

19
2ei



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CAMPUS
A R A G Ó N

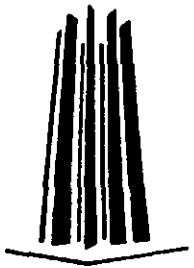
**“ CONSIDERACIONES EN EL
MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES
ELECTRICAS DE ALUMBRADO Y
FUERZA DEL SISTEMA DE
TRANSPORTE COLECTIVO ”**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

ALEJANDRO GONZALEZ PEÑA



ENEP ARAGON

MEXICO, D.F. 1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

272203



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.

A MIS PADRES:

**QUE SE ESFORZARON PARA AYUDARME
A SALIR ADELANTE**

A MIS HIJOS:

**POR LAS ENERGÍAS QUE ME TRANSMITIERON
PARA PODER LOGRAR LO QUE ME PROPUSE:
LA ALEGRÍA DE VIVIR Y LOS DESEOS
DE SER SIEMPRE MEJOR PARA ELLOS.**

Consideraciones en el Mantenimiento de Subestaciones Eléctricas de Alumbrado y fuerza del Sistema de Transporte Colectivo

Indice	I
Introducción	V

Capítulo I Conceptos Fundamentales

1.1 Introducción	2
1.2 Interruptores	3
1.3 Relevadores	12
1.3.1 Relevador de sobrecarga magnético de acción instantánea	13
1.3.2 Relevador de sobrecarga magnético de acción retardada	14
1.3.3 Relevadores de sobrecarga, térmicos de aleación fusible.	16
1.3.4 Relevador de sobrecarga térmicos bimetálicos	17
1.3.5 Relevador térmico, inductivo de aleación fusible	18
1.4. Seccionadores y Desconectores	19
1.5. Transformadores	24
1.5.1 Características	26
1.5.2 Partes principales del transformador y detalles de construcción	27
1.5.3 Otras partes de los transformadores	33
1.5.4 Clasificación de transformadores	33
1.5.5 Tipos de enfriamiento empleado en los transformadores	35

Capitulo II
Subestaciones Eléctricas

2.1. Tipos de Subestaciones	38
2.2 Esquemas de Conexiones	42

Capitulo III
Enlaces en alta Tensión en líneas del STC

3.1.-Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica	49
3.1.1 Disposiciones Constructivas	50
3.2 Enlaces en cables de 15 KV en subestaciones de alumbrado y fuerza en las líneas 1, 2,3	55
3.2.1 Enlace en Línea 3	57
3.2.2 Subestación Talleres Zaragoza	59
3.2.2.1 Subestación del INCADE	60
3.2.3 Enlace En Línea 2 Talleres Tasqueña	64
3.2.3.1. Subestaciones Talleres Tasqueña	64
3.2.3.1.1 Subestación talleres Tasqueña vía 1	64
3.2.3.1.2. Subestación Talleres Tasqueña via 2	66
3.2.4 Subestaciones PCC	68
3.2.4.1 PCC I Subestación lado "A"	68
3.2.4.1.1. Subestación Lado "B"	70
3.2.4.2 PCC II Subestación lado "A"	71
3.2.4.3 Subestación lado "B"	72

3.3 Enlace de 23 KV	73
3.3.1 Subestación Plataforma De Pruebas Ticomán	73
3.3.2 Subestación Talleres El Rosario	75

Capitulo IV

Mantenimiento de Equipo Eléctrico en Subestaciones

4.1 Características de las subestaciones eléctricas del S.T.C.	79
4.1.1 Subestaciones de 15 KV en línea	79
4.1.2. Subestaciones de 23 KV en línea	81
4.2 Elementos constitutivos de una subestación para alumbrado y fuerza tipo S.T.C.	83
4.2.1 Gabinetes de las subestaciones del S.T.C.	85
4.2.1.1 Gabinete o sección uno	85
4.2.1.2 Gabinete o sección dos	86
4.2.1.3 Gabinete o sección Tres "Protección del Transformador"	87
4.2.1.4 Gabinete o sección cuatro "Transformadores"	88
4.2.1.5 Gabinete o sección 5 "Interruptor general de baja tensión"	88
4.2.3 Elementos principales de subestaciones	89
4.2.3.1 Secciones de subestaciones	89
4.2.3.2. Interruptor de baja tensión tipo DVT	93
4.3 Sistemas mecánicos y eléctricos de seguridad	95
4.3.1 Protección fusión - fusible	96
4.3.2 Subestaciones compactas de 23 KV	97
4.4 Pruebas a transformadores	97
4.4.1 Prueba de rigidez dieléctrica	98
4.4.2 Pruebas de aislamiento	99
4.4.2.1 Resistencia de aislamiento del devanado alta tensión contra el de baja tensión	100

4.4.2.2 Resistencia de aislamiento entre devanado de alta tensión y tierra contra baja tensión	100
4.4.2.3 Resistencia de aislamiento entre devanado de baja tensión y tierra contra alta tensión	100
4.5 Programas de mantenimiento preventivo para transformadores	101
Conclusiones	103
Bibliografía	106

Introducción

Uno de los sistemas de transporte masivos es el sistema de transporte colectivo, este realiza recorridos de norte a sur, de oriente a poniente en toda la ciudad de México, por tal motivo requiere de además de mantenimiento en sus instalaciones, de mantenimiento a su sistema eléctrico, dicho sistema eléctrico, abarca desde el alumbrado de las estaciones y edificios de control del mismo, hasta de proporcionar la energía eléctrica necesaria para el movimiento de los trenes.

Por tal motivo requieren de un mantenimiento desde las mismas estaciones hasta los mismos sistemas eléctricos para mantener al sistema en óptimas condiciones. El objetivo de este trabajo es dar a conocer la situación de las subestaciones eléctricas que proporcionan la energía eléctrica en condiciones adecuadas para que se puedan utilizar en todas las instalaciones (127 Volts CA), ya teniendo el conocimiento de las condiciones reales pueden realizarse una serie de consideraciones para que este mantenimiento sea en forma optima.

El trabajo se desarrolla de la siguiente manera. En el primer capítulo se ven todos los aspectos teóricos necesarios para el posterior desarrollo de el mismo. Se toma en cuenta desde los interruptores hasta los transformadores, sin descuidar el tema de relevadores y seccionadores, estos siendo una de los elementos de suma importancia dentro del sistema.

En el capítulo dos se desarrollan los tipos de subestaciones, siendo este importantes puesto que los diseños mostrados en los diagramas unifilares se asemejan mucho a los realmente implantados en las subestaciones eléctricas del S.T.C.

En el capítulo tres se muestran los enlaces en alta tensión para la alimentación de las subestaciones, se muestran una amplia variedad de estas, las cuales se emplean dentro de todo el sistema, se toman en cuenta aspectos teóricos y prácticos para el desarrollo de este capítulo, solo se muestran las subestaciones más importantes como son las de talleres y las de PCC, es mostrado dentro de cada una los elementos empleados en ella, desde la acometida que proporciona la C.F.E. hasta la que sale hacia la utilización, que son desde las estaciones del sistema hasta los edificios administrativos para el mismo sistema. La mayoría de las otras líneas emplea prácticamente las mismas subestaciones, por esta razón no se mencionan algunas de ellas, o se mencionan de manera breve.

En el capítulo cuatro se toman aspectos importantes para el mantenimiento de las mismas subestaciones, los tipos de protecciones empleadas así como un breve esbozo de las técnicas de mantenimiento empleadas en el S.T.C.

En este mismo se trata de manera general el mantenimiento que se debe proporcionar a los transformadores de las subestaciones, aunque este no es tratado a profundidad.

CAPITULO I

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

CAPITULO I

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

1.1 Introducción

Un conjunto de equipo eléctrico para cualquier fin sea este industrial, comercial o domestico es denominado *Subestación Eléctrica*, este conjunto de elementos o dispositivos permite cambiar las características de la energía eléctrica, estas características son :

- a).- Voltaje
- b).- Corriente
- c).- Frecuencia

Además de estas características, puede definirse una instalación eléctrica como el conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan. Entre estos elementos se incluyen :

- a).- Tableros
- b).- Interruptores
- c).- Transformadores
- d).- Bancos de Capacitores
- e).- Dispositivos de control local o remoto
- f).- Cables
- g).- Contactos, etc.

De lo anterior se puede definir una subestación eléctrica como un conjunto de elementos o dispositivos que permiten modificar las características antes mencionadas con los elementos también arriba señalados.

En el presente trabajo se detallan las partes que constituyen cada tipo de subestación, su tensión de alimentación, sus capacidades, localización, maniobras de bloqueos y mantenimiento preventivo.

1.2 Interruptores

Los interruptores básicamente funcionan para :

- a).- Aislar un sistema eléctrico (interrumpir).
- b).- Limitar el paso de corriente de un sistema eléctrico.
- c).- Prevenir consecuencias de fallas.
- d).- Reconocimiento de una condición normal de un sistema de potencia.

El dispositivo más simple de protección es denominado fusible, y estos se encuentran divididos en :

- 1.- Fusible de Alta Tensión.
- 2.- Fusible de Baja Tensión.

Haciendo notar que el fusible actúa al paso de la corriente, esto es actuara en el caso de que se exceda el limite de la corriente, no de el voltaje.

Existen algunos tipos de fusibles que funcionan contra sobrecargas y en condiciones de corto circuito.

Otros denominados temporizados, los cuales proporcionan un gran retardo, en el caso de sobrecargas momentáneas o sostenidas, los fusibles de este tipo contienen 2 elementos en serie o en paralelo de acuerdo a las características del mismo.

Un elemento fusible estándar para protección de corto circuito opera hasta 2.5 veces el valor de la corriente nominal, y una disposición contra sobrecarga o un interruptor térmico de hasta 5 veces la corriente nominal que proporciona una característica de tiempo inverso. La característica de tiempo inverso significa que el circuito será desconectado por el último elemento a la razón de $1/I_{NOM}$.

Existen otros tipos de fusibles los cuales son aplicados en alta tensión y estos se clasifican en :

- 1.- Tipo Cartucho.
- 2.- Tipo Cuchillas .
- 3.- Tipo Tapón.

A medida en que la tensión se eleva (más de 600 volts) es producido un arco eléctrico, y estos fusibles contienen elementos para extinguir dicho arco, sobre todo en alta tensión cuando al vaporizarse el elemento fusible a causa de la sobrecorriente.

Para tensiones superiores de más de 7.5 Kv los más comunes son :

- 1.- Fusible de desionización con ácido bórico líquido.
- 2.- Fusible de expulsión para alta tensión.
- 3.- Fusible de material sólido.

Existen otros elementos accionados térmicamente como lo son termostatos, relevadores térmicos, termopares, termistores.

Los termostatos regularmente son empleados para regulación de temperatura, estos termostatos pueden ser desde una resistencia variable hasta aleaciones metálicas, los cuales son activadas o desactivadas en función de la temperatura del sistema.

El interruptor es un dispositivo destinado a cortar o a establecer la continuidad de un circuito eléctrico bajo carga. La corriente que tiene que interrumpir puede ser la corriente nominal del circuito, una corriente mucho mayor producida por un corto circuito o a una corriente menor que la normal, por ejemplo, al desconectar una línea de transmisión o un transformador.

Desde el punto de vista de su interrupción, la corriente alterna presenta una gran ventaja sobre la corriente continua, ya que la frecuencia de 60 Hz existen 120 cruces por cero, aprovechando esta característica para facilitar su interrupción.

voltaje que aparece entre los contactos, el circuito queda abierto definitivamente. Pero si por el contrario, la rigidez dieléctrica no es suficiente para soportar el voltaje que aparece entre los contactos, volverá a establecerse el arco.

De esto se resume que el interruptor debe realizar dos funciones para que pueda el interrumpir el circuito, estas dos funciones son :

- 1.- Debe ser capaz de disipar la energía producida por el arco sin que se dañe el interruptor. La energía esta dada por la ecuación 1.1

$$W = \int_{t_1}^{t_2} V_a I_a dt \quad 1.1$$

Donde V_a .- Es el voltaje a través del arco.

I_a .- Es la corriente a través del arco.

t_1 .- Es el tiempo inicial de separación de contactos.

t_2 .- Es el tiempo en que el arco se interrumpe.

- 2.- Debe ser capaz de restablecer muy rápidamente, la rigidez dieléctrica del medio comprendido entre los contactos una vez que se ha extinguido el arco.

Existen tres clasificaciones de los interruptores, dicha clasificación esta en función del procedimiento de extinción del arco, entre los cuales se pueden mencionar :

- 1.- *Interruptores en los que el arco se alarga y se enfría aumentando grandemente su resistencia, lo que reduce la corriente hasta que el arco se extingue.*

Para alargar el arco no se depende exclusivamente del desplazamiento del gas ionizado a través del dieléctrico, sino que la misma corriente por interrumpir, se utiliza para crear un campo magnético, que impulsa al arco, contra un laberinto de celdas de material cerámico desionizante, donde el arco adquiere mayor longitud a la vez que se va enfriando hasta conseguir su extinción. A este tipo corresponden los interruptores de *Soplo Magnético* (véase la figura 1.2).

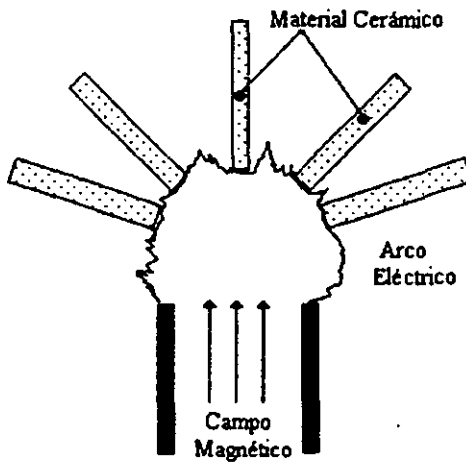


Figura 1.2.- Interruptor de Soplo Magnético

2.- Interruptores en los que se aprovecha la energía desprendida por el mismo arco para apagarlo.

A este tipo corresponden los interruptores en aceite. (véase la figura 1.3). Al realizar la separación de los contactos en un baño de aceite, en lugar de aire a la presión atmosférica, se aumenta considerablemente la capacidad interruptiva, debido a dos razones básicas para esto. Primero, el poder dieléctrico del aceite es muchas veces mayor que el del aire a la presión atmosférica. Segundo, el arco descompone el aceite generando hidrógeno, siendo este gas superior al aire como medio de enfriamiento.

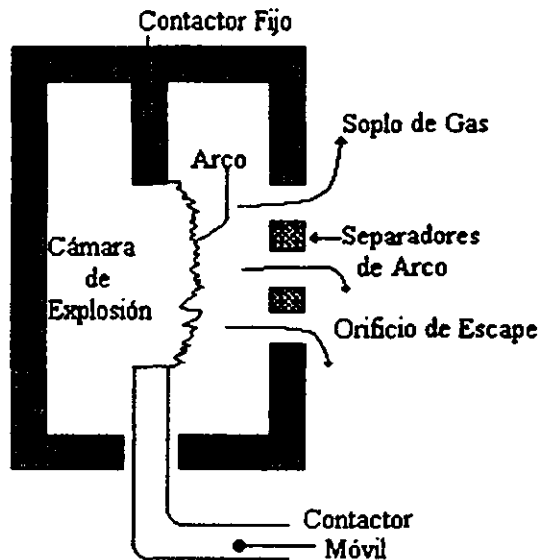


Figura 1.3 Interruptor en Aceite

En los interruptores en aceite, los contactos y el arco son encerrados en una pequeña cámara de explosión con orificios de escape a un lado, lo que aumenta la capacidad interruptiva. Esto es debido a dos razones :

a).- El hidrógeno desprendido por el arco en la cámara de explosión aumenta de presión, lo que aumenta la rigidez dieléctrica del gas.

b).- El sople de gas, que atraviesa el arco para salir por los orificios de la cámara de explosión , contribuye a enfriar y apagar el arco.

Con este tipo de interruptores se alcanzan capacidades interruptivas de 10 GVA y se han diseñado para voltajes de hasta 345 KV.

3.- Interruptores en los que se utiliza una energía exterior para soplar y apagar el arco.

A este tipo pertenecen los interruptores neumáticos de aire o de hexafluoruro de azufre a presión. El aire comprimido de alta presión (de 15 hasta 35 Kg/cm²) esta encerrado en un lado de la cabeza del interruptor, durante la interrupción, el lado opuesto de la cabeza del interruptor esta expuesto a la atmósfera, por lo que su presión de aire es baja. Cuando se forma el arco entre los electrodos, el aire comprimido sopla desde la cámara a través del orificio de interrupción; la corriente de aire fluye a lo largo del eje del arco, por lo que se le ha dado el nombre de interruptor de sople axial.

En el instante en que la corriente esta a su máximo valor, el arco es tan grueso que casi llena el orificio. Para el instante en que la corriente pasa por cero, el arco se reduce a un pequeño filamento. A corriente cero el filamento del arco es abierto y llevado a la zona de corriente nula bajo la velocidad del sonido. Por consecuencia se extingue el arco y se interrumpe la corriente.

Con este tipo de interruptor se han alcanzado capacidades interruptivas de 25 GVA a 500 KV.

Además de estos tres tipos de uso muy extendido, un tipo de interruptor que se utiliza industrialmente en voltajes inferiores de 20 KV. El denominado *Interruptor en Vacío*. En este tipo los contactos se separan en una cámara donde se ha hecho el vacío. De esta manera se trata de evitar el nacimiento del arco y aunque este no se logra totalmente, se disminuye mucho la duración del arco, la energía producida por el arco y la distancia que tienen que separarse los contactos.

Para seleccionar un interruptor de corriente alterna de alta tensión (más de 1 KV), es necesario especificar las siguientes características:

- 1.- Grados de protección contra agentes externos.
- 2.- Número de polos.
- 3.- Corriente nominal
- 4.- Voltajes nominales y nivel de aislamiento.
- 5.- Frecuencia del sistema donde se va a instalar el interruptor.
- 6.- Capacidades interruptivas nominales.
- 7.- Capacidades de cierre nominales.
- 8.- Sobrecorriente admisible durante un corto circuito.
- 9.- Mecanismo de operación.
- 10.- Tiempo de apertura y cierre , el ciclo de operación.
- 11.- Pendiente máxima del voltaje transitorio de recuperación con la que el interruptor puede operar correctamente.

1.3 Relevadores

Existe una combinación de fusibles y relevadores para sobrecarga, los cuales presentan la protección de corto circuito ó de corriente máxima de ruptura, estos dispositivos están proyectados para funcionar desde el 25 al 110 % de sobrecarga con corriente de ruptura máxima de hasta 10 veces la corriente nominal.

Este tipo de relevadores son utilizados en arrancadores y en los reguladores de los motores de corriente continua. La curva característica de los componentes mencionados se observa en la figura 1.4.

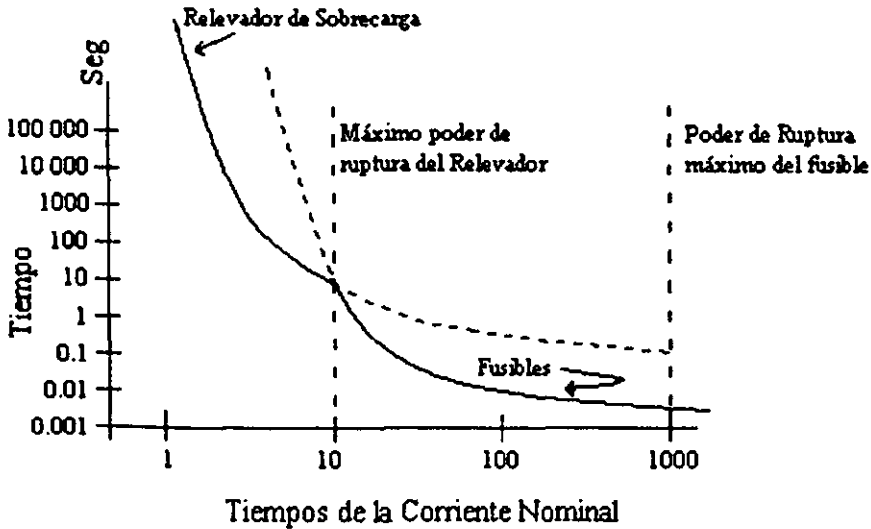


Figura 1.4 Curva característica de Fusibles y Relevadores.

Los relevadores pueden clasificarse de acuerdo a su uso en :

- 1.- Relevador de sobrecarga magnético, de acción instantánea.
- 2.- Relevador de sobrecarga magnético de acción retardada.
- 3.- Relevador térmico , de aleación fusible.
- 4.- Relevador de sobrecarga térmicos bimetálicos.
- 5.- Relevador de sobrecarga térmico inductivo de aleación fusible.
- 6.- Relevador de sobrecarga térmico inductivo bimetálicos.

1.3.1 Relevador de Sobrecarga Magnético de Acción Instantánea.

Este tipo de relevador obedece al principio magnético de funcionamiento, puede ser utilizado en circuitos de corriente continua y, con una modificación auxiliar en circuitos de corriente alterna, como se observa en la figura 1.5 los contactos fijos están normalmente cerrados cuando el relevador esta desexcitado.

Con la corriente nominal o algo inferior , la presión del resorte es suficiente para impedir el movimiento de la armadura. Cuando la corriente alcanza o excede una sobrecarga en particular, se crea la fuerza magnetomotriz (f.m.m.)suficiente para

producir el movimiento de la armadura y la apertura de los contactos normalmente cerrados con lo que se desconecta el circuito.

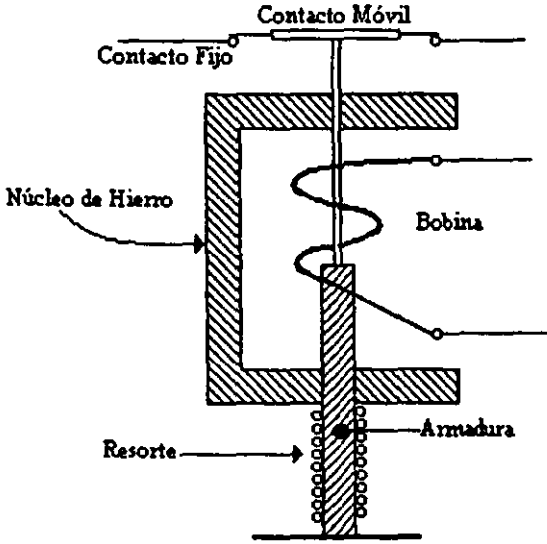


Figura 1.5.- Relevador de sobrecarga magnético de acción instantánea

1.3.2.- Relevador de Sobrecarga Magnético de Acción Retarda

En la figura 1.6 es mostrado este tipo de relevador en donde el retardo adecuado es producido por el liquido o fluido especial de viscosidad adecuada.

Unido a la armadura existe un pistón con varios agujeros por los cuales pasa el fluido. El pistón asciende cuando la f.m.m. de la bobina es suficiente para ejercer una

tracción sobre la armadura, la ventaja de este relevador con respecto al anterior, es que las sobrecargas súbitas o momentáneas son insuficientes para ocasionar la desconexión del circuito, sin embargo una sobrecarga continua puede dañar el circuito más que si se utilizara un relevador como el anterior.

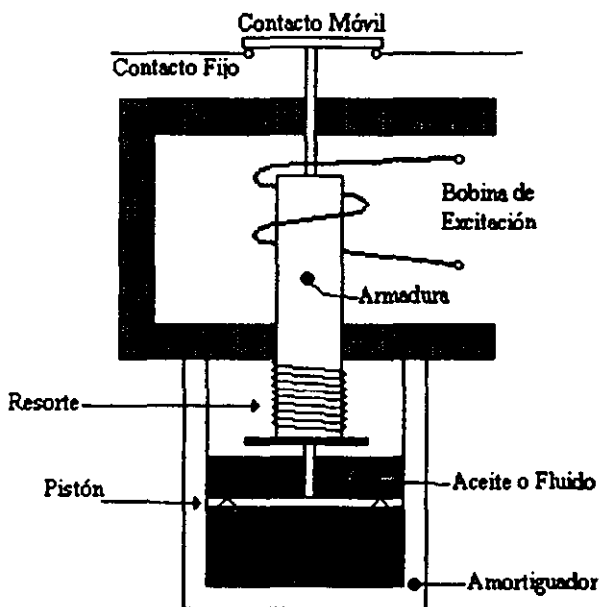


Figura 1.6.- Relevador de sobrecarga magnético de acción retardada.

En estos tipos de relevadores tanto el de retardo como el de acción instantánea tienen contactos normalmente cerrados y cuando la corriente nominal aumenta cuando exista una sobrecarga, estos relevadores actúan desactivando el circuito de carga. En

este tipo existen relevadores los cuales pueden ser reactivados a través de un botón o palanca, el cual lo pone en marcha de nuevo.

1.3.3.- Relevadores de Sobrecarga, Térmicos de Aleación Fusible.

Un relevador de estas características es mostrado en la figura 1.7, en ella se observa en un esquema de calefactor eléctrico de alta potencia en el circuito de carga. Bajo condiciones de sobrecarga, el calor es suficiente para fundir la aleación fusible a baja temperatura y hacer que el muelle arrastre al cierre y haga girar el contacto móvil fuera de los contactos fijos.

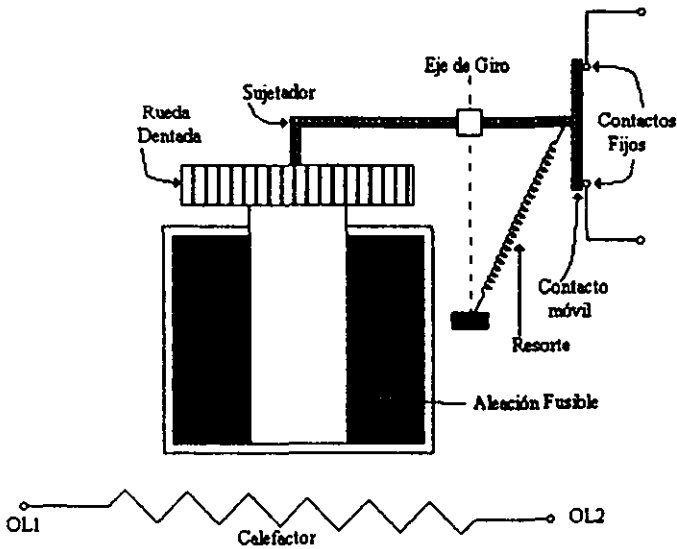


Figura 1.7 Relevador de Sobrecarga Térmico de Aleación Fusible.

Este tipo de relevadores resulta más práctico que los anteriores puesto que cuando se enfría la aleación de este retorna al estado normal, sin necesidad de reactivar el tipo de relevador, existiendo la posibilidad de poder ser reactivado por el usuario, advirtiéndole que existió una sobrecarga.

1.3.4. Relevador de Sobrecarga Térmicos Bimetálicos.

En este tipo de relevador los contactos también se encuentran normalmente cerrados, los cuales resultan más económicos que los casos anteriores. Este relevador contiene una tira rectangular bimetálica, la cual se curva al producirse calentamiento debido a la diferente dilatación de los dos metales. Este tiempo de desviación es lento, por lo que se podrían quemar los contactos al interrumpir una corriente muy elevada. El dispositivo mostrado en la figura 1.8 emplea un disco circular bimetálico cuya cara superior tiene un coeficiente elevado de dilatación.

A causa del calor las fuerzas desarrolladas en el disco debidas a la distinta dilatación son tales que el disco debe invertir su convexidad con rapidez en vez de gradualmente. El disparo de acción rápida que aparece en el instante de inversión tiene fuerza suficiente de abrir los contactos fijos (a y b) tal como se muestra en su posición desplazada. Como los relevadores bimetálicos emplean calefactores, en su mayoría son intercambiables con los de acción fusible.

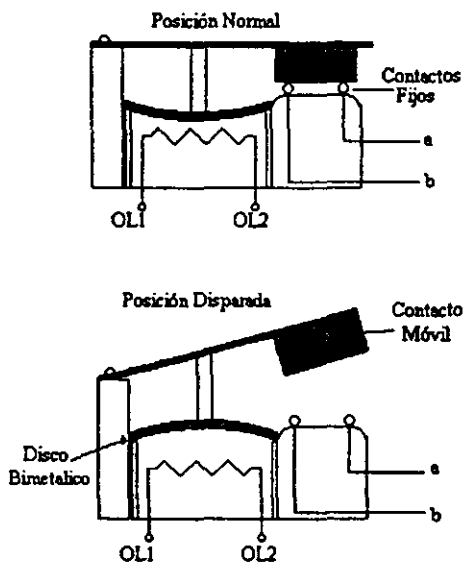


Figura 1.8 Relevador de Sobrecarga Bimetálico.

1.3.5 Relevador Térmico, Inductivo De Aleación Fusible

Uno de los inconvenientes de los relevadores de aleación fusible, térmicos bimetálicos es el uso de un calefactor separado, esto trae como inconveniente que según los calibres de los calefactores será el ajuste de el tipo del relevador.

Para el servicio en donde se requiera de que se incremente un poco más del valor de la corriente nominal son utilizados este tipo de relevador, la mayoría de este tipo de relevadores se acciona según el principio de las corrientes de Foucault en un cilindro, por esta razón este tipo funciona únicamente con corriente alterna.

1.4. Seccionadores y Desconectores

El seccionador es un dispositivo que establece una apertura visible en un circuito, con objeto de desconectar algún aparato, o alguna línea para permitir su revisión o reparación, deben ofrecer completa seguridad contra escapes de corriente de la parte viva hacia la parte desconectada, contra cierres intempestivos o involuntarios, y contra apertura por efectos electrodinámicos de una corriente de falla intensa.

Para prevenir escapes indebidos, es necesario que la base de los mecanismos no vivos del seccionador estén permanentemente conectados a tierra y que la distancia entre los puntos que se separan sea suficiente para impedir una descarga directa de una parte hacia otra. Para evitar el cierre eventual, es conveniente colocar el aparato de modo que la gravedad de las piezas móviles no actúe en el sentido de cierre, estando el desconector completamente abierto, o disponiendo de un mecanismo de resorte que impidan la caída de las cuchillas. Para evitar la apertura involuntaria del desconector, es necesario el empleo de cerrojos en la mordaza, que solamente liberen la cuchilla cuando se usa la garrocha apropiada, o trabar el mecanismo cuando este es del tipo de control remoto.

Uno de los desconectores mas empleados en el STC es el *Desconector en Aire* de operación con carga, estos componentes operan con 34.5 KV de tensión nominal y 23 KV de operación, con una corriente de operación de 400 amperes, los cuales son operados desde el exterior , por medio de una palanca, la cual se introduce en una perforación del accionamiento exterior en forma de disco. El movimiento de la palanca de mando se transmite a una palanca de cambio, la cual es regulable de 25° en 25° alrededor de la flecha de accionamiento. El mando antes descrito se une al desconector por medio de tubos, acoplamientos, cabezales, etc.

En estos desconectores por no tener dispositivos de cierre rápido, se debe tener la precaución al cerrar el desconector, que el limitador haya llegado al tope, con lo que se asegura que los ganchos de arqueo agarraron en el clip sujetador.

En la parte inferior del desconector, se tiene un seccionador de puesta a tierra conectado a la red de tierras para descargar las corrientes que se forman debido a los efectos capacitivos.

Las partes principales de este tipo de interruptores, son los que se muestran en la figura 1.9.

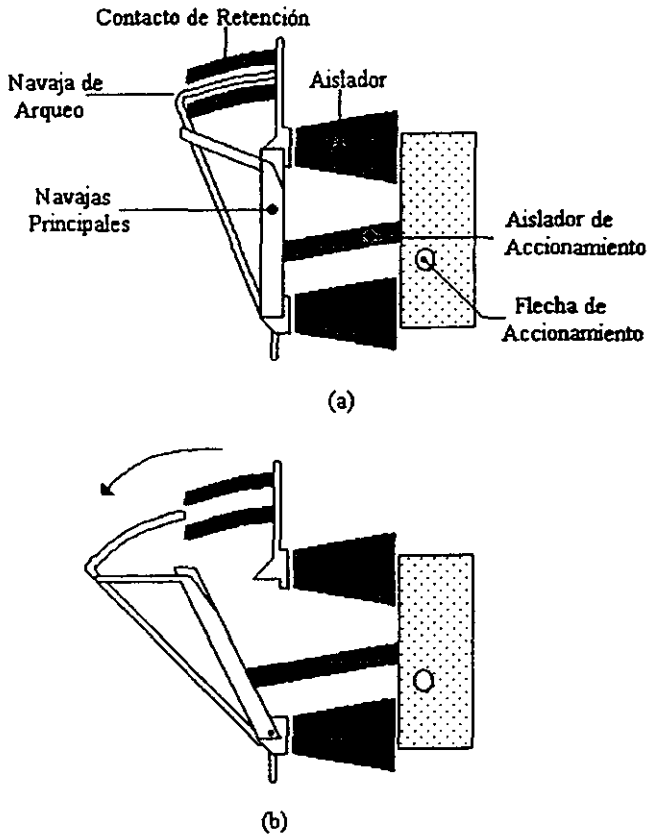


Figura 1.9 Desconector en aire de operación con carga, en (a) desconector cerrado, en (b) desconector abierto.

Operación del desconectador.

Primero abre la navaja principal, accionada por la flecha de accionamiento el aislador de accionamiento. De este modo la corriente pasa ahora a través del contacto de retención y la navaja de arqueo, la navaja de arqueo abre rápidamente, quedando interrumpida la corriente en la cámara, donde se extingue el arco.

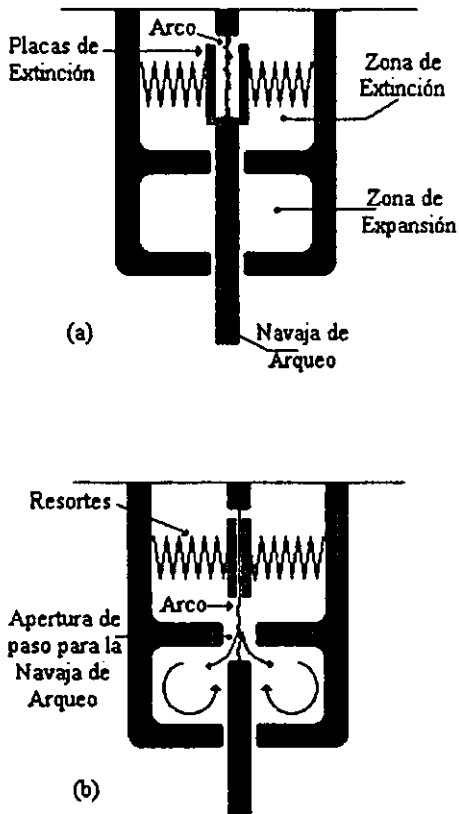


Figura 1.10 Proceso de extinción del arco eléctrico.

Si deben ser interrumpidas grandes corrientes se gasificará únicamente poco material durante el paso de la navaja de arqueo, a través de la zona de extinción, debido a la separación entre las placas de extinción (véase la figura 1.10 a). El gas se acumula en la zona de extinción, ya que la apertura de paso estará taponada por la navaja de arqueo. Después de que la punta de la navaja de arqueo alcanza la zona de expansión y ha destapado la apertura de paso, serán oprimidas las placas de extinción contra el arco, originándose una extensiva producción casi repentina. El gas se expande en la cámara de expansión, en esta forma se estrangula el arco en la apertura de paso al diámetro mínimo, además se provoca una corriente turbulenta y con ello un fuerte soplo en sentido transversal en la zona de expansión (figura 1.10 b). La corriente será extinguida en su próximo paso por cero.

Este tipo de desconectador, es también conocido como interruptor de protección al transformador, ya que por medio de este se proporciona la alimentación al transformador. El mecanismo de protección es básicamente la disposición de los fusibles (uno por fase), que en caso de que alguno de ellos se fundiera, manda el disparo del desconectador mediante el percutor del fusible que actúa directamente sobre el circuito mecánico de apertura del desconectador, mediante un juego de varillas.

1.5.-Transformadores.

Podría definirse un transformador como :

Un artefacto que cambia la energía eléctrica de corriente alterna (c.a.) de un nivel de voltaje en energía eléctrica de c.a. de otro nivel de voltaje, mediante la acción de un campo magnético. Este puede consistir en dos o más devanados de alambre envueltos alrededor de un núcleo ferromagnético común. La única conexión entre las bobinas es el flujo magnético común presente dentro del núcleo.

Una de las bobinas del transformador está conectada a una fuente de fuerza eléctrica de c.a. y la segunda bobina proporciona fuerza eléctrica a la carga. El primer devanado es denominado bobina primaria o *Primario*, el siguiente es llamada bobina secundaria o *Secundario*. El propósito principal de los transformadores es convertir la potencia de c.a. de un nivel de voltaje en potencia de c.a. de la misma frecuencia en otro nivel de voltaje. Los transformadores también se emplean en otros propósitos como transformación de impedancias, muestreo de corrientes , muestreo de voltajes, etc.

Los transformadores de potencia se construyen en una pieza de acero laminado, rectangular, con los devanados envueltos alrededor de los dos lados del rectángulo. Este tipo se conoce como tipo de núcleo y es ilustrado en la figura 1.11.

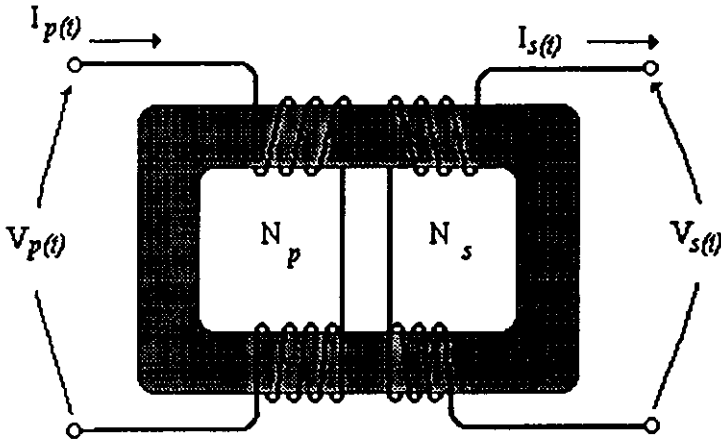


Figura 1.11 Construcción de un Transformador en forma de Núcleo

El otro consiste en un núcleo de tres columnas, laminado, con el embobinado envuelto alrededor de la columna central. Este tipo se conoce como de tipo acorazado y se ilustra en la figura 1.12. en ambos casos, el núcleo se construye con laminas delgadas aisladas eléctricamente entre si para que las corrientes parásitas sean mínimas.

Los devanados primario y secundario de un transformador real están envueltos uno encima de otro, con el embobinado de baja tensión en la parte interna, este diseño sirve para dos propósitos, el primero para aislar el devanado de alto voltaje del núcleo, el segundo porque se causa menos filtración de flujo.

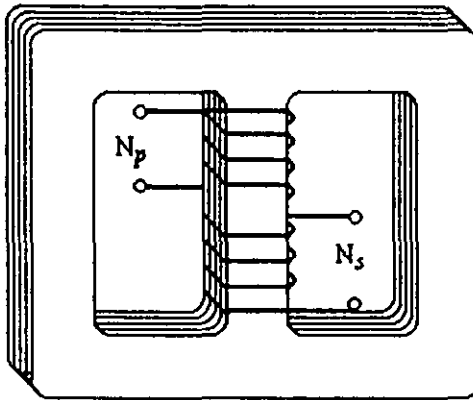


Figura 1.12 Transformador de tipo Acorazado.

1.5.1 Características

Debido a que no tiene elementos giratorios, requiere poca vigilancia y mínimos gastos de conservación. El costo de los transformadores por kilowatt es bajo comparado con el de otros aparatos y su rendimiento es muy superior, la eficiencia para los transformadores de potencia es muy alta, llegando al 99% para los transformadores más grandes.

El rango de potencia nominales de los transformadores varía desde esencialmente cero para un transformador de interpasos hasta muchos miles de

kilowatts para los transformadores de alta tensión. Los voltajes nominales varían desde valores muy bajos de un volt o menos, hasta 750,000 volts o más.

Los transformadores en las aplicaciones de potencia se denominan de distribución, cuando su capacidad, es menor o igual a 500 KVA. Y tensiones primarias hasta 67 KV. Los transformadores por encima de estos rangos se denominan de potencia.

1.5.2 Partes Principales Del Transformador Y Detalles De Construcción

A continuación se describe las partes que constituyen un transformador y la función que desempeñan.

Tanque.- Es un elemento indispensable cuya función es contener a todo el conjunto, aislar y proteger al usuario se introduce al transformador en un tanque aislado y sellado al exterior, reforzado y adecuado para soportar las presiones relativas al trabajo normal del aceite, para soportar las condiciones de la< intemperie, así como la acción de vapores industriales entre otras cosas. Véase la figura 1.13.

El área de este tanque o gabinete será tal que permita la correcta disipación del calor generado en su interior de no ser suficiente se provee de radiadores que ayuden a la mencionada disipación.

En el caso del transformador sumergido en aceite, el tanque debe estar perfectamente sellado para evitar fugas del aceite o contaminación de éste, sobre todo con aire húmedo lo que afectaría notablemente las propiedades dieléctricas del aceite.

Este sellado se realiza utilizando empaques de corcho-neopreno en todas las juntas de la tapa, registros, etc.

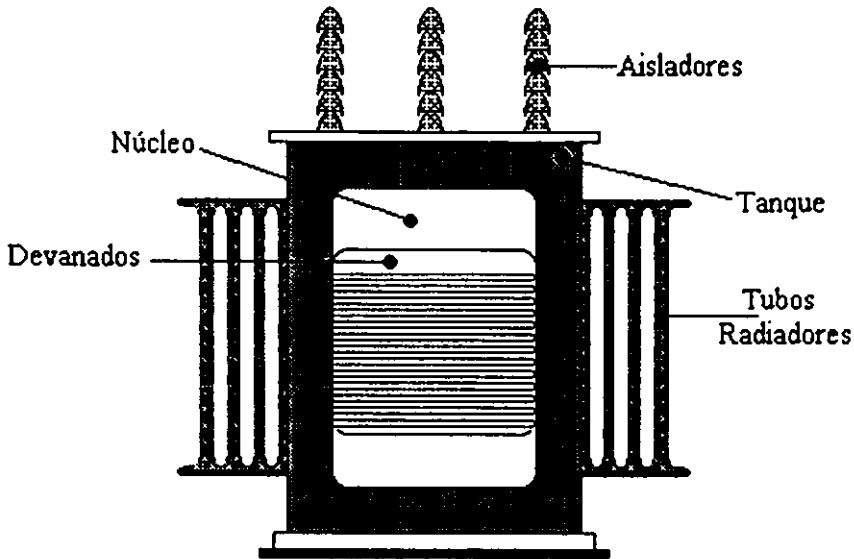


Figura 1.13 Partes principales de un Transformador.

El Núcleo.- Es la parte que constituye el círculo magnético del transformador por el que circula el flujo magnético incluido, éste formado de láminas de acero el silicio de la más alta permeabilidad, que aseguran una gran eficiencia, baja corriente de excitación, tamaño y peso mínimos. El objeto de que sea laminado es el de reducir lo más posible las corrientes circulantes en el núcleo que ocasionan pérdidas, estas pérdidas se reducen colocando aislante entre cada lámina.

El núcleo debe estar lo suficientemente compacto para evitar al máximo vibraciones y ruidos al estar funcionando lo que produce calentamiento, por lo que se aprieta convenientemente mediante herrajes adecuados.

En los transformadores del tipo de columnas y tipo acorazado las laminaciones están cortadas en "L" o bien en "E" el transformador del tipo acorazado tiene su núcleo en forma rectangular para transformadores pequeños o circunforme para tamaños mayores.

Devanados de Alta y Baja Tensión.- Los devanados de un transformador se denominan genéricamente como devanado primario y devanado secundario, el primario es el que se encuentra conectado a la fuente de tensión y el secundario el que está conectado a la carga.

En los transformadores de potencia, el devanado secundario, está formado de conductores de cobre de sección rectangular y aislamiento de papel, se devanan en forma tubular, con el número de vueltas adecuado que permiten inducir el voltaje del circuito por acoplar y con el número de capas que disponga el espacio por utilizar en la piana.

Cuando son enfriados por aceite entre capa y capa se colocan separadores de papel dieléctrico, formando ductos a través de los cuales circula libremente el aceite permitiendo con ello una rápida y efectiva disipación de calor.

Salvo en aquellos casos en que el primario del transformador induzca voltajes bajos, el devanado estará formado por conductores de cobre redondo con cubierta de vinil acetal llamada "Fomvar" y se devanan dos o más grupos de bobinas

independientes conectándose en serie para inducir un voltaje igual al del circuito por acoplar en su lado de alta tensión.

En la parte intermedia de este devanado se proporcionan las salidas para las diferentes derivaciones que son conectadas al cambiador. Para reducir las pérdidas adicionales debidas a la distribución no uniforme de la corriente en el interior de los conductores suelen sustituirse por varios hilos aislados entre sí y transpuestos adecuadamente.

Aislamientos.- El aislamiento en los transformadores, está formado por varios elementos, colocados de tal manera que den un adecuado aislamiento entre las partes componentes del núcleo, entre los devanados, y entre el núcleo y los devanados, así como entre las partes conductoras y el tanque como son : Separadores, Cuñas, Tiras y Barreras. Generalmente de cartón o de material similar.

El aislamiento empleado en los elementos del núcleo dependen de la capacidad del transformador. Los birlos o elementos que sujetan mecánicamente la laminación van aislados del núcleo por medio de tubos .

El material empleado en el aislamiento de las bobinas depende del voltaje al que serán sometidas, yendo desde una capa de papel o cinta cambray, hasta las que tienen varios elementos aislantes en su fabricación.

De acuerdo con las normas NEMA y ASA existen cuatro clases de aislamiento, de acuerdo al incremento de temperatura que con respecto a la del medio ambiente pueden soportar, estas son :

- Clase A incremento de temperatura de 55°C

- Clase B de 80°C

- Clase F de 115°C

Los aislamientos modernos pueden operarse con seguridad con un incremento de temperatura con seguridad con un incremento de temperatura de 20°C sobre los valores mencionados.

Cabezales.- Debido a su construcción, los devanados se ven sometidos a grandes esfuerzos mecánicos cuando se presentan condiciones anormales de funcionamiento del transformador como fallas o cortos circuitos, por lo que, deben reforzarse correctamente, y para asegurar su debida fijación se usa fibra de vidrio para cabezales superiores e inferiores de cada bobina, este material además de sus excepcionales características mecánicas, posee excelentes propiedades dieléctricas.

Herrajes.- Para lograr un correcto ajuste tanto del núcleo como de las bobinas se usan herrajes especialmente diseñados para resistir los esfuerzos mecánicos más severos ya sea durante la operación o el transporte del transformador, éstos también proporcionan un medio adecuado de asegurar al tanque todos los elementos del transformador.

Cambiador de Derivaciones.- Este dispositivo se emplea para suprimir o aumentar el número de vueltas o de bobinas de un devanado, obteniéndose un nivel más o menos estable de la tensión requerida.

Los derivadores son generalmente colocados en el devanado exterior de la pierna y consecuentemente la conexión de derivaciones puede hacerse fácilmente y

sin dificultad en cuanto al aislamiento. Así mismo el devanado de alta tensión tiene un gran número de vueltas el derivador puede ajustar éstas para tener una mejor regulación de voltaje.

Los derivadores en el lado de baja tensión no se recomiendan, debido a que los conductores de este devanado son de mayor sección, llevando por ello una corriente considerable que podría ocasionar arcos eléctricos durante el cambio.

Boquillas y Terminales.- Estos elementos se emplean para conectar las bobinas tanto de alta como de baja tensión a sus circuitos respectivos.

Las boquillas de alta tensión, contienen, además de la terminal de conexiones una lámina muy fina enrollada en torno a la terminal, conformando un condensador, propiciando con ello los esfuerzos que se originan al estar en operación.

Aceite.- El transformador de potencial, generalmente emplea aceite como medio refrigerante, el cual se encarga de disipar el calor generado en el interior del transformador cuando éste está en operación.

La disipación se logra transmitiendo el calor a los fluidos que sirvan para enfriarlo como son el aire o agua ya sea por medio del tanque o por radiadores adaptados a éste o montados por separado.

El aceite en estos casos, será el que el tenga la mejor calidad y para asegurar su correcta operación se somete a filtrado y secado antes de introducirlo al tanque.

1.5.3 Otras Partes De Los Transformadores

- Tubos radiadores
- Tanque conservador
- Indicador Nivel de Aceite.
- Relevador de protección (BuchHole)
- Tubo de escape
- Conexión de Tubos Radiadores
- Termómetro
- Bases de Rolar
- Cabezales
- Cambiador de derivaciones.

1.5.4 Clasificación de Transformadores.

Los transformadores se pueden clasificar por :

- La forma de su núcleo
 1. Tipo Columnas
 2. Tipo Acorazado
 3. Tipo Envolvente
 4. Tipo Radial

- Por el número de fases
 1. Monofásico

2. Trifásico**■ Por el número de devanados**

1. Dos devanados
2. Tres devanados

■ Por el medio refrigerante

1. Aire
2. Aceite
3. Líquido inerte

■ Por el Tipo de enfriamiento

1. Enfriamiento OA
2. Enfriamiento OW
3. Enfriamiento OW/A
4. Enfriamiento OA/AF
5. Enfriamiento OA/FA/FA
6. Enfriamiento FOA
7. Enfriamiento OA/FA/FOA
8. Enfriamiento FOW
9. Enfriamiento A/A
10. Enfriamiento AA/FA

■ Por la regulación

1. Regulación fija

2. Regulación variable con carga
3. Regulación variable sin carga

- Por la operación.
 1. De potencia
 2. Distribución
 3. De instrumento
 4. De horno eléctrico
 5. De ferrocarril

1.5.5 Tipos De Enfriamiento Empleado En Los Transformadores.

Tipo OA.- Sumergido en aceite con enfriamiento propio. Por lo general en transformadores de mas de 50 KVA se usan tubos radiadores o tanques corrugados para disminuir las perdidas en capacidades mayores de 3000 KVA se usan radiadores del tipo desmontable. Este tipo de transformador con voltajes de 46 KV o menores puede tener como medio de enfriamiento liquido aislante en vez de aceite. El transformador OA es el básico y sirve como norma para capacidad y precio de otros.

Tipo OA/FA.- Sumergido en aceite con enfriamiento propio, por medio de aire forzado, es básicamente un OA con adición de ventiladores para aumentar la capacidad de disipación de calor.

Tipo OA/FA/FOA.- También sumergido en aceite con enfriamiento propio, a base de aire forzado y aceite forzado. Este es básicamente un OA, con adición de ventiladores y bombas para circulación de aceite.

Tipo FOA .- sumergido en aceite, enfriado con aceite forzado y con enfriador de aire forzado Este tipo de transformadores se usa únicamente donde se desea que operen al mismo tiempo las bombas de aceite y ventiladores, tales condiciones absorben cualquier carga a pico a plena capacidad.

Tipo OW.- Sumergido en aceite y enfriado con agua, este tipo de transformadores el agua de enfriamiento es conducida por serpentines, los cuales están en contacto con el aceite del transformador. El aceite circula alrededor de los serpentines por convección natural.

Tipo AA.- Tipo seco con enfriamiento propio, no contiene aceite ni otros líquidos para enfriamientos, son usados en voltajes nominales menores de 15 KV, en pequeñas capacidades.

Tipo AFA.- Tipo seco enfriado por aire forzado, estos transformadores tienen una capacidad simple basada en la circulación de aire forzado por ventiladores y sopladores

CAPITULO II

SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

CAPITULO II

SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

2.1.-Tipos de Subestaciones

Pueden distinguirse según sus funciones diferentes tipos de subestaciones, en los sistemas eléctricos.

- 1.- *Subestaciones elevadoras de las plantas generadoras.*- Que conectan unidades generadoras a las líneas de transmisión, a través de transformadores y cuya función es elevar la tensión para permitir realizar en forma económica la transmisión de energía eléctrica a grandes distancias.
- 2.- *Subestaciones de interconexión de la red de transmisión.*- Que tienen por objeto realizar la conexión entre diferentes líneas de alta tensión, directamente si son de la misma tensión, o mediante transformadores si son de tensiones diferentes.

- 3.- *Subestaciones reductoras de subtransmisión.*- Que reducen la tensión para alimentar los sistemas de subtransmisión, que alimentan a su vez a consumidores importantes o a subestaciones de subtransmisión.
- 4.- *Subestaciones reductoras de distribución.*- Que reducen la tensión a un valor adecuado para su distribución y que pueden ser alimentadas directamente por la red de transmisión de alta tensión o a través del sistema de subtransmisión.

La energía eléctrica ha adquirido tal importancia en la vida moderna, que una interrupción de su suministro causa severos trastornos y pérdidas económicas insoportables.

Para asegurar la continuidad del suministro deben tomarse las disposiciones necesarias para hacer frente a una falla en algún elemento del sistema. Estas disposiciones deberán de tomarse en cuenta para el diseño de redes eléctricas, así como el de las propias subestaciones. Estas disposiciones son las que se mencionan a continuación:

- 1.- Disponer de reserva de generación adecuada para hacer frente a la posible salida de servicio o disponibilidad de cierta capacidad de generación.
- 2.- Disponer de un sistema de protección automática que permita eliminar con la rapidez necesaria cualquier elemento del sistema que ha sufrido una avería.
- 3.- Diseñar el sistema de manera que la falla y desconexión de un elemento tenga la menor repercusión posible sobre el resto del sistema.

- 4.- Disponer de los circuitos de alimentación de emergencia para hacer frente a una falla en la alimentación normal.

Las subestaciones eléctricas pueden clasificarse en función de la topología del sistema y del esquema de conexiones adoptado por las subestaciones el diagrama de conexiones, en lo que respecta a la topología de los sistemas esta clasificación es la siguiente:

- 1.- Radial.- en este sistema las cargas tiene una sola alimentación, de manera que una avería en la alimentación produce una interrupción del suministro. Véase la figura 2.1

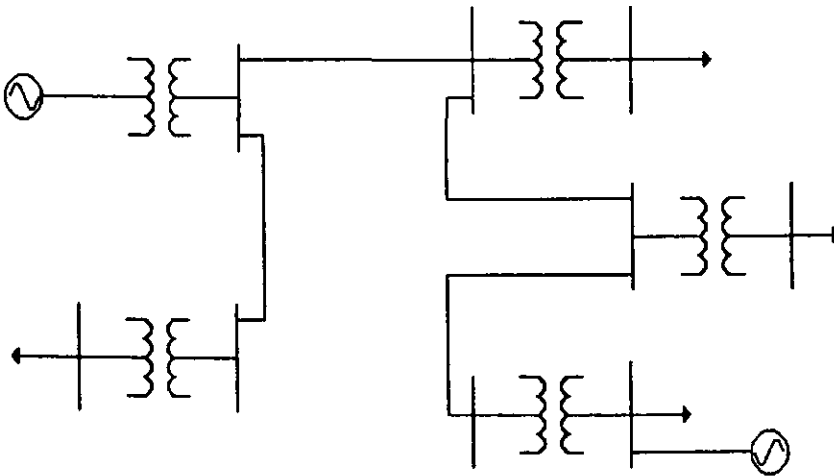


Figura 2.1 Sistema Radial

2.- Anillo..- Con este sistema se tiene una doble alimentación y puede interrumpirse una de ellas sin causar una interrupción del suministro. Véase la figura 2.2.

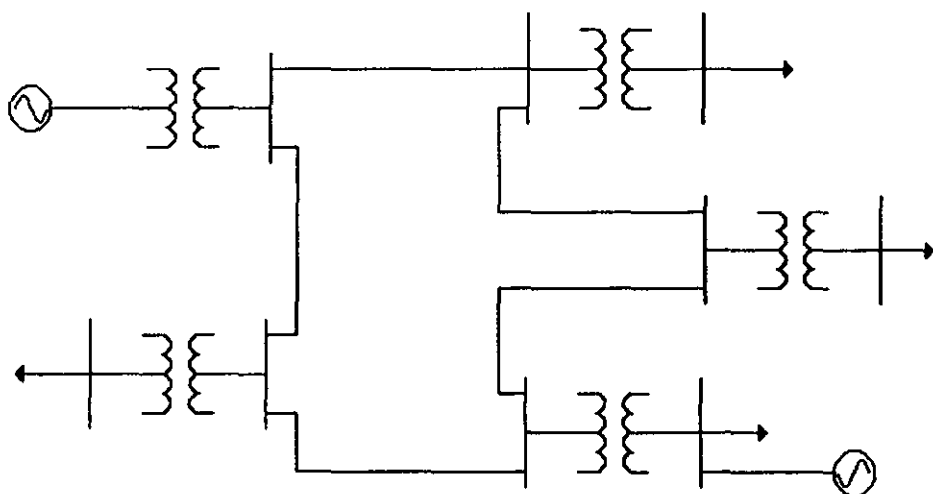


Figura 2.2 Sistema en Anillo

3.- Red. Con este se aumenta el numero de interconexiones y consecuentemente la seguridad del servicio. Véase la figura 2.3

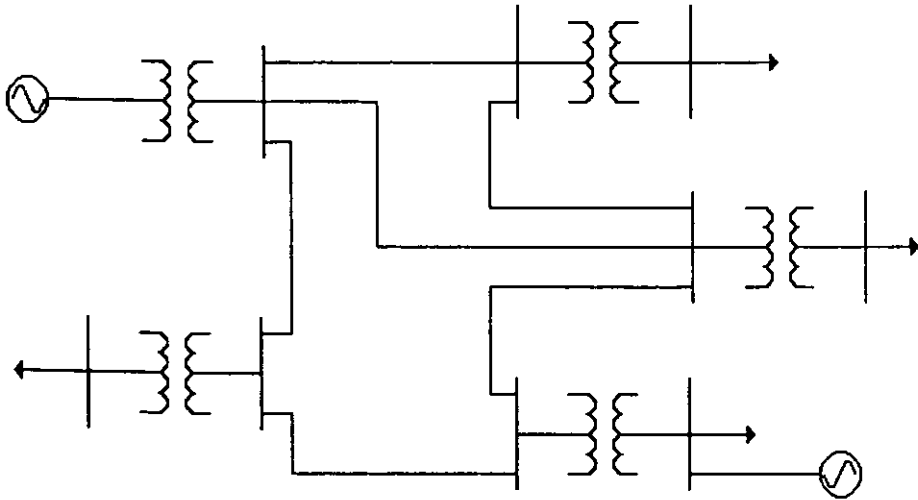


Figura 2.3 Sistema en Red

2.2 Esquemas de Conexiones

En cuanto a los esquemas de conexiones de subestaciones, en la figura 2.4 se muestra el diagrama unifilar de un solo juego de barras colectoras, este forma parte de uno de los esquemas mas utilizados. En ella son mostrados los Interruptores de

Potencia  así como los Seccionadores. 

Si se comparan desde el punto de vista de la continuidad del servicio, para el caso de una falla en las barras colectoras y desde el punto de vista de la flexibilidad de operación, puede concluirse lo siguiente :

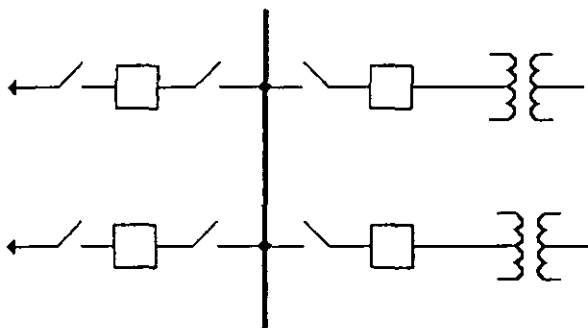


Figura 2.4 Diagrama Unifilar De Un Solo Juego De Barras Colectoras

En el esquema de conexiones con un solo juego de barras colectoras, que es el que requiere el mínimo equipo, una falla en las barras colectoras, eliminada por una protección adecuada que haga abrir los interruptores correspondientes, causa la interrupción de todas las líneas y transformadores conectados a las barras, por otra parte la desconexión de la línea o el transformador correspondiente.

En el esquema de doble juego de barras colectoras y una protección automática para cada juego de barras (véase la figura 2.5), una falla en las barras causa la

desconexión de la mitad de las líneas y transformadores. La revisión de un interruptor causa también la interrupción de la línea o el transformador correspondiente.

El sistema de doble juego de barras colectoras principales y un juego de barras colectoras auxiliares es similar al caso anterior por lo que respecta a su comportamiento en funcionamiento normal, pero la existencia del tercer juego de barras y de un interruptor adicional, permite utilizar éste para substituir a cualquiera de los otros interruptores en caso de que necesiten desconectarse, sin interrumpir ninguna línea ni ningún transformador, este esquema puede observarse en la figura 2.6.

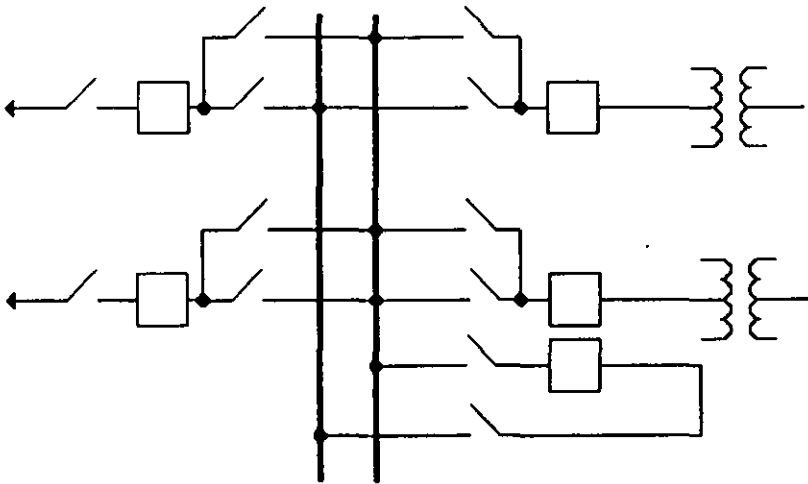


Figura 2.5 Doble Juego de Barras Colectoras.

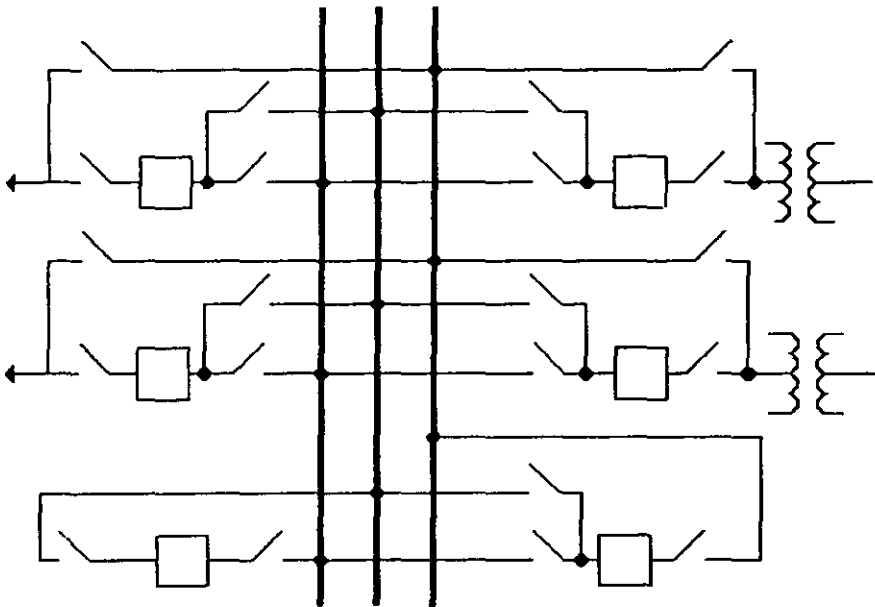


Figura 2.6 Doble juego de Barras Colectoras principales y un juego de barras colectoras auxiliares.

En el arreglo de anillo con la disposición física mostrada en la figura 2.7 se requiere el mismo número de interruptores que con el arreglo con un solo juego de barras colectoras, pero una falla en las barras no causa más que la desconexión del transformador conectado a esas barras. Además puede desconectarse cualesquiera de los interruptores sin causar interrupción de ningún circuito. La limitación del arreglo en anillo es que no se presta fácilmente a una ampliación, con esta disposición mostrada, la adición de una línea y un transformador requiere la instalación de un tercer juego de barras colectoras.

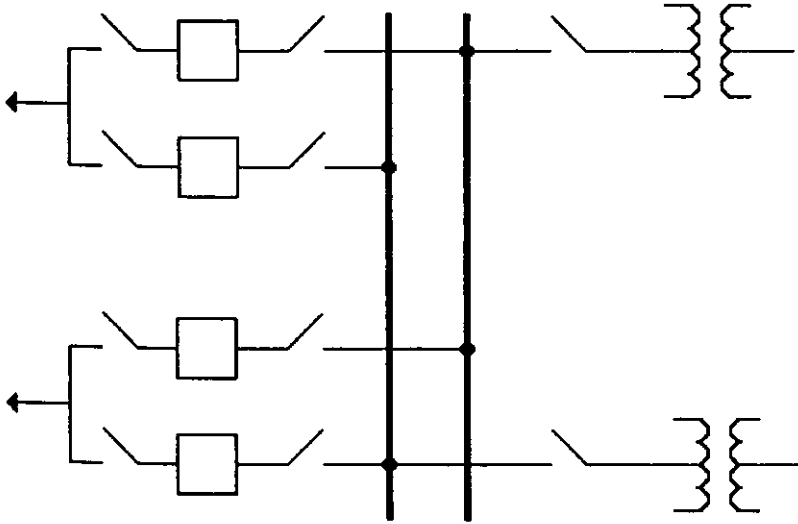


Figura 2.7 Arreglo en anillo.

En el arreglo llamado de interruptor y medio (figura 2.8), una falla en las barras colectoras, provistas de la protección automática adecuada, causa la desconexión del juego de barras afectado por la falla sin desconectar ninguna línea ni ningún transformador. Además, como en el arreglo de anillo, puede desconectarse cualquiera de los interruptores sin causar la interrupción de ningún circuito. El arreglo de interruptor y medio requiere mas equipo que el de anillo, pero, para el caso de la figura 2.8 con dos líneas y dos transformadores, requiere el mismo número de interruptores que el arreglo de la figura 2.6 y un número menor de seccionadores, ofreciendo en

cambio una continuidad de servicio y una flexibilidad de operación considerablemente mayor que la de ese arreglo. Por otra parte el arreglo de interruptor y medio se presta fácilmente a ampliaciones posteriores.

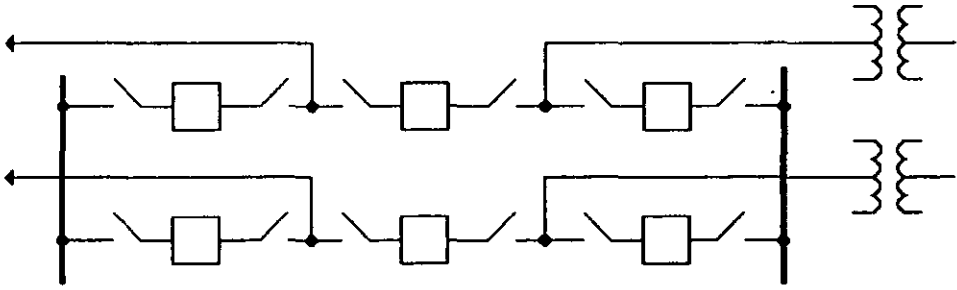


Figura 2.8 Arreglo de interruptor y medio.

CAPITULO III

ENLACES EN ALTA TENSION EN LINEAS DEL STC

CAPITULO III

ENLACES EN ALTA TENSION EN LÍNEAS DEL STC

3.1.-Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica.

Los sistemas de distribución de energía eléctrica tienen como función suministrar a los consumidores la energía eléctrica producida en las plantas generadoras y transmitida por el sistema de transmisión hasta las subestaciones de distribución.

Un sistema de distribución comprende los alimentadores primarios que parten de las subestaciones de distribución, los transformadores de distribución y los circuitos de entrada de la instalación del consumidor. Las tensiones entre hilos varían según los sistemas de distribución de tensiones de la clase de 2.5 KV a 35 KV, las tendencias de hoy en día es utilizar las tensiones de la clase de 15 KV o más. En México las líneas de distribución primaria recomendadas son de 13.2 KV, 23 KV y 34.5 KV.

3.1.1 Disposiciones Constructivas

Las disposiciones constructivas de las líneas de distribución así como las subestaciones eléctricas comprenden la realización de los diferentes diagramas de conexiones adoptados, debiéndose tomar en cuenta las condiciones de seguridad, de operación y de mantenimiento

El diagrama de conexiones determina en gran parte el costo de la instalación, ya que con este se define la cantidad de equipo eléctrico que deba utilizarse, así como condiciona el área o espacio físico destinado para estos propósitos.

El caso de la tensión nominal y de la corriente máxima de la instalación condiciona de alguna manera los propósitos de cualquier tipo de subestación eléctrica, estos pueden presentar inconvenientes o desventajas de un tipo de construcción a otro, esto ocurre desde la facilidad para la operación , su aspecto con respecto al medio circundante, etc.

El caso de subestaciones eléctricas de alta tensión involucra desde la tensión de operación así como el nivel de aislamiento de las instalaciones de la misma, por lo tanto es necesario tomar estas precauciones para evitar el efecto corona en las barras colectoras, en los conectores y en general en cualquier punto de la subestación.

La elección del nivel de aislamiento determina las características del aislamiento de los aparatos, la distancia entre las partes conductoras de distintas fases y las distancias entre las partes conductoras y tierra, repercutiendo por lo tanto en las disposiciones generales de la subestación.

La determinación del nivel de aislamiento y la supresión del efecto corona presenta características especiales en instalaciones realizadas a gran altitud sobre el nivel del mar, ya que la rigidez dieléctrica del aire disminuye al aumentar la altitud.

En la tabla 3.1 se proporcionan los valores normales de las tensiones para los sistemas eléctricos y en la tabla 3.2 los niveles de aislamiento correspondientes.

Existen una serie de recomendaciones para la correcta coordinación del aislamiento en una subestación, deberá de fijarse a una distancia a través del aire entre partes con potencial y tierra, que proporcione un nivel de aislamiento al impulso igual al de los aislamientos externos de los instrumentos.

La tabla 3.3 se dan las distancias mínimas de fase y tierra en función del nivel de aislamiento, los valores de la columna tres de la misma tabla proporciona la distancia a través del aire en centímetros necesarios para soportar sin flamearse cinco impulsos de magnitud igual al nivel de aislamiento correspondiente, que aparece en la columna dos, en caso que se produzca un solo flameo, diez impulsos adicionales sin flamearse.

Tensiones Nominales del Sistema (KV)		Tensión Máxima para el Equipo (KV)
66	69	72.5
110	115	123
132	138	145
150	161	170
220	230	245
275	287	300
330	345	362
380	400	420
500		525
700	750	765

Tabla 3.1 Valores Normales de Tensiones

Tensión máxima para el equipo KV eficaces	Nivel de Aislamiento al Impulso		Nivel de Aislamiento a Baja Frecuencia	
	Aislamiento Pleno KV cresta	Aislamiento Reducido KV cresta	Aislamiento Pleno KV eficaces	Aislamiento Reducido KV eficaces
100	450	380	185	150
123	550	450	230	185
145	650	550 450	275	230 185
		650 550	325	275 230
170	750	900		395
245	1050	825 750	460	360 325
300		1175 1050 900		510 460 395
362		1300 1175 1050		570 510 460
420		1675 1550 1425 1300		740 680 630 570
525		1800 1675 1550 1425		790 740 680 630

Tabla 3.2 Niveles de Aislamiento en alta tensión.

Tensión máxima entre fases del sistema (KV)	Nivel de aislamiento al impulso (KV)	Distancia mínima a tierra a menos de 1000 m. (cm.)	Distancia mínima entre fases rígidas a menos de 1000 m (cm.)	Distancia mínima a tierra a 2300m (cm.)	Distancia mínima entre fases rfgidas a 2300 m (cm.)
3.6	45	6	6.9	7.0	8.1
7.2	60	9	10.4	10.5	12.1
12	75	12	13.8	14.0	16.1
17.5	95	16	18.4	18.6	21.4
24	125	22	25.3	25.6	29.5
36	170	32	36.8	37.2	42.8
52	250	48	55.2	55.8	64.2
72.5	325	63	72.5	73.3	84.3
100	380	75	86.3	87.2	100.3
100 - 123	450	92	105.8	107.0	123.0
123 - 145	550	115	132.3	133.7	153.8
145 - 170	650	138	158.7	160.5	184.5
170	750	162	186.3	188.4	216.6
245	825	180	207.0	209.3	240.7
245	900	196	225.4	227.9	262.1
245 - 300	1050	230	264.5	267.4	307.6
420	1425	305	350.8	354.6	407.8

Tabla 3.3 Distancias mínimas a tierra y entre fases.

La distancia mínima entre fases puede determinarse teniendo en cuenta que la máxima tensión que puede aparecer entre fases es igual al nivel de aislamiento al impulso, mas el valor de cresta de la onda de tensión a tierra de frecuencia fundamental, correspondiente a las condiciones normales de operación, esto conduce a elegir una distancia entre fases 15% mayor que la distancia mínima a tierra.

Para facilitar el diseño de las subestaciones conviene fijar las distancias normales entre los ejes de los conductores y tierra y entre los ejes de conductores de fases diferentes, para lo cual hay que aumentar las distancias mínimas antes citadas, para tomar en cuenta el diámetro de los conductores y las dimensiones de las partes con tensión de los aparatos conectados

3.2 Enlaces En Cables De 15 KV En Subestaciones De Alumbrado Y Fuerza En Las Líneas 1, 2, 3.

Con el objeto de tener flexibilidad en la alimentación a las subestaciones de alumbrado y fuerza instaladas en las líneas 1, 2, y 3, cuando se tiene un tramo de cable fallado, se hace necesario implementar un sistema que permitiera alimentar las subestaciones que quedan fuera del servicio, a través de un enlace que interconecte los dos extremos de los cables de 15 KV en las subestaciones terminales por vía 1 y por vía 2, y así poner en servicio las instalaciones de alumbrado y fuerza que quedaron fuera de servicio al fallar el cable, véase la figura 3.1.

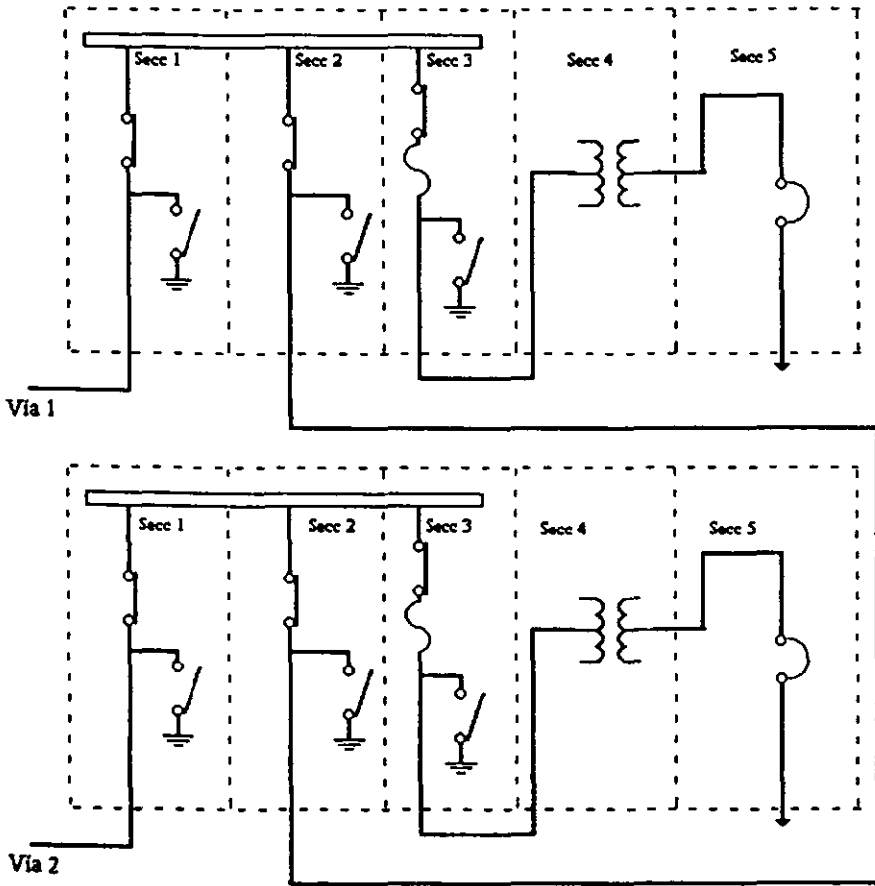


Figura 3.1 Diagrama Unifilar del enlace 15 KV Terminal Pantitlán L1

El enlace en 15 KV en la terminal pantitlán, se realiza a través de desconectores ubicados en la secciones 2 de las subestaciones vía 1 y vía 2 de esta terminal. En estas subestaciones se tiene protecciones en el transformador, además de los desconectores correspondientes.

Se tienen también este tipo de enlaces en la terminal observatorio, así como en la de cuatro caminos de línea 2, estas subestaciones cuentan con equipo de las mismas características.

3.2.1 Enlace en Línea 3

Los talleres ticoman también tienen subestaciones de 15 KV, la figura 3.2 muestra el diagrama unifilar de este tipo de enlace.

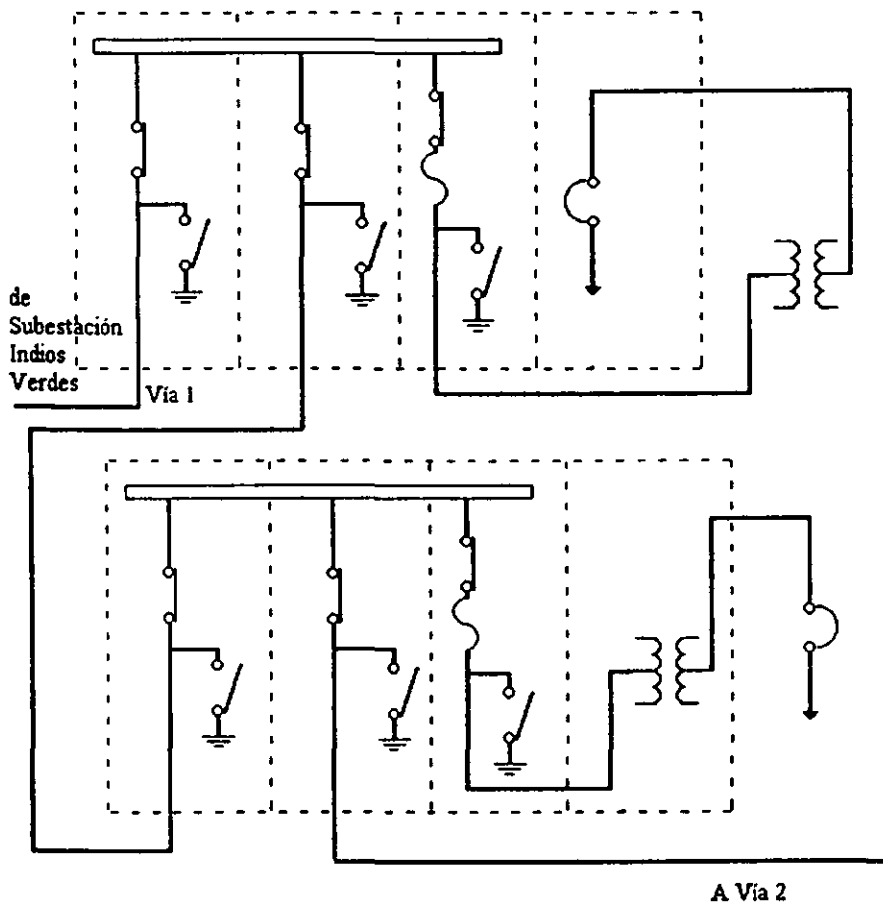


Figura 3.2 Diagrama de enlace de talleres Ticoman.

3.2.2 Subestación Talleres Zaragoza

Enlace en Talleres Zaragoza.- En los talleres también se realizan enlaces en alta tensión de 15 KV, se emplean desconectores de operación con carga, estos proporcionan alumbrado y fuerza al Instituto de Capacitación y Desarrollo (INCADE), a los talleres, sus ampliaciones así como a la plataforma de pruebas.

Esta subestación tiene una capacidad total de 1260 KVA y esta formada por nueve secciones que se enlistan a continuación :

1.- Tres secciones 2 o de llegada interruptor , estas conectan lo siguiente :

- a).- Alimentación a la subestación del Incade
- b).- Enlace con la subestación de ampliación de talleres Zaragoza.
- c).- En lace con la subestación de plataforma de pruebas.

2.- Dos secciones 3 de protección transformador

3.- Dos secciones 4 o transformador de 630 KVA de 15 KV/220/127 volts VCA.

4.- Dos secciones 4 o interruptor de baja tensión con capacidades nominales de 2000 Amperes.

Véase las figuras 3.3a), 3.3 b), 3.3 c) y 3,3 d), en esta se muestra el diagrama unifilar de las subestaciones mencionadas, desde la acometida de 15 KV hasta la salida a la utilización. Los transformadores empleados para ello van desde 250 KVA hasta 630 KVA.

3.2.2.1 Subestación del INCADE

Esta subestación tiene una capacidad de 500 KVA y esta formada por tres secciones :

- 1.- Una sección 3 o protección a transformador con un desconectador.
- 2.- Una sección 4 o transformador de una capacidad de 500 KVA de 15KV/220/127 Volts CA.
- 3.- Una sección 5 o interruptor de baja tensión. Véase la figura 3.3 a.

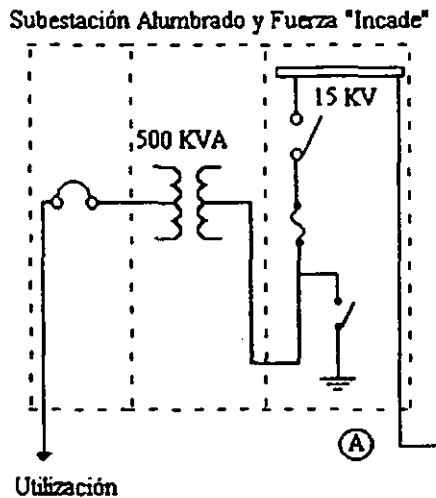


Figura 3.3 a) Subestación de alumbrado y Fuerza del INCADE.

Subestación Alumbrado y Fuerza Ampliación Talleres Zaragoza

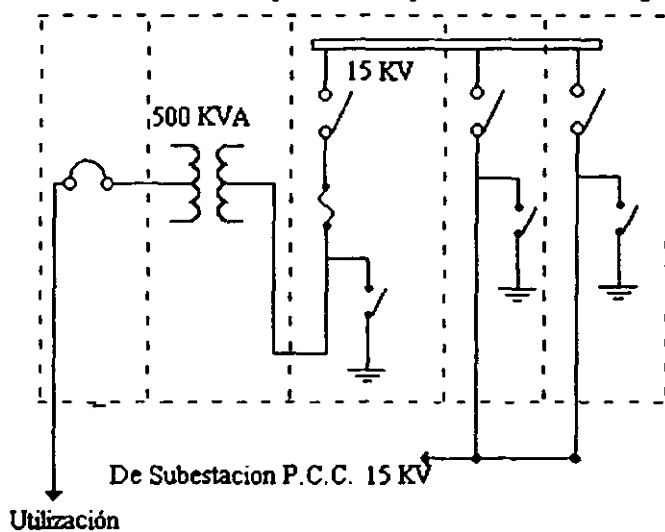


Figura 3.3 b) Diagrama Unifilar de Ampliación de Talleres Zaragoza

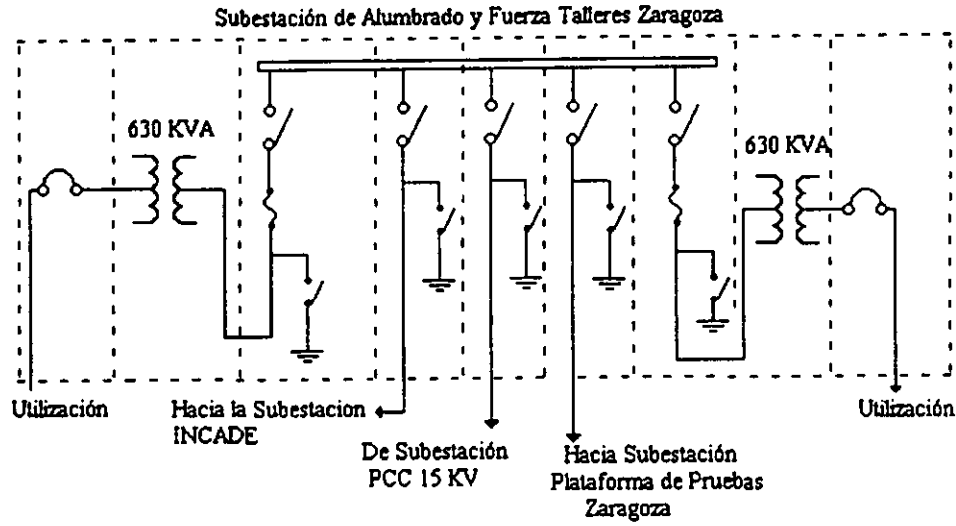


Figura 3.3 c) Diagrama Unifilar Talleres Zaragoza.

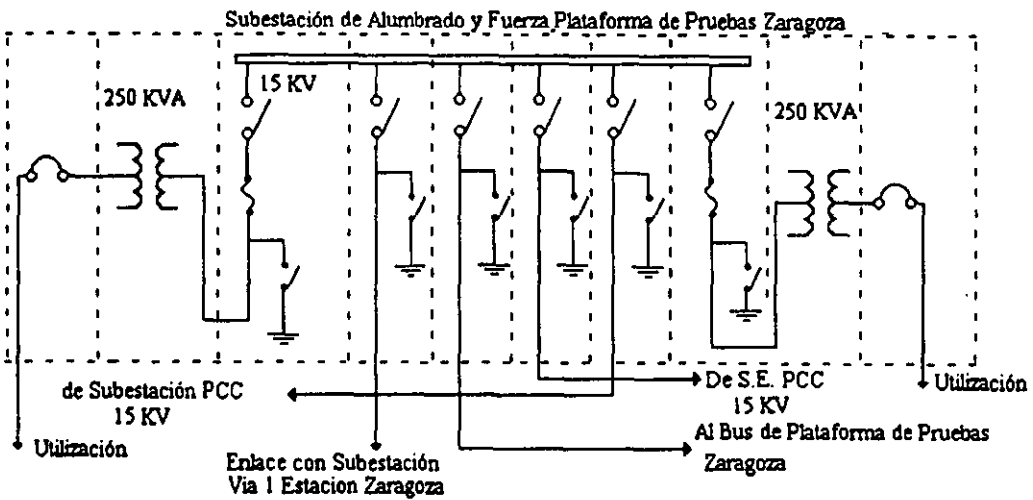


Figura 3.3 d) Diagrama Unifilar de Plataforma de Pruebas Zaragoza.

3.2.3 Enlace En Línea 2 Talleres Tasqueña.

El enlace en 15 KV en los alimentadores, se realiza a través de desconectores operados manualmente ubicados en las secciones 2 de las subestaciones vía 1 y vía 2 de estos talleres, esto se puede observar en las figuras 3.4, 3.5 y 3.6, como se observa que estos diagramas son semejantes para este tipo de subestaciones, los transformadores empleados son de 250 KVA, y los desconectores son de marca *CGEE Alstom*, hay que hacer notar que el equipo empleado en la mayoría de estas subestaciones todavía es el original francés, aunque algunos desconectores y cuchillas de puesta a tierra son equipo nacional.

3.2.3.1.Subestaciones Talleres Tasqueña

3.2.3.1.1 Subestación talleres Tasqueña vía 1

Esta subestación tiene una capacidad total de 250 KVA y esta formada por cinco secciones que se enuncian a continuación :

- 1.- Una sección 2 o llegada a interruptor con desconector , este tiene un gabinete de tipo intemperie.
- 2.- Una sección 2 o desconector de enlace, que permite el enlace con la subestación talleres Tasqueña vía 2.
- 3.- Una sección 3 o protección transformador

4.- Una sección 4 o transformador de 250 KVA de características 15 KV/220/127 volts CA.

5.- Una sección 5 o interruptor de baja tensión cuya capacidad es de 1000 Amperes.

Véase la figura 3.4 a).

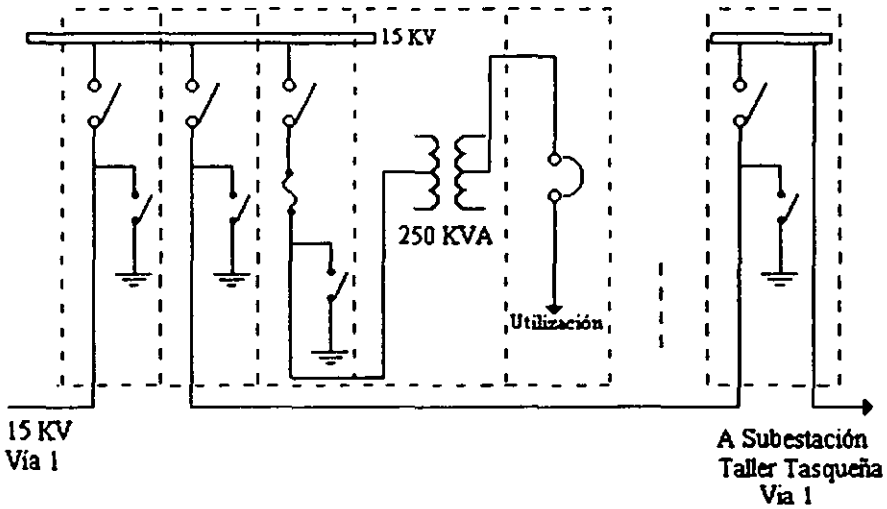


Figura 3.4 a).- Diagrama unifilar de Subestación Tasqueña Via 1.

3.2.3.1.2. Subestación Talleres Tasqueña vía 2.

Esta subestación tiene una capacidad total de 250 KVA y esta formada por cinco secciones :

- 1.- Una sección 2 o llegada interruptor.
- 2.- Una sección 2 o desconectador de enlace que permite el enlace con la subestación talleres Tasqueña vía 2.
- 3.- Una sección 3 o protección al transformador.
- 4.- Una sección 4 o transformador de 250 KVA de 15 KV/220/127 volts CA.
- 5.- Una sección 5 o interruptor de baja tensión con capacidad nominal de 1000 amperes. Véase la figura 3.6.

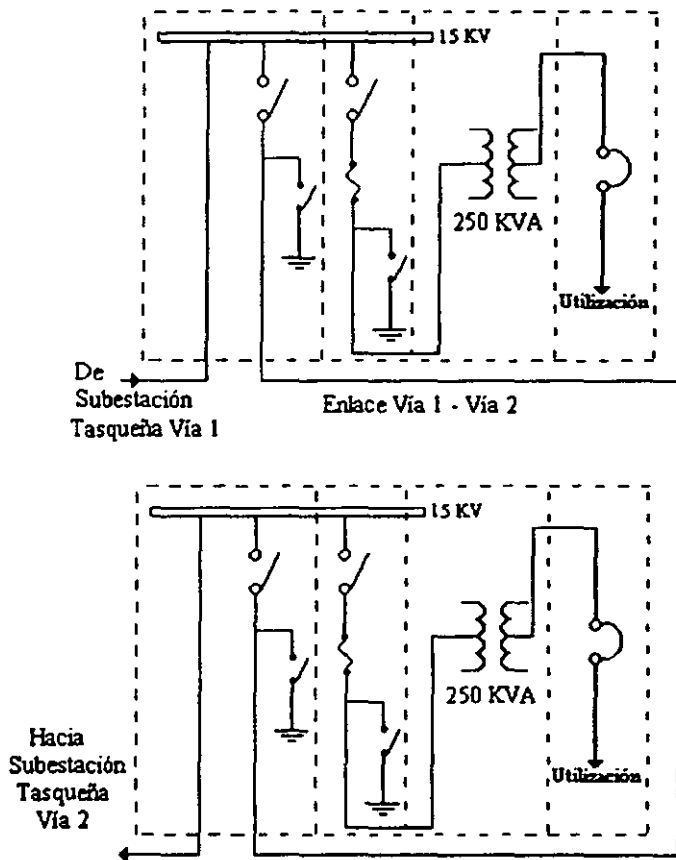


Figura 3.5 Diagrama Unifilar del enlace Vía 1 Vía 2 en Talleres Tasqueña.

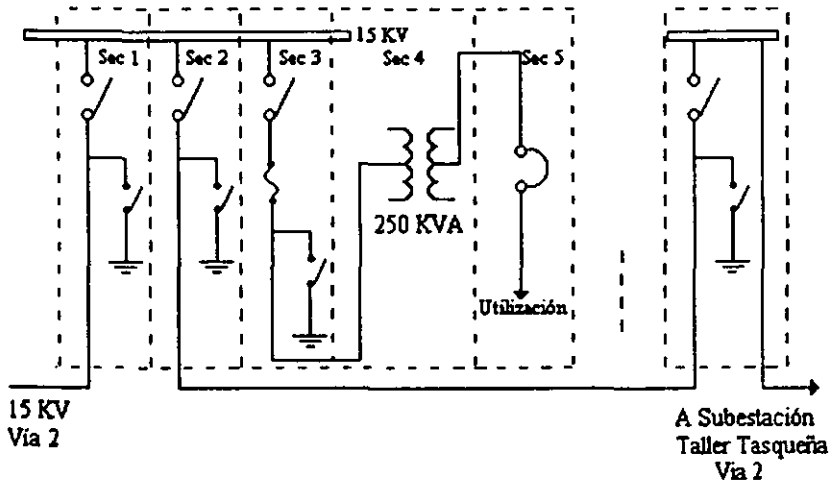


Figura 3.6 Diagrama Unifilar subestación Tasqueña Vía 2.

3.2.4 Subestaciones PCC

3.2.4.1 PCC I Subestación lado "A"

Esta subestación tiene una capacidad total de 750 KVA y consta de 10 secciones que a continuación son descritas :

- 1.- Una sección 2 o llegada, Contiene un interruptor marca *CGEE Alsthom*.
- 2.- Tres secciones 3 o de protección a transformador .
- 3.- Tres secciones 4 o transformadores de 250 KVA de 15 KV /220/127 VCA.

4.- Tres secciones 5 o interruptor de baja tensión con capacidad nominal de 1000 amperes.

El diagrama unifilar de esta subestación es mostrado en la figura 3.7.

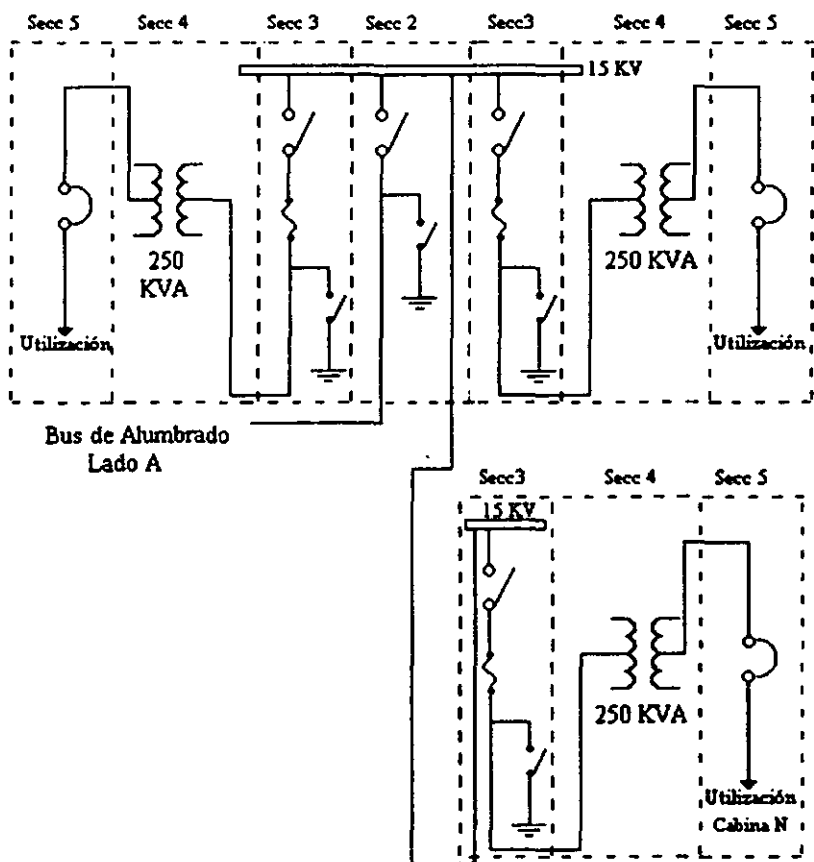


Figura 3.7 Subestación Eléctrica Lado "A" de PCC.

3.2.4.1.1. Subestación Lado "B"

Esta subestación tiene una capacidad total de 500 KVA y consta de 7 secciones que se describen a continuación :

- 1.- Una sección 2 o llegada a interruptor alta tensión 15 KV , proveniente de el bus de alumbrado "B".
- 2.- Dos secciones 3 o protección a transformador.
- 3.- Dos secciones 4 o transformador de 250 KVA de características 15 KV/220/127 VCA.
- 4.- Dos secciones 5 o interruptores de baja tensión con capacidades nominales de 1000 amperes.

Este diagrama unifilar es mostrado en la figura 3. 8.

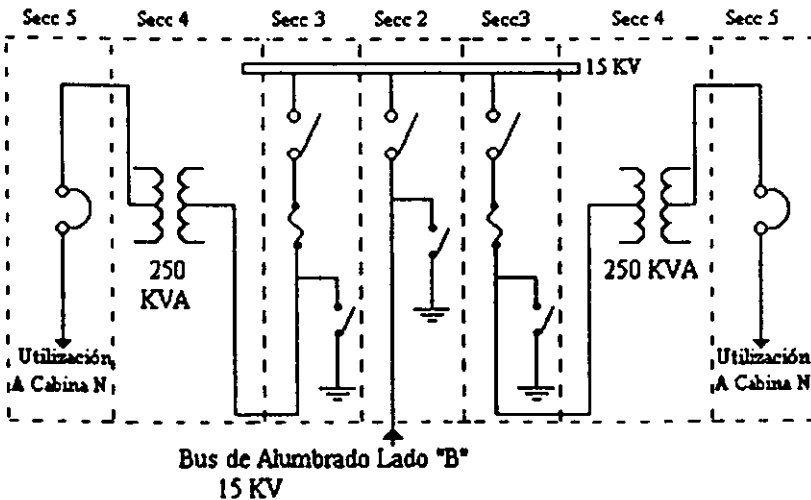


Figura 3.8 Subestación eléctrica PCC I Lado "B".

3.2.4.2 PCC II Subestación lado "A".

Esta subestación es de una capacidad total de 500 KVA y consta de 4 gabinetes o secciones, que a continuación se describen :

- 1.- Una sección de llegada del alimentador de 15 KV que proviene del bus 2A de 15 KV de alumbrado y fuerza , que conecta directamente con el bus de la subestación PCC II.
- 2.- Una sección 3 o protección a transformador, con desconectador y con fusibles de apertura rápida.
- 4.- Una sección 4 o transformador de 500 KVA de 15 KV/220/227 volts VCA.
- 5.- Una sección 5 o interruptor de baja tensión con capacidad nominal de 2000 amperes. El diagrama unifilar se muestra en la figura 3.9.

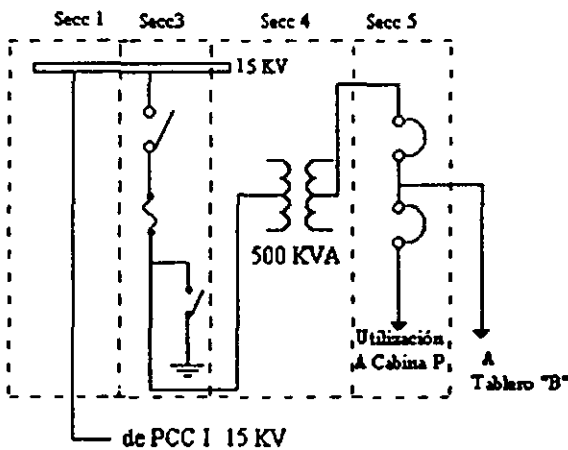


Figura 3.9 Subestación lado "A" PCC II.

71

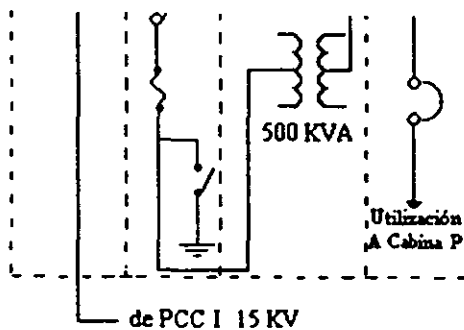


Figura 3.10 Subestación eléctrica Lado "B" PCC II

72

3.3.2 Subestación Talleres El Rosario

Esta subestación se encuentra alimentada de 23 KV, es de una capacidad total de 2000 KVA y consta de 4 secciones que son :

- 1.- Dos secciones cuatro o cuatro transformadores de 1000 KVA de características 23 KV/220/127, cada una.
- 2.- Dos secciones cinco o interruptores de baja tensión de una capacidad nominal de 3000 amperes cada uno, en gabinetes separados.

El transformador lado "A" recibe su alimentación desde la sección 3A de la cabecera de alumbrado y fuerza de la terminal El Rosario.

El transformador lado "B" recibe su alimentación desde la sección 3B de la acometidas a los talleres El Rosario. Los diagramas unifilares se muestran en las figuras 3.12 a), 3.12 b), y 3.12 c).

CAPITULO IV

MANTENIMIENTO DE EQUIPO ELÉCTRICO EN SUBESTACIONES

CAPITULO IV

MANTENIMIENTO DE EQUIPO ELÉCTRICO EN SUBESTACIONES

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

4.1 Características de las Subestaciones Eléctricas del S.T.C.

4.1.1 Subestaciones De 15 KV En Línea.

La alimentación a las subestaciones de alumbrado y fuerza en las líneas 1, 2, 3 se lleva a cabo mediante cuatro cables de 15 KV, que salen del Puesto Central de Control (PCC) y van a la parte central de cada una de las líneas de los que van 2 cables hacia cada uno de los extremos alimentando a las subestaciones, uno por Vía 1 y el otro por Vía 2 como es ilustrado en la figura 4.1.

En algunos circuitos alimentados a esta tensión, se cuenta con enlaces en los extremos de la línea, cerrando el anillo utilizando las secciones 2 de las subestaciones de los extremos como por ejemplo los talleres Tasqueña, el taller de mantenimiento mayor Ticomán, la estación Observatorio, la estación Pantitlán , la estación cuatro caminos y plataforma de pruebas con talleres Zaragoza.

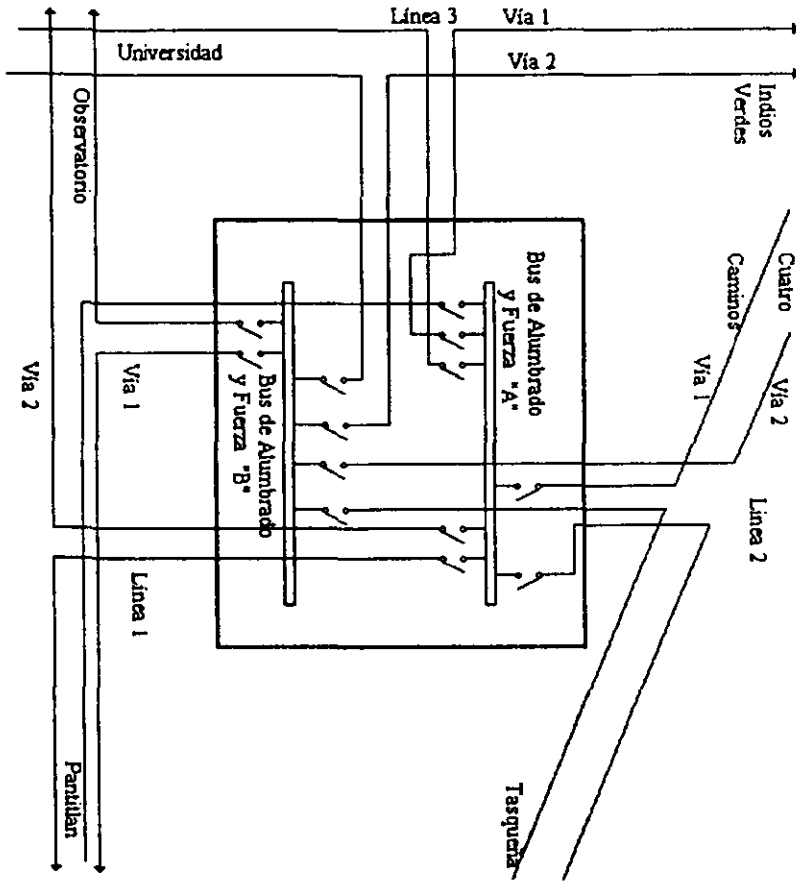
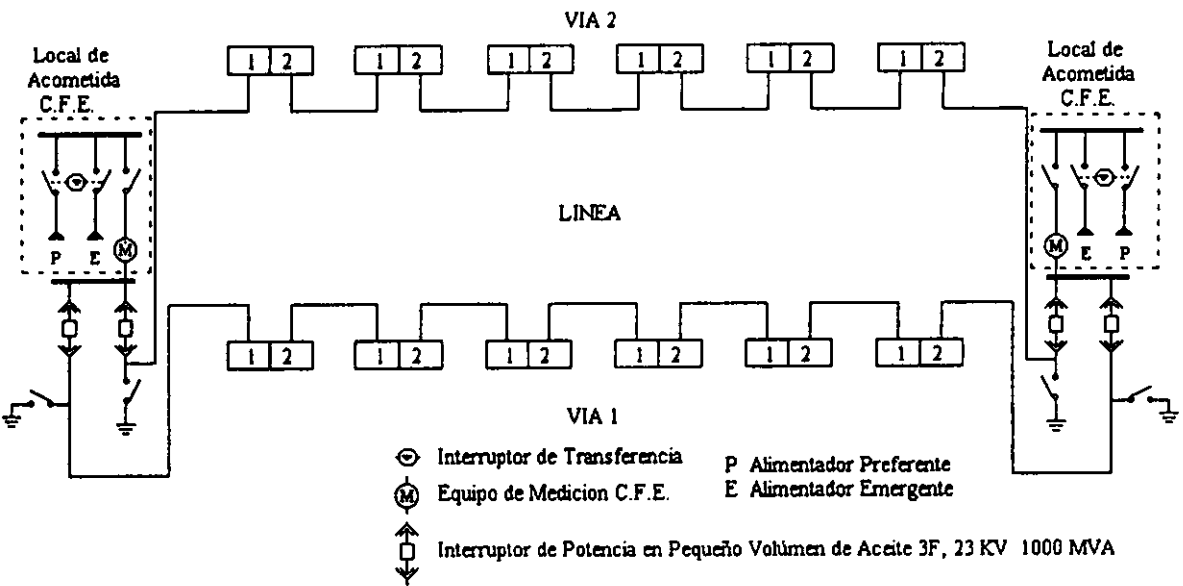


Figura 4.1 Alimentación a las Subestaciones de Alumbrado y Fuerza de las Líneas 1, 2 y 3

4.1.2. Subestaciones De 23 KV En Línea.

La alimentación *Normal* a las subestaciones de alumbrado y fuerza en las líneas cuatro, cinco seis y siete, se lleva a cabo en cada caso mediante 2 circuitos de cables, desde las acometidas de la C.F.E. llamadas cabeceras, cuya función es alimentar por medio de uno de los dos Interruptores de Mediana Tensión (DMT) ahí ubicados, las subestaciones de alumbrado y fuerza de una vía desde un extremo al otro de la línea, y las subestaciones de la otra vía, por el extremo contrario de la línea como se muestra en la figura 4.2

En cada estación de pasajeros, se tienen dos subestaciones para el alumbrado y fuerza, cuya finalidad es transformar los 15 KV o 23 KV en 220 y 127 volts que alimentan a los diferentes circuitos eléctricos para los servicios auxiliares en las estaciones.



9.

Figura 4.2 Principio de Alimentación 23KV, Alumbrado y Fuerza de Líneas 4, 5, 6, 7 y

Tipo De Maniobras	Esquema a Realizar
<i>Indicador De Nivel, Termómetros, Indicadores De Flujo, Sistema Deshidratador, Sistema Inerteaire (Equipo y Presión).</i>	Checar y reportar su estado
<i>Alarmas Por Nivel, Flujo y Temperatura, Ventiladores, Bombas.</i>	Comprobar y reportar su estado y funcionamiento
<i>Termómetro, Vacuómetro, Tanque Conservador.</i>	Comprobar lecturas del termómetro y del vacuómetro para checar si el sello es perfecto. Cuando existe tanque conservador verificar únicamente fugas.
<i>Sistema Deshidratador De Aire</i>	En unidades que lleven desecador de aire en el tanque comprobador el estado de la Silicagel, analizar la causa del estado de humedad de la misma, cuando esta exista.
<i>Tanque Conservador Indicador De Nivel e Instrumentos De Medición.</i>	Verificar y reportar su estado, así como reportar si existen fugas.
<i>Diagrama De Expulsión De Gases</i>	Reportar su estado, en caso de haber operado, reponerlo y analizar la causa posible de la falla.
<i>Conexiones Eléctricas Exteriores.</i>	Checar y reportar si hay señales de calentamiento.
<i>Tablero De Conexiones Del Sistemas De Control y Protección.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar con aire comprimido seco • Observar si no hay señales de calentamiento en las terminales.
<i>Transformadores</i>	Observar y reportar si existen ruidos magnético, vibraciones o condiciones anormales de alguna especie

Tabla 4.5 Guía de Inspección Mensual

CONCLUSIONES

Conclusiones

Como se ha observado a lo largo de este trabajo, el equipo eléctrico utilizado en el sistema de transporte colectivo es de origen nacional y francés en esencia, mucha de esta tecnología empleada también es francesa, esto ocurre principalmente en líneas 1, 2 y 3, la razón es que fueron las precursoras de el sistema en la ciudad de México, este tipo de equipo eléctrico aun se encuentra en funcionamiento y en algunos casos se ha reparado con éxito, puesto que el sistema no puede dejar de funcionar y deberá de estar en óptimas condiciones.

En las nuevas líneas existe en su mayoría equipo nacional tanto para alta tensión en 15 KV y 23 KV como en baja tensión, y los equipos se les debe de proporcionar de igual modo un programa de mantenimiento ya establecido por el mismo sistema.

Los programas de mantenimiento preventivo se realizan en su mayoría cuando el sistema ha dejado de dar servicio a la gran cantidad de usuarios, esto se realiza como es bien sabido en las madrugadas de todos los días. El mantenimiento correctivo se realiza cuando ocurre una falla dentro del sistema, y este es atendido con prioridad para que no deje de funcionar dicho sistema.

El mantenimiento correctivo de las subestaciones depende en su gran mayoría a las fallas propiciadas por los mismos usuarios, esto implica retardo en el servicio, el mayor numero de veces las fallas ocurridas en el horario laborable son propiciadas por el desgaste y "cansancio" del mismo equipo, por tal razón es conveniente comenzar a realizar cambios en la mayoría de las subestaciones.

Respecto a las subestaciones eléctricas, estas como antes se mencionaba, son francesas y entre las mas nuevas las nacionales, en ellas, a pesar de tener bastantes años, todavía puede decirse se encuentran en condiciones favorables para su funcionamiento, el mantenimiento que se da en su mayoría es mantenimiento preventivo y pocas veces el mantenimiento correctivo, por esta razón el sistema de subestaciones eléctricas de es sistema de transporte colectivo se mantiene siempre en óptimas condiciones, no siendo así el sistema mecánico, que sufre desgastes al paso del tiempo.

Bibliografía

- 1.- Transformadores Industriales Reparación, diseño y construcción.
Camarena M. Pedro
- 2.- Electrónica Industrial Moderna
Maloney Timothy J Ed. Prentice Hall
- 3.- Teoría y análisis de las máquinas eléctricas
Kigsley, Kusko, Fitzgerald. Ed. Prentice Hall
- 4.- Instalaciones Eléctricas Conceptos Básicos y diseño.
N.Bratu, E. Campero Ed. Alfa Omega
- 5.- Redes eléctricas tomo I
Viqueira Landa Jacinto Ed. Alfa Omega
- 6.- Redes eléctricas tomo II
Viqueira Landa Jacinto Ed. Alfa Omega
- 7.- Diseño de Subestaciones eléctricas de alta tensión
Torres P. G Tesis profesional

8.- Máquinas Eléctricas

Chapman J. Stephen

Ed. Mc Graw Hill

9.- Instructivo de Subestaciones de Alumbrado y Fuerza

Sistema de Transporte Colectivo

10.- Estructura Tarifaria Vigente

C.F.E.

11.- Manual de diseño de Subestaciones

C. de L. y F. del centro.