

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA**



**"DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE UNA
SUBESTACION ELECTRICA"**

TESINA

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

PRESENTA

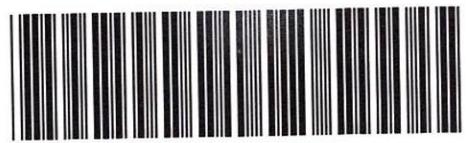
GABRIEL ABEL ALCORTA MEDINA

CD. UNIVERSITARIA

JUNIO DE 1996

TK175
A4
C.1

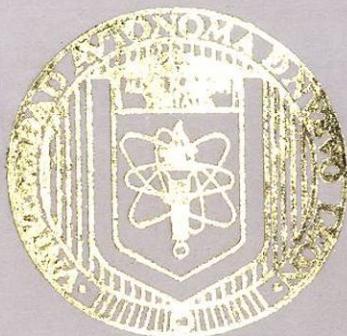
01751
A
1



1080064308

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



"DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE UNA
SUBESTACION ELECTRICA"

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTA

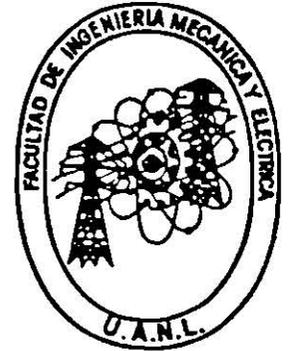
GABRIEL ABEL ALCORTA MEDINA

CD. UNIVERSITARIA

JUNIO DE 1996

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



" Diseño y Mantenimiento de una Subestación Eléctrica "

Curso
Que para Obtener el Título de
INGENIERO ELECTRICISTA

Presenta

Gabriel Abel Alcorta Medina



Biblioteca Central
Magna Solidaridad

F-tesis



UANL
FONDO
DE LICENCIATURA

Agradezco a las siguientes personas por su valiosa cooperación y gran apoyo en el transcurso de mi carrera:

A mis padres: Profr. Miguel Angel Alcorta Valencia
 Profra. Olivia Medina Rodriguez

Por esto, como una pequeña muestra de mi agradecimiento a sus esfuerzos y al gran apoyo que me brindaron durante todo el tiempo que duraron mis estudios.

A mis hermanos: Miguel Angel Alcorta Medina
 Edgar Eduardo Alcorta Medina

Al Ing. Sergio Martinez: Por su valiosa cooperación para la elaboración de este escrito.

Al jurado calificador.

A mis compañeros y amigos

A todos ustedes les estoy eternamente agradecido por todo.

INDICE

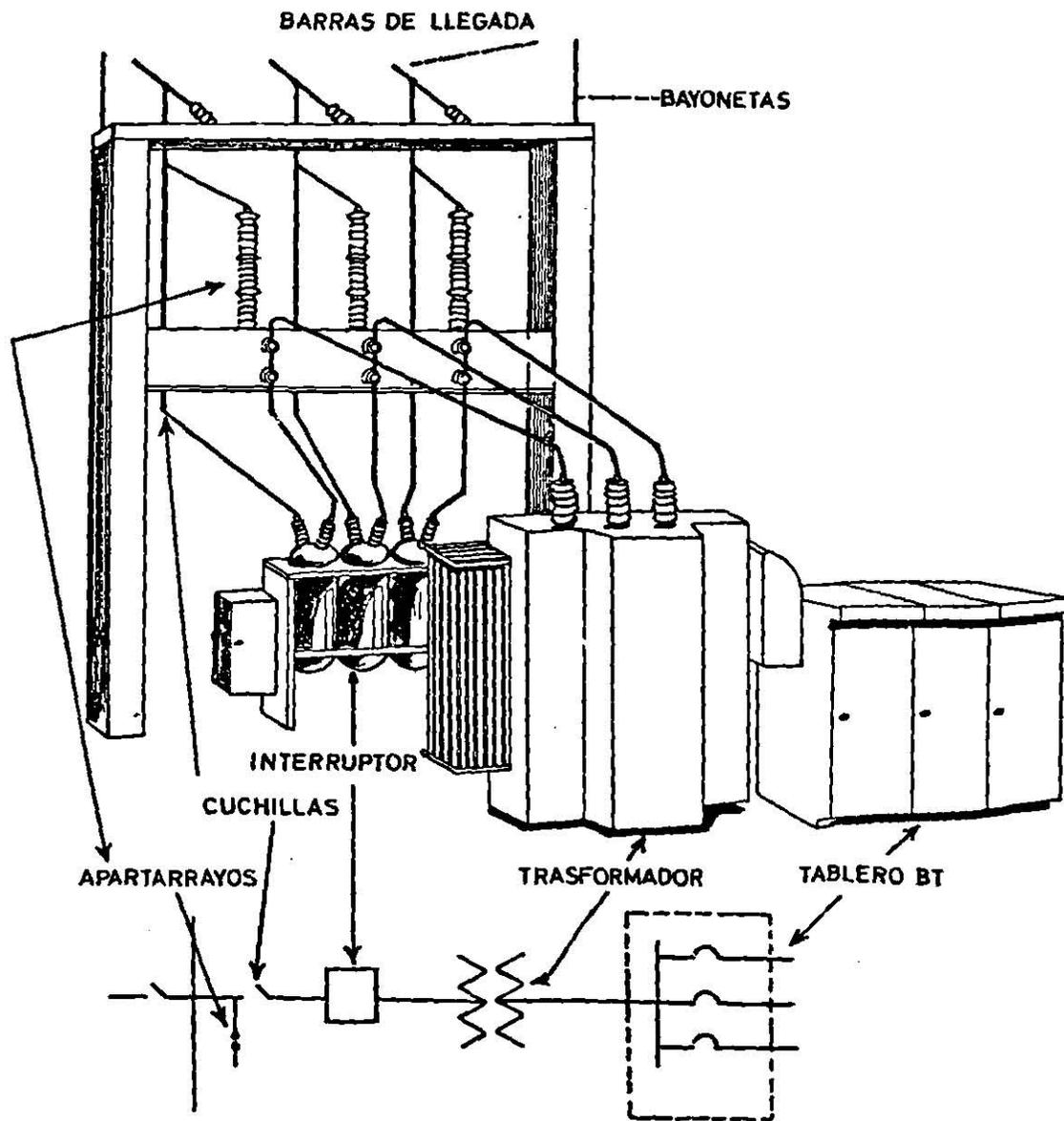
Subestaciones Electricas	1
Elementos Constitutivos de una Subestación Eléctrica	3
El Transformador	4
Interruptores de Potencia	8
Relevadores de Protección	13
Restauradores	15
Cuchillas Fusibles	16
Cuchillas Desconectadoras	17
Apartarrayos	18
Transformadores de Instrumento	20
Pararrayos	21
Capacitores	22
Tableros de Control	23
Mantenimiento a Subestaciones Electricas	25
Mantenimiento a Transformadores	26
Diseño de una Subestacion Eléctrica	27
APENDICE	39

SUBESTACIONES ELECTRICAS.

DEFINICION.

Una subestación eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características de la energía eléctrica o bien conservandola dentro de ciertas características.

EL DIAGRAMA UNIFILAR Y SU REPRESENTACION FISICA



Las subestaciones eléctricas se pueden clasificar de la siguiente manera:

a) Por su operación.

- 1.- De corriente alterna.
- 2.- De corriente continua.

b) Por su construcción.

- 1.- Tipo intemperie.
- 2.- Tipo interior.
- 3.- Tipo blindado.

c) Por su servicio.

PRIMARIAS	Elevadoras. Receptoras reductoras. De enlace o distribución. De switcheo o de maniobra. Convertidoras o rectificadoras.
-----------	---

SECUNDARIAS	Receptoras. Distribuidoras; enlace. Convertidoras o rectificadoras.
-------------	---

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA SUBESTACION ELECTRICA.

Los elementos que constituyen una subestación eléctrica se pueden clasificar en elementos principales y elementos secundarios.

ELEMENTOS PRINCIPALES.

- 1.- Transformador.
- 2.- Interruptor de Potencia.
- 3.- Relevador de Protección.
- 4.- Restaurador.
- 5.- Cuchillas Fusibles.
- 6.- Cuchillas desconectadoras.
- 7.- Apartarrayos.
- 8.- Transformadores de Instrumento.
- 9.- Pararrayos.
- 10.- Condensadores o Capacitores.
- 11.- Tableros de Control.

ELEMENTOS SECUNDARIOS.

- 1.- Cables de Potencia.
- 2.- Cables de Control.
- 3.- Alumbrado.
- 4.- Estructura.
- 5.- Herrajes.
- 6.- Equipo contra Incendio.
- 7.- Equipo de Filtrado de Aceite.
- 8.- Sistema de Tierras.
- 9.- Cercas.
- 10.- Trincheras, Ductos, Conducto, Drenajes.

1.-EL TRANSFORMADOR.

El transformador es un aparato estático que puede transferir energía eléctrica de un circuito eléctrico a otros por medios electromagnéticos pudiendo hacer una transformación de voltaje y corriente entre los circuitos, no habiendo contacto eléctrico entre ellos.

LOS TRANSFORMADORES SE PUEDEN CLASIFICAR DE LA SIGUIENTE MANERA:

- a) *Por la Forma de su Núcleo.*
 - 1.- Tipo columnas.
 - 2.- Tipo acorazado.
 - 3.- Tipo envolvente.
 - 4.- Tipo radial.

- b) *Por el Numero de Fases.*
 - 1.- Monofásico.
 - 2.- Trifásico.

- c) *Por el Medio Refrigerante.*
 - 1.- Aceite.
 - 2.- Aire.
 - 3.- Líquido inerte.

- d) *Por el Tipo de Enfriamiento.*
 - 1.- Enfriamiento OA
 - 2.- Enfriamiento OW
 - 3.- Enfriamiento OA/FA
 - 4.- Enfriamiento OA/FA/FOA
 - 5.- Enfriamiento FOA
 - 6.- Enfriamiento AA
 - 7.- Enfriamiento AFA

- e) *Por el Numero de Devanados.*
 - 1.- Dos Devanados.
 - 2.- Tres Devanados.

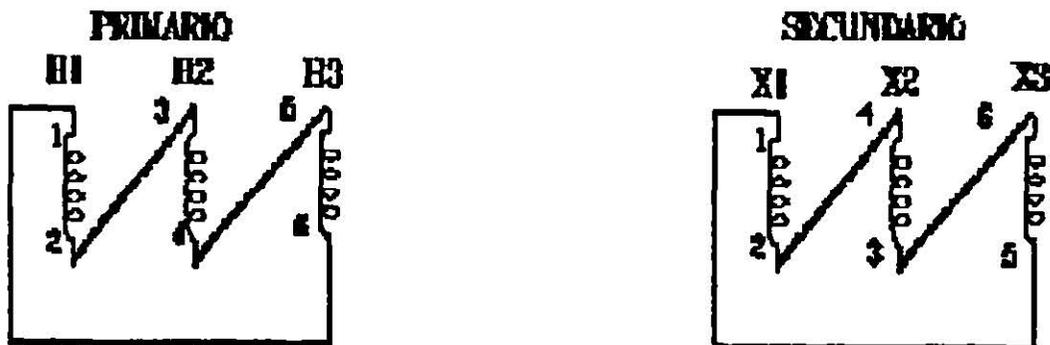
- f) *Por la Regulación.*
 - 1.- Regulación Fija.
 - 2.- Regulación Variable con Carga.
 - 3.- Regulación Variable sin Carga.

- g) *Por su Operación.*
 - 1.- De Potencia.
 - 2.- De Distribución.
 - 3.- De Instrumento o Medición.

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES.

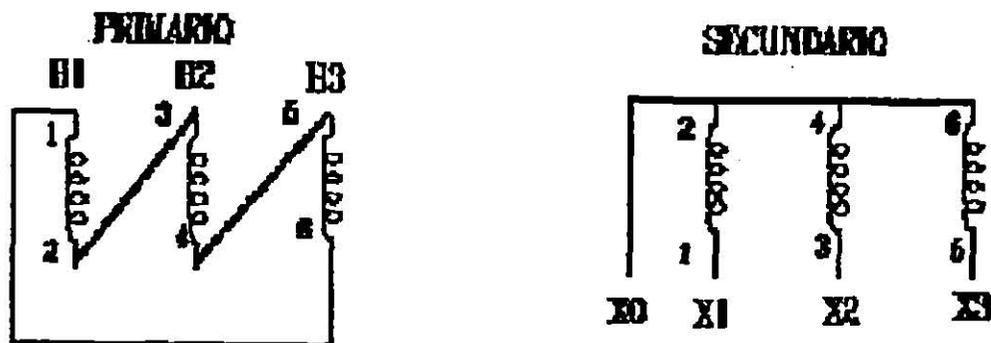
1.- Conexión Delta - Delta.

La conexión Delta - Delta se utiliza comunmente en lugares donde existen tensiones relativamente bajas; en sistemas de distribución se utiliza para alimentar cargas trifásicas a tres hilos. Esta conexión presenta la desventaja de no tener hilo de retorno, en cambio tiene la ventaja de poder conectar los devanados primario y secundario sin defasamiento.



2.- Conexión Delta - Estrella.

Esta conexión se emplea en aquellos sistemas de transmisión en que es necesario elevar voltajes de generación, en sistemas de distribución conviene porque se pueden tener dos voltajes diferentes (entre fases y entre fase y neutro).



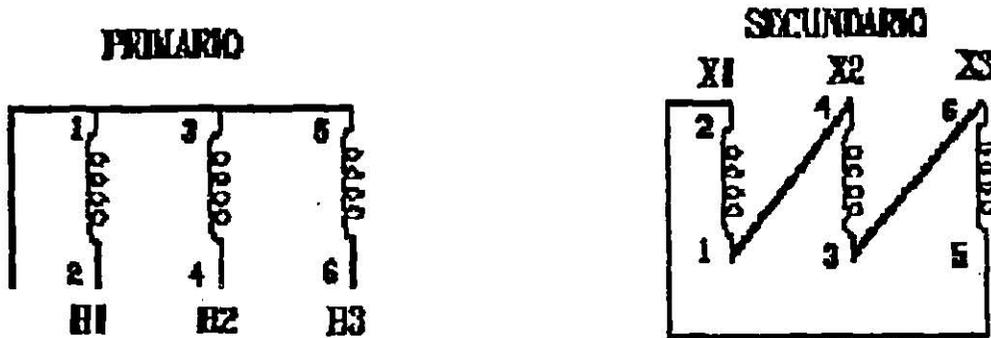
3.- Conexión Estrella - Estrella.

Esta conexión se emplea en tensiones muy elevadas, ya que se disminuye la cantidad de aislamiento.



4.- Conexión Estrella - Delta.

Esta conexión se utiliza en los sistemas de transmisión de las subestaciones receptoras cuya función es reducir voltajes. Es empleada en algunas ocasiones para distribución rural a 20 Kv.



5.- Conexión Delta abierta - Delta abierta.

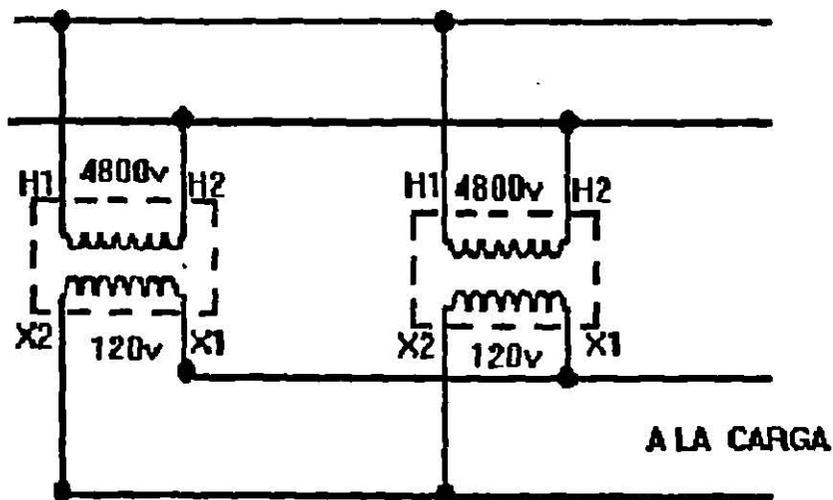
Esta puede considerarse como una conexión de emergencia en transformadores trifásicos, ya que si un transformador se quema o sufre una avería en una de sus fases, se puede seguir alimentando carga trifásica operando el transformador a dos fases, solo que su capacidad disminuye a un 58.8% aproximadamente. Los transformadores trifásicos en Delta abierta - Delta abierta se emplean en sistemas de baja capacidad y usualmente operan como autotransformadores.



RAZONES PARA LA OPERACION DE TRANSFORMADORES EN PARALELO.

- 1.- Se conectan transformadores en paralelo cuando las capacidades de generación son muy elevadas y se requeriría un transformador demasiado grande.
- 2.- Para lograr un incremento en la capacidad de una instalación eléctrica, frecuentemente se presenta un aumento en la carga, por lo que es necesario aumentar la capacidad del transformador. En vez de comprar un transformador nuevo mas grande, se instala otro transformador en paralelo con el ya existente de otra capacidad igual a la nueva demanda; esto resulta económicamente mas conveniente.
- 3.- Para dar flexibilidad de operación a un sistema.

TRANSFORMADORES CONECTADOS EN PARALELO



REQUISITOS PARA LA OPERACION DE TRANSFORMADORES EN PARALELO.

- 1.- Igual relación de transformación(voltajes iguales en le lado primario y secundario).
- 2.- La impedancia en por ciento debe ser la misma.
- 3.- Igual polaridad.
- 4.- Deben conectarse con la misma secuencia de fase.
- 5.- Las relaciones de resistencia y reactancia deben ser equivalentes.

2.-INTERRUPTORES DE POTENCIA.

Un interruptor es un dispositivo cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad de un circuito eléctrico.

Si la operación se realiza sin carga(corriente), el interruptor recibe el nombre de desconectador o cuchilla desconectadora; pero si la operación de apertura o cierre la efectúa con carga(corriente nominal) o con corriente de corto circuito(en caso de alguna perturbación), el interruptor recibe el nombre de disyuntor o interruptor de potencia.

Los interruptores de potencia se construyen de dos tipos generales:

- a) Interruptores en Aceite.
- b) Interruptores Neumáticos.

a) INTERRUPTORES EN ACEITE.

Los interruptores en aceite dependiendo de la cantidad que utilicen se dividen en:

- 1.- Interruptores de Gran Volumen de Aceite.
- 2.- Interruptores de Gran Volumen de Aceite con Camara de Extinción.
- 3.- Interruptores de Pequeño Volumen de Aceite.

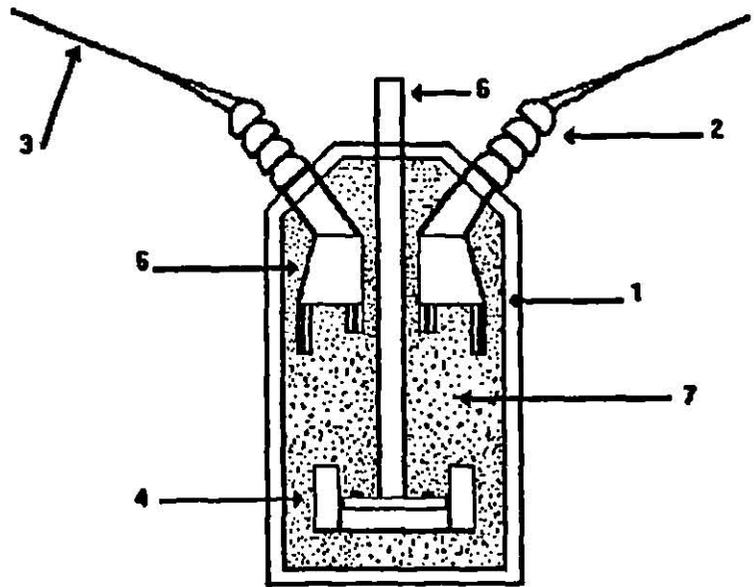
1.- Interruptores de Gran Volumen de Aceite.

Estos interruptores reciben ese nombre debido a la gran cantidad de aceite que utilizan para poder operar, generalmente se construyen en tanques cilindricos y pueden ser monofásicos o trifásicos. Los trifásicos son para operar a voltajes relativamente pequeños y sus contactos se encuentran contenidos en un recipiente común, separados entre sí por separadores aislantes.

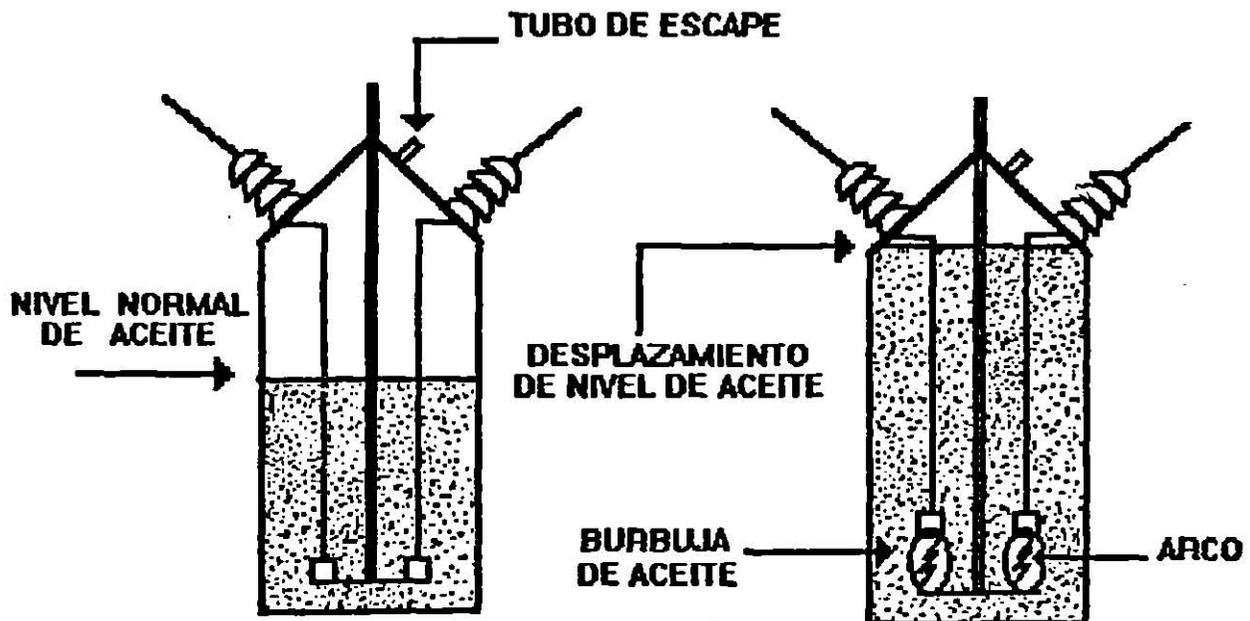
Por razones de seguridad, en tensiones elevadas se emplean interruptores monofásicos(uno por fase en circuitos trifásicos).

Las partes fundamentales de un interruptor de gran volumen son:

- 1.- Tanque o Recipiente.
- 2.- Boquillas.
- 3.- Conectores.
- 4.- Contactos Móviles.
- 5.- Contactos Fijos.
- 6.- Vastago.
- 7.- Aceite de Refrigeración.



Cuando opera el interruptor debido a una falla, los contactos móviles se desplazan hacia abajo, separándose de los contactos fijos.



Conforme aumenta la separación entre los contactos, el arco crece y la burbuja se hace mayor, de tal manera que al quedar los contactos en su separación total la presión ejercida por el aceite es considerable, por lo que en la parte superior del recipiente se instala un tubo de fuga de gases.

2.- Interruptores de Gran Volumen de Aceite con Cámara de Extinción.

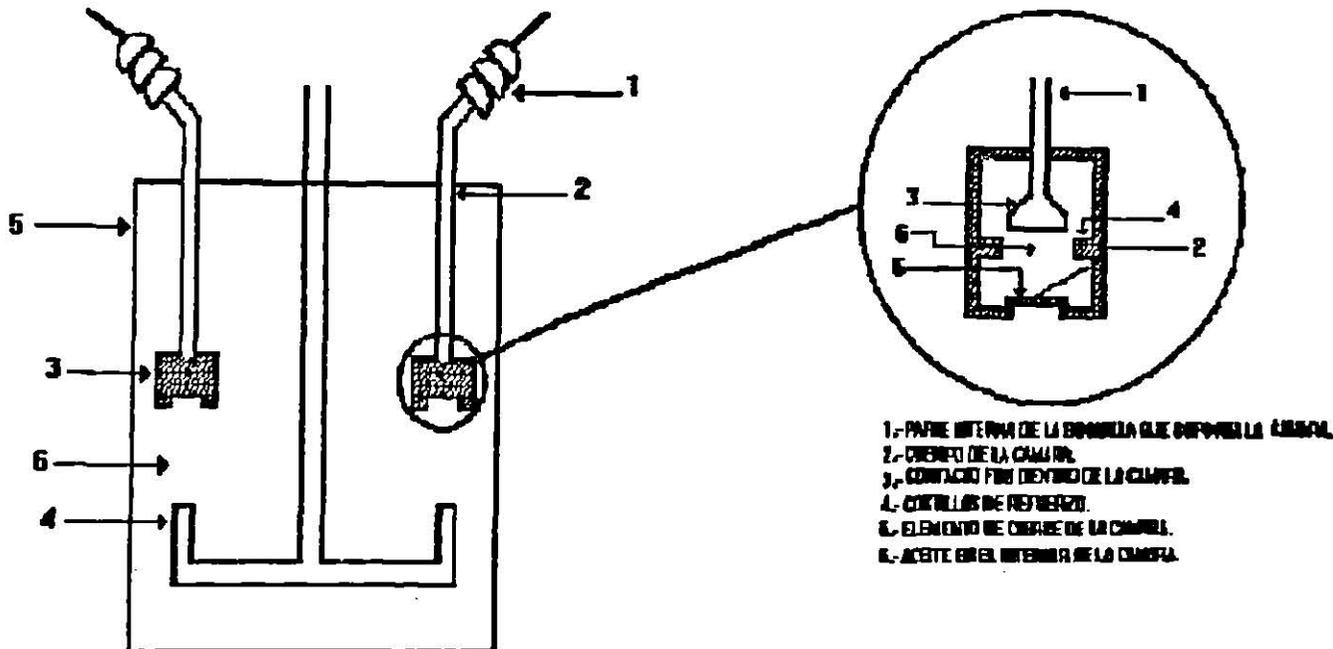
Los interruptores de grandes capacidades, con un gran volumen de aceite pueden originar fuertes presiones internas que en algunas ocasiones pueden provocar explosiones. Para disminuir estos riesgos se han ideado dispositivos donde se formen las burbujas de gas, reduciendo las presiones a un volumen menor. Estos dispositivos reciben el nombre de "cámara de extinción" y dentro de estas cámaras se extingue el arco eléctrico. El procedimiento de extinción es el siguiente:

1.- Al ocurrir la falla se separan los contactos que se encuentran dentro de la cámara de extinción .

2.- Los gases que se producen tienden a escapar, pero como se hallan dentro de la cámara que contiene el aceite, originan una violenta circulación que extingue el arco.

3.- Cuando el contacto móvil sale de la cámara, el arco residual se acaba de extinguir, entrando nuevamente aceite frío a la cámara.

4.- Cuando los arcos se han extinguido, se cierran los elementos de admisión de la cámara.



- 1.- BOBINAS DE CONEXION AL CIRCUITO.
- 2.- CONTACTOS FIJOS DENTRO DE LA CAMARA.
- 3.- CAMARA DE EXTINCION.
- 4.- CONTACTOS MOVILES CON SU VASTAGO.
- 5.- RECIPIENTE.
- 6.- ACEITE.

- 1.- PARED INTERNA DE LA BOMBILLA QUE DEFORMA LA CAMARA.
- 2.- CIERRE DE LA CAMARA.
- 3.- CONTACTO FIJO DENTRO DE LA CAMARA.
- 4.- CONTACTOS DE RESERVA.
- 5.- ELEMENTO DE CIERRE DE LA CAMARA.
- 6.- ACEITE EN EL INTERIOR DE LA CAMARA.

3.- Interruptor de Pequeño Volumen de Aceite.

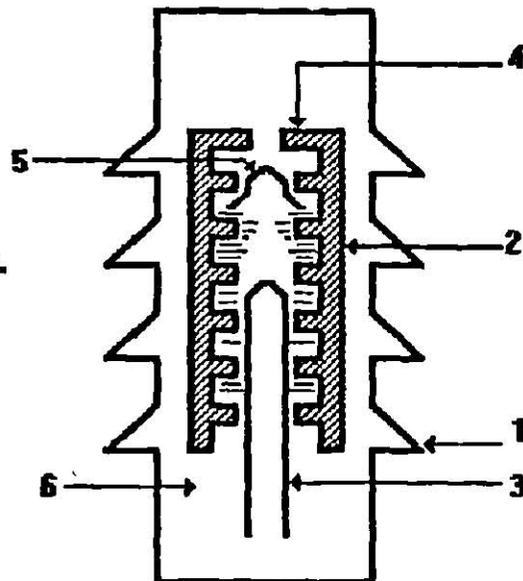
Los interruptores de pequeño volumen de aceite reciben este nombre debido a que su cantidad de aceite es mucho menor en comparación con los de gran volumen (su contenido de aceite varía de entre un 1.5% a un 2.5% del que contienen los de gran volumen).

El funcionamiento de un interruptor de pequeño volumen de aceite es el siguiente:

1.- Al ocurrir una falla se desconecta el contacto móvil (3) originándose un arco eléctrico (5).

2.- A medida que sale el contacto móvil (3) se va creando una circulación de aceite entre las diferentes cámaras que constituyen el cuerpo (2).

- 1.- Parte Externa.
- 2.- Cuerpo de la Cámara.
- 3.- Contacto Móvil.
- 4.- Contacto Fijo.
- 5.- Arco Eléctrico.
- 6.- Aceite.



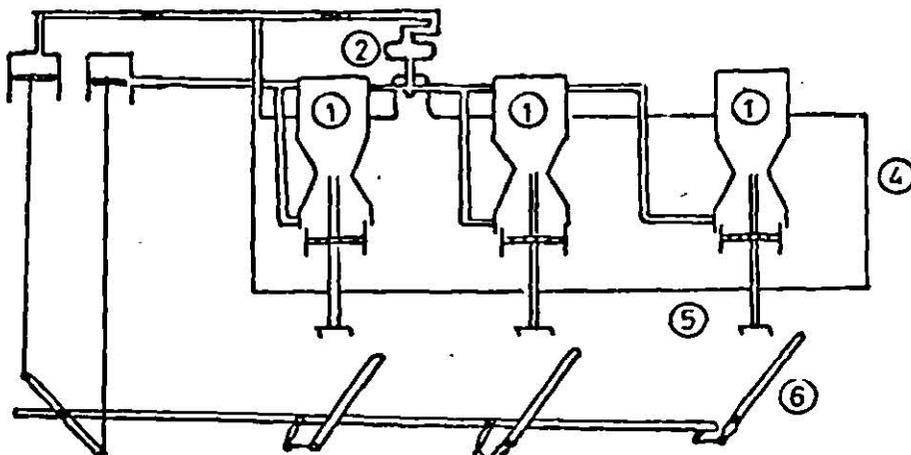
3.- Al alcanzar el contacto móvil su máxima carrera el aceite que circula violentamente extingue por completo el arco.

4.- Los gases que se producen escapan por la parte superior del interruptor.

Los interruptores de pequeño volumen de aceite se fabrican por lo general del tipo columna.

b) INTERRUPTOR NEUMATICO.

El aire a presión se obtiene por un sistema de aire comprimido que incluye una o varias compresoras, un tanque principal, un tanque de reserva y un sistema de distribución en caso de que sean varios interruptores. Se fabrican monofásicos y trifásicos, para uso interior o uso exterior. El proceso general de funcionamiento se puede comprender con ayuda de la siguiente figura.



Cuando ocurre una falla la detecta el dispositivo de control, de tal manera que una válvula de solenoide acciona una válvula principal(2) y sigue una secuencia que puede describirse en general como sigue:

- 1.- Al ser accionada la válvula principal(2), esta se abre, permitiendo el acceso de aire a los aisladores huecos(1).
- 2.- El aire a presión que entra a los aisladores huecos presiona por medio de un émbolo a los contactos(5).
- 3.- Los contactos(5) accionan a los contactos(6) que operan simultáneamente abriendo el circuito.
- 4.- Como los aisladores huecos(1) se encuentran conectados directamente a las cámaras de extinción(3), al bajar los contactos(5) para accionar los contactos(6) el aire a presión que se encuentra en los aisladores(1) entra violentamente a la cámara de extinción(3) extinguiéndose el arco.

Existen algunas ventajas entre los interruptores neumáticos sobre los interruptores de aceite que hacen a estos mas costeables algunas de estas son:

- 1.- Ofrecen mejores condiciones de seguridad, ya que evitan explosiones e incendios.
- 2.- Interrumpe las corrientes de fallas en menores ciclos.
- 3.- Es mas barato.

3.-RELEVADORES DE PROTECCION.

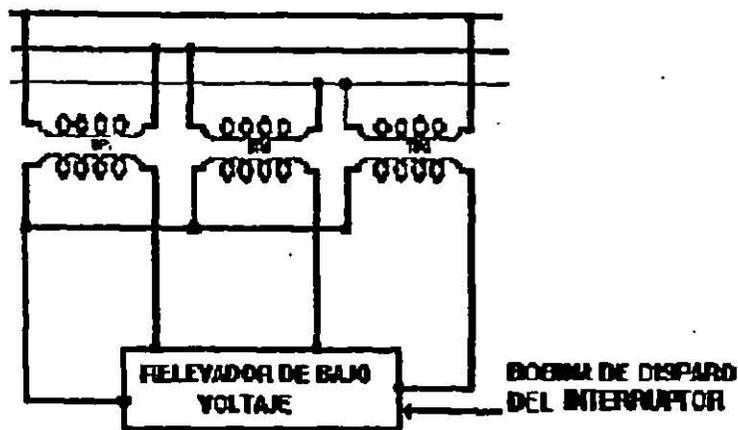
La parte fundamental para que los interruptores funcionen automáticamente al existir una falla, son los relevadores de protección que vienen siendo los sensores de la falla.

En su mayor parte estos relevadores funcionan como cualquier otro tipo de relevador de control y están constituidos generalmente por la bobina de accionamiento y sus mecanismos de ajuste(elementos mecánicos).

Algunos de los relevadores que se utilizan en la protección de sistemas de potencia son:

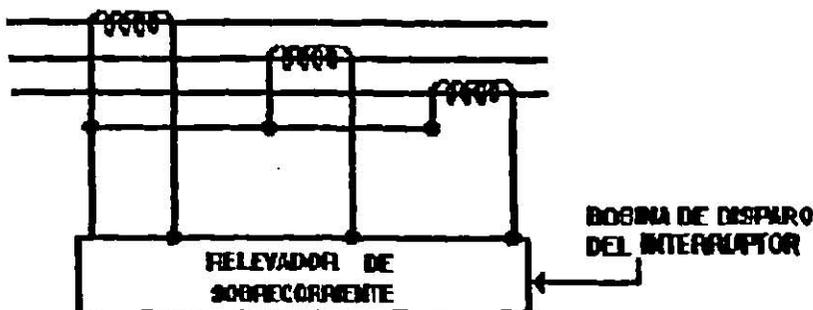
a) Relevadores de Bajo Voltaje.

Se utilizan para abrir o cerrar circuitos de disparo del interruptor cuando el voltaje aplicado a su bobina deja un valor determinado, están conectadas en paralelo con las líneas de alta tensión a travez de transformadores de potencial.



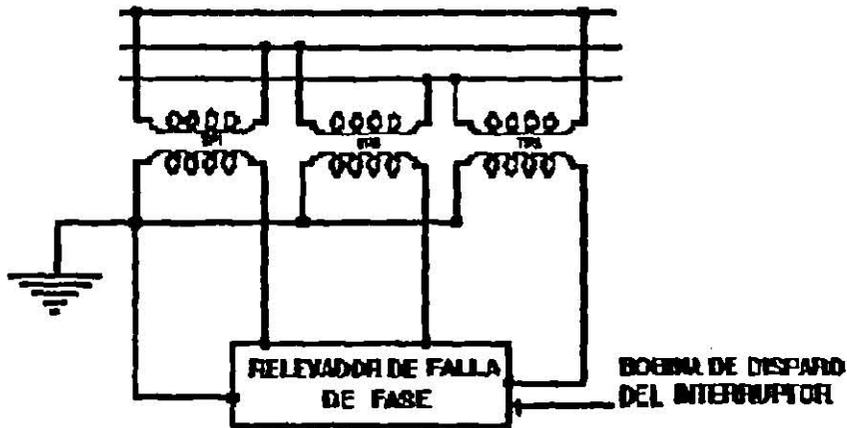
b) Relevadores de Sobrecorriente.

Con tiempo instantanea este relevador actúa cuando la corriente alcanza un valor predeterminado.



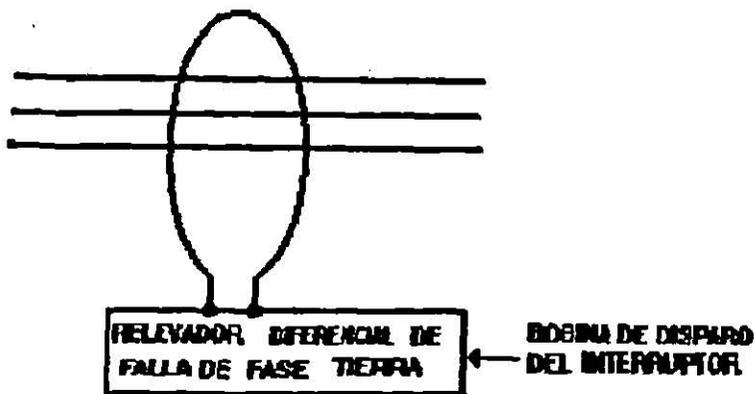
c) Relevadores de Secuencia de Fase.

Este dispositivo se utiliza para protección de bajo voltaje debido a la apertura de fase en una demora de corriente.



d) Relevadores de Protección Diferencial.

Este dispositivo se utiliza para proteger el equipo contra fallas entre fases y fallas a tierra, operan cuando existe una variación de corriente. Si la variación excede de un cierto valor debido a una falla entonces opera el relevador botando el interruptor.



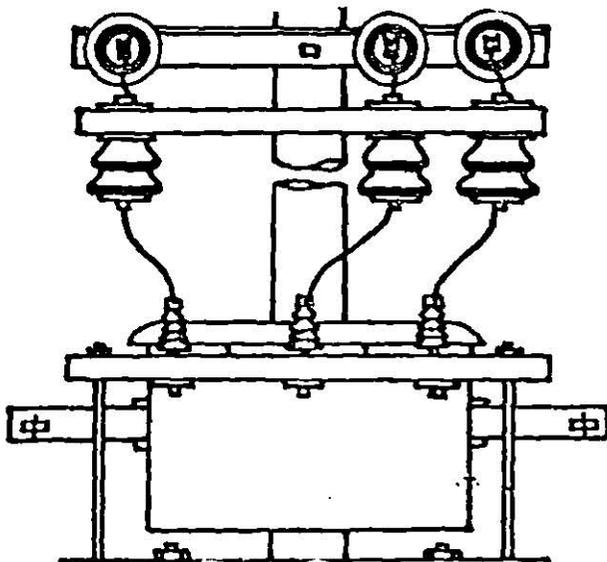
4.-RESTAURADORES.

En los sistemas de distribución, además del problema de la protección de los equipos eléctricos, se presenta el problema de la continuidad del servicio, es decir, la protección que se planea en las redes de distribución se hace pensando en los dos factores mencionados anteriormente.

Para satisfacer esta necesidad se ideó un interruptor de operación automática que no necesita de accionamiento manual para sus operaciones de cierre o apertura (la operación manual se refiere al mando por control remoto), es decir, construido de tal manera que un disparo o un cierre está calibrado de antemano y opera bajo una secuencia lógica predeterminada y constituye un interruptor de operación automática con características de apertura y cierre regulables de acuerdo con las necesidades de la red de distribución que se va a proteger. Este interruptor recibe por tales condiciones el nombre de restaurador.

Un restaurador no es más que un interruptor de aceite con sus tres contactos dentro de un mismo tanque y que opera en capacidades interruptivas relativamente bajas y tensiones no muy elevadas.

El restaurador opera en forma semejante a un interruptor trifásico, ya que sus contactos móviles son accionados por un vástago común, conectados y desconectados en forma simultánea.



El proceso de apertura o recierre se puede describir brevemente como sigue:

1.- Cuando ocurre la falla la bobina de disparo se energiza y actúa sobre un trinquete mecánico que hace caer a los contactos móviles.

2.- Los contactos móviles disponen de resortes tensionados de tal forma que la apertura es rápida. Al caer los contactos móviles energizan la bobina de recierre que se encuentra calibrada para operar con un cierto intervalo.

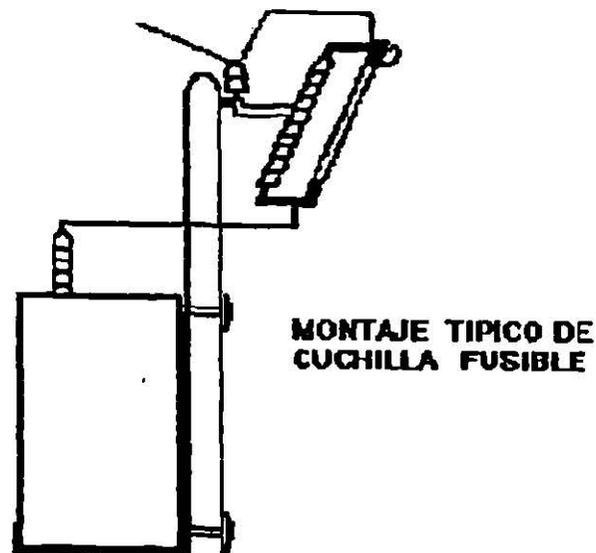
3.- La bobina de recierre acciona un dispositivo mecánico que opera los contactos móviles, conectándose nuevamente con los contactos fijos.

4.- Si la falla es transitoria el restaurador queda conectado y preparado para otra falla. Si la falla es permanente se repetirá todo el proceso anterior según sea el número de recierres para el cual se ha calibrado hasta quedar desconectado.

5.-CUCHILLAS FUSIBLES.

La cuchilla fusible es un elemento de conexión y desconexión de circuitos eléctricos. Tiene dos funciones: como cuchilla desconectadora y como elemento de protección.

El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible, que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión. El dispositivo fusible se selecciona de acuerdo con el valor de la corriente nominal que va a circular por el, pero los fabricantes tienen el correspondiente valor de corriente de ruptura para cualquier valor de corriente nominal.



Los elementos fusibles se construyen fundamentalmente de plata(en casos especiales), de cobre electrolítico con aleación de plata o cobre aleado con estaño.

6.-CUCHILLAS DESCONECTADORAS (SECCIONADORES).

La cuchilla desconectadora es un elemento que sirve para desconectar físicamente un circuito eléctrico.

Por lo general se operan sin carga, pero con algunos aditamentos se puede operar con carga, hasta ciertos límites.

Las cuchillas desconectadoras se pueden clasificar según su:

a) Operación.

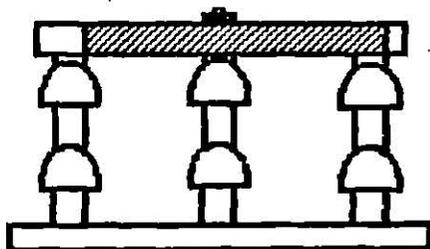
- 1.- Con carga (con tensión nominal).
- 2.- Sin carga (con tensión nominal).

b) Tipo de accionamiento.

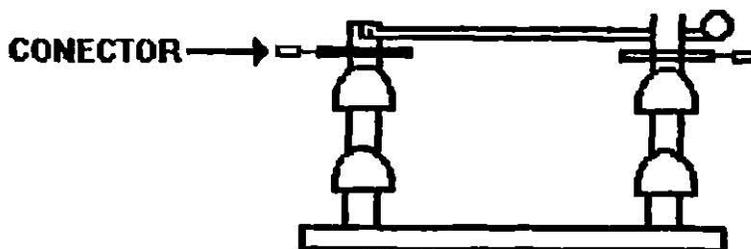
- 1.- Manual.
- 2.- Automático.

c) Forma de desconexión.

- 1.- Con tres aisladores, dos fijos y uno giratorio al centro (horizontal), llamado también de doble arco.



- 2.- Con dos aisladores (accionados por pértiga), operación vertical.



d) Instalación.

- 1.- Pantógrafo o separador de tijera.
- 2.- Cuchilla tipo AV.
- 3.- Cuchilla tripolar de doble aislador giratorio.
- 4.- Cuchillas desconectadoras con cuernos de arqueo.
- 5.- Vertical LCO.
- 6.- Horizontal standard.

7.-APARTARRAYOS.

Las sobretensiones que se presentan en las instalaciones de un sistema pueden ser de dos tipos:

- a) Sobretensiones de origen atmosférico.
- b) Sobretensiones por fallas en el sistema.

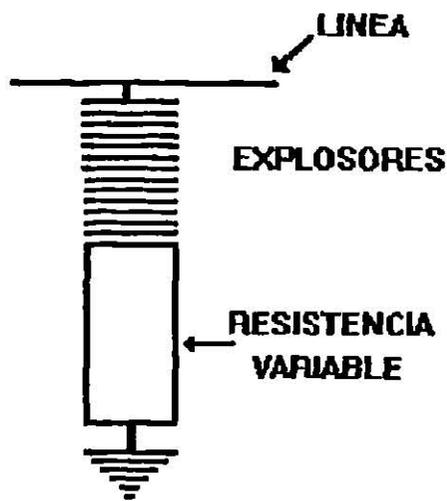
El apartarrayos es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de origen atmosférico.

Las ondas que se presentan durante una descarga atmosférica viajan a la velocidad de la luz y dañan el equipo si no se les tiene protegido correctamente; para la protección del mismo se deben tomar en cuenta los siguientes dos aspectos:

- 1.- Descargas directas sobre la instalación.
- 2.- Descargas indirectas.

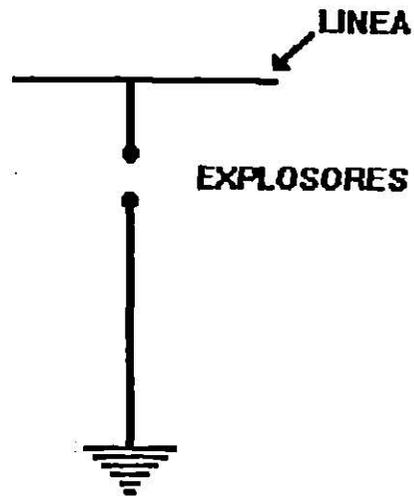
El caso que puede presentarse más frecuente es el de las descargas atmosféricas indirectas, y el apartarrayos, que se encuentra conectado permanentemente en el sistema, opera cuando se presenta una corriente superior a la nominal; drenandola a tierra.

Su principio de operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre explosores cuya separación está determinada de antemano de acuerdo con la tensión a la que va a operar.

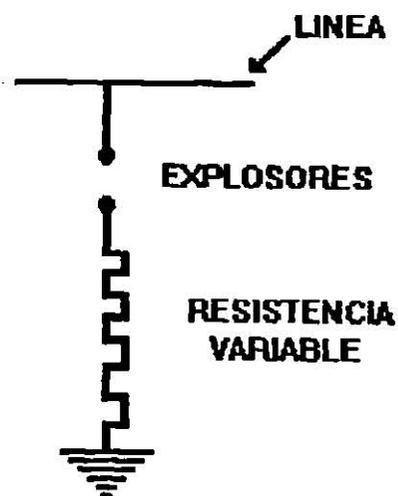


Se fabrican diferentes tipos de apartarrayos, basados en el mismo principio de operación. Los más conocidos son el "apartarrayo tipo autovalvular" y el "apartarrayo de resistencia variable".

El apartarrayos del tipo autovalvular consiste de varias capas de explosores conectados en serie por medio de resistencias variables cuya función es dar una operación más sensible y precisa. Se emplea en los sistemas que operan a grandes tensiones, ya que representa una gran seguridad de operación.



El apartarrayos de resistencia variable funda su principio de operación en el principio general, es decir, con dos explosores, y se conecta en serie a una resistencia variable. Se emplea en tensiones medianas y tiene mucha aceptación en sistemas de distribución.



La función del apartarrayos no es eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante las descargas atmosféricas, sino limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para la maquinaria o el equipo del sistema.

8.-TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTO.

Se denominan transformadores para instrumento a los que se emplean para alimentación de equipos de medición, control o protección. Los transformadores para instrumento se dividen en dos clases:

- 1.- Transformadores de Corriente.
- 2.- Transformadores de Potencial.

1.- Transformadores de Corriente.

Se conoce como transformador de corriente a aquél cuya función principal es cambiar el valor de una corriente elevada a una corriente relativamente baja con la cual se puedan utilizar instrumentos de medición, control o protección, como amperímetros, wattímetro, instrumentos registradores, relevadores de sobrecorriente, etc.

Su construcción es semejante a la de cualquier tipo de transformador, ya que fundamentalmente consiste en un devanado primario y un devanado secundario. La capacidad de estos transformadores es muy baja, se determina sumando las capacidades de los instrumentos que se van a alimentar, y pueden ser de 15, 30, 50, 60 y 70 VA.

Hay transformadores de corriente que operan con corrientes relativamente bajas; estos transformadores pueden construirse sin devanado primario, ya que el primario lo constituye la línea a la que van a conectarse. En este caso a los transformadores se les da el nombre de transformadores de tipo dona.

2.- Transformadores de Potencial.

Se denomina transformadores de potencial a aquél cuya función principal es transformar los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente. Estos transformadores sirven para alimentar instrumentos de medición, control o protección que requieran señal de voltaje.

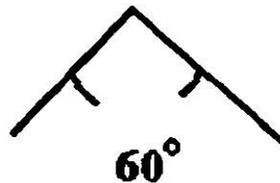
Los transformadores de potencial se construyen como cualquier otro transformador con un devanado primario y uno secundario; su capacidad es baja, ya que se determina sumando las capacidades de los instrumentos de medición que se van a alimentar, y varían de 15 a 60 VA. Se construyen para diferentes relaciones de transformación, pero el voltaje en el devanado secundario es normalmente de 115v.

9.-PARARRAYOS.

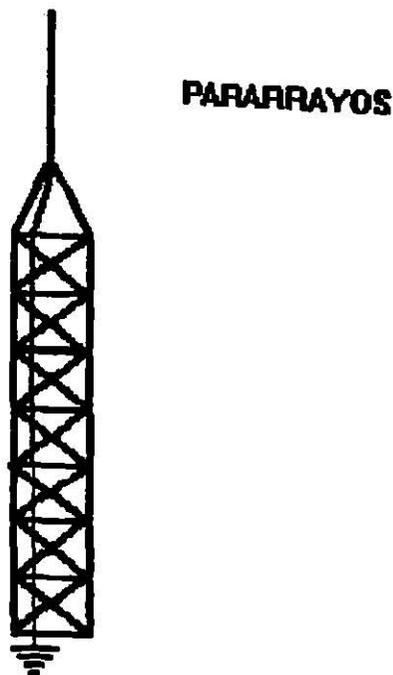
Los pararrayos en las subestaciones electricas tienen la finalidad de que sean ellos los que sean alcanzados por descargas atmosféricas que se presentan en el area que ocupa la subestación evitando así que el equipo basico de la subestacion se vea sometido a las sobretensiones que estas descargas producen.

La protección que da el pararrayos contra las sobretensiones de origen atmosférico esta basado en el poder que tienen las puntas en ser alcanzadas preferentemente por las descargas de origen atmosférico.

Los pararrayos protegen de las descargas de origen atmosférico a todo aquello que se encuentra dentro de un cono que se forma a su alrededor como se muestra en la figura:



El cono de protección que nos permite el pararrayos tiene un angulo maximo de 60°. Normalmente se utiliza en subestaciones de 115Kv en adelante.



10.-CONDENSADORES O CAPACITORES.

Una de las formas de reducir la máxima demanda en un transformador es mejorando el factor de potencia. El criterio es el mismo que se aplica para los generadores, en terminos generales se puede establecer que si el factor de potencia es por ejemplo de 0.8 atrasado, la cantidad de energía que se entrega es 1.25 veces mayor que la que se entregaría si el factor de potencia fuera unitario.

La corrección del factor de potencia aún cuando requiera de alguna inversión en equipo, representa un ahorro, en algunos casos considerable ya que reduce los cargos por disminución e interés, por otra parte hay algunas ventajas de orden técnico para el consumidor, tales como menores pérdidas por calentamiento, mayor eficiencia desde el punto de carga, menor tamaño en los cables de distribución e interruptores con una mejor regulación de voltaje.

Algunas de las ventajas que se pueden obtiene con el uso de capacitores en los sistemas eléctricos son:

- a) Evitar el pago de multas a la compañía suministradora de energía eléctrica.
- b) Reducir la pérdida de energía en los sistemas de distribución.
- c) Aumentar la eficiencia del sistema eléctrico en general.
- d) Pagar la energía real que se utiliza en forma de trabajo y no la que se transforma en calor en las líneas de alimentación.
- e) Aligerar la capacidad de los transformadores, generadores y las líneas de alimentación evitando riesgos por sobrecargas o cortocircuitos.
- f) Aprovechar la capacidad liberada y utilizarla para conectar nueva sin tener que ampliar las instalaciones existentes.
- g) Reducir las caídas de voltaje en las líneas de alimentación.

Por todo lo anterior el capacitor es un elemento imprescindible en cualquier red eléctrica, además de ser una inversión con un tiempo de recuperación muy corto.

11.- TABLEROS DE CONTROL.

El tablero de distribución es aquél que alimenta, protege, interrumpe, mide y transfiere circuitos primarios.

Los tableros pueden ser de alta tensión y de baja tensión.

Tablero de baja tensión. Un tablero de baja tensión es el que trabaja a una tensión no mayor de 1,000 volts de corriente alterna o a no más de 1,500 volts de corriente continua.

Las tensiones nominales de corriente alterna para tableros de baja tensión son:

- a) 120 volts.
- b) 240 volts.
- c) 480 volts.
- d) 550 volts.

Las tensiones de tableros de baja tensión para corriente continua son:

- a) 125 volts.
- b) 250 volts.
- c) 550 volts.

Las corrientes nominales para tableros de baja tensión en corriente alterna o corriente continua son las siguientes:

- a) 600 amp.
- b) 1,200 amp.
- c) 2,000 amp.
- d) 3,000 amp.
- e) 4,000 amp.
- f) 5,000 amp.

Tablero de alta tensión. El tablero de alta tensión es aquel que trabaja a una tensión mayor de 1,000 volts de corriente alterna o mayor de 1,500 volts de corriente continua.

Las tensiones nominales de corriente alterna para tableros de alta tensión son:

- a) 2,400 volts.
- b) 4,160 volts.
- c) 7,200 volts.
- d) 13,800 volts.
- e) 23,000 volts.
- f) 34,500 volts.

Las corrientes nominales para tableros de alta tensión para corriente alterna o corriente continua son:

- a) 600 amp.
- b) 1,200 amp.
- c) 2,000 amp.
- d) 3,000 amp.
- e) 4,000 amp.
- f) 5,000 amp.

Condiciones generales de servicio. Los tableros que utilizan aire como medio aislante y refrigerante deberán ser adecuados para operar en el interior hasta 1,000 m. sobre el nivel del mar y a una temperatura no mayor de 40°C.

En caso de que se opere a una altitud mayor y a una temperatura más elevada, estas condiciones se consideran como especiales y se deben indicar al fabricante.

Estas son algunas condiciones especiales que se deben indicar por el fabricante:

- 1.- Si el tablero estará o no expuesto a la intemperie.
- 2.- Si el tablero va a estar expuesto a salpicaduras, caída de agua o lodo.
- 3.- Indicar la presencia de humos o vapores corrosivos.
- 4.- Indicar la presencia de vapores de agua.
- 5.- Indicar si hay presencia de vapores de aceite.

Construcción de los tableros de distribución de baja tensión. Los tableros con compartimientos deberán estar contruidos en la siguiente forma:

- a) Cada interruptor tendrá su compartimiento.
- b) Los instrumentos de medición y control, elementos indicadores y otros dispositivos se deben alojar en compartimientos propios o en las puertas o cubiertas frontales de los compartimientos de interruptores.
- c) El espacio que no ocupen los interruptores y demás equipo de protección y medición, servirá para alojar las barras colectoras del tablero y para colocar también transformadores de medición y control, fusibles, reactores, pararrayos y condensadores.
- d) Las barras colectoras correspondientes a diferentes fuentes de alimentación se separan en compartimientos propios.

MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES ELECTRICAS.

Aunque al parecer, el mantenimiento de una subestación es sencilla, no deja de tener gran importancia, por estar ahí el corazón de la empresa, ya que falla en cualquiera de los elementos de la subestación puede ocasionar la paralización total o parcial de las actividades de dicha empresa.

Es por eso que el electricista no debe descuidar esta parte tan vital, aconsejándosele desde luego que al acerse cargo del mantenimiento, su primera verificación debe ser a la subestación, de acuerdo con las siguientes instrucciones:

a) Tenga ante todo presente que se encuentra en un lugar peligroso, en que debe pensar antes de hacer cualquier cosa.

b) Observe el estado general de la subestación, pues generalmente el lugar ha sido poco visitado y se encuentra lleno de polvo y basura. Anotar en una libreta la limpieza del local.

c) Dirijase al o los transformadores, tomando lectura de sus termómetros y niveles, los cuales no deben marcar más de 55°C, que es la temperatura máxima normal a que deben trabajar. La inspección del interruptor debe concentrarse a observar si no existe ruido en los relevadores cuya intensidad sea demasiada.

d) Ahora debe ver los tableros de baja tensión y tome las lecturas de los voltímetros y amperímetros anotando sus valores, o en caso de no tenerlos, observe si no están calientes o si no muestran huella de haberse calentado.

En caso de que al hacer el estudio de las anotaciones encuentre todo normal, el mantenimiento se concentra a lo siguiente:

1.- Mantener limpia la subestación, con objeto de que no acumule polvo, sobretodo en las partes en que se puede ocasionar un arqueo y por consiguiente un cortocircuito. La limpieza de las subestaciones debe efectuarse estando la planta parada.

Antes de esto se llega a un acuerdo, con C.F.E. para que realicen ellos una libranza(corte), la cual consiste en desconectar las cuchillas que están en el ramal de C.F.E. después de esto, se desconectaran las cuchillas de entrada y el interruptor(en la subestación). Una vez quitada la corriente, por medio de un soplador eléctrico retire el polvo acumulado.

2.- En los casos de subestaciones tipo abiertas, limpie perfectamente por medio de un trapo seco los bornes de alta y baja tensión de o los transformadores, aisladores y tapas metálicas; lo mismo se hará con los tableros e interruptores expuestos al aire.

3.- Rectificar las lecturas de los termómetros, niveles, amperímetros, voltímetros, etc. Abriendo la tarjeta de control con la fecha de la inspección y anotando las nuevas inspecciones cada 30 días, período en el que deberá volver y verificar todo lo que se ha explicado, lo que permitirá detectar con anticipación cualquiera de las fallas.

MANTENIMIENTO A LOS TRANSFORMADORES.

En transformadores pequeños, incluyendo los de distribución, el mantenimiento usual consiste en limpieza, revisión y evaluación de la fijación y el apretar los herrajes y tornillería, además de la revisión de las propiedades del aceite.

Si se detecta una condición deteriorada (fuera de límites) del aceite, se cambia este, se lava el tanque y se llena con aceite nuevo.

En transformadores de potencia, cada año o máximo cada dos años se le hacen pruebas al aceite, primero mediante resistencia eléctrica y apariencia, y en caso de duda o cercanía a los límites, se procede a realizar pruebas de número de neutralización, tensión artificial, peso específico, índice de viscosidad, porcentaje de carbón y cantidad de humedad.

Cuando la inspección visual revela la presencia de carbón en las terminales o estas parecen carcomidas, probablemente hay falsos contactos, por lo que se debe revisar la rigidez mecánica de las terminales internas y externas.

En forma general, se pueden incluir entre las pruebas de mantenimiento que se hacen a un transformador las siguientes:

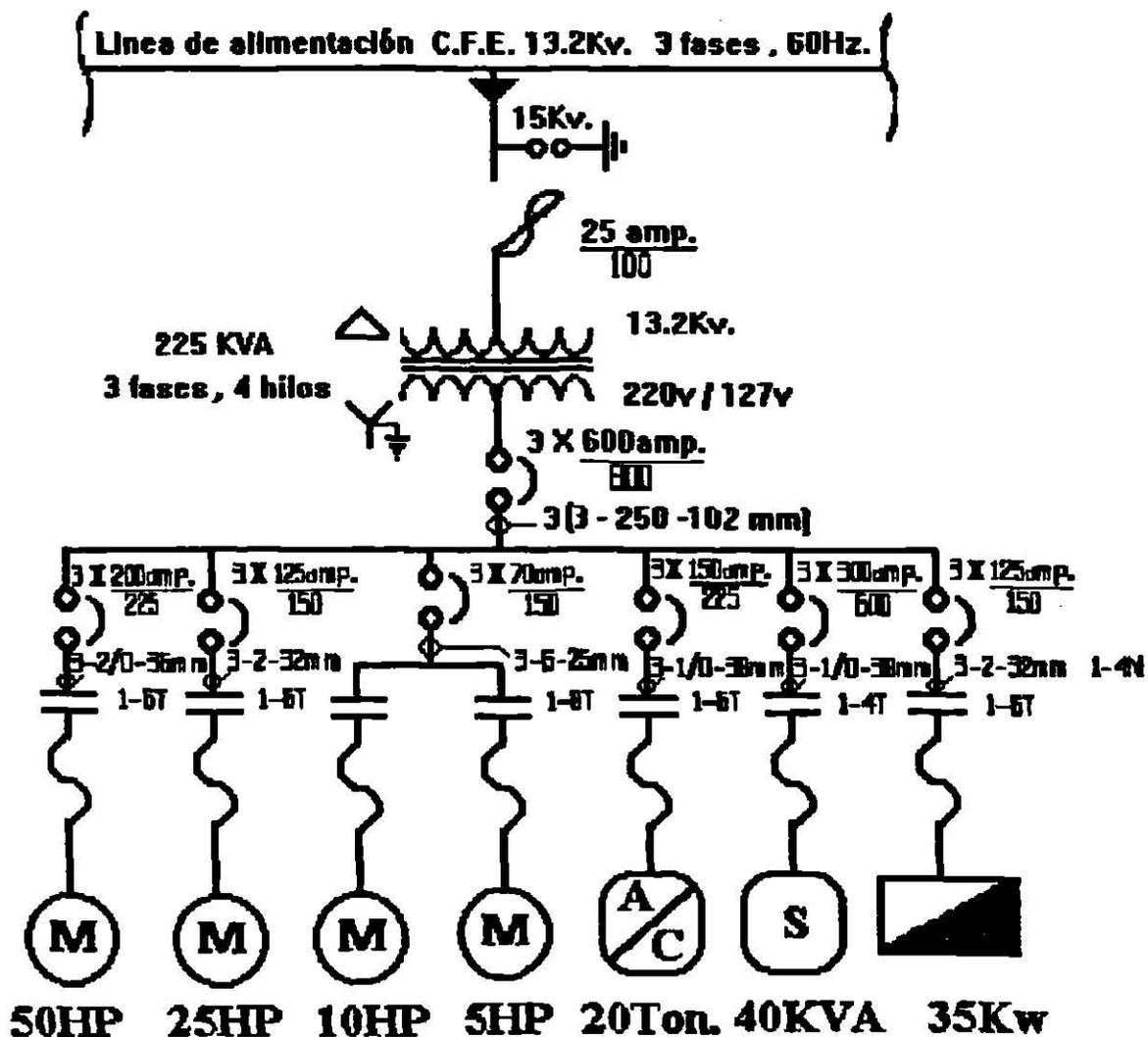
- a) Relación de Transformación.
- b) Resistencia y Factos de Potencia de Aislamiento.
- c) Verificación del Estado del Tanque.
- d) Nivel de Aceite.
- e) Limpieza de Buses y Conexiones, así Como su Apriete.
- f) Pruebas al Aceite.
- g) Verificación de Depósitos de Carbono, Desprendimiento de Gases o Humo en las terminales.

DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Calcular los valores siguientes de una subestación para una Armadora de carros:

- 1.- Capacidad del transformador.
- 2.- Protecciones por el lado de alta y baja tensión.
- 3.- Cableado, tubería y protecciones para las cargas existentes en la Armadora.
- 4.- Corriente de cortocircuito para una selección apropiada de los dispositivos de protección.

DIAGRAMA UNIFILAR DE LAS CARGAS INSTALADAS.



1.- Capacidad del Transformador.

$$KVA_{\text{Transformador}} = KVA_{\text{Instalados}} \times F.D. + (25\%) KVA_{\text{Instalados}}$$

$$KVA_{\text{Instalados}} =$$

$$50HP + 25HP + 10HP + 5HP + [(20 \text{ TONELADAS} \times 1.7KW) / 0.9] + 40KVA + (35KW / 0.9)$$

$$KVA_{\text{Instalados}} = 206.67$$

$$KVA_{\text{Transformador}} = KVA_{\text{Instalados}} \times F.D. + (25\%) KVA_{\text{Instalados}}$$

$$KVA_{\text{Transformador}} = 206.67 \times 0.7 + (.25 \times 206.67)$$

$$KVA_{\text{Transformador}} = 196.34$$

Como no se fabrican transformadores de esa capacidad y el mandarlo fabricar saldría mas caro se escoge el proximo superior que es el de 225KVA.

2.- Protecciones por el lado de alta y baja tensión.

LADO DE ALTA TENSION.

$$I_{\text{Alta Tensión}} = 225KVA / \sqrt{3} \quad (13.2 \text{ Kv})$$

$$I_{\text{Alta Tensión}} = 9.84 \text{ Amp.}$$

La cuchilla fusible sera de 25 Amp.

LADO DE BAJA TENSION.

$$I_{\text{Baja Tensión}} = 225KVA / \sqrt{3} \quad (0.220 \text{ Kv})$$

$$I_{\text{Baja Tensión}} = 590 \text{ Amp.}$$

El interruptor sera de 600 Amp

3.- Cableado, tubería y protecciones para las cargas existentes en la armadora de autos.

Carga Motor de 50 HP

$$I_M = 50 \times 10^3 \text{ VA} / \sqrt{3} \times 220 \text{ v} = 131.21 \text{ Amp.}$$

$$I_{\text{Termomagnético}} = 131.21 \text{ Amp.} \times 1.4 = 183.7 \text{ Amp.}$$

Como no hay interruptores termomagnéticos de 183.7 Amp se usara el próximo superior que es el de 200 Amp.

$$I_{\text{cable}} = 131.21 \text{ Amp.} \times 1.25 = 164 \text{ Amp.}$$

El calibre del conductor a usar es del #2/0 que soporta una corriente de 175 Amp.

Carga Motor de 25 HP

$$I_M = 25 \times 10^3 \text{ VA} / \sqrt{3} \times 220 \text{ v} = 65.6 \text{ Amp.}$$

$$I_{\text{Termomagnético}} = 65.6 \text{ Amp.} \times 1.65 = 108.2 \text{ Amp.}$$

Como no hay interruptores termomagnéticos de 108.2 Amp. se usara el próximo superior que es el de 125 Amp.

$$I_{\text{cable}} = 65.6 \text{ Amp.} \times 1.25 = 81.5 \text{ Amp.}$$

El calibre del conductor a utilizar es del #4 que soporta una corriente de 85 Amp.

carga Motores; uno de 5HP y uno de 10HP

motor de 10HP

$$I_M = 10 \times 10^3 \text{ VA} / \sqrt{3} \times 220\text{v} = 26.24 \text{ Amp.}$$

$$I_{\text{Termomagnético}} = 26.24 \text{ Amp.} \times 1.65 = 43.3 \text{ Amp.}$$

Como no hay interruptores de 43.3 Amp. se usara el próximo superior que es el de 50 Amp.

$$I_{\text{cable}} = 26.24 \text{ Amp.} \times 1.25 = 32.8 \text{ Amp.}$$

El calibre del conductor a utilizar es del #8 que soporta una corriente de 45 Amp.

Motor de 5HP

$$I_M = 5 \times 10^3 \text{ VA} / \sqrt{3} \times 220\text{v} = 13.12 \text{ Amp.}$$

$$I_{\text{Termomagnético}} = 13.12 \text{ Amp.} \times 2 = 26.24 \text{ Amp.}$$

Como no hay interruptores termomagnéticos de 26.24 Amp. se usara el próximo superior que es el de 30 Amp.

$$I_{\text{cable}} = 13.12 \text{ Amp.} \times 1.25 = 16.4 \text{ Amp.}$$

El calibre del conductor que se utilizara sera el del #12 que soporta una corriente de 20 Amp.

Interruptor principal para el motor de 10HP y el motor de 5HP.

$$I = I_{\text{Termomagnético}} \times \% + I_M \text{ de los demás equipos}$$

$$I = 26.24 \text{ Amp.} \times 1.65 + 13.12 \text{ Amp.}$$

$$I = 56.41 \text{ Amp.}$$

Como no hay interruptores termomagnéticos de 56.41 Amp. se usará el próximo superior que es el de 70 Amp.

Carga clima de 20 toneladas

$$I_N = 20 \text{ Tons.} \times 1.7 \text{ Kw.} / \sqrt{3} \times 0.220 \text{ Kv} \times 0.9 = 99.2 \text{ Amp.}$$

$$I_{\text{Termomagnético}} = 99.2 \text{ Amp.} \times 1.5 = 148.68 \text{ Amp.}$$

Como no hay interruptores termomagnéticos de 148.68 Amp. se utiliza el próximo superior que es el de 150 Amp.

$$I_{\text{cable}} = 99.2 \text{ Amp.} \times 1.25 = 123.9 \text{ Amp.}$$

El calibre del conductor que se va a utilizar será del #1/0 que soporta una corriente de 150 Amp.

carga soldadora de 40KVA

$$I_N = 40\text{KVA} / \sqrt{3} \times 0.220\text{v} = 104.97 \text{ Amp.}$$

$$I_{\text{Termomagnetico}} = 104.97 \text{ Amp.} \times 2.5 = 262.42 \text{ Amp.}$$

Como no hay interruptores termomagneticos de 262.42 Amp. se utiliza el proximo superior que es el de 300 Amp.

$$I_{\text{cable}} = 104.97 \text{ Amp.} \times 1.4 = 146.95 \text{ Amp.}$$

El calibre del conductor que se va a utilizar es del #2/0 que soporta una corriente de 175 Amp.

carga centro de carga de alumbrado

$$I_N = 35\text{Kw} / \sqrt{3} \times 0.220\text{Kv} \times 0.92 = 99.72 \text{ Amp.}$$

$$I_{\text{Termomagnetico}} = 99.72 \text{ amp.} \times 1.25 = 124.65 \text{ amp.}$$

Como no hay interruptores termomagneticos de 124.65 amp. se utiliza el proximo superior que es el de 125 amp.

$$I_{\text{cable}} = 99.72 \text{ amp.} \times 1.25 = 124.65 \text{ amp.}$$

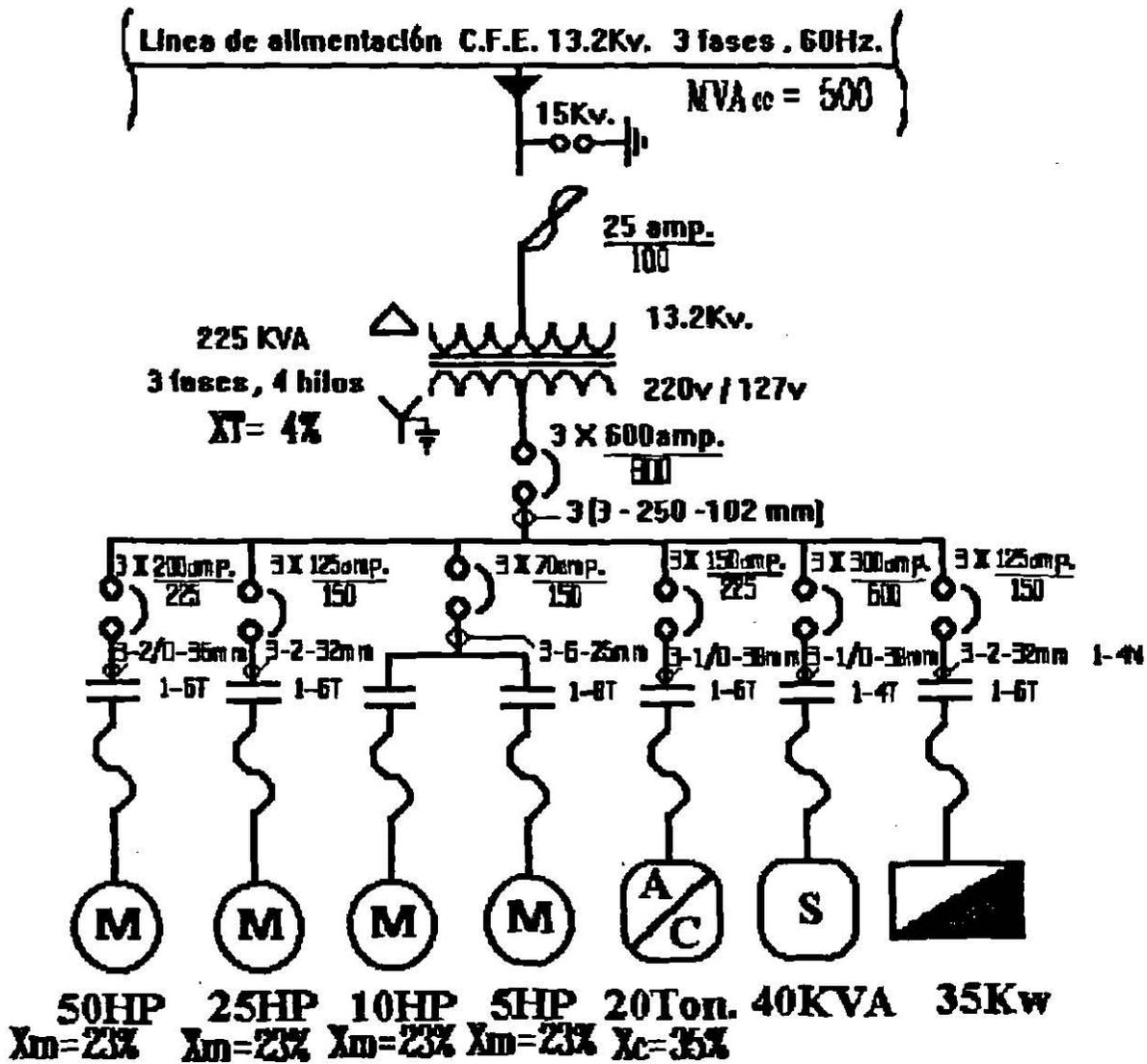
El calibre del conductor que se utilizara es del # 2 que soporta una corriente de 170Amp.

Cables del transformador.

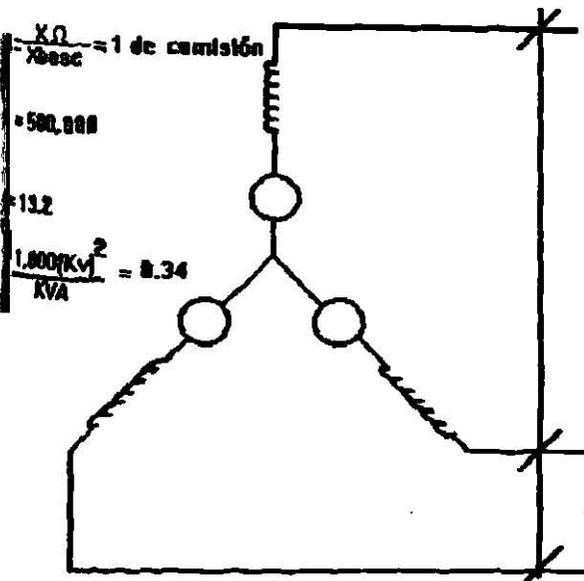
$$I_N = 590 \text{ Amp.} \times 1.25 = 737.5 \text{ Amp.}$$

Se usaran 3 conductores por fase de calibre # 250MCM cada conductor soporta una corriente de 255Amp. como son tres conductores la corriente que soportan es de 765Amp.

4.- Corriente de cortocircuito para una selección adecuada de los dispositivos de protección.



La soldadora y el alumbrado no intervienen en el cortocircuito.

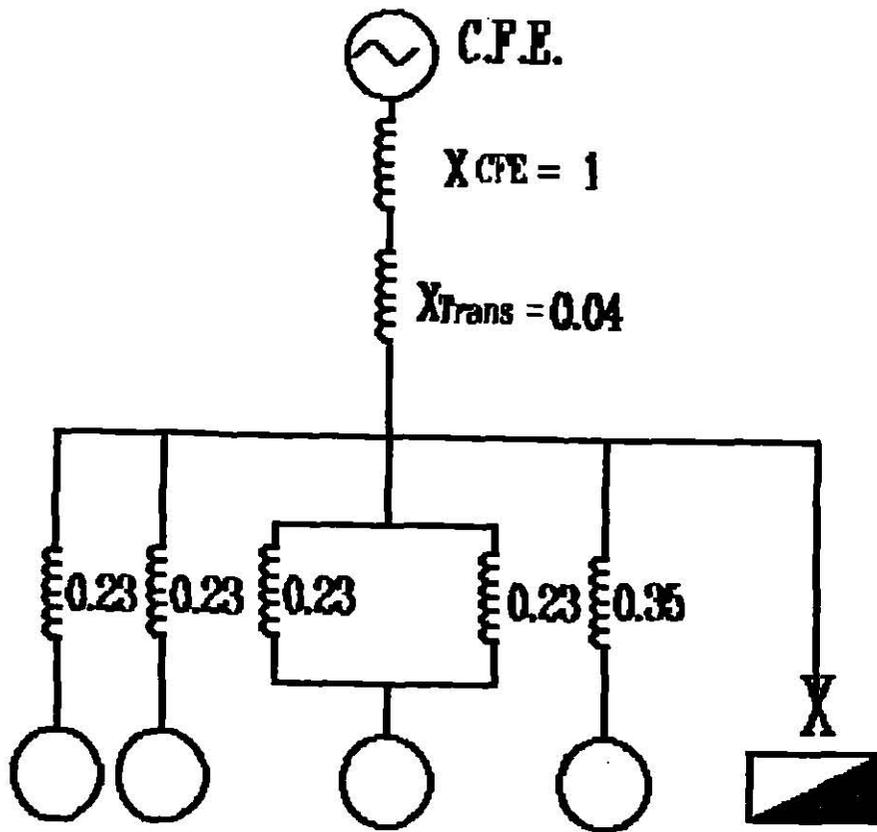


$$I_{cc} = 500MVA_{cc} / \sqrt{3} \times 13.2Kv$$

$$I_{cc} = 21.87 KA.$$

$$X = (13.2Kv / \sqrt{3}) / 21.87KA$$

$$X = 0.34$$



$$KV_{ABN} = 225$$

$$KV_{BN1} = 13.2$$

$$KV_{BN2} = 0.220$$

$$I_B = 225 \text{KVA} / \sqrt{3} \times (0.220 \text{Kv})$$

$$I_B = 590 \text{ amp.}$$

$$X_{P.U. BN} = X_{P.U. BD} \left(\frac{KV_{BD}}{KV_{BN}} \right)^2 \left(\frac{KV_{ABN}}{KV_{ABD}} \right)$$

$$X_{P.U. BN \text{ C.F.E.}} = 1 \left(\frac{13.2}{13.2} \right)^2 \left(\frac{225}{500,000} \right) = 4.5 \times 10^{-4}$$

$$X_{P.U. BN} \text{ Transformador} = 0.04 \left(\frac{13.2}{13.2} \right)^2 \left(\frac{225}{225} \right) = 0.04$$

$$X_{P.U. BN} \text{ Motor 50HP} = 0.23 \left(\frac{0.22}{0.22} \right)^2 \left(\frac{225}{50} \right) = 1.035$$

$$X_{P.U. BN} \text{ Motor 25HP} = 0.23 \left(\frac{0.22}{0.22} \right)^2 \left(\frac{225}{25} \right) = 2.07$$

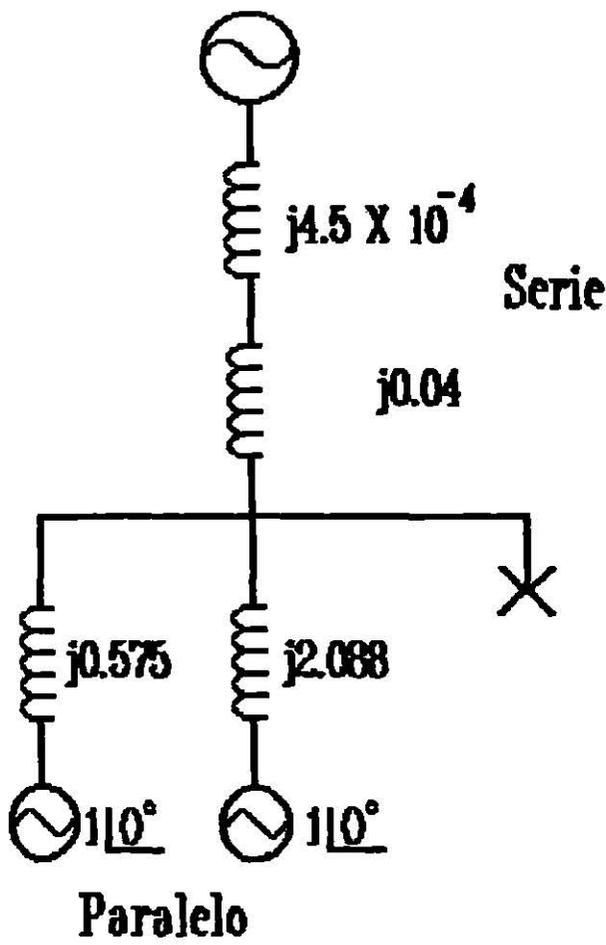
$$X_{P.U. BN} \text{ Motor 10HP} = 0.23 \left(\frac{0.22}{0.22} \right)^2 \left(\frac{225}{10} \right) = 5.175$$

$$X_{P.U. BN} \text{ Motor 5HP} = 0.23 \left(\frac{0.22}{0.22} \right)^2 \left(\frac{225}{5} \right) = 10.35$$

$$X_{P.U. BN} \text{ Clima} = 0.35 \left(\frac{0.22}{0.22} \right)^2 \left(\frac{225}{37.78} \right) = 2.088$$

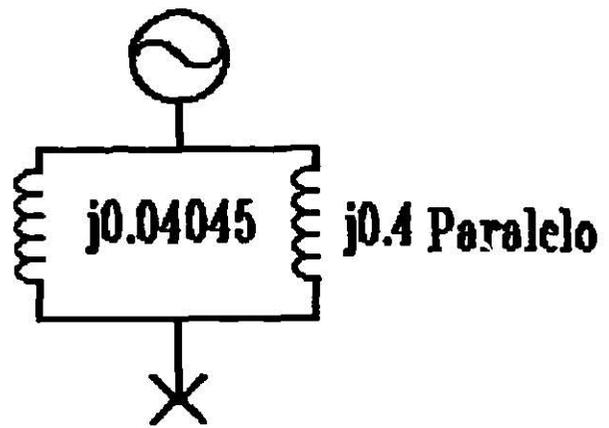
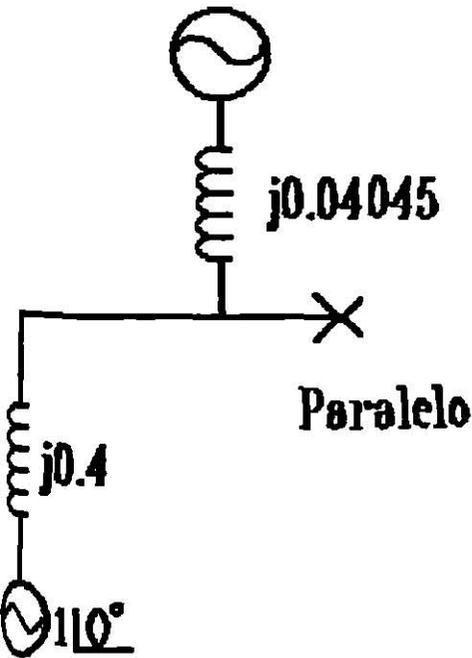
Como la impedancia de los motores son iguales se pueden emparalelar.

$$X_{P.U. BN} \text{ Motores 50, 24, 10, 5} = 0.23 \left(\frac{0.22}{0.22} \right)^2 \left(\frac{225}{90} \right) = 0.575$$

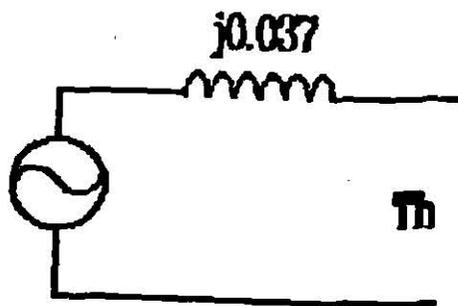


$$j4.5 \times 10^{-4} + j0.04 = j0.04045$$

$$\frac{(j0.575)(j2.088)}{j2.088 + j0.575} = j0.4$$



$$\frac{(j0.04045)(j0.4)}{j0.04045 + j0.4} = j0.037$$



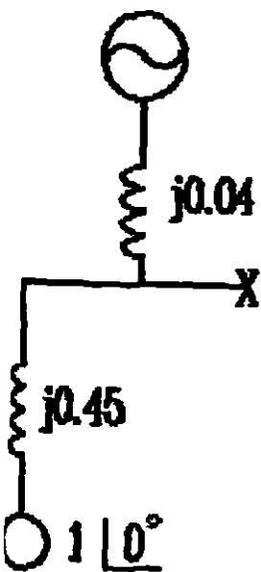
$$I_{PU} = \frac{1 \angle 0^\circ}{j0.037}$$

$$I_{PU} = 27.02$$

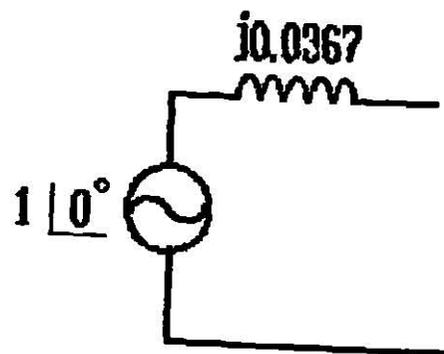
$$I_{\text{Amp. simetrica}} = 27.02 \times 590 = 15,941.8 \text{ Amp.}$$

Se utilizaran interruptores de alta capacidad interruptiva

Bus Infinito



$$\frac{j0.45 \times j0.04}{j0.45 + j0.04} = j0.0367$$



$$I_{PU} = \frac{1 \angle 0^\circ}{j0.0367}$$

$$I_{PU} = 27.22$$

$$I_{\text{Amp. simetrica}} = 27.22 \times 590 = 16,061 \text{ Amp.}$$

APENDICE

⊕ Cálculo de Factores

$$\text{Factor de Demanda} = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Carga Conecta}} \leq 1$$

$$\text{Factor de Diversidad} = \frac{\text{Suma de las Demandas Máximas Individuales}}{\text{Sistema de la Demanda Máxima}} > 1$$

$$\text{Factor de Carga} = \frac{\text{Promedio de Carga en un Período}}{\text{Carga Máxima en el Mismo Período}} \leq 1$$

$$\text{Factor de Utilización} = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Potencia Nominal}} \leq 1$$

Factores de Demanda Aproximadamente Usuales

Comercial		Industrial	
Comercio	F. D.	Industria	F. D.
Alumbrado Público	1.00	Acetileno (Fca. de)	0.70
Apartamentos	0.35	Armadoras de Autos	0.70
Bancos	0.70	Carpinterías (talleres de)	0.65
Bodegas	0.50	Carne (Empacadoras)	0.80
Casinos	0.85	Cartón (Productos de)	0.50
Correos	0.30	Cemento (Fca. de)	0.65
Escuelas	0.70	Cigarros (Fca. de)	0.60
Garages	0.60	Dulces (Fca. de)	0.45
Hospitales	0.40	Fundición (talleres de)	0.70
Hoteles Chicos	0.50	Galletas (Fca. de)	0.55
Hoteles Grandes	0.40	Hielo (Fca. de)	0.90
Iglesias	0.60	Herrería (Talleres de)	0.50
Mercados	0.80	Imprentas	0.60
Multifamiliares	0.25	Jabón (Fca. de)	0.60
Oficinas	0.65	Lámina (Fca. Artículos)	0.70
Restaurants	0.65	Lavandería Mecánica	0.80
Teatros	0.60	Niquelado (Talleres de)	0.75
Tiendas	0.65	Maderería	0.65
		Marmolería (talleres de)	0.70
		Mecánico (Taller)	0.75
		Muebles (Fca. de)	0.65
		Pan (Fca. mecánica de)	0.55
		Papel (Fca. de)	0.75
		Periódicos (rotativas)	0.75
		Pinturas (Fca. de)	0.70
		Química (Industria)	0.50
		Refinerías (Petróleo)	0.60
		Refrescos (Fca. de)	0.55
		Textiles (Fca. telas)	0.65
		Vestidos (Fca. de)	0.45
		Zapatos (Fca. de)	0.65

TRANSFORMADORES TRIFASICOS DE DISTRIBUCION

Alto Voltaje Nominal	Bajo Voltaje Nominal	KVA	
400	220 Y /127	9	
		15	
		30	
		45	
2400	220 Y /127 440 Y/254 600	9	
		15	
		30	
		45	
		75	
		112.5	
		150	
		225	
		300	
500			
4160 6600	220 Y /127 440 Y/254 600	9	
		15	
		30	
		45	
		75	
		112.5	
		150	
		225	
		300	
500			
10900 12000 13200 13800 15000	220 Y /127 440 Y/254 600	9	
		15	
		30	
		45	
		75	
		112.5	
		150	
		225	
		300	
	500		
	2400 4160		112.5
			150
			225
			300
500			
20000 22900	220 Y /127 440 Y/254 600	45	
		75	
		112.5	
		150	
		225	
	300		
	500		
	2400 4160 6600		150
			225
			300
500			
500			

TRANSFORMADORES TRIFASICOS DE DISTRIBUCION

Alto Voltaje Nominal	Bajo Voltaje Nominal	KVA
33000 34500	220 Y /127 440 Y/254 600	112.5
		150
		225
		300
		500
	2400 4160 6600	150
		225
		300
		500
		500
	10800 13200 13800 15000	150
		225
		300
		500
		500

Eslabones Fusibles S & c Eléctric Company

Amperes Nominales
1
2
3
5
6
7
8
10
12
15
20
25
30
40
50
65
80
100
125
140
150
200

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS INDUSTRIALES

TIPO FS-6 FH-6	3 POLO 600 VCA 250 V.CD	
	Capacidad Interruptiva Normal	Alta Capacidad Interruptiva
Amp.	Cat No.	Cat No.
15	FS360015A	FH360015A
20	FS360020A	FH360020A
30	FS360030A	FH360030A
40	FS360040A	FH360040A
50	FS360050A	FH360050A
70	FS360070A	FH360070A
100	FS360100A	FH360100A
125	FS360125A	FH360125A
150	FS360150A	FH360150A

Tipos JS,JH	3 POLO 600 VCA 250 V.CD	
	Capacidad Interruptiva	
	Normal	Alta
Amp	Cat No.	Cat No.
100	JS360100A	JH360100A
125	JS360125A	JH360125A
150	JS360150A	JH360150A
175	JS360175A	JH360175A
200	JS360200A	JH360200A
225	JS360225A	JH360225A

Tipos LSE LHE	3 POLO 600 VCA 250 V.CD	
	Capacidad Interruptiva	
	Normal	Alta
Amp	Cat No.	Cat No.
250	LS360250OE	LH360250OE
300	LS360300OE	LH360300OE
350	LS360350OE	LH360350OE
400	LS360400OE	LH360400OE
500	LS360500OE	LH360500OE
600	LS360600OE	LH360600OE

Tipos LSE LHE	3 POLO 600 VCA 250 V.CD	
	Capacidad Interruptiva	
	Normal	Alta
Amp	Cat No.	Cat No.
700	MS360700A	MH360700A
800	MS360800A	MH360800A

Apartarrays Autovalvular distribución serie "B" para 5000 Amp

Clase	Voltaje				
	Nominal K.V.	Descarga 60 Hz (KV. Cresta/V2)		Descarga F.D.O. (KV. Cresta)	Descarga 1.20 x 50 (KV. Cresta)
		Min.	Max.		
AR-3	3	5.5	9.5	14	12
AR-6	6	10	17	27	23
AR-7.5/8	7.5/8	13.5	21	35	31
AR-9/10	9/10	18	29	43	39
AR-12	12	20	33	51	44
AR-15	15	25	41	62	53
AR-18	18	30	49	73	62
AR-21	21	35	56	83	71
AR-24	24	38	63	93	80
AR-27	27	41	70	103	89
AR-30	30	45	79	115	99

Cortacircuitos fusibles descubierto calse distribución para 100 amp

Catálogo	Voltaje Máximo (KV)	Nivel Básico de Impulso (KV)	Corriente Continua (Amp)	Rango de Interrupción Amp.		Tapón
				Simétricos	Asimétricos	
C.C.-7.8/15	15	95	100	5600	8000	No Expansible
C.C.-15/27	27	125	100	4000	6000	No Expansible
C.C.-27/34.5	38	150	100	1300	2000	No Expansible

CONDUMEX

Capacidad de Corriente de Conductores de Cobre Aislados (Amperes)*

Temperatura Máxima del Aislamiento	75°C		90°C	
Tipos	RH, RHW, RUH, THW, THWN, DF, XHHW		TA, TBS, SA, AVR, SIS, FEP, THW, RHH, THHN, MTW, EP, EHHW	
Calibre AWG MCM	En tubería o cable	Al Aire	En tubería o cable	Al Aire
14	15	20	25	30
12	20	25	30	40
10	30	40	40	55
8	45	65	50	70
6	65	95	70	100
4	85	125	90	135
3	100	145	105	155
2	115	170	120	180
1	130	195	140	210
1/0	150	230	155	245
2/0	175	265	185	285
3/0	200	310	210	330
4/0	230	360	235	365
250	255	405	270	425
300	285	445	300	480
350	310	505	325	530
400	335	545	360	575
500	380	620	405	660

* Datos obtenidos de las NTIE - 81.

Ta = 30°C

Número máximo de conducciones que puede alojarse en tubo conduit

En las tablas a continuación se menciona el número máximo de conductores que pueden alojarse en tubo conduit, en función del tipo de conductor, calibre y diámetro del tubo a utilizar.

Tipo de Conductor	Calibre de Conductor AWG KCM	Diámetro Nominal de Tubo (mm)									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
T, TW Y THW	14*	9	16	25	45	61	-	-	-	-	-
	14	8	14	22	39	54	-	-	-	-	-
	12*	7	12	20	35	48	78	-	-	-	-
	12	6	11	17	30	41	68	-	-	-	-
	10*	5	10	15	27	37	61	-	-	-	-
	10	4	8	13	23	32	52	-	-	-	-
	8	2	4	7	13	17	28	40	-	-	-
	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	-
	4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47
	2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34
	1/0	-	1	1	2	3	5	8	12	16	21
T, TW Y THW/ RHW Y RHH	2/0	-	1	1	1	3	5	7	10	14	18
(sin cubierta exterior)	3/0	-	1	1	1	2	4	6	9	12	15
	4/0	-	-	1	1	1	3	5	7	10	13
	250	-	-	1	1	1	2	4	6	8	10
	300	-	-	-	1	1	2	3	5	7	9
	350	-	-	-	1	1	1	3	4	6	8
	400	-	-	-	1	1	1	2	4	5	7
	500	-	-	-	1	1	1	1	3	4	6

BIBLIOGRAFIA

Fundamentos de Instalaciones Eléctrica de Mediana y Alta Tensión.

Gilberto Enriquez Harper

Motores y Transformadores Trifásicos.

Gilberto Enriquez Harper

