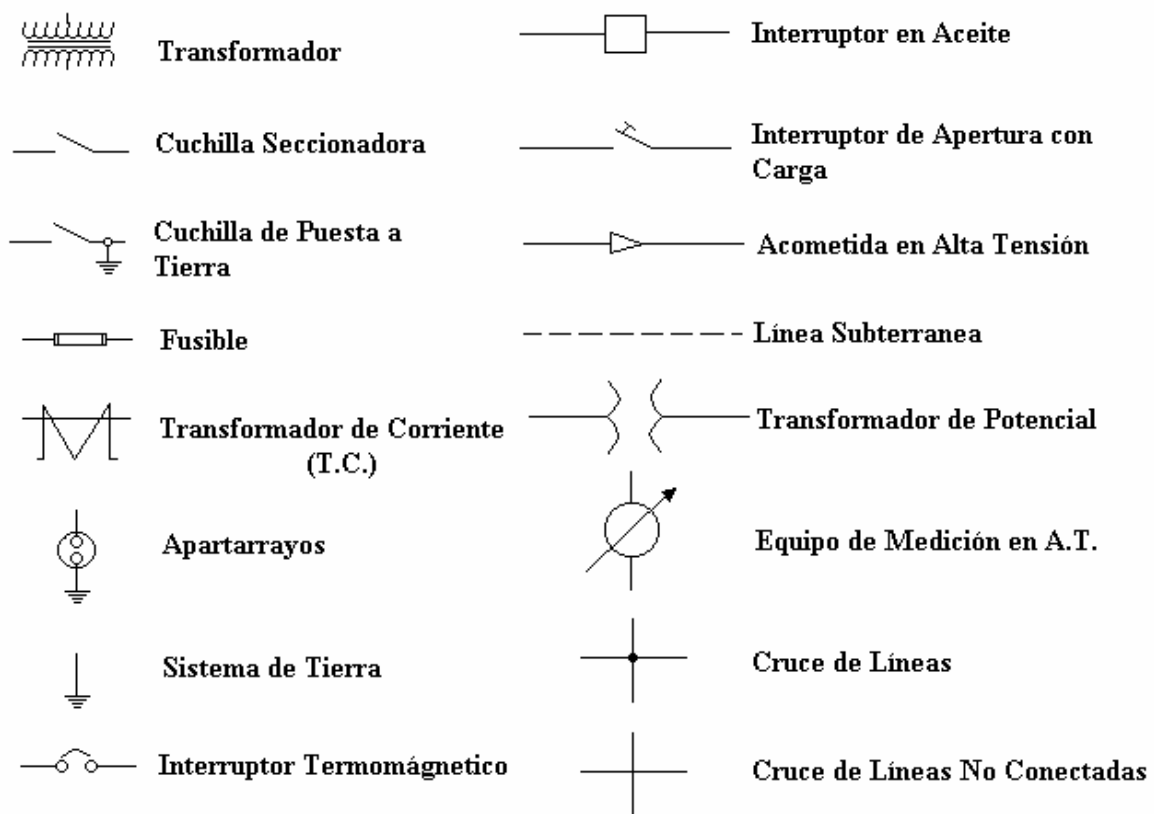


Fig. 3.2 Símbolos básicos de electricidad.

3.2 concepto de mantenimiento

Para las consideraciones de los arreglos físicos desde el punto de vista de mantenimiento, se deben de tomar en cuenta las distancias entre secciones o zonas de trabajo que limitan las áreas de mantenimiento. Estas pueden ser el suelo o plataformas sobre las cuales se ejecuten los trabajos.

Considerando que en una subestación eléctrica el personal de mantenimiento debe de caminar libremente bajo las zonas de equipo energizado, es necesario que exista una distancia adecuada entre el punto más bajo sobre cada aislador y el suelo; esta distancia está basada en las denominadas distancias de seguridad para mantenimiento del equipo, para lo cual es necesario tener una idea clara de los distintos equipos que integran la subestación.

Algunas zonas de mantenimiento se pueden definir fácilmente y la necesidad de ellas resulta evidente. Quizá la más obvia es la zona del interruptor, que requiere comúnmente un mantenimiento más frecuente que otros equipos. Es virtualmente una práctica universal proveer un medio de aislamiento sobre cada lado del interruptor y separar las partes vivas o energizadas adyacentes, cuando se encuentra aislado ya sea por distancias dieléctricas de seguridad o bien por barreras de protección.

Zonas de mantenimiento que contienen aisladores, cuchillas des conectadoras, barras y conexiones, se definen con menor claridad y entonces se pueden emplear métodos alternativos para el establecimiento de estas zonas de mantenimiento.

Concepto Operativo

En el equipo de instalación eléctrica de un lugar de trabajo y las características de sus componentes deberán adaptarse a las condiciones específicas del propio lugar, de la actividad desarrollada en él y de los equipos eléctricos de trabajo que vallan a utilizarse. Para ello deberán tenerse particularmente en cuenta factores como las características conductoras del lugar de trabajo, tales como agua, humedad en superficies como en el ambiente, la presencia de atmosferas explosivas, materiales inflamables o ambientes corrosivos y cualquier otro factor que pueda incrementar significativamente el riesgo eléctrico. En los lugares de trabajo solo podrán utilizarse equipos eléctricos para los que el sistema o modo de protección este previsto.

Debe considerarse el diagrama unifilar propuesto según las necesidades de servicio, los niveles de tensión fijados para su operación en el lado de alta tensión y media tensión, así como la facilidad de acceso para efectuar maniobras al equipo para el mantenimiento y operación de la propia subestación.

Asimismo, debe considerarse en este aspecto la flexibilidad que debe existir en cuanto a la sustitución de cualquier equipo primario, teniéndose presente también el espacio requerido para la instalación de la subestación móvil necesaria en

casos de emergencia, en la cual debe existir un mínimo de afectación al sistema eléctrico en caso de una falla interna o externa de la Subestación.

Igualmente para las consideraciones operativas de los arreglos físicos, debemos de tener en cuenta su dimensionamiento.

Básicamente existen cuatro distancias que gobiernan la separación entre conductores y componentes en una subestación eléctrica rectificadora que en este caso serán distancias en corriente directa y en corriente directa y que se pueden agrupar en:

Distancias de Fase a Tierra.

Son las distancias entre partes energizadas y estructuras aterrizadas, como pueden ser muros, rejas, gabinetes de los equipos, subestaciones móviles y también las distancias entre partes energizadas y el suelo. Se considera que deberá ser un centímetro de separación por cada 1000 V que pasen por el conductor.

Como para este caso de subestaciones también se cuenta con corriente directa los parámetros a tomar serán entonces dos uno para corriente directa así como para alterna, y para corriente directa se tiene considerado que deberán ser a razón de distancia de aislamiento diez centímetros por cada 1000 V de corriente directa y distancia de seguridad quince centímetros.



Fig. 3.3 Distancia de aislamiento en CD y CA con base del aislador a tierra.

Distancias de Aislamiento

Son las distancias entre las partes vivas o energizadas y las estructuras aterrizadas, pero a través de aisladores se toma como referencia la misma distancia de fase a tierra.



Fig. 3.4 Falta de consideración de distancia de aislamiento.

Distancias en Zonas de Circulación y Trabajo

Son las distancias entre partes vivas o energizadas y los límites de las zonas de circulación o de seguridad por donde el personal de mantenimiento puede circular libremente sin correr riesgo de electrificación.

Distancia de fase a fase

Son las distancias que deben existir entre el centro de una barra de fase a otra para evitar el brinco entre fases. Para este caso se toma como base la distancia de fase a tierra pero en este caso se toma la distancia que debe tener cada una de las fases por lo tanto será doble. En el caso de la corriente directa como solo existe el positivo se considera la misma distancia de fase a tierra como de fase a negativo.

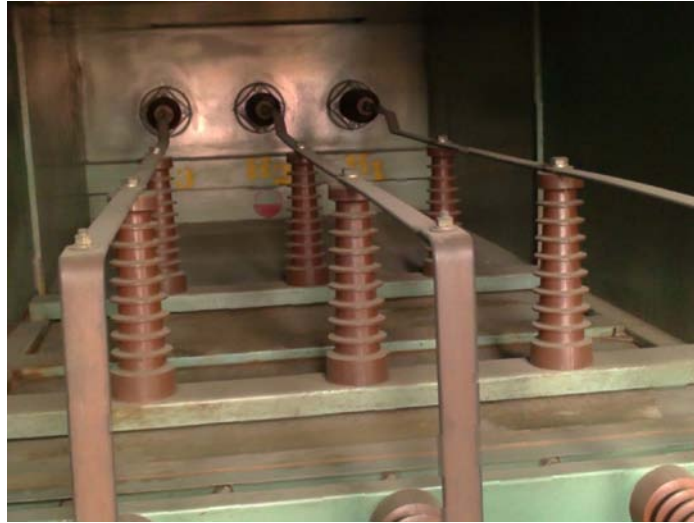


Fig. 3.5 Barras con distancia de Aislamiento y distancia de fase a fase.

La base para la determinación de estas distancias, es el cálculo de las distancias dieléctricas de fase a tierra, las distancias mínimas a especificar son:

1. Fase a tierra en conductor (barras).
2. Fase a fase.
3. Alturas de partes vivas de equipos (primer nivel de barras) al nivel de piso terminado. En ningún caso debe ser inferior a 2,30 m más la distancia de fase a tierra.
4. Altura de equipo sobre el nivel del suelo, según diseño.
5. Distancia de seguridad en zonas de mantenimiento.

Para Alimentadores de Alta Tensión y Transformadores de Potencia.

1. Considerar espaciamiento entre equipos para que los trabajos de mantenimiento se realicen con seguridad para el personal, ya sea que se realicen los trabajos en vivo o bien desenergizado, así mismo se deben considerar los espaciamientos para la utilización de vehículos en la sustitución de los equipos.
2. Contar con alumbrado adecuado para la atención de contingencias.
3. Contar con fosa captadora de aceite para el caso de existir fugas o derrames de aceite en el transformador.
4. Colocar tomacorrientes monofásicos y trifásicos para la alimentación de equipo de prueba o diverso.

5. La disposición física de los equipos debe permitir librar algún equipo sin riesgo a descargas eléctricas, por tensiones inducidas para el equipo librado y para el personal.
6. Considerar que debe contar con una fosa colectora de aceite ubicada fuera del área de transformación, con la finalidad de poder recuperar el aceite derramado en caso de fuga.



Fig. 3.6 Distancia alrededor y altura de barras para realizar trabajos de mantenimiento a un transformador así como fosa colectora.

Alimentadores en Media Tensión.

1. Considerar los espaciamientos entre equipos para que los trabajos de mantenimiento se realicen con seguridad para el personal y equipos tanto con licencias o en vivo, asimismo se considera el espaciamiento para la utilización de vehículos en la sustitución de los equipos.
2. Los apartarrayos de circuito se deben instalar dependiendo del tipo de salida ya sea aéreo o subterráneo, conforme se indique en los planos de proyecto.
3. Los bancos de capacitores en media tensión son instalados considerando el área de maniobras para la instalación de una subestación móvil o por sustitución de bancos.
4. En el área urbana las salidas deben ser subterráneas hasta el primer poste fuera de la subestación.

5. Los transformadores de potencial deben ser para un sistema de 3F - 4H, y cuando se tengan 2 transformadores de potencia en la subestación se deben instalar un juego de estos equipos por cada banco.
6. Cuando se tengan dos transformadores de potencia se debe considerar interruptor de amarre de barras en Media Tensión, este se debe seleccionar con la misma capacidad de un interruptor de banco de Media Tensión.

Distancias de Seguridad

Se entiende como distancias mínimas de seguridad, a los espacios libres que permitan circular y efectuar maniobras al personal dentro de una subestación, sin que exista riesgo para sus vidas y con un mínimo de operaciones durante las maniobras de trabajo.

Las distancias mínimas de seguridad en una subestación, consideran los siguientes conceptos:

Zona de Circulación del Personal

En una subestación, la altura de las partes vivas al nivel del piso terminado, debe ser tal, que permitan la circulación del personal. Dicha altura mínima es la suma de la distancia base de fase a tierra, aumentada en 2,30 m, que es la altura que puede alcanzar un operador de talla media con un brazo levantado.

Como ya se dijo, la altura mínima de las partes vivas sobre el suelo en zonas no protegidas por cercas, siempre debe ser superior a 3 m, y la altura mínima sobre el suelo, de la parte inferior de un aislador tipo columna, en zonas no protegidas, debe ser mayor de 2,30 m, ya que el aislador se considera como una pieza sujeta a un gradiente de tensión, cuya parte metálica inferior está al potencial de tierra.

En subestaciones donde por motivos especiales, las partes bajo tensión se encuentran a alturas inferiores a las especificadas, se deben instalar barandales protectores, o bien cercas que impidan el acercamiento a las partes vivas a distancias menores a las de seguridad.

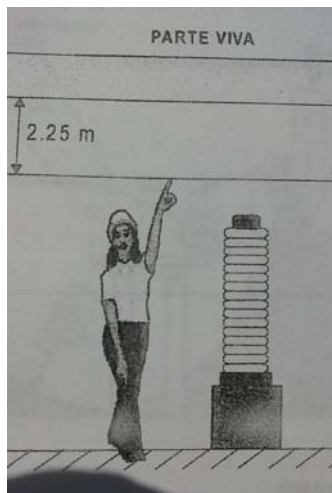


Fig.3.7 Distancia mínima de fase a tierra y altura del operador.

Los barandales deben tener 1,20 m de altura y quedar a una distancia de las partes vivas igual a la distancia entre fase a tierra aumentada en 0,90 m como mínimo.

Zona de Circulación de Vehículos

La distancia horizontal a las partes vivas debe ser de 0,70 m mayor que la de fase a tierra, para tener en cuenta las maniobras y la imprecisión en la conducción del vehículo. La distancia vertical a las partes vivas debe ser por lo menos igual a la distancia base para conexiones rígidas, y en el caso de barras flexibles es igual a la distancia base más 0,5 m para absorber los movimientos de los cables.

El espacio para la circulación de vehículos con cargas pesadas se determina tomando en cuenta las dimensiones exteriores del vehículo de mayor tamaño que se piense utilizar, incluido el transformador más voluminoso que se instale en la subestación.

Zonas de Trabajo

En cualquier sección de alta tensión de una subestación, después de desconectar los interruptores y cuchillas de la sección de que se trate y sin desconectar las secciones contiguas, el personal de mantenimiento debe trabajar con seguridad plena.



Fig. 3.8 Zona sin distancia de aislamiento porque se desconecta totalmente.

En ningún caso la distancia total deber ser inferior; en aquellos casos en que, por alguna razón, no se puedan lograr las distancias mínimas de seguridad, todas las partes vivas de la sección deben aislarse del contacto humano por medio de barreras de protección que impidan los acercamientos peligrosos.

Durante la construcción de las instalaciones eléctricas, grandes o pequeñas, o en el empleo de máquinas o aparatos que van a prestar algún tipo de servicio eléctrico, es una norma fundamental de seguridad que todas las partes metálicas que se encuentran accesibles al contacto con las personas se debe mantener siempre a un potencial bajo, para que en caso de accidente no resulte de peligro para las personas.

Esto quiere decir que las instalaciones eléctricas deben estar diseñadas para prevenir el peligro de cualquier contacto accidental de las partes metálicas circundantes con 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, puedan tener contacto con las partes que no están a tensión y se tenga un potencial con respecto al suelo (tierra) apareciendo un potencial anormal, esto puede ocurrir por una causa accidental o defecto de la misma.

Como se sabe una corriente eléctrica que circula por el cuerpo humano puede producir un efecto más o menos grave e inclusive la muerte según sea su intensidad y duración, su naturaleza y las condiciones en que se encuentre la persona afectada.

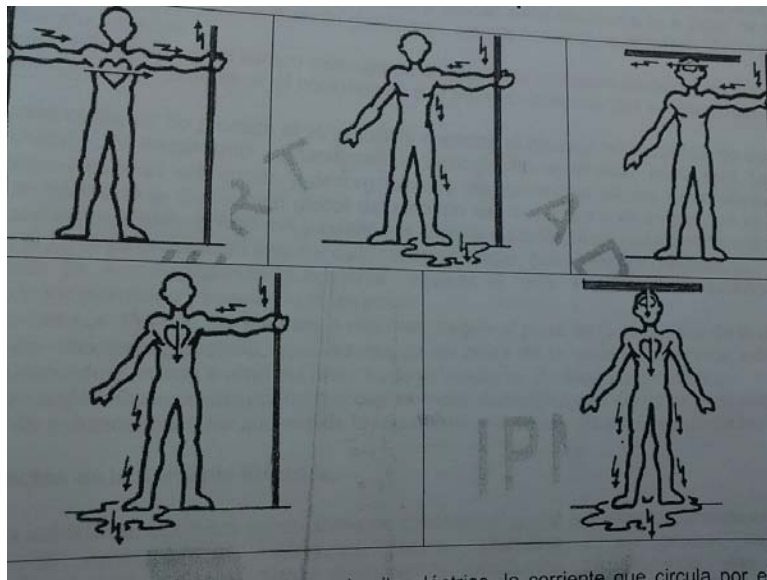


Fig. 3.9 Direcciones que toma una corriente eléctrica.

Las distancias en aire de fase a tierra y de fase a fase deben garantizar una probabilidad de flameo tal que resulte baja desde el punto de vista de los criterios de diseño adoptados. Esto conduce al establecimiento de distancias mínimas de no flameo entre fase y tierra o entre fases y que se determina principalmente para los impulsos por rayos y por maniobra según los niveles de aislamientos.

El concepto de distancia dieléctrica en aire es general y desde el punto de vista del diseño parte de la relación entre la tensión crítica de flameo por rayo o por maniobra y el nivel básico de aislamiento al impulso por rayo o por maniobra.

Además de las distancias eléctricas, existen consideraciones relacionadas con la seguridad del personal para la operación y mantenimiento de una subestación eléctrica, especialmente las de alta tensión. Partiendo de la base que las denominadas partes vivas (con potencial), deben quedar siempre fuera del alcance del personal, se puede realizar por medio de las siguientes formas:

1. Las partes vivas se pueden colocar fuera del alcance del personal usando distancias de las zonas de trabajo y circulación suficientemente grandes para contactos eléctricos.
2. Las partes vivas se pueden hacer inaccesibles por medio del uso de barreras o cercas de aislamientos o partes vivas de la instalación
3. El uso de equipo en el que las partes vivas queden encerradas.

Para el establecimiento de las distancias de seguridad se deben considerar los siguientes puntos:

- I. Maniobras de los operadores o personal de cualquier puesto de la instalación.
 - II. Circulación de personal en la subestación.
 - III. Circulación de vehículos por la subestación.
 - IV. Maniobras de los operadores o personal de cualquier puesto de la instalación.
-
- I. Cualquier maniobra para realizar trabajos de mantenimiento, reparaciones o modificaciones de cualquier parte de una subestación eléctrica, se deben hacer hasta que se haya efectuado la apertura de interruptores y cuchillas (medio físico visible de apertura) para asegurar el libramiento en la sección de trabajo, considerando que cualquier trabajo se debe realizar con el máximo de seguridad, las distancias de seguridad de las zonas de trabajo se obtienen con el principio general de aumentar a la distancia mínima de fase a tierra.
 - II. Circulación de personal en la subestación.

Es frecuente que en algunos diseños de subestaciones eléctricas no se usen barreras o cercas de protección, en estos casos la altura mínima sobre el nivel del piso terminado a las partes vivas debe ser adecuada como para que el personal pueda circular por la subestación con seguridad.

III. Circulación de vehículos por la subestación.

En las subestaciones eléctricas grandes existen, debido a la necesidad de maniobras de operación y labores de mantenimiento, zonas de circulación de vehículos. Los espacios para circulación de éstos se calculan de acuerdo a las dimensiones de los que se decidan podrán circular por estas zonas.



Fig. 3.10 Zonas de seguridad para circulación de personal y transporte de carga.

3.3 Seguridad e higiene.

Existen una gran variedad de definiciones acerca de seguridad e higiene industrial; sin embargo de una visión general de alguna de ellas; se puede decir que la seguridad e higiene es una manera segura de trabajar; evitando al máximo cualquier accidente por mínimo que sea, así como los riesgos físicos y errores humanos. También se puede definir como un hecho en el cual se evita la lesión de una o más personas dañando o no la propiedad; o solo se crea la posibilidad de tales efectos ocasionados por:

- El contacto de la persona con un objeto, sustancia u otra persona.
- Exposición del individuo a ciertos riesgos latentes.
- Movimientos de la misma persona en zonas de trabajo de riesgo.

Desde que nuestro país abrió sus fronteras al libre comercio han tenido que modificar paulatinamente sus procesos productivos para hacer frente a los

estándares de calidad de los productos y de los servicios provenientes de otras naciones.

La calidad total, la mejora continua, la reingeniería y otras prácticas encaminadas a lograr toda la competitividad de las empresas son solo alguna de las acciones que necesariamente se han implementado.

Como en todo proceso administrativo, estos no podrán concretarse sin el factor humano en las organizaciones.

Por eso es necesario que el personal también conozca sobre todas las medidas de seguridad que debe existir en las instalaciones así como el uso de equipo de protección personal para salvaguardar su seguridad propia.

Alumbrado

El alumbrado del área eléctrica de la Subestación es necesario por condiciones operativas para la atención de contingencias durante las noches además que en la mayoría de las subestaciones no existen ventanas por cuestión de diseño para mantener un tanto aislada la subestación por lo tanto no son muy alumbradas por la luz del día por lo cual es común que aunque sea de día se necesite del alumbrado de la subestación

Alumbrado Exterior

La instalación del alumbrado exterior se debe realizar en la periferia del área eléctrica de la subestación de acuerdo con el proyecto y debe dirigirse principalmente hacia el equipo primario de potencia, controlándose a través de foto celdas y contactores de acuerdo a las necesidades de la subestación y debe ser en 2 etapas:

1. Con alumbrado mínimo (foto celda)
2. Todo en emergencia (manual)

Para la iluminación se recomienda el uso de proyectores de vapor de sodio o reflectores de 250 W; 220 V; 2 fases, para operación en exteriores.

Alumbrado Interior (Caseta de Control)

El alumbrado en la caseta de control para las áreas de tableros metálicos Blindados y Protección Control y Medición, debe ser con luminarias tipo industrial de 2 X 32 watts con balastos de arranque electrónico y lámparas tipo T 8.

El alumbrado en el cuarto de baterías debe ser con lámparas para ambiente explosivo y lugares peligrosos Clase 1 de 100 watts, 127 volts. La instalación de contactos y apagadores será de tipo intemperie ubicados en el exterior al lado de la puerta de acceso.

Alumbrado de Emergencia

El alumbrado de emergencia debe estar conformado por lámparas incandescentes de 40 watts integrada a un cargador de 12 VCD, que permita su operación autónoma mínimo durante 4 horas continuas. Su instalación debe ser únicamente en las Áreas del Tablero Metálico Blindado y Protección Control y Medición, de acuerdo a lo indicado en el Proyecto.

Niveles de Iluminación

El nivel de iluminación necesario para conseguir una visión adecuada depende de cierto número de factores, según la importancia de éstos, se han prescrito distintos niveles de iluminación mediante investigaciones científicas, para distintos tipos de locales y las diferentes tareas visuales.

Sistema contra incendio.

Dentro de las medidas de seguridad y protección que deben aplicarse en las Subestaciones de Distribución, para evitar la propagación de incendios se requiere la instalación de:

Fosa Captadora de Aceite

La fosa captadora (base ecológica captadora), debe construirse en torno a la base del transformador considerándose como parte constitutiva de dicha base.

Deben tomarse las medidas adecuadas para que el aceite captado no penetre en el subsuelo y lleguen a contaminar el manto de agua. La capacidad de ésta fosa debe ser del 20% del volumen total de aceite del transformador.

Debe tener una rejilla del tipo Irving y un sistema de drenaje con tubo de concreto de 10" de diámetro de tal forma que permita la conducción del aceite derramado hacia el tanque colector.

Extintores Móviles y Portátiles

Extintor Móvil

Es el que es transportado sobre ruedas y operado manualmente sin locomoción propia, con una masa mayor a 20 kg. con las siguientes características:

Polvo Químico seco ABC de 70 kg. Clasificado como 4-A; 40-B:C; incluye caseta para resguardo a la intemperie.

Extintor Portátil

Es el que se encuentra colocado sobre la pared para ser transportado y operado manualmente y tiene una masa que no excede de 20 kg. Su ubicación será: un Extintor de CO₂ y un extintor de Polvo Químico Seco próximo al acceso a la caseta de Control; otro extintor de CO₂ se ubicará próximo a los Tableros de Protección Control y Medición y en el Extremo opuesto al Acceso Principal de la caseta. Los extintores de CO₂ y Polvo Químico ABC de 6 kg., clasificados como 10-B: C y 4-A: 40-B: C respectivamente.

EL extintor para el cuarto de Baterías será de Polvo Químico ABC de 9 kg, clasificado como 4-A: 40-B: C.

Sistema de Ventilación y Extracción de Aire

Se requiere un sistema de ventilación-extracción de aire, para mantener limpio y bien ventilado el interior de la subestación, los motores de los extractores deben ser del tipo sellado y a prueba explosión. El extractor debe operar automáticamente por tiempos determinados, con un sistema para evitar la entrada de polvo y humedad por medio de persiana de gravedad.

Señalamientos Preventivos.

Los señalamientos preventivos se refieren a señales Visibles y de alarma:
Señales visibles: “No usar Equipo que Produzca Chispas”, “No encender Cerillos”, “No Fumar”, “Usar Equipo de Protección Personal”, “peligró alta tensión”, etc.



Fig. 3.8 Señalamientos que deben existir en zonas de riesgo.

Equipo de Seguridad Personal

Bajo esta denominación se comentaran los dispositivos o equipos que deben llevar los trabajadores, cuando los riesgos a los cuales ellos están expuestos no pueden ser eliminados en su origen. Esta generalmente reconocido que el empleo de equipo personal es un necesario e importante renglón a considerar en el desarrollo de un programa de seguridad para mantenimiento. Sin embargo, estos artefactos utilizados para la protección del cuerpo en cierto sentido son perjudiciales a la causa de seguridad, pues los patrones que no tienen un sólido criterio de seguridad, se ven tentados a depender de dicho equipo en lugar de atacar el problema a fondo eliminando el riesgo.

Cabe mencionar que el equipo de protección personal es la ultima y débil línea de protección, ya que cualquier falla de estos aparatos o algún tipo de descuido, significaría el quedar expuesto de inmediato al problema, por lo que se debe eliminar el problema hasta donde sea posible. También es muy importante, que el personal que labore en estos mantenimientos tenga un sólido conocimiento sobre los equipos y artefactos protectores de que se pueda disponer para evitar cualquier tipo de accidente.

El personal debe estar resguardado por un equipo de protección de material especial para mantenimiento así como guantes, protector facial (careta), peto (mandil) y botas dieléctricas, todo lo anterior con las características de seguridad adecuadas para el manejo eléctrico.

En este caso existen diferentes tipos de protección dependiendo de las partes del cuerpo que se requiera proteger las principales son:

- protección de los ojos.

Deben ser gafas con protección lateral, no deben romperse en pedazos con el impacto, no deben ser inflamables, deben de ser ventilados para evitar el empañamiento y la parte de la pantalla debe ser lo bastante amplia para una buena visión.

- protección de los pies.

Deben de ser botas totalmente dieléctricas es decir sin ninguna parte metálica (casquillo u ojillos) con forro de algodón y con ventilación para evitar la sudoración.

- protección de cabeza y cara.

En la mayoría de los casos para la cara existe la careta de plástico el cual protege totalmente la cara. En el caso de la cabeza existe el casco el cual es de plástico para evitar conducción y además resistente a los impactos.

- protección de las manos.

Para las manos existen los guantes de carnaza que en la mayoría de los accidentes las partes afectadas son las manos, pies y piernas pero en más de la mitad son las manos. Los guantes ofrecen protección total de la mano y posee una cómoda adaptación al puño que impide que los materiales se deslicen al interior de la mano y el material utilizado es la carnaza que es totalmente aislante.

Además de existir los guantes para 23 kV en el caso de necesitar para trabajar o en el caso de necesitar abrir cuchillas lo cual se hace con este tipo de guantes para mayor seguridad.

- protección del cuerpo.

Para la protección del cuerpo existen diferentes tipos tales como los overoles, batas de lana, delantales, etc.

En este caso deberá ser un uniforme de algodón el cual ofrezca aislamiento y evitar el sudor por lo tanto debe ser fresco y permeable, aunque sea de manga larga para proteger los brazos y no debe ser demasiado ajustado para permitir la movilidad del cuerpo.

Cuando dentro del área de trabajo sea cumplido con los pasos necesarios para iniciar el trabajo y se cuenta con el quipo necesario para trabajar estará cuidando uno su integridad propia y entonces se estará preparado para dar un mantenimiento responsable y de calidad.

3.4 Energía de calidad

Con el desarrollo tecnológico y el advenimiento de la electrónica de potencia, los equipos requieren un suministro eléctrico de calidad. Curiosamente la misma electrónica de potencia ocasiona la fuerte distorsión tanto de voltaje como de la corriente que los alimenta.

Obtener y suministrar Energía Eléctrica de Alta Calidad cuyas características de voltaje, frecuencia, ruido, distorsión y conexión a tierra se encuentren todas dentro de los parámetros recomendados en la reglamentación y normatividad vigente, es una necesidad actual para todas las empresas.

Un buen suministro eléctrico está caracterizado por la continuidad y la calidad de energía eléctrica es bueno si se reduce a un mínimo posible (idealmente cero) la cantidad de interrupciones y los parámetros eléctricos de la energía suministrada se mantienen dentro de los márgenes recomendados por las Guías y Normas aplicables.

Para efectuar un buen estudio de calidad de energía con tecnología de Punta es necesario contar con una infraestructura compuesta por sofisticado equipo de medición, Software especializado en el análisis y diseño de Redes Eléctricas y del personal técnico capacitado para interpretar y diagnosticar la calidad de energía suministrada así como hacer las recomendaciones que el caso requiera.

Existen cuatro parámetros importantes a estudiar para determinar si la energía eléctrica que reciben los equipos eléctricos en general es la adecuada.

Se dice que la calidad de energía es de Alta Calidad si el nivel de tensión que entrega la fuente es estable y no sufre distorsiones, y su conexión a tierra es adecuada.

El voltaje de suministro es de buena calidad si su valor RMS se mantiene dentro del rango de variación especificada y no presenta variaciones lentas y rápidas fuera de los índices recomendados.

Se requiere la utilización de diversos equipos especializados de diferentes marcas donde podemos mencionar Dragnetz BMI, Nicolet, Telog, Dossena, Fluke, etc. Y efectuar mediciones en varios puntos y en forma simultánea durante uno o varios días de operación, analizar dichas mediciones y ver si presentan valores que se encuentren fuera de los límites recomendados.

Ruido Eléctrico

Son señales eléctricas adicionales de Alta Frecuencia que producen efectos no deseables en los circuitos de control en que se presentan y pueden dividirse en:

Ruido en Modo Común.- Ruido en voltaje que aparece balanceado y en fase con la corriente de los conductores a tierra.

Ruido en Modo transversal.- Señales de ruido múltiple entre los conductores de potencia activa que alimentan a una carga pero no entre los conductores de tierra o de referencia que existen en el circuito.

Producen mal funcionamiento en equipos electrónicos, errores en la electrónica digital y en datos.

Las mediciones deben efectuarse con un buen Analizador de Espectro con banda suficientemente amplia. En el caso de tener niveles de ruido por encima de los índices aceptables se deben aplicar acciones correctivas instalando equipos como Transformadores de Aislamiento, Reguladores Ferro-Resonantes, UPS, etc.

Beneficio

El conocer la calidad de la energía que alimenta nuestra red eléctrica nos permite adecuarlas en tiempo y efectuar las modificaciones de modo que nuestro suministro eléctrico sea permanente, seguro y eficiente dentro de la Normatividad aplicable.

Históricamente la mayoría de los equipos son capaces de operar satisfactoriamente con variaciones relativamente amplias de estos tres parámetros. Sin embargo, en los últimos años se han agregado al sistema eléctrico un elevado número de equipos, no tan tolerantes a estas variaciones, incluyendo a los controlados electrónicamente.

La Administración actual del Gobierno del Distrito Federal se plantea como uno de sus más importantes retos, legar a la Ciudad un sistema de transporte público integrado en donde puedan convivir de manera armónica todos los modos de servicio, bajo un esquema de regularidad, eficiencia y seguridad.

La experiencia mundial a raíz de la problemática del calentamiento global, apunta la necesidad de buscar sistemas de transporte menos contaminantes. Por ello, el Gobierno de la Ciudad ha tomado la determinación de desarrollar un nuevo sistema de transporte público masivo, que a la par de resolver la movilidad en áreas geográficas de alto índice de demanda, realice la conexión con otros sistemas de transporte y con la parte emblemática del Centro Histórico de la Capital del país.

El trolebús como medio de transporte, ofrece una solución eficiente y limpia a los problemas de congestionamiento vial y contaminación, su puesta en operación trae aparejado el reordenamiento y mejoramiento del entorno urbano y el rescate turístico del Centro Histórico, además de ser un detonante del desarrollo económico y de la elevación de la calidad de vida de la zona.

Comparado con otros modos de transporte, el trolebús ofrece rapidez; seguridad; puntualidad; flexibilidad; reducción de la contaminación ambiental, visual y aditiva; capacidad de transportación; facilidad de acceso y accesibilidad; competitividad y en general, sustentabilidad desde las perspectivas urbana, económica, social y ambiental.

Por tratarse de un sistema de superficie que no necesita gran nivel de infraestructura para su operación, la ejecución de las obras de un tranvía frente a otros modos de transporte masivo, disminuyen al mínimo las molestias a los vecinos. Además, revierten las tendencias de crecimiento desordenado y anárquico del entorno y del transporte público que opera en la zona.

El Sistema de Alimentación Eléctrica deberá distribuir con seguridad la energía eléctrica requerida de acuerdo con las condiciones de operación de los Trolebuses (Intervalos de paso, Aceleraciones, Velocidades, etc...), dicha distribución de la energía de tracción a lo largo del trazo de la línea, se deberá realizar a través de canalización segura.

El Sistema estará integrado por un conjunto de accesorios electromecánicos, que permitan distribuir la energía eléctrica proporcionada por las subestaciones rectificadoras para alimentar eléctricamente a los Trolebuses, además deberá disponer de un área tal, que pueda asegurar una eficiente distribución de la corriente rectificada a lo largo de la línea, previendo la menor cantidad de pérdidas eléctricas y caídas de voltaje, a fin de garantizar un buen funcionamiento de los Trolebuses y tren ligero en circulación.

Conclusiones

El servicio de transportes eléctricos del DF cuenta con 51 subestaciones rectificadoras así como 2 de alumbrado y fuerza, a las cuales se les proporciona mantenimiento preventivo y correctivo, dichos trabajos son realizados por personal calificado, que cuenta con los conocimientos básicos de electricidad y de mantenimiento, así como conocimientos basados en la experiencia individual adquirida con el tiempo en forma empírica, sin embargo; es necesario que cada técnico que tenga contacto con el equipo eléctrico, conozca los riesgos consecuentes del manejo de la electricidad, desarrollando sus actividades con la mayor precaución necesaria y evitando así al máximo los accidentes que en algún momento podrían dañar el factor humano.

Cada subestación está conformada por equipo eléctrico, diseñado con las características esenciales para formar parte de algún circuito básico, para el desarrollo de funciones lógicas, que en algún momento energizan o desenergizan áreas de consumo al usuario, en este caso los usuarios de trolebús y tren ligero. Cabe mencionar que este equipo eléctrico, debe mantenerse en las mejores condiciones operativas para reducir las probabilidades de falla, mejorando así la continuidad del servicio.

Basado en lo anterior podemos mencionar que es necesario que los trabajos de mantenimiento a subestaciones eléctricas de rectificación, sean realizados por personal técnico calificado, con los conocimientos teóricos necesarios para que se continúe realizando un trabajo de calidad, así evitando las fallas y desgaste del equipo en operación.

Bibliografía.

1. Catalogo compendiado productos de distribución y de control.
Septiembre, 2006, Schneider Electric S.A Square D.
2. Sistemas de distribución Roberto Espinosa y Lara Ed. Limusa S.A. de C.V.
México, D.F. 1990.
3. Manual de subestaciones. Luz y fuerza del centro
4. Manual para el diseño de subestaciones CFE 1997.
5. Manual de procedimientos para mantenimiento S.T E. 2005.
6. Manual de mantenimiento para cargadores Saft nife 1985.
7. Manual de operación para subestaciones eléctricas Jeumont Schneider.
8. Manual de operación y mantenimiento Englis electric S.T.E.
9. Manual de operación y mantenimiento para interruptores de potencia
Atlantique.

Otras fuentes

<http://www.ste.df.gob.mx/>

<http://www.ste.df.gob.mx/antecedentes/index.html>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Clema>

<http://www.xuletas.es/ficha/aparamenta-electrica/>

http://www.transelectric.com.ec/transelectric_portal/files/terminologia.pdf;jsessionid=CE6DB213276D9A66E88DC54A7E2A687D

Glosario

Aisladores.-Conjunto de piezas de material aislante, como vidrio o porcelana, que se utiliza como soporte de un conductor eléctrico y permiten mantener las distancias de seguridad entre los conductores y la estructura de la línea de transmisión.

Ampliación y Modernización.- Estos términos están relacionados con las subestaciones: Ampliación, se refiere a modificaciones de las subestaciones, como incremento de bahías de línea, o la instalación de un transformador de potencia.

Bahías.- Una bahía es un elemento de una subestación, conformada por equipos de maniobra: (interruptores, seccionadores) y equipos de protección, control, y medición.

Banco de Capacitores.- Es un conjunto de dos o más capacitores interconectados entre sí, cuya función es mejorar la calidad de la energía eléctrica, incrementando los perfiles de voltaje en su punto de conexión.

Barra.- Una barra es un elemento de una subestación, en la que se recibe o desde la cual se distribuye la energía eléctrica; pueden ser de varios niveles de voltaje: 230 kV, 138 kV, 69 kV, 46 kV ó 34.5 kV.

Capacitor.- Es un dispositivo eléctrico que sirve para almacenar electricidad o energía eléctrica en un punto determinado de un sistema eléctrico, a fin de modificar los perfiles de voltaje en dicho punto.

Equipo de interrupción.- Dispositivos (interruptores, seccionadores, etc.) que sirven para cerrar o abrir los elementos del Sistema Nacional de Transmisión como líneas de transmisión, transformadores de potencia, etc.

Amperio.- Unidad de medida en el sistema internacional de la intensidad de la corriente eléctrica, cuya representación es la letra "A".

Anillo de Transmisión.- Es una descripción utilizada para definir el conjunto de líneas de transmisión que inician y finalizan en el mismo punto del sistema.

Conductores / Cables.- Son elementos que transmiten o llevan el fluido eléctrico y forman parte de las líneas de transmisión o subtransmisión.

Cortes de carga.- Acción relacionada con la desconexión de carga en un punto del sistema, debido a: fallas, falta de capacidad de transmisión, bajos perfiles de voltaje, etc.

Doble Circuito.- Es una línea de transmisión conformada por tres conductores, en cada lado, es decir, cuenta con seis conductores en total, los cuales se apoyan en las estructuras que forman parte de la línea de transmisión.

Kilovoltio - kV.- Unidad de medida de voltaje que corresponde a mil voltios (1000 V).

Línea de Transmisión.- Es un elemento que forma parte del Sistema Nacional de Transmisión, opera a un voltaje superior a 90 kV, permite transmitir o transportar

energía eléctrica de un punto a otro. La línea de transmisión es un enlace físico entre dos subestaciones y está formado por un conjunto de estructuras metálicas, conductores, aisladores y accesorios.

Línea de subtransmisión.- Son líneas que no pertenece al Sistema Nacional de Transmisión (SNT), generalmente son de propiedad de las empresas de distribución, operan a un voltaje comprendido entre 46 kV y 69 kV, permite transportar energía desde una subestación del SNT a una subestación de distribución.

Montaje electromecánico.- Actividad relacionada con el ensamblaje o armado de las estructuras metálicas de líneas de transmisión o de subestaciones; y, el ensamblaje de transformadores de potencia, interruptores, barras de subestaciones.

Mega Voltamperios - M VA.- Unidad de medida de la potencia aparente en el Sistema Internacional de unidades, que corresponde a un mega Voltamperios. (VA). Se utiliza para definir la capacidad de los transformadores de potencia.

Modernización, es el cambio de los equipos de protección, control y medición de una tecnología antigua por equipos de mejor tecnología, a fin de brindar mayor confiabilidad, y seguridad.

Obras civiles.- Actividades relacionadas con los procesos de fundiciones para bases de equipos, transformadores de potencia, bases para estructuras metálicas de subestaciones y líneas de transmisión y otros equipamientos.

Protección eléctrica.-

Conjunto de relés y aparatos asociados que abren los interruptores para separar un elemento del sistema de transmisión en falla, con la finalidad de evitar daños en estos elementos.

Simple Circuito.- Es una línea de transmisión formada por tres conductores, los cuales se apoyan en las estructuras que forman parte de la línea de transmisión.

Sistema de control.- Está constituido por un conjunto de dispositivos, que permiten controlar el comportamiento de un sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, y minimizar la probabilidad de ocurrencia de fallas.

Sistema de protecciones.- Conjunto de dispositivos que permiten la detección de situaciones anómalas en el sistema eléctrico y que permiten la eliminación de fallas, evitando daños en las instalaciones del Sistema Nacional de Transmisión.

Sistema de supervisión.- Está constituido por un conjunto de dispositivos, que permiten supervisar o monitorear el comportamiento de un sistema, con el fin de garantizar su funcionamiento dentro de valores preestablecidos.

Torres eléctricas.- Forman parte de las líneas de transmisión, están conformadas por estructuras metálicas autosoportantes que resisten el peso y los esfuerzos mecánicos de todos sus elementos como conductores y aisladores.

Torres de emergencia.- Son torres eléctricas formadas por elementos modulares, desarmables, de rápido transporte, su función fundamental es sustituir en un lapso muy breve, la(s) torre(s) averiada(s) de una línea de transmisión, por la acción de fenómenos naturales como: fuertes vientos, huracanes, deslaves; permitiendo disminuir el tiempo de indisponibilidad de la línea, haciendo posible restituir el servicio de transporte de energía eléctrica en el menor tiempo posible.

Voltio.- Unidad de medida en el sistema internacional del voltaje (tensión eléctrica), se representa por la letra V.