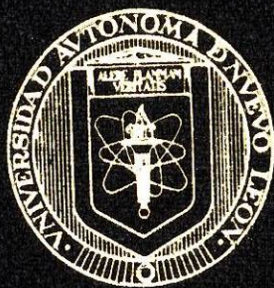


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



**DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE
UNA SUBESTACION**

PRESENTA

RODOLFO FLORES GARZA

TESINA

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

ASESOR ING. SERGIO MARTINEZ

CD. UNIVERSITARIA

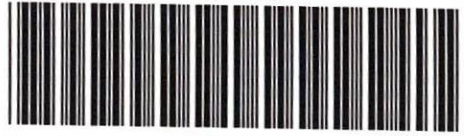
ABRIL DE 1996

7

FK1751

B5

c.1



1080064400

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE UNA SUBESTACION

RODOLFO FLORES GARZA

CATEDRATICO : ING. SERGIO MARTINEZ

SAN NICOLAS DE LOS GARZA NUEVO LEON A ABRIL DE 1996

T
TK 1751
F5



Biblioteca Central
Magna Solidaridad

(Handwritten signature)



BU Raúl Rangel Fides
UAM
FONDO
TESIS LICENCIATI

INTRODUCCION.

La ingeniería eléctrica tiene por objeto convertir en energía eléctrica otras formas de energía, la transmisión y distribución de la energía en forma eléctrica, su regulación y transformación para utilización posterior.

La energía se manifiesta por el estado de excitación y de animación que asume el material que la recibe. Las valiosas contribuciones de la ingeniería eléctrica a los adelantos tecnológicos fueron debidas principalmente al hecho de que la energía en forma eléctrica no solo se transforma con facilidad, si no que es igualmente sencilla su control, transportandose a larga distancias de forma conveniente y economía.

Es tal la importancia de la energía eléctrica hoy en la actualidad que gran parte de nuestras actividades depende de ellas.

Es por esto que nos abocaremos principalmente al estudio de la transformación de las características de la energía eléctricas por medio de la subestación eléctrica.

El estudio de la ingeniería eléctrica se reduce al de los aparatos utilizados en la transmisión y conversión de la energía, considerando principalmente las características internas necesarias para obtener el rendimiento exterior deseado.

SUBESTACION ELECTRICA.

Es un conjunto de dispositivos eléctricos, que forman parte de un sistema eléctrico de potencia, sus funciones principales son

Trasformar tensiones y derivar circuitos de potencia.

La subestación se puede denominar, de acuerdo con el tipo de función que desarrollan, en tres grupos :

- 1) Subestaciones variadoras de tensión.
- 2) Subestaciones de maniobra o seccionadoras de circuito.

4) Nivel isocerámico

5) Grado de contaminación.

TENSION .

Dentro de las gamas existentes de tensiones normalizadas, la tensión de una subestación se pueden fijar en función de los factores siguientes.

- 1) Si la subestación es alimentada en forma radial, la tensión se puede fijar en función de la potencia misma.
- 2) Si la alimentación proviene de un anillo, la tensión queda obligada por la misma del anillo.
- 3) Si la alimentación se toma de una línea de transmisión cercana, la tensión de la subestación queda obligada por la tensión de la línea citada.

El punto de partida del proyecto físico de un subestación es el establecimiento del diagrama unifilar.

El diagrama unifilar es el resultado de vaciar los arreglos físicos en alta y baja tensión, en forma monopolar y considerando todo el equipo mayor que interviene en una subestación.

DESCRIPCION DEL EQUIPO DE UNA SUBESTACION.

A continuación se describirán, a grandes rasgos, las características más importantes del equipo principal que se instala en una subestación y que, salvo algunos elementos, se muestra en su totalidad en el diagrama unifilar de la subestación de que se trate.

TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

Un transformador es una máquina electromagnética, cuya función principal es cambiar la magnitud de las tensiones eléctricas.

Puede considerarse que el transformador esta formado por tres partes principales.

- 1) Parte activa.
- 2) Parte pasiva.
- 3) Accesorios.

PARTE ACTIVA.

Es formada por un conjunto de elementos separados del tanque principal y que agrupa los siguientes elementos.

- 1) Nucleo. Este constituye el circuito magnético, que esta fabricado en lámina de acero al silicio, con un espesor de 0.28 mm.
- 2) Bobina. Estas constituyen el circuito eléctrico. Se fabrican utilizando alambre o solera de cobre o de aluminio. Los materiales son forrados de material aislante.
- 3) Cambiador de derivaciones. Constituye el mecanismo que permite regular la tensión de la energía que fluye de un transformador.
- 4) Su función es soportar los esfuerzos mecánicos y electromagnéticos que se desarrollan durante la operación del transformador.

PARTE PASIVAS.

Consiste en el tanque donde se aloja la parte activa, se utiliza en los transformadores cuya parte activa va sumergida en líquidos.

El tanque debe ser hermético, soportar el vacío absoluto sin presentar deformación permanente, proteger eléctrica y mecánicamente el transformador, ofrecer puntos de apoyo para el transporte y la carga del mismo, soportar los enfriadores, bombas de aceite, ventiladores y los accesorios especiales.

ACCESORIOS.

Los accesorios de un transformador son un conjunto de partes y dispositivos que auxiliar en la operación y facilitan las labores de mantenimiento.

Entre estos elementos destacan los siguientes:

Tanque conservador, boquillas para alta y baja tensión, relavador mecánica de sobrepresión, indicador magnético de nivel indicador de temperatura del aceite, válvula para drenaje, relevador de gas, entre otros.

El transformador es un dispositivo que convierte energía eléctrica alterna de un cierto nivel de voltaje, en energía eléctrica alterna de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético.

También se utilizan transformadores para otra variedad de propósito tales como la toma de muestras de corriente de voltaje para medición, y como acoplar de impedancias.

Los transformadores de potencia se fabrican en dos tipos de núcleos. El primero de ellos consiste en una sola pieza rectangular de acero laminado, con los devanados arrollados alrededor de dos lados del rectángulo, Este tipo de estructura es conocido como tipo de núcleo.

El otro tipo consiste en un núcleo de tres columnas, laminando con los devanados arrollados alrededor de la columna central. A este tipo de estructura se le conoce como tipo acorazado.

A los transformadores de potencias suele dárseles una variedad de nombres diferentes, dependiendo de la función que cumplen en el sistema de potencia. Algunos de ellos son:

Transformador :

- 1) De unidad
- 2) De subestación
- 3) De distribución
- 4) De potencial
- 5) De corriente

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.

Es un aparato diseñado para entregar una corriente mucho más pequeñas pero directamente proporcional a la corriente que circula por primario.

También los transformadores se pueden clasificar por su regulación en:

- 1) Regulación fija
- 2) Regulación variable con carga
- 3) Regulación variable sin carga.

Existen diferentes medios refrigerantes usados en los transformadores, los más comunes son:

- 1) Aire
- 2) Aceite
- 3) Líquido inerte.

REGULACION DE VOLTAJE.

Debido a que el transformador real contiene impedancias en serie, el voltaje secundario de un transformador varía con la carga, así el voltaje de alimentación permanezca constante.

Para fines de comparación de este efecto entre diferentes transformadores, se ha definido el coeficiente de regulación de voltaje.

POLARIDAD DEL TRANSFORMADOR.

En transformadores reales, solo sería posible decir la polaridad del secundario si se abriera el transformador y se examinaran sus arrollamientos.

Para evitar esta necesidad, los transformadores utilizan la convención del punto. Los puntos que aparecen en uno de los extremos de cada arrollamiento sirven para indicar la polaridad de voltaje y corriente en el lado secundario del transformador: las relaciones son las siguientes:

- 1) Si el voltaje primario es positivo en el extremo punteado con respecto al extremo no punteado del mismo arrollamiento, entonces el voltaje secundario también será positivo en el extremo punteado.
- 2) Si la corriente primaria del transformador penetra por el extremo punteado del arrollamiento primario, la corriente secundaria, sale por el extremo puntea del respectivo arrollamiento.

AUTOTRANSFORMADOR.

El autotransformador no es otra cosa que un transformador conectado de forma especial. En los autotransformadores las reactancias de dispersión y las pérdidas son menores y la corriente de excitación más débil.

Si la relación de transformación no difiere mucho de ser 1/1, el costo es menor que con dos devanados, pero existe el inconveniente de que los lados de alta y baja tensión están eléctricamente conectados.

Los tipos de enfriamiento más aplicados en transformadores son los siguientes:

- 1) Clase OA. Enfriamiento por aire. Circulación natural.
- 2) Clase OW. Enfriamiento por aceite y aire forzado.

CONEXIONES EN TRANSFORMADORES.

Para seleccionar un transformador es necesario conocer las ventajas y desventajas de cada una de las conexiones más utilizadas. Dichas conexiones son:

Estrella-estrella. Sus características principales son :

- 1) Aislamiento mínimo
- 2) Cantidad de cobre mínimo
- 3) Circuito económico para baja carga y alto voltaje
- 4) Los dos neutros son accesibles
- 5) Alta capacitancia entre espiras, que reduce los efectos dialécticos durante los transitorios debidos a tensión
- 6) Neutro inestable, si no se conectan a tierra.

Estrella-estrella con terciario en delta. Sus características son :

- 1) En caso de un banco de transformadores se le dañe una fase, se puede operar utilizando la conexión delta abierta o V.
- 2) Circuito Económico para alta carga y bajo voltaje
- 3) Las dos deltas proporcionan un camino ,cerrado para la tercera armonica de la corriente magnetizante, lo cual elimina los voltajes de tercera armonica
- 4) No se puede conectar a tierra los puntos neutros. Se necesita utiñizar un banco de tierra, lo cual lo encarece mas al banco
- 5) Se necesitan mayores cantidades de aislamientos y de cobre
- 6) La conexión delta se usa con aislamiento total y rara vez se usa para tensiones superiores a 138 KV por el alto costo del aislamiento.

Delta-estrella. Se acostumbra utilizar transformadores elevadores de tensión.Sus características son:

1) Al aterrizar el neutro del secundario se aísla las corrientes de tierra de secuencia cero.

2) Se elimina los voltajes de tercera armónica.

Estrella-delta. Se acostumbra utilizar en transformadores reductores de tensión. Sus características son:

1) No se puede conectar a tierra el lado secundario

2) Se elimina los voltajes de tercera armónica.

T-T. Solo se utiliza en casos especiales en que se eliminan cargas tri, bi y monofásicas juntas, sus características son:

1) Comportamiento similar a la conexión estrella-estrella

2) Tiene ambos neutros disponibles

3) Los voltajes y corrientes de tercera armónica pueden ocasionar problemas

4) Se necesitan dos transformadores monofásicos para la conexión

5) La capacidad debe ser 15% mayor que la carga por alimentar.

Zig-zag. Se utiliza en transformadores de tierra conectados a bancos de conexión delta, para tener en forma artificial una corriente de tierra que energice las protecciones de tierra correspondientes.

TRANSFORMADOR EN PARALELO.

Los transformadores a menudo se construyen con bobinas partidas que se pueden conectar en serie o en paralelo, con el fin de proporcionar varias combinaciones de voltaje corriente.

Se encuentran en paralelo aquellos transformadores cuyos primarios están conectados a una misma fuente y los secundarios a una misma carga. Es posible adicionar transformadores en paralelo si los requerimientos de carga excedan las especificaciones del equipo en línea, es decir, cuando las capacidades de generación son muy elevadas.

Se conecta un transformador en paralelo para lograr un incremento en la capacidad de una instalación. Sin embargo la conexión en paralelo no se puede efectuar sin que se satisfagan varias condiciones. Las relaciones para conectar transformadores en paralelo son:

- 1) Voltajes nominales idénticos en primario y secundario.
- 2) Impedancias inversamente proporcionales a sus KVA nominales.
- 3) Relaciones X/R idénticas en las impedancias de los transformadores.

PRUEBAS

Las pruebas mínimas que deben efectuarse a los transformadores antes de la salida de la fábrica son:

- 1) Inspección del aparato. Se debe verificar el cumplimiento de las normas y las especificaciones.
- 2) Aceite aislante. Se deben verificar la rigidez dieléctrica y la acidez.
- 3) Resistencia de aislamiento. La medición se efectúa en tres pasos, primero se mide la resistencia de los devanados entre alta y baja tensión, después se mide entre alta tensión y tierra y finalmente entre baja tensión y tierra.
- 4) Inspección del alumbrado de control. Se comprueba la continuidad y la operación de los circuitos de control, protección, medición, señalización, sistemas de enfriamiento cambiador de derivación y transformadores de instrumentos.

- 5) Relación de transformación. Se efectúa para determinar que las bobinas han sido fabricadas, de acuerdo con el diseño y con el número de vueltas exacto.
- 6) Polaridad. Se requiere su comprobación para efectuar la conexión adecuada de los bancos de transformadores.
- 7) Potencial aplicado. Sirve para comprobar el aislamiento de los devanados con respecto a tierra.
- 8) Potencial inducido. Sirve para comprobar el aislamiento entre espiras y entre secciones de los devanados.
- 9) Pérdidas en el hierro y por ciento de la corriente de excitación. Estos valores se indican en las especificaciones de acuerdo con sus valores máximos permitidos, que se llaman valores garantizados.
- 10) Pérdidas de carga y por ciento de impedancia. Se fijan los valores garantizados y se cobran multas en caso de pérdidas superiores a las garantizadas.
- 11) Temperatura. Se desarrollan conectando el cambiador de derivaciones en posición de pérdidas máximas y trabajando el sistema de enfriamiento a plena capacidad.
- 12) Impulso. Es una prueba de tiempo opcional, simula las condiciones producidas por la descarga de un rayo. Sirven para mostrar la resistencia de un aislamiento a las descargas atmosféricas.

MATENIMIENTO .

Todo máquina o equipo especializado requiere de cuidados y revisión periódica, con el fin de prolongar su vida y obtener un funcionamiento correcto.

Por ser transformadores, máquinas estáticas, se requiere poco mantenimiento. Sin embargo es bien importante que se haga una revisión de algunas de sus partes, como son:

- 1) Inspección ocular de su estado extremos en general, para observar fugas de aceite.
- 2) Revisar si las boquillas no están flameadas por sobreten-siones de origen externo o atmosférico.
- 3) Asegurarse de que la rigidez dialéctica del aceite sea la correcta, de acuerdo con las normas.
- 4) Obsevar que los aparatos indicadores funciones correctamente.
- 5) Tener cuidado que los aparatos de protección y control operen en forma correcta.

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS.

Son unos dispositivos electromagnéticos cuya función principal es reducir a escala, las magnitudes de tensión y corriente que se utilizan para la protección y medición de los diferentes circuitos de una subestación, o sistema eléctrico en general.

Los aparatos de medición y protección que se sometan sobre los tableros de un subestación no estan contruidos para soportar ni grandes tensiones, ni grandes corrientes.

Con el objeto de disminuir el costo y los pelogros de las altas tensiones dentro de los tableros de control y protección, se dispone de los aparatos llamados transformadores de corriente y potencial que representan a escalas muy reducidas, las grandes magnitudes de corriente sus secundarios, para corriente de 5 ampers o tensiones de 120 volts.

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.

Son aparatos en que la corriente secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la corriente primaria, aunque ligeramente desfasada. Desarrollan dos tipos de función: transformador de corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión

El primario del transformador se conecta en serie con el circuito por controlar y el secundario se conecta en serie con la bobina de corriente de los aparatos de medición y de protección que requieren ser energizados.

Un transformador de corriente puede tener uno o varios secundarios, embobinados a su vez sobre uno o varios circuitos magnéticos. Si el aparato tiene varios circuitos magnéticos, se comporta como si fueran varios transformadores diferentes.

CAPACITORES.

Son dispositivos eléctricos formados por dos láminas conductoras, separadas por una lamina dieléctrica y que al aplicar una diferencia de tensión almacenan carga eléctrica.

Los capacitores de alta tensión están sumergidos por lo general en líquidos dieléctricos y todo un conjunto está dentro de un tanque pequeño, herméticamente cerrado.

Sus dos terminales salen al exterior a través de dos boquillas, de porcelana cuyo tamaño dependerá del nivel de tensión del sistema que se conectarán. Una de las aplicaciones más importantes del capacitor es de corregir el factor de potencia en líneas de distribución y en instalaciones industriales, aumentando la capacidad de transmisión de las líneas, el aprovechamiento de la capacidad de los transformadores y la regulación del voltaje en los lugares de consumo.

BANCOS DE CAPACITORES.

En las instalaciones industriales y de potencia, los capacitores se instalan en grupos llamados bancos.

Los bancos de capacitores de alta tensión generalmente se conectan en estrella, con neutro flotante rara vez con neutro a tierra. El que se utilice uno u otro tipo de neutro, depende de las consideraciones siguientes:

- 1) Conexiones del sistema a tierra.

2) Fusibles de capacitores

3) Dispositivos de conexión y de desconvino.

Se conectan en neutro flotante para evitar la circulación, a través del banco de capacitores, de armónicas de corriente que producen magnitudes de corriente superiores al valor nominal y que pueden dañar los capacitores. La principal ventaja de esta conexión es permitir el uso de fusibles de baja capacidad de ruptura.

PARARRAYOS.

Son unos dispositivos eléctrico formados por una serie de elementos resistivos no lineales y explosores que limitan la amplitud de las sobretensiones originadas por descargas atmosféricas, operación de interruptores o desbalanceo de sistema.

Un dispositivos de protección efectivo debe tener tres características, principales: comportarse como un aislador mientras la tensión aplicada no exceda de cierto valor predeterminado convertirse en conductor de al alcanzar la tensión ese valor y conducir a tierra la onda de corriente producida por onda de sobretensión.

Una vez desaparecida la sobretención y restablecida la tensión normal, el dispositivo de protección debe ser capaz de interrumpir la corriente. Estas características se logran con el aparato llamado pararrayos. Los pararrayos cumplen con las siguientes funciones.

1) Descarga las sobretensiones cuando su magnitud llega el valor de la tensión disyuntiva de diseño.

2) Conducir a tierra las corrientes de descarga producidas por las sobretensiones.

3) Debe desaparecer la corriente de descarga al desaparecer las subestaciones.

4) No debe de operar con sobretensiones temporales, de baja frecuencia.

5) La tensión residual debe ser menor que la tensión que resisten los aparatos que protegen.

FUNCIONAMIENTO.

Cuando se origina una sobretensión, se produce el arqueo de los entrehierro y la corriente resultante es limitada por la resistencia a pequeños valores, hasta que en una de las pasadas a cero de la onda de corriente, los explosores interrumpen definitivamente la corriente.

INTERRUPTORES.

El interruptor es un dispositivo destinado al cierre y apertura de la continuidad de un circuito eléctrico baja carga, en condiciones normales, así como, y esta es su función principal, baja condiciones de corto circuito.

Sirve para insertar o retirar de cualquier circuito energizado, máquinas, aparatos, líneas aéreas o cables. El interruptor es, junto con el transformador, el dispositivo más importante de una subestación y debe ser capaz de interrumpir es, junto con el transformador, el dispositivo más importante de una subestación y debe ser capaz de interrumpir corrientes eléctricas de intensidad y factores de potencia diferentes.

Algunas de sus partes principales son. boquillas terminales que a veces incluyen transformadores de corriente, válvulas de llenado, descarga y muestreo del fluido aislante además de conectores de tierra, placa de datos y gabinetes que contienen los dispositivos de control, protección, medición, accesorios como compresora, resorte, bobinas de cierre de disparo, calefacción.

A continuación se va a definir algunas de las magnitudes características que hay que considerar en un interruptor :

Tensión nominal. Es el valor eficaz de la tensión entre fases del sistema en que se instalan el interruptor.

Tensión máxima. Es el valor máximo de la tensión por la cual está diseñado el interruptor y representa el límite superior de la tensión, al cual debe operar, según normas.

Corriente nominal. Es el valor eficaz de la corriente nominal máxima que puede circular continuamente a través del interruptor sin exceder los límites recomendables de elevación de temperatura.

Corriente de cortocircuito. Es el valor pico de la corriente máxima de cortocircuito que pueden abrir las cámaras de extinción del arco.

Tensión de restablecimiento. Es el valor eficaz de la tensión máxima de la primera semionda de la componentes alterna, que aparece entre los contactos del interruptor después de la extinción de la corriente.

Resistencia de contacto. Es producido cuando una cámara de arqueo se cierra y origina un contacto metálico con un área muy pequeña formada por tres puntos.

Cámaras de extinción del arco. Es la parte primordial de cualquier interruptor eléctrico, en donde al abrir los contactos se transforma en calor la energía que circula por el circuito que se trate.

Durante la interrupción del arco, aparecen los siguientes fenómenos :

- 1) Altas temperaturas debido al plasma creado por el arco
- 2) Altas presiones debido a las altas temperaturas del plasma
- 3) Flujos turbulentos del gas y que producen el soplado del arco, su alargamiento y por lo tanto su extinción.
- 4) Masas metálicas en movimiento
- 5) Esfuerzos mecánicos debido a la corriente de cortocircuito
- 6) Esfuerzos dialécticos debidos a la tensión de restablecimiento.

TIPOS DE INTERRUPTORES.

De acuerdo con los elementos que intervienen en la apertura del arco de las cámaras de extinción, los interruptores se pueden dividir en los siguientes grupos:

- 1) Gran volumen de aceite
- 2) Pequeño volumen de aceite
- 3) Neumáticos {aire comprimido}
- 4) Hexafluoruro de azufre
- 5) Vacío

Interruptor en gran volumen de aceite. En este tipo de extinción el arco producido calienta el aceite dando lugar a una formación de gas muy intensa que aprovechando el diseño de la cámara empuja un chorro de aceite a través del arco, provocando su alargamiento y enfriamiento hasta llegar a la extinción del mismo, al pasar la onda de corriente por cero.

Interruptor en hexafluoruro de azufre. Sus cámaras de extinción operan dentro de un gas llamado hexafluoruro de azufre que tiene capacidad dieléctrica superior a otros fluidos dieléctricos conocidos.

Interruptor en vacío. Los contactos están dentro de botellas especiales en que se ha hecho casi el vacío absoluto. Al abrir los contactos dentro de la cámara de vacío, no se producen ionización y por lo tanto, no es necesario el soplado del arco.

Este tipo se utiliza en instalaciones de hasta 34.5KV dentro de tablero blindados. Los inconvenientes principales son:

- 1) Que por algún defecto o accidente, se puede perder el vacío de la cámara y al entrar aire y producirse el arco pueda reventar la cámara.
- 2) Debido a su rapidez producen grandes sobretensiones entre sus contactos..

FALLAS EN LOS INTERRUPTORES.

Fallas en terminales. Dentro de esta categoría se considera a todas las fallas pegadas al interruptor. En este caso la oscilación de la tensión se amortigua por la resistencia propia del circuito de potencia y su frecuencia depende de los valores de la inductancia y la capacitación del lado de la fuente.

Falla en una línea corta. Este tipo de falla hace muy crítico el comportamiento de los interruptores, principalmente cuando ocurre entre los 3 y 5 Km de distancia del **interruptor**. La tensión de restablecimiento está dada por la diferencia de tensión entre los lados de la línea, con una frecuencia de oscilación del doble de la fundamental.

Apertura en oposición de fases. Se produce en el caso de que por una conexión de fase equivocada, al cerrar el interruptor este cierre contra un cortocircuito directo, lo que provoca una apertura violenta y produciéndose una sobretensión.

Apertura de pequeñas corrientes inductivas. Es el caso típico de la apertura de un transformador excitado o de un banco de reactores. Esta apertura, puede provocar la llamada falla evolutiva.

Falla evolutiva. Se produce cuando al abrir un circuito inductivo aparece la sobretensión que puede provocar el arqueo de los aisladores exteriores.

CUCHILLAS.

Son dispositivos que sirven para conectar y desconectar diversas partes de una instalación eléctrica, para efectuar maniobras de operación o bien para darles mantenimiento. Las cuchillas pueden abrir circuitos bajo la tensión nominal pero nunca está fluyendo corriente a través de ellas, antes de abrir un juego de cuchillas siempre deberá abrirse primero el interruptor correspondiente. •

La diferencia entre un juego de cuchillas y un interruptor, considerado que los dos abren o cierran el circuito, es que las cuchillas no pueden abrir cualquier tipo de corriente, desde el valor nominal hasta el valor de cortocircuito.

COMPONENTES.

Las cuchillas estan formadas por una base metálicas de lamina galvanizada con un conector para puesta a tierra, dos o tres columnas de aisladoras que fijan el nivel basico de impulso y encima de estas cuchillas.

La cuchillas esta formada por una navaja o parte móvil y la parte fija que es una mordaza que recibe y presiona la parte móvil.

Las cuchuillas, de acuerdo con las posición que guarda la base y las forma que tiene el elemento móvil, pueden ser:

- 1) Horizontal
- 2) Horizontal invertida
- 3) Vertical
- 4) Pentagóno

Las materiales utilizados en la fabrica de cuchullas son las siguientes:

Base. Se fabrican de lámina de acer galvanizado.

Aisladores. Son de porcelana y pueden ser de tipo columna o de alfiler

Cuchillas.Se pueden fabricar de cobre o de aluminio segun la contaminación predominante en la zona de instalación

Operación. Las cuchillas se pueden operar en forma individual o en grupo.

La operación en forma individual se efectua cuando la tensión de operación es menor de 20 KV se abren o cierran por medio de garrochas o pertigas de madera bien seca y el operador debe utilizarguantes de hule. La operación en un grupo se efectua para tenciones superiores a20KV y puede ser por medio de un mecanismo de barras que interconectadas los tres polos.

FUSIBLES

Son dispositivos de protección eléctrica de una red que hacen las veces de un interruptor, siendo mas barato que estos. Se emplean en aquellas partes de una instalación eléctrica en que los relevadores y los interruptores no se justifican economicamente.

Su función es la de interrumpir circuitos cuando se producen en ellas una sobrecorriente, y soportar la tensión transitoria de recuperación que se produce posteriormente.

Un juego de fusibles de alta tensión en su parte fundamental, esta formado por tres polos. Cada uno de ellos a su vez esta formado por una base metalica semejante a las utilizadas en cuchillas, dos columnas de aisladores que pueden ser de porcelana o de resina sintetica y cuya altura fija el nivel basico de impulso a que trabaja el sistema.

Sobre los aisladores se localizan dos mordazas, dentro de los cuales entran a presión el cartucho fusible.

Dentro del cartucho se produce una densidad de corriente elevada que al pasar por un valor determinado y durante un tiempo prefijado se produce la fusión del elemento y la apertura del circuito de que se trate.

TIPOS DE FUSIBLES

De acuerdo con su capacidad de ruptura, lugar de instalación y costo y se pueden utilizar diferentes tipos de fusibles entre los mas conocidos se pueden indicar los siguientes:

- 1) Expulsión
- 2) Limitador de corriente
- 3) Vacío

Expulsión. Aprovechan la generación y expulsión de un gas a alta presión que , al ser inyectado a trevez del arco producido a continuación de la fusión del elemento fusible provoca la extinción del mismo.

Limitador de corriente. Tiene doble acción, por un lado reduce la corriente de falla debido a las carareristicas de introducir una resistencia elevada en el circuito y por otro debido al incrementar de la resistencia pasa de un circuito de baja factor de potencia a otro circuito de alto factor de potencia.

Vacio . Este tipo de interruptor se produce al separarse los contactos dentro de un recipiente hermetico en el que se ha hecho el vacio, de tal manera que a medida que se separan los contactos, la corriente se concentra en los puntos mas salientes de la superficie del contacto y cesa cuando se evapora el uktimo puente entre los dos contactos. Las ventajas de los fusibles en vacio es que se pueden montar en lugares muy reducidos como son los tablereros y además no hacen ruido.

BARRAS COLECTORAS.

Se llaman barras colectoras al conjunto de conductores eléctricos que se utilizan como conexión común de los diferentes circuitos de que consta una subestación:

- 1) Conductores eléctricos
- 2) Aisladores que sirven de elemento aislante eléctrico y de soporte mecánico del conductor.
- 3) Conectores y herrajes, que sirven para unir los diferentes tramos de conductores y para sujetar el conductor aislador.

El diseño de las barras colectoras implica la selección apropiada del conductor en lo referente al material, tipo y forma del mismo, a la selección de los aisladores y sus accesorios, y la selección de las distancias entre apoyos y entre fases. El diseño se hace con base en los esfuerzos estaticos y dinámicos a que estan sometidas las barras, y según las necesidades de conducción de corriente disposiciones fisicas. La selección final de la barra, se hace atendiendo aspectos económicos, materiales existentes en el mercado y normas establecidas.

TIPOS DE BARRAS

Los tipos normalmente usados son:

- 1) Cables
- 2) Tubos
- 3) Soleras

CABLES

El cable es un conductor formado por un haz de alambres trenzados en forma helicoidal. Es el tipo de barras mas comunmente usado.

Las principales ventajas del uso de cable son:

- 1) Es el mas económico de los tres tipos
- 2) Se logran tener claros mas grandes

Sus desventajas son:

- 1) Se tiene mayores pérdidas por efecto corona
- 2) También se tiene pérdidas por efecto superficial.

TUBOS

Las barras colectoras tubulares se usan principalmente para llevar grandes cantidades de corriente, especialmente de subestaciones de bajo perfil como las instalados en zonas urbanas. El uso de un tubo en subestaciones compactas resulta mas económicos que el uso de otro tipo de barra

Los principales ventajas del uso de tubo son:

- 1) Reduce las pérdidas por efecto corona
- 2) Tiene igual resistencia a la deformación en todos los planos
- 3) Facilita la unión entre dos tramos de tubo
- 4) Reduce las pérdidas por efecto superficial

Las desventajas son:

- 1) Alto costo del tubo en comparación con los otros tipos de barras
- 2) Requiere un gran número de juntas de unión debido a las longitudes relativamente cortas con que se fabrican los tramos de tubos.

BARRAS DE SOLERA.

La barra más comúnmente usada para llevar grandes cantidades de corriente, es la solera de cobre o de aluminio. Los principales ventajas del uso de la solera son:

- 1) Ser relativamente más económica que el tubo
- 2) Ser superior eléctricamente para conducción de corriente directa
- 3) Tiene excelente ventilación

Las principales desventajas son:

- 1) Baja resistencia mecánica al pandeo debido a los esfuerzos de cortocircuito

- 2) Mayores pérdidas por efecto superficial y de proximidad cuando se conduce corrientes alternas.
- 3) Requerir un número mayor de aisladores soporte.

EFECTO CORONA.

El efecto corona es una descarga causada por la ionización del aire que rodea al conductor cuando este se encuentra energizado. Puede oírse como un zumbido, y es visible en la noche como un resplandor violeta. El efecto corona se debe al gradiente de potencial en la superficie de los conductores y es función del diametro del conductor.

Los factores que afecta las pérdidas por efecto corona son: el diámetro del conductor, la rugosidad de la superficie del conductor, la humedad del ambiente y la altura sobre el nivel del mar , a la que estan instalados los conductores. Las pérdidas en cables durante tiempo lluvioso llegan a ser 12 veces mayores que el tiempo seco. La altitud de 3000 mts. reduce el nivel de voltaje al cual se inicio el efecto corona en 32%.

Como resultado del efecto corona, el diametro de un conductor no vendre definido por la densidad de corriente, sino por la distancia entre apoyos y por dichos efecto corona.

REDES DE TIERRA

Uno de los aspectos principales para la protección contra sobretensiones en las subestaciones es la de disponer de una red de tierra adecuada, a la cual se conectan los neutros de los aparatos, los pararrayos, los cables de guarda, las estructuras metálicas, los tanques de los aparatos y todas aquellas partes metalicas que deben estar a potencial de tierra.

La necesidad de contar con una red de tierra en las subestación es la cumplir con las siguientes funciones:

- 1) Proporcionar un circuito de muy impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, ya sea que se deben a una falas de cortocircuito a la operación de un pararrayos.
- 2) Evitar que durante la circulación de estas corriente de tierra ouedean producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación
- 3) Facilitar, mediante sistemas de relevadores, la eliminación de las fallas a tierra en los sistemas eléctricas.
- 4) Dar mayor confibilidad y continuidad al servicio eléctrico.

DISPOSICIONES BASICAS DE LAS REDES DE TIERRA.

Para las redes de tierra, se han considerando basicamente tres sistema:

- 1) Sistema radial
- 2) Sistema de anillo
- 3) Sistema de red.

El sistema radial es mas barato pero el menos satisfactorio. Consiste en uno o varios electródos a los cuales se conectan las derivaciones a cada aparato. El sistema de anillo obtiene colocando en forma de anillo un cable de cobre de suficiente calibre alrededor de la superficie ocupada por el equipo de subestación y conectando las derivaciones acada aparato, mediante un cable delgado (500 MCM o 4/0 AWG). Es un sistema económico y eficiente en el cual se eliminan las grandes distancias de descarga a tierra del sistema radial. Los potenciales peligrosos disminuyen al disminuir la corriente de falla para varios caminos en paralelo.

El sistema de red es el más usado actualmente en nuestro sistema eléctrico y consiste como su nombre lo indica en una falla formada por cable de cobre conectado a través de electrodos de varilla copperweld a partes más profundas para

buscar zonas de menor resistividad. Este sistema es el más eficiente, pero también el más caro de los 03 tipos.

PLANTAS DE EMERGENCIA

Sus grupos motor-generator que se utilizan en algunas subestaciones, para que en caso de falla se tenga otra posibilidad de tener energía para operar los circuitos. Dichas plantas arrancan y se concetan en forma automática al desaparecer la tensión de corriente alterna.

La conexión se efectúa en las barras principales de corriente alterna, que son alimentadas por los 2 transformadores del servicio de estación dicha conexión se hace por medio de un interruptor operando por una equipo de transferencia automática, que sólo puede cerrar en el caso de que hayan abierto los interruptores de los transformadores mencionados y visceversa.

El equipo de transferencia automática mediante los dispositivos adecuados, transfiere la carga del sistema normal de los transformadores al sistema de la planta de emergencia en un tiempo no mayor de 50 milisegundos, por medio de los relevadores que detectan la falla de tensión.

MEDIANTE UN FACTOR DE POTENCIA.

Son aparatos que sirven para medir el factor de potencia. Estos suelen tener en su escala 2 sentidos a partir de $\cos\theta=1$, en que la aguja está en el centro. Hacia la derecha se mide el adelanto de fase y hacia la izquierda el atraso.

FACTOR DE POTENCIA.

La inductancia y capacidad afectan a la potencia instantánea, pero no contribuye a la potencia media. Cuando aumenta la corriente en una inductancia, la energía pasa del circuito al campo magnético, de dónde vuelve cuando la corriente disminuye. Análogamente cuando aumenta la tensión en una capacidad, la energía pasa del circuito al campo eléctrico de donde vuelve cuando disminuye la tensión.

La potencia media se utiliza para especificar la capacidad de conducir energía de la corriente y de la tensión alterna.

La corriente requerida por los motores de inducción, lámparas fluorescentes, transformadores, etc., puede ser considerada como constituida por 2 clases de corriente: Corriente magnetisante y la corriente productora de potencia o corriente de trabajo.

La corriente productora de potencia es aquella corriente que es convertida por el equipo en trabajo útil, tal como hacer girar un torno, efectuar soldaduras o bombear agua. La unidad de medida de la potencia producida es el kilowatt.

La corriente magnetisante es aquella corriente que se requiere para producir el flujo necesario para la operación de los dispositivos de inducción. Sin corriente magnetisante la energía se puede fluir a través del núcleo del transformador a través del entrehierro de los motores de inducción. La Unidad de medida de esta potencia magnetisante es el kilo var (KVAR).

La potencia total llamada potencia aparente (KVA) será la suma geométrica de ambas potencias (RELACION TRIANGULAR) es decir:

$$KVA = \sqrt{(KW)^2 + (KVAR)^2}$$
$$KW = \sqrt{(KVA)^2 - (KVAR)^2}$$

El factor de potencia se expresa como la razón entre la corriente productora de potencia en un circuito, a la corriente total en el circuito, esto es lo mismo que la razón, entre los KW o potencia real y los KVA o potencia aparente.

Factor de pot= KW/KVA

KW= KVA* FACTOR DE POTENCIA

En base a lo anterior podemos decir que el factor de potencia es el factor por el cual debe ser multiplicada la potencia aparente para obtener la potencia de trabajo. El factor de potencia viene a representar así, según la relación triangular un coseno.

CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

El equipo eléctrico que se ha de instalar para alimentar una carga dada, queda determinado por las necesidades de voltamperios de la misma, por lo que resultaran directamente afectado por el factor de potencia de la carga. La carga industrial ordinaria en un sistema de distribución de energía funcionan con un factor de potencia de retardo que en muchos casos es lo suficientemente bajo para que su amunto resulte justificablemente económicamente.

Dicho aumento o corrección del factor de potencia se efectua conectando una bateria de capacitores en paralelo con la carga, determinandose el tamaño de la bateria de forma que el factor de potencia de la combinación en paralelo alcance el valor desado.

Es preciso señalar que la corrección de potencia se efectua conectando no evita las necesidades de potencia reactiva de la propia carga. Cuando se corrige el factor de potencia, la mayor parte de la potencia reactiva necesaria es proporcionada por los capacitores en paralelo, en vez de verificarse desde remotos generadores a treves del sistema de distribución. Entonces la osilación de energia, de que la potencia reactiva es la medida cuantitativa, tiene lugar principalmente entre la carga y los capacitores adyacentes, en vez de tenerlo entre la carga y los lejanos generadores.

De este modo, lo osilación no aumenta excesivamente la carga sobre los generadores y el sistema de distribución, ni eleva las pérdidas en el cobre, por lo que esta característica posee un indiscutible valor económico.

TABLEROS

Es importante fijar la cantidad, tipo y dimensiones de todos los tableros, con objeto de dimensionar el ,edificio principal de tableros o casetas auxiliares, según sea la capacidad de la subestación, y a partir del edificio de tablero trazar en la planta principal, las rutas de trincheras mas convenientes.

Los tableros de una subestación son una serie de dispositivos que tiene por objeto soportar los aparatos de control, medición y protección, el bus mimico, las indicaciones luminosas y las alarmas. Dependiendo de la función que desarrollan y el tamaño de la subestación, se utiliza diferentes tipos de tableros como se indica a continuación :

Los tableros de un solo frente se utilizan en subestaciones pequeñas. siendo los de mayor uso. Los tableros de doble frente o duplex se utilizan en subestaciones medianas, instalándose en el frente principal, los dispositivos de control, medición, señalización, mientras que en la parte superior se montan los diferentes relevadores de la protección.

Los tableros separados para mando y protección se emplean en subestaciones muy grandes, en donde debido a la complejidad de las protecciones, los relevadores no cabrían si se usan los tipos anteriores de tableros. Por último los tableros tipo mosaico se emplean en subestaciones operados a control remoto, en los relevadores se fijan los tableros separados, dentro del edificio principal o en casetas.

Los tableros separado por mando y protección se emplean en subestaciones muy grandes, en donde debido a la complejidad de las protecciones, los relevadores no cabrían si se usan los tipos anteriores de tableros. Por último los tableros tipo mosaico se emplean en subestaciones operadas a control remoto, en que los relevadores se fijan en tableros separados, dentro del edificio principal o en casetas.

Dependiendo del tablero y de la subestación, los tableros se diseñan para operar los siguientes circuitos:

- 1) Líneas y cables de alta tensión
- 2) Bancos de transformadores
- 3) Barras colectoras
- 4) Baja frecuencia
- 5) Alimentadores de distribución
- 6) Bancos capacitores
- 7) Servicio de estación auxiliar.

PROTECCIONES PRINCIPALES

En un subestación, los principales elementos que se necesitan ser protegidos son los siguientes:

- 1) Líneas o cables de alimentación
- 2) Banco de transformadores de potencia
- 3) Barras colectoras o buses
- 4) Respaldo local contra falla de interruptores
- 5) Alimentadores
- 6) Banco de capacitores
- 7) Banco de tierra.

Las líneas de transmisión que rematan en una subestación se pueden proteger, dependiendo de sus características, mediante cualquiera de las siguientes protecciones:

- 1) Sobrecorriente
- 2) Distancia
- 3) Hilopiloto
- 4) Onda portadora.

SOBRECORRIENTE

Es la mas sencilla y por lo tanto, barata se utiliza en instalaciones con diagramas unifilares sencillos, se emplean relevadores de fase y uno de tierra. Se acostumbra usar las lineas de distribución y en suministro a instalaciones industriales. Se usa con protección de distancia para falla a tierra, y como respaldo de la protección de hilopiloto.

Distancia. Se usa como protección primaria en trasmisión. Los relevadores son preferibles a los de sobrecorriente porque no se les efectuan los cambios en la magnitud de la corriente.

Hilopiloto. Es una protección de alta velocidad para protección de lineas. Se usa en lineas cortas de menos de 20 Km, también en la protección de cables de potencia.

Onda portadora. Es la protección mas confiable para lineas de alta tensión. Se puede instalar a partir de 34KV.

BANCOS DE TRANSFORMADORES.

Los transformadores de potencia se pueden proteger por cualquiera de las protecciones siguientes:

- 1) Diferencial
- 2) Sobrecorriente
- 3) Trafoscopio (gas)
- 4) Tanque de tierra.

Diferencial. Se utiliza en los bancos como protección primaria, con una protección de respaldo que puede ser de sobrecorriente de dos fases. Debemos tener en consideración que la protección primaria debe operar con la mayor rapidez posible y en primer lugar y la de respaldo se energiza y arranca al mismo tiempo que la primaria, y como es mas lenta, solo opera en caso de que la primaria no respondiera.

Sobrecorriente. Se utiliza como protección de respaldo para fallas externas, los relevadores son del tipo de corriente instantaneo y de tiempo inverso.

Trafoscopio. Se utiliza en algunos países como protección primaria, con una protección de respaldo de tanque a tierra.

Tanque a tierra. Se utilizan como protección de respaldo de bancos de transformadores de hasta 300 MVA.

CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO .

La corriente de cortocircuito al circular por los devanados de cualquier transformador, produce un aumento brusco de temperatura, que degrada los aislamientos y disminuye la vida útil de estos, tal manera que una sobretensión posterior, aunque sea pequeña, puede ser el origen de una falla seria en el enbobinado e incluso de su destrucción.

Como ambas corriente aumentan a medidas que crece el sistema eléctrico, conveniente diseñar las instalaciones tomando en cuenta que los valores de corriente que se alcanza en la etapa final de desarrollo de la subestación.

Para reducir las las corrientes de cortocircuitos se acostumbra conectar bobinas en serie en las tres fases para reducir el cortocircuito trifásico, o bien instalar una solo en el neutro de los transformadores de potencia para reducir el cortocircuito monofasico a tierra. Los valores de la reactancia de estas de estas bobinas varian según el sistema de que se trate. Para una bobina en el neutro de un transformador trifasico, un valor de 0.4 ohm puede ser adecuado para ,reducir la corriente de cortocircuito, de tal manera que por un lado se pueda disminuir el costo de los interruptores y por el otro lado, no se reduzca tanto el valor de dicha corriente como para que efectue la sensibilidad de las protecciones correspondientes.

CORRIENTE MAXIMAS DE CORTOCIRCUITO A TIERRA

Para determinar el valor correcto de la corriente de falla a tierra, utilizada en el calculo del sistema de tierra, se necesita:

- 1) Determinar el tipo de falla posible a tierra que produzca el máximo flujo de corriente entre la malla del sistema de tierra y la tierra adyacente, por lo tanto su mayor elevación de potencia y los mayores gradientes locales en el area de la subestación.
- 2) Determinar por computo o por analizadores, el máximo valor efectivo de la corriente simetrica de falla a tierra I entre la malla de tierra y la tierra circundante en el instante de iniciarse la falla.

TIPOS DE FALLAS A TIERRAS.

Son de dos tipos principalmente: falla monofásico a tierra y falla polifásica a tierra.

PRUEBAS Y PUESTAS EN SERVICIO.

Durante el proceso de instalación del equipo de una subestación y sobre todo al final, que es cuando se procede a la puesta en servicio de la instalación, es necesario efectuar una serie de pruebas para determinar el estado final de los aislamientos, los circuitos de control, la protección, señalización, alarmas y finalmente el funcionamiento del conjunto de la subestación.

Asu vez el conjunto de datos obtenidos de las pruebas sirven de antecedentes para que a lo largo de la vida de la instalación, el personal de mantenimiento tenga una base para determinar el grado de deterioro que va sufriendo los diferentes equipos, asi como tener un punto de referencia para comparar las nuevas lecturas, obtenidos en los equipos después de una reparación.

TIPOS DE PRUEBAS.

Las pruebas se pueden incluir entres grupos iniciales mas dos pruebas finales:

- 1) Pruebas al equipo de alta tensión
- 2) Pruebas al equipo de protección, medición y control

- 3) Pruebas al equipo, con tensión nominal de operación
- 4) Faseo de la subestación
- 5) Toma de carga de la subestación.

A continuación se indica cada uno de los equipos que se consideran en las pruebas de campo:

- 1) Transformadores
- 2) Interruptores
- 3) Cuchillas
- 4) Pararrayos
- 5) Fusibles
- 6) Aisladores

Una vez instalado cada uno de los equipos, la secuencia de la prueba de campo se puede desarrollar en el siguiente orden, aunque no todas las pruebas que se indican a continuación se efectúan a cada uno de los equipos antes mencionados:

- 1) Resistencia de aislamiento
- 2) Factor de potencia de los aislamientos
- 3) Rigidez dieléctrica del aceite
- 4) Relación de transformación
- 5) Resistencia de contacto

- 6) Tiempo de apertura y de cierre de los contactos de los interruptores
- 7) Continuidad eléctrico de los circuitos
- 8) Polaridad
- 9) Tensiones mínimas de operación.

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

Esta prueba permite determinar el estado que guarda los aislamientos eléctricos de un aparato, de tal manera que se pueda soportar conforme a las normas, las tensiones nominales de prueba.

Dicha resistencia viene dada por el valor en megohms que presenta un aislamiento, al aplicarle una fuente de tensión de corriente directa, durante un tiempo determinado, que produce una corriente de fuga en el aislamiento. Para efectuar la prueba se utiliza un aparato llamado megger.

El megger es un generador de corriente directa con una escala de lectura, graduada en megohms, que mide los miliampers, que circulan por el aislamiento, al aplicarsele tensión de corriente directa del generador del propio aparato, el generador se puede mover a mano o en forma motorizada siendo este último, el tipo más utilizado, debido a que la aplicación de tensión durante la prueba es más uniforme que el tipo manual.

FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS.

Esta prueba proporciona una indicación de la calidad de un aislamiento sobre todo en el referente a la detención de la humedad y otros contaminantes, como los que se mide es una relación de pérdidas, el factor de potencia es independiente de la cantidad de aislamiento bajo prueba. Experimentalmente esta prueba es más confiable que la resistencia de aislamiento.

RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.

Esta prueba es una medición de la habilidad que tiene un aceite aislante para soportar una diferencia de campo eléctrico sin que se produzca un arco entre los electrodos del campo.

El aceite aislante desarrolla varias funciones:

- 1) Dieléctricas
- 2) Eliminación del calor generado por pérdidas, en un aparato
- 3) Extinción del arco durante el proceso de apertura de un interruptor.

La rigidez dieléctrica se produce en presencia de los siguientes factores:

- 1) Aumento de distancias entre partes vivas
- 2) Contenido de humedad
- 3) Contenido de gases
- 4) Temperatura
- 5) Velocidad de incremento de la tensión.

RELACION DE TRANSFORMACION.

Esta prueba sirve para comprobar que el número de espiras devanadas en la bobina de un transformador, coinciden con las calculadas en el diseño, de tal manera que las tensiones medidas coincidan con los datos de la placa del aparato.

Para esta prueba se utiliza un aparato que suele conocer con las iniciales de la palabras inglesas o sea TTR (Transformer Turn Ration) o bien probador de la relación de espiras que se utilizan para obtener la relación de transformación sin carga.

POLARIDAD .

Esta prueba se efectua en cualquier tipo de transformador. Es necesario efectuar en los transformadores que han sufrido alguna reparación en las bobinas y que a la hora de conectar estas bobinas, se puede haber cometido algun error en la colocación de las terminales.

FASEO.

Es el procedimiento mediante el cual se comprueba que las fases del sistema de alta tensión que alimenta a una subestación por el lado de baja tensión, ya que si esto no ocurre al conectar la subestación se produciría un cortocircuito por existir una diferencia de tensión entre los dos extremos abiertos de una misma fase.

El faseo se desarrolla en dos partes:

- 1) Faseo interno de l subestación
- 2) Faseo externo, o de la subestación contra el sistema

TOMA DE CARGA.

Una vez hechas las pruebas al equipo, faseada la subestación y probada con tensión nominal, el siguiente y ultimo paso es que la subestación tome la carga nominal, para lo cual se polarizan los relevadores que lo necesiten y se calibran las protecciones y los equipos de medición para que funcionen correctamente con la carga de casa circuito de la subestación.

Ejemplo de cálculo de los componentes de una subestación

Determinar la potencia del transformador, los dispositivos de protección para una subestación ubicada en una empresa dedicada a la fabricación de estructuras metálicas, la cuál tiene las siguientes cargas:

- 1) Motores de $\frac{3}{4}$ HP, Trifásico de 220v.

- 2) Motores de 10 HP, trifásico de 220v.
- 3) Máquinas de soldar de 5 KVA, Trifásico de 220v.
- 4) Tablero de alumbrado de 10 KW, Trifásico de 220v.
- 5) Tablero de alumbrado de 35 KW, Trifásico de 220v.
- 6) Aires acondicionados de 3 TON. Trifásico de 220v.

Los motores se consideran con una eficiencia del 90%; se utiliza conductor con máxima temperatura de 75°C; se estima una temperatura ambiente de 35°C. Uno de los motores de 10 HP se encuentra a 50 m del lugar de la alimentación, verificar el calibre del conductor por caída de tensión.

SOLUCION:

- 1) Motores de 3/4HP, Trifásico de 220v.

CALCULO DEL CONDUCTOR A UTILIZAR:

$$I_N = \frac{0.746 H}{\sqrt{3}VF_pE_f} \qquad I_N = \frac{0.746 (3/4)}{\sqrt{3}(0.22)(0.85)(0.90)}$$

$I_N = 1.92 \text{ amps.}$

$I_{P/CABLE} = 125\% I_N \qquad I_{P/CABLE} = 1.25(1.92\text{amps}) \qquad I_{P/CABLE} = 1.73\text{amps.}$

$$I_{P/CABLE} = \frac{I_{P/CABLE}}{(FT)(FA)} \qquad I_{P/CABLE} = \frac{(2.40\text{amps})}{(0.88)(1.00)}$$

$$I_{P/CABLE} = 2.73 \text{ amps}$$

CORREGIDA

* Se obtiene un conductor calibre numero 12, en tuberia de ½ de diámetro, aunque la corriente debido a que es el mínimo calibre a utilizar.

CALCULO DE LA PROTECCION:

$$I_{P/PROTEC.} = 200\%I_N$$

$$I_{P/PROTEC.} = 2(1.92\text{amps})$$

$$I_{P/PROTEC.} = 3.84 \text{ amps}$$

*Se utiliza un interruptor termomagnético tipo FA de capacidad interruptiva normal, 100 amps, en marco, tensión máxima 600 v, 250 Vcd.

$$\text{Tipo : } \frac{3 \times 15A}{100} \text{ FA}$$

$$I_{ELEMENTO} = 115\%I_N$$

$$I_{ELEMENTO} = 1.15\%(1.92\text{amps})$$

$$I_{ELEMENTO} = 2.21 \text{ amp.}$$

b).- 2 Motores de 10 HP, Trifásicos de 220v.

CALCULO DEL CONDUCTOR A UTILIZAR:

$$I_N = \frac{0.746 \text{ HP}}{\sqrt{3} V F_p E_f}$$

$$I_N = \frac{0.746(10)}{\sqrt{3}(0.22)(0.85)(0.90)}$$

$$I_N = 25.59 \text{ amps.}$$

$$I_{P/CABLE} = 125\%I_N \quad I_{P/CABLE} = 1.25(25.59\text{amp}) \quad I_{P/CABLE} = 31.99\text{amp.}$$

$$I_{P/CABLE} = \frac{I_{P/CABLE}}{\text{CORREGIDA (FT)(FA)}} \quad I_{P/CABLE} = \frac{(31.99\text{amps})}{(0.88)(1.00)} \quad I_{P/CABLE} = 36.35\text{amps.}$$

***Se obtiene un conductor calibre numero 8, en tuberia de 3/4 de diámetro como mínimo.**

CALCULO DE LA PROTECCION:

$$I_{P/PROTEC.} = 165\%I_N \quad I_{P/PROTEC.} = 1.65(25.59\text{amps}) \quad I_{P/PROTEC.} = 42.22\text{amp}$$

* Se utiliza un interruptor termomagnético tipo FA capacidad interruptiva normal, 100 apms, en marco, tensión máxima 600v, 250Vcd.

Tipo : 3 x 50A FA
100

$$I_{ELEMENTO} = 115\%I_N \quad I_{ELEMENTO} = 1.15(25.59\text{amps}) \quad I_{ELEMENTO} = 29.43\text{amp.}$$

***Verificación del calibre del conductor por caída de tensión para el motor que se encuentra a 50m del punto de alimentación.**

$$V = \frac{F_c \times I_{P/CABLE} \times \text{Long}}{1000} \quad V = \frac{(2.55)(31.99)(50\text{mts})}{1000} \quad V = 4.08 \text{ volts.}$$

$$\%V = \frac{V}{\sqrt{3}} \times 100 \quad \%V = \frac{(4.08)}{\sqrt{3}} \times 100 \quad \%V = 3.53\%$$

$$V_o \quad (220)$$

NO CUMPLE.

Por lo tanto se calcula para un calibre mas grueso : (calibre # 6)

$$V = \frac{F_c \times I_{P/CABLE} \times Long(mts)}{1000} \quad V = \frac{(1.60)(31.99)(50mts)}{1000} \quad V = 2.56 V_.$$

Por lo tanto se calcula para un calibre mas grueso: (Calibre # 6)

$$V = \frac{F_c \times I_{P/CABLE} \times Long(mts)}{1000} \quad V = \frac{(1.60)(31.99)(50m)}{1000} \quad V = 2.56Volt$$

$$\%V = \frac{V \sqrt{3}}{V_o} \times 100 \quad \%V = \frac{(2.56)\sqrt{3}}{220} \times 100 \quad \%V = 2.51\%$$

SI SE CUMPLE.

Dando como resultado que para este motor se utilizara conductor calibre # 6

c).- 4 Maquinas de soldar de 5 KVA, Trifásico de 220v.

CALCULO DEL CONDUCTOR A UTILIZAR:

$$I_N = \frac{KVA}{\sqrt{3} V} \quad I_N = \frac{5KVA}{\sqrt{3}(0.22)} \quad I_N = 13.12amps.$$

$$I_{P/CABLE} = 125\% \quad I_{P/CABLE} = 1.25(13.12amp) \quad I_{P/CABLE} = 16.40amps.$$

$$I_{P/CABLE} = \frac{I_{P/CABLE}}{\sqrt{3}} \quad I_{P/CABLE} = \frac{16.40amp}{\sqrt{3}} \quad I_{P/CABLE} = 9.46amps.$$

CORREGIDA (FT)(FA)

(0.88)(1.00)

CORREGIDA

*Se obtiene un conductor calibre # 12, en tubería de ½" de diámetro, como mínimo.

CALCULO DE LA PROTECCION:

$$I_{P/PROTEC.} = 300\%I_N \quad I_{P/PROTEC.} = 3(13.12\text{amps}) \quad I_{P/PROTEC.} = 39.36 \text{ amps.}$$

*Se utiliza un interruptor termomagnético tipo FA de capacidad interruptiva normal 100 amps en marco, tensión máxima 600v, 250Vcd.

Tipo 3 x 40A

100

d).- 1 Tablero de alumbrado de 10 KW, Trifásico de 220 v.

CALCULO DEL CONDUCTOR A UTILIZAR:

$$I_N = \frac{KW}{\sqrt{3}VF_p}$$

$$I_N = \frac{(10KW)}{\sqrt{3}(0.22)(0.92)}$$

$$I_N = 28.53 \text{ amps.}$$

$$I_{P/CABLE} = 125\%I_N$$

$$I_{P/CABLE} = 1.25(28.53\text{Aamp}) \quad I_{P/CABLE} = 3.66 \text{ amps.}$$

$$I_{P/CABLE} = \frac{I_{P/CABLE}}{\text{CORREGIDA (FT)(FA)}}$$

$$I_{P/CABLE} = \frac{(35.35\text{amps})}{\text{CORREGIDA (0.88)(1.00)}}$$

$$I_{P/CABLE} = 40.52 \text{ amps.}$$

CORREGIDA

*Se obtiene un conductor calibre # 8, en tubería de 3/4" de diámetro como mínimo.

CALCULO DE LA PROTECCION:

$$I_{P/PROTEC.} = 125\%I_N \quad I_{P/PROTEC.} = 1.25(28.53\text{amps}) \quad I_{P/PROTEC.} = 35.66 \text{ amps.}$$

*Se utiliza un interruptor termomagnético tipo FA de capacidad interruptiva normal, 100 apms en marco, tensión máxima 600v, 250Vcd.

$$\text{Tipo: } \frac{3 \times 40A \text{ FA}}{100}$$

e).- Tablero de alumbrado de 35 KW, Trifásico de 220v.

CALCULO DEL CONDUCTOR A UTILIZAR:

$$I_N = \frac{KW}{\sqrt{3}VF_p} \quad I_N = \frac{(35KW)}{\sqrt{3}(0.22)(0.92)} \quad I_N = 99.84 \text{ amps.}$$

$$I_{P/CABLE} = 125\%I_N \quad I_{P/CABLE} = 1.25(99.84 \text{ amp}) \quad I_{P/CABLE} = 124.80 \text{ amps.}$$

$$I_{P/CABLE} = \frac{I_{P/CABLE}}{\text{CORREGIDA (FT)(FA)}} \quad I_{P/CABLE} = \frac{(124.80\text{amp})}{\text{CORREGIDA (0.88)(1.00)}} \quad I_{P/CABLE} = 141.82 \text{ amps.}$$

*Se obtiene un conductor calibre # 10, en tubería de 2" de diámetro como mínimo.

CALCULO DE LA PROTECCION:

$$I_{P/PROTEC.} = 125\%I_N \quad I_{P/PROTEC.} = 1.25(99.84\text{amp}) \quad I_{P/PROTEC.} = 124.80 \text{ amps.}$$

*Se utiliza un interruptor termomagnético tipo FA de capacidad interruptiva normal, 225 amps en marco, tensión máxima 600v, 250Vcd.

Tipo: 3 x 125A FA

22

Tipo: 3 x 30A FA
100

f).- 2 Aires acondicionados de 3 TON.

CALCULO DEL CONDUCTOR:

1 TON = 1900 Watts.

$$I_N = \frac{KW}{\sqrt{3}VF_p} \quad I_N = \frac{(1.9)(3\text{Ton})}{\sqrt{3}(0.22)(0.85)} \quad I_N = 17.60 \text{ amps.}$$

$$I_{P/CABLE} = 125\%I_N \quad I_{P/CABLE} = 1.25(17.60\text{amp}) \quad I_{P/CABLE} = 22.00 \text{ amps.}$$

$$I_{P/CABLE} = \frac{I_{P/CABLE}}{CORREGIDA} = \frac{I_{P/CABLE}}{(FT)(FA)} \quad I_{P/CABLE} = \frac{22.00 \text{ amp}}{(0.88)(1.00)} \quad I_{P/CABLE} = 25.00 \text{ amps.}$$

Se obtiene un conductor calibre # 10, en tubería de ¾" de diámetro como mínimo.

CALCULO DE LA PROTECCION:

$$I_{P/PROTEC.} = 150\%I_N \quad I_{P/PROTEC.} = 1.50(17.60 \text{ amp}) \quad I_{P/PROTEC.} = 26.40 \text{ amps.}$$

*Se utiliza un interruptor termomagnético tipo FA de capacidad interruptiva normal, 100 amps en marco, tensión máxima 600v, 250Vcd.

TABLA A-8 FACTOR DE CAIDA DE TENSION.

Calculo de caída de tensión para un conductor de 75 m de longitud y un conductor de cobre, calibre 300 KCM, el cual transporta una corriente de 405 amperes a una temperatura en el conductor de 75 C. El cable se encuentra instalado dentro de una tubería no metálica y forma parte de un circuito trifásico que opera a una tensión de 440 Volts entre fases y un factor de potencia igual a la unidad.

La tabla de factores de caída de tensión unitario para cables de cobre se tiene que:

$f_p = 0.094$

Por lo que

- $e = 0.04 \times 405 \times 75$
- $e = 285 \text{ mm}^2$
- $e = 286 \text{ volts al neutro}$
- $e = 495 \text{ volts entre fases}$

El porcentaje de caída de tensión al punto 1570

$\% R = \frac{2.85 \sqrt{I^2 L}}{220} \times 100$

$\% R = 1.13\%$

AWG-KCM	Tc = 75 C				Tc = 90 C			
	Fd = 80%		Fd = 100%		Fd = 80%		Fd = 100%	
	NC	MC	NC	MC	NC	MC	NC	MC
20	33.13	33.17	41.30	41.30	27.73	34.73	42.30	42.30
15	20.51	20.51	26.00	26.00	21.57	21.57	27.30	27.30
10	13.14	13.14	16.30	16.30	13.78	13.78	17.10	17.10
5	8.37	8.37	10.30	10.30	8.75	8.75	10.75	10.75
2	5.25	5.25	6.47	6.47	5.50	5.50	6.77	6.77
1	3.37	3.37	4.06	4.06	3.48	3.48	4.25	4.25
1/2	2.12	2.12	2.57	2.57	2.22	2.22	2.71	2.71
3/8	1.31	1.31	1.60	1.60	1.41	1.41	1.69	1.69
1/4	0.874	0.874	1.07	1.07	0.942	0.942	1.16	1.16
3/16	0.574	0.574	0.637	0.637	0.554	0.554	0.667	0.667
1/8	0.355	0.355	0.400	0.400	0.353	0.353	0.419	0.419
1/16	0.220	0.220	0.251	0.251	0.222	0.222	0.272	0.272
3/32	0.145	0.145	0.166	0.166	0.145	0.145	0.176	0.176
1/32	0.091	0.091	0.107	0.107	0.091	0.091	0.111	0.111
1/64	0.057	0.057	0.066	0.066	0.057	0.057	0.069	0.069
1/80	0.045	0.045	0.052	0.052	0.045	0.045	0.054	0.054
1/100	0.037	0.037	0.043	0.043	0.037	0.037	0.045	0.045
1/125	0.030	0.030	0.035	0.035	0.030	0.030	0.036	0.036
1/160	0.024	0.024	0.028	0.028	0.024	0.024	0.029	0.029
1/200	0.019	0.019	0.022	0.022	0.019	0.019	0.023	0.023
1/250	0.015	0.015	0.017	0.017	0.015	0.015	0.018	0.018
1/300	0.012	0.012	0.014	0.014	0.012	0.012	0.014	0.014
1/350	0.010	0.010	0.011	0.011	0.010	0.010	0.012	0.012
1/400	0.008	0.008	0.009	0.009	0.008	0.008	0.010	0.010
1/500	0.006	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006	0.007	0.007
1/600	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006
1/750	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005
1/1000	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004

SISTEMA	MULTIPLIQUE POR
MONOFASICO	2
DOS FASES TRES HILOS	1
TRIFASICO	1/3

TABLA 8

FACTORES DE CAIDA DE TENSION UNITARIA
MILIVOLTS/AMPER-METRO

Calibre AWG o MCM	MONOFASICO		BIFASICO		TRIFASICO	
	CONDUIT*		CONDUIT*		CONDUIT*	
	Metálico	No Metálico	Metálico	No Metálico	Metálico	No Metálico
14	21.54	21.54	10.77	10.77	10.65	10.65
12	13.56	13.56	6.78	6.78	11.74	11.74
10	8.52	8.52	4.26	4.26	7.38	7.38
8	5.36	5.36	2.68	2.68	4.64	4.64
6	3.37	3.37	1.69	1.69	2.92	2.92
4	2.12	2.12	1.06	1.06	1.84	1.84
2	1.35	1.33	0.68	0.67	1.18	1.16
1/0	0.86	0.84	0.43	0.42	0.74	0.73
2/0	0.68	0.67	0.34	0.34	0.59	0.59
3/0	0.55	0.53	0.28	0.27	0.48	0.47
4/0	0.44	0.42	0.22	0.21	0.38	0.36
250	0.38	0.36	0.19	0.18	0.33	0.31
300	0.32	0.30	0.16	0.15	0.28	0.26
350	0.27	0.26	0.14	0.13	0.24	0.23
400	0.24	0.22	0.12	0.11	0.21	0.19
500	0.20	0.18	0.10	0.09	0.17	0.16
600	0.17	0.15	0.09	0.08	0.16	0.14
750	0.14	0.12	0.07	0.06	0.12	0.10
1000	0.12	0.09	0.06	0.05	0.10	0.09

TABLA 6

FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA (SEGUN NIE-84)

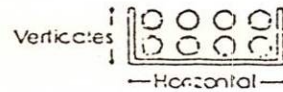
TEMPERATURA AMBIENTE	FACTOR		
	Temperatura de operación del conductor		
°C	60°C	75°C	90°C
30	1.00	1.00	1.00
31 - 35	0.94	0.94	0.95
36 - 40	0.82	0.88	0.91
41 - 45	0.71	0.82	0.87
46 - 50	0.58	0.75	0.82
51 - 55	0.41	0.67	0.76
56 - 60	--	0.58	0.71
61 - 70	--	0.35	0.58

TABLA 7

FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO PARA CABLES EN TUBERIA CONDUIT (SEGUN NIE 84)

Número de Conductores	Factor
1 a 3	1.00
4 a 6	0.80
7 a 24	0.70
25 a 42	0.60
43 y más	0.50

Número de Cables Verticalmente	Número de Cables Horizontalmente					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	0.93	0.87	0.84	0.83	0.82
2	0.89	0.83	0.79	0.76	0.75	0.74
3	0.80	0.76	0.72	0.70	0.69	0.68
4	0.77	0.72	0.68	0.67	0.66	0.65
5	0.75	0.70	0.66	0.65	0.64	0.63
6	0.74	0.69	0.64	0.63	0.62	0.61



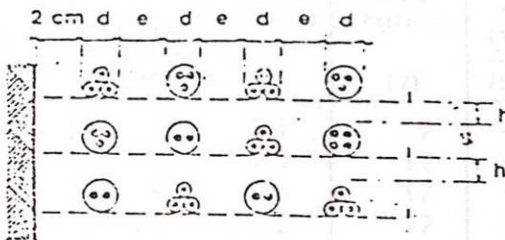
Ej. 4 horizontal y 2 vertical

Factor = 0.76

FACTORES DE CORRECCION DE CAPACIDADES DE CONDUCCION DE CORRIENTE PARA CABLES ENROLLADOS EN CARRETES

Número de bobinas en el Carrete	Multiplicar la capacidad por
1	0.95
2	0.65
3	0.45
4	0.35

i) Cuando $1/4 d < e$ y $h < d$



Número de bobinas en el Carrete	Número de cables o tirabuznes				
	1	2	3	6	9
1	1.00	0.93	0.87	0.84	0.82
2	0.89	0.83	0.79	0.76	0.74
3	0.80	0.76	0.72	0.70	0.68
4	0.74	0.69	0.64	0.63	0.61

En el caso de que el cable esté instalado en un tray y se usen cables de diferentes tipos, los factores de corrección deben multiplicarse por 0.9

FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA AMBIENTE

TABLA

Temperatura ambiente (°C)	Temperatura máxima admisible en el aislamiento (°C)					
	75	85	90	110	125	
31 - 40	0.92	0.88	0.90	0.91	0.94	0.95
41 - 45	0.71	0.62	0.85	0.87	0.90	0.92
46 - 50	0.58	0.75	0.80	0.82	0.87	0.89
51 - 55	0.41	0.67	0.74	0.76	0.83	0.86
56 - 60	—	0.58	0.67	0.71	0.79	0.83
61 - 70	—	0.35	0.52	0.58	0.71	0.76
71 - 80	—	—	0.30	0.41	0.61	0.68
81 - 90	—	—	—	—	0.50	0.61
91 - 100	—	—	—	—	—	0.51
101 - 125	—	—	—	—	—	—
126 - 150	—	—	—	—	—	—

* Para aplicaciones a temperatura ambiente de 30 °C

Factores de corrección por variación en la temperatura ambiente

Cables directamente enterrados o en ductos subterráneos

Máxima temperatura del conductor (°C)	Temperatura del terreno (°C)				
	15	20	25	30	35
60	1.13	1.07	1.00	0.93	0.88
75	1.10	1.05	1.00	0.95	0.88
90	1.09	1.04	1.00	0.96	0.90
95	1.07	1.03	1.00	0.97	0.92

Cables instalados al aire

Máxima temperatura del conductor (°C)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
60	1.50	1.41	1.32	1.12	1.06
75	1.31	1.25	1.00	1.13	1.07
90	1.27	1.22	1.11	1.12	1.05
95	1.22	1.15	1.14	1.10	1.05

FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO PARA CABLES EN TUBERIA CONDUIT

(Según NF 70)

Número de Conductores	Factor
1 a 3	1.00
4 a 6	0.80
7 a 24	0.70
25 a 42	0.60
43 y más	0.50

Nota: Estos factores se aplican en el caso de ser todos conductores para alumbrado o fuer conductores neutro que transcorren en un solo cable de equilibrio de otros conductores, que se toman en cuenta para los factores de corrección por agrupamiento (Según NF 70).

TABLA ■ No. 5

ANTILLAMA™ 60 (TW) Y VINANEL ANTILLAMA™ 90

CALIBRE AWG O MCM	ANTILLAMA 60 (TW) (60°C) 600V				VINANEL ANTILLAMA 90 (TW) (90°C) 600V					
	I AMPERES		DIAMETRO EXTERIOR NOMINAL mm (1)	PESO Kg/Km (2)	I AMPERES				DIAMETRO EXTERIOR NOMINAL mm (1)	PESO Kg/Km (2)
	CONDUIT (A 3 CONDUCTI	AIRE LIBRE (CHAROLA) CONDUCTOR			CONDUIT (1-3 COND)		AIRE LIBRE (CHAROLA) CONDUCTOR			
			75°C	90°C	75°C	90°C				
20	3	3	2.1	9	—	20	—	23	2.3	10
18	5	5	2.3	12	—	21	—	25	2.6	13
16	8	8	2.6	17	—	22	—	27	2.9	19
14	15	20	3.2	27	15	25	20	30	3.5	29
12	20	25	3.6	40	20	30	25	40	4.0	43
10	30	40	4.2	60	30	40	40	55	4.6	63
8	40	55	5.6	99	45	50	65	70	6.1	104
6	55	80	7.1	159	65	70	95	100	7.8	168
4	70	105	9.1	252	85	90	125	135	9.0	251
2	95	140	10.6	380	115	120	170	180	10.5	378
1/0	125	195	13.6	606	150	155	230	245	13.6	603
2/0	145	225	14.8	747	175	185	265	285	14.8	743
3/0	165	260	16.1	922	200	210	310	330	16.1	919
4/0	195	300	17.6	1143	230	235	360	385	17.5	1139
250					255	270	405	425	19.5	1356
300					285	300	445	480	20.9	1603
350					310	325	505	530	22.2	1853
400					335	360	545	575	23.4	2101
500					380	405	620	660	25.5	2593
600					420	455	690	740	28.3	3119
750					475	500	785	845	31.0	3852
1000					545	585	935	1000	34.9	5068

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

PA TABLA No. 4

SELECCION

CAPACIDAD INTERRUPTIVA

Preliojo en el No. de Catálogo	No. de Polos	Corriente Nominal Amperes	Capacidad Interruptiva Nominal Amperes RMIC Simétricos	
			240 V	600 V
PAF	2	600-2000	1.5, 50,000	42,000
	3	600-2000	1.5, 50,000	42,000
	2	600-2000	1.5, 50,000	65,000
PIII	2	600-2000	85,000	65,000
	3	600-2000	85,000	65,000

PA MUELLO PARA MUELLOS, TENSION MAXIMA 600 VCA, 50 Hz, CAPACIDAD INTERRUPTIVA NOMINAL

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Tres Polos	
	Baja	Alta	Interruptor sin Columnas	Columnas de Capacidad Juegos de dos Columnas
600	3:200	9000		PA 3600 RC
700	3:200	9000		PA 3700 RC
800	3:200	9000		PA 3800 RC
1000	3:500	9000		PA 31000 RC
1200	3:500	9000	PAF 2016	PA 31200 RC
1400	4:500	9000		PA 31400 RC
1600	5:000	10000		PA 31600 RC
1800	5:200	10000		PA 31800 RC
2000	8:000	12000		PA 32000 RC

PH MUELLO 3000 AMPERES, TENSION MAXIMA 600 VCA, 50 Hz, CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALENA A GRIS) 1-75,000

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos	
	Baja	Alta	Interruptor sin Columnas	Columnas de Capacidad Juegos de dos Columnas
600	3:700	9000		PA 2600 RC
700	3:200	9000		PA 2700 RC
800	3:200	9000		PA 2800 RC
1000	3:500	9000		PA 21000 RC
1200	3:500	9000	PIIF 2026	PA 21200 RC
1400	4:500	9000		PA 21400 RC
1600	5:000	10000		PA 21600 RC
1800	5:200	10000		PA 21800 RC
2000	8:000	12000		PA 22000 RC

Interruptores Tabla No. 4, bajo modo especial para para ordenar: Interruptor sin columnas más sus columnas en conjunto corriente nominal requerida. Ejemplo: Se requiere un interruptor de 1600 Amperes, tres polos en alta capacidad interruptiva. Solución: a) Interruptor PIIF 2016 b) Juego de columnas PA 11100 RC

8539

ARRANCADORES MANUALES Y MAGNETICOS

ARRANCADORES MAGNETICOS COMBINADOS TABLA No. 4
A TENSION COMPLETA CON INTERRUPTOR MAGNETICO

Capacidad en CP MVA 3 Ø	Voltaje	Interruptor Magnético "Mag Start"	Arrancador Tamaño	3 FOLIOS			80 Hz a 800 VCA MAX.
				Gabinete Usos Generales Tipo 1	Gabinete Prueba de Agua, Lim. Inoxidable Tipo 4	Gabinete Prueba de Aplicación Tipo 7 CD Tipo BEFO	
1.5-3	220	FAL30018-12M	0	LBD42	LBD42	LBD42	LBR43
440	440	FAL30019-12M	0	LBD42	LBD42	LBD42	LBR43
6	220	FAL30018-12M	1	LCA44	LCA44	LCA44	LCA44
7.5	440	FAL30018-12M	1	LCA44	LCA44	LCA44	LCA44
10	220	FAL30018-12M	2	LDA43	LDA43	LDA43	LDA43
10-15	440	FAL30018-12M	2	LDA43	LDA43	LDA43	LDA43
15	220	FAL30100-10M	3	LUG44	LUG44	LUG44	LDR44
18-20	440	FAL30100-10M	3	LUG44	LUG44	LUG44	LDR44
20-25	440	FAL30030-16M	2	LDD43	LDD43	LDD43	LEA42
40	220	KAL30275-20M	4	LFG43	LFG43	LFG43	LFA43
50	220	KAL30275-20M	4	LFG44	LFG44	LFG44	LFA44
20-50	440	FAL30100-10M	3	LFG43	LFG43	LFG43	LEA42
60	220	KAL30275-20M	6	LDD43	LDD43	LDD43	LDR43
75	220	LAL30400-23M	6	LGG44	LGG44	LGG44	LOR44
80-75	440	KAL30275-20M	4	LFG42	LFG42	LFG42	LFA42
100	220	LAL30400-23M	6	LGG44	LGG44	LGG44	LOR44
110	440	PAL30375-27M	4	LFO44	LFO44	LFO44	LFA44
125	440	KAL30275-20M	6	LGG43	LGG43	LGG43	LOR43
150	440	LAL30400-23M	6	LGG44	LGG44	LGG44	LOR44
200	440	LAL30400-23M	6	LGG44	LGG44	LGG44	LOR44
125-180	220	MAL30090-40M	6	AIIW44	AIIW44	AIIW44	AIIA44
200	220	MAL30090-40M	6	AIIW46	AIIW46	AIIW46	AIIA46
300	440	MAL30600-42M	6	AIIW43	AIIW43	AIIW43	AIIA43
400	440	MAL30600-42M	6	AIIW45	AIIW45	AIIW45	AIIA45
				AIIW46	AIIW46	AIIW46	AIIA46

Los Arrancadores no incluyen E. Termicos.
Los Arrancadores tipo 1000 A MVA, 750 VCA MVA, consultar el Boletín No. 8.
Consultar Tabla General de Dimensiones en el Formato No. 8.
Para Arrancadores 600 A MVA, 750 VCA MVA, consultar el Boletín No. 8.
Adecuados tambien para aplicaciones Tipo 2.

Ver gama de ajuste de disparo a continuación

INSTRUCCIONES PARA ORDENAR (8538 y 8539)

1. Especificar la clase y tipo del arrancador, así como la potencia del motor en CV, el voltaje, frecuencia y corriente a plena carga.
2. Cantidad y No. de elementos térmicos.
3. Especificar cualquier adición o accesorio.
4. Para adicionales limpiar plomo solicitar precio a la planta o distribuidor.

Clase	Clase ANF5	500 (PI)	500 (PI)	Clase ANF5
12M	16-70	26M	70M	750-1600
13M	50-100	79M	21M	875-160
18M	100-350	21M	37M	1125-2250
18M	160-800	37M	175M	1750-2850
18M	300-1100	37M	31M	1600-3000

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS
 LA
 SELECCION
TABLA No. 4
 CAPACIDAD INTERRUPTIVA

Prefijo en el No. de Catálogo	No. de Polos	Corriente Nominal Amperes	Capacidad Interruptiva Nominal Amperes RMC Simétricos		Tensión CD
			Tensión Corriente Alterna 60 Hz		
			240 V	250 V	
LA-LAL	2	125-400	42,000	27,000	10,000
LA-LAL	3	125-400	42,000	27,000	10,000
LH-LHL	2	125-400	65,000	25,000	10,000
LH-LHL	3	125-400	65,000	25,000	10,000

LA MÁXIMO 400 AMPERES, TENSIÓN MÁXIMA 600 VCA, 60 HZ, 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA NORMAL
 LHM MÁXIMO 400 AMPERES, TENSIÓN MÁXIMA 600 VCA, 60 HZ, 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA NORMAL

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos		Tres Polos
	Baja	Alta	Int. Estándar	Int. Estándar	
	225	1125	2250	LAL 26225	
250	1250	2500	LAL 26250	LAL 26250	
300	1500	3000	LAL 26300	LAL 26300	
350	1750	3500	LAL 26350	LAL 26350	
400	2000	4000	LAL 26400	LAL 26400	

LH MÁXIMO 400 AMPERES, TENSIÓN MÁXIMA 600 VCA, 60 HZ, 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS) J-75,000

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos		Tres Polos
	Baja	Alta	Int. Estándar	Int. Estándar	
	225	1125	2250	LHL 26225	
250	1250	2500	LHL 26250	LHL 26250	
300	1500	3000	LHL 26300	LHL 26300	
350	1750	3500	LHL 26350	LHL 26350	
400	2000	4000	LHL 26400	LHL 26400	

LH MÁXIMO 400 AMPERES, TENSIÓN MÁXIMA 600 VCA, 60 HZ, 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS) J-75,000

Int. Estándar indica un interruptor en caja moldeada con tapas en el lado de línea y neutro.
 LHM indica interruptores enchufables para montaje en tableros de distribución L-LINE.
 LHM-E indica interruptores enchufables para montaje en tableros de distribución L-LINE-E.
 LHM-E-125 indica interruptores enchufables para montaje en tableros de distribución L-LINE-E-125.
 El número de catálogo de los interruptores L-LINE de dos polos, se completa agregando dos letras AB, AC o BC según la conexión de fase deseada.
 Ejemplo: Un interruptor de 400A, se puede conectar en las fases siguientes:

Fase de conexión	Int. de dos polos	Int. de tres polos
A-B	LA 26400-AB	LA 36400
A-C	LA 26400-AC	
B-C	LA 26400-BC	
A-B-C		LA 36400

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS
 MA
 SELECCION
TABLA No. 4
 CAPACIDAD INTERRUPTIVA

Prefijo en el No. de Catálogo	No. de Polos	Corriente Nominal Amperes	Capacidad Interruptiva Nominal Amperes RMC Simétricos		Tensión CD
			Tensión Corriente Alterna 60 Hz		
			240 V	250 V	
MA-MAL	2	500-1000	42,000	27,000	14,000
MA-MAL	3	500-1000	42,000	27,000	14,000
MH-MHL	2	500-1000	65,000	25,000	14,000
MH-MHL	3	500-1000	65,000	25,000	14,000

MA MÁXIMO 1000 AMPERES, TENSIÓN MÁXIMA 600 VCA, 60 HZ, 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA NORMAL
 MH MÁXIMO 1000 AMPERES, TENSIÓN MÁXIMA 600 VCA, 60 HZ, 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS) J-75,000

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos		Tres Polos
	Baja	Alta	Int. Estándar	Int. Estándar	
	500	2500	5000	MAL 26500	
600	3000	6000	MAL 26600	MAL 26600	
700	3500	7000	MAL 26700	MAL 26700	
800	4000	8000	MAL 26800	MAL 26800	
900	4500	9000	MAL 26900	MAL 26900	
1000	5000	10000	MAL 261000	MAL 261000	

MH MÁXIMO 1000 AMPERES, TENSIÓN MÁXIMA 600 VCA, 60 HZ, 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS) J-75,000

Corriente Nominal Amperes	Gama de Disparo Magnético Amperes		Dos Polos		Tres Polos
	Baja	Alta	Int. Estándar	Int. Estándar	
	500	2500	5000	MHL 26500	
600	3000	6000	MHL 26600	MHL 26600	
700	3500	7000	MHL 26700	MHL 26700	
800	4000	8000	MHL 26800	MHL 26800	
900	4500	9000	MHL 26900	MHL 26900	
1000	5000	10000	MHL 261000	MHL 261000	

MH MÁXIMO 1000 AMPERES, TENSIÓN MÁXIMA 600 VCA, 60 HZ, 250 VCD, CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS) J-75,000

Int. Estándar indica un interruptor en caja moldeada con tapas en el lado de línea y neutro.
 LHM indica interruptores enchufables para montaje en tableros de distribución L-LINE.
 LHM-E indica interruptores enchufables para montaje en tableros de distribución L-LINE-E.
 LHM-E-125 indica interruptores enchufables para montaje en tableros de distribución L-LINE-E-125.
 El número de catálogo de los interruptores L-LINE de dos polos, se completa agregando dos letras AB, AC o BC según la conexión de fase deseada.
 Ejemplo: Un interruptor de 1000A, se puede conectar en las fases siguientes:

Fase de conexión	Int. de dos polos	Int. de tres polos
A-B	MA 261000-AB	MA 361000
A-C	MA 261000-AC	
B-C	MA 261000-BC	
A-B-C		MA 361000

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

FA

SELECCION TABLA No. 4
CAPACIDAD INTERRUPTIVA

Prefijo en el No. de Catálogo	No. de Polos	Corriente Nominal Amperes	Capacidad Interruptiva Nominal Amperes RMC Simétricos		
			Tensión Corriente Alterna 60 Hz		
			240 V	480 V	750 V
FA-FAL	2	15-100	18,000	14,000	10,000
FH-FHL	3	15-100	18,000	14,000	10,000
	2	15-100	25,000	18,000	10,000
	3	15-100	25,000	18,000	10,000

FA: MARQUEO DE AMPERES, TENSION MAXIMA NOMINAL, 60 HZ, CAPACIDAD INTERRUPTIVA NOMINAL

Corriente Nominal Amperes	Punto de Disparo Magnético Amperes	Dos Polos			Tres Polos		
		I-LINE			I-LINE		
		Int. Estándar	I-LINE	Int. Estándar	I-LINE	Int. Estándar	I-LINE
15	430	FAL 26015 ••	FA 26015 ••	FAL 36015	FA 36015	FAL 36015	FA 36015
20	430	FAL 26020 ••	FA 26020 ••	FAL 36020	FA 36020	FAL 36020	FA 36020
30	430	FAL 26030 ••	FA 26030 ••	FAL 36030	FA 36030	FAL 36030	FA 36030
40	625	FAL 26040 ••	FA 26040 ••	FAL 36040	FA 36040	FAL 36040	FA 36040
50	625	FAL 26050 ••	FA 26050 ••	FAL 36050	FA 36050	FAL 36050	FA 36050
70	1125	FAL 26070 ••	FA 26070 ••	FAL 36070	FA 36070	FAL 36070	FA 36070
100	1300	FAL 26100 ••	FA 26100 ••	FAL 36100	FA 36100	FAL 36100	FA 36100

FH: MARQUEO DE AMPERES, TENSION MAXIMA NOMINAL, 60 HZ, CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS) 175,000

Corriente Nominal Amperes	Punto de Disparo Magnético Amperes	Dos Polos			Tres Polos		
		I-LINE			I-LINE		
		Int. Estándar	I-LINE	Int. Estándar	I-LINE	Int. Estándar	I-LINE
15	430	FHL 26015 ••	FH 26015 ••	FHL 36015	FH 36015	FHL 36015	FH 36015
20	430	FHL 26020 ••	FH 26020 ••	FHL 36020	FH 36020	FHL 36020	FH 36020
30	430	FHL 26030 ••	FH 26030 ••	FHL 36030	FH 36030	FHL 36030	FH 36030
40	625	FHL 26040 ••	FH 26040 ••	FHL 36040	FH 36040	FHL 36040	FH 36040
50	625	FHL 26050 ••	FH 26050 ••	FHL 36050	FH 36050	FHL 36050	FH 36050
70	1125	FHL 26070 ••	FH 26070 ••	FHL 36070	FH 36070	FHL 36070	FH 36070
100	1300	FHL 26100 ••	FH 26100 ••	FHL 36100	FH 36100	FHL 36100	FH 36100

Int. Estándar indica un interruptor en caja montada con zapatas en el lado de línea y carga

I-LINE indica interruptores en bahías para montaje en tableros de distribución I-LINE

FAL, FHL, FA, FH son marcas registradas.

El número de catálogo de los interruptores I-LINE de dos polos, se completa agregando los prefijos AB, AC o BC

Ejemplo: Un interruptor de 100A se puede conectar en las bahías siguientes:

Series de conexión	Int. de dos polos	Int. de tres polos
A - B	FA 36100 - AB	-----
A - C	FA 36100 - AC	-----
B - C	FA 36100 - BC	-----
A - B - C	FA 36100 - BC	FA 36100

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

KA

SELECCION TABLA No. 4
CAPACIDAD INTERRUPTIVA

Prefijo en el No. de Catálogo	No. de Polos	Corriente Nominal Amperes	Capacidad Interruptiva Nominal Amperes RMC Simétricos		
			Tensión Corriente Alterna 60 Hz		
			240 V	480 V	750 V
KA-KAL	2	125-225	22,000	22,000	10,000
	3	125-225	22,000	22,000	10,000
KH-KHL	2	125-225	35,000	35,000	10,000
	3	125-225	35,000	35,000	10,000

KA: MARQUEO DE AMPERES, TENSION MAXIMA NOMINAL, 60 HZ, CAPACIDAD INTERRUPTIVA NOMINAL

Corriente Nominal Amperes	Gamma de Disparo Magnético Amperes	Dos Polos			Tres Polos		
		I-LINE			I-LINE		
		Baja	Alta	Int. Estándar	Baja	Alta	Int. Estándar
125	1750	KAL 26125 ••	KA 26125 ••	KAL 36125	KA 36125	KAL 36125	KA 36125
150	1500	KAL 26150 ••	KA 26150 ••	KAL 36150	KA 36150	KAL 36150	KA 36150
175	1750	KAL 26175 ••	KA 26175 ••	KAL 36175	KA 36175	KAL 36175	KA 36175
200	2000	KAL 26200 ••	KA 26200 ••	KAL 36200	KA 36200	KAL 36200	KA 36200
225	2250	KAL 26225 ••	KA 26225 ••	KAL 36225	KA 36225	KAL 36225	KA 36225

KH: MARQUEO DE AMPERES, TENSION MAXIMA NOMINAL, 60 HZ, CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA (PALANCA GRIS) 175,000

Corriente Nominal Amperes	Gamma de Disparo Magnético Amperes	Dos Polos			Tres Polos		
		I-LINE			I-LINE		
		Baja	Alta	Int. Estándar	Baja	Alta	Int. Estándar
125	1250	KHL 26125 ••	KH 26125 ••	KHL 36125	KH 36125	KHL 36125	KH 36125
150	1500	KHL 26150 ••	KH 26150 ••	KHL 36150	KH 36150	KHL 36150	KH 36150
175	1750	KHL 26175 ••	KH 26175 ••	KHL 36175	KH 36175	KHL 36175	KH 36175
200	2000	KHL 26200 ••	KH 26200 ••	KHL 36200	KH 36200	KHL 36200	KH 36200
225	2250	KHL 26225 ••	KH 26225 ••	KHL 36225	KH 36225	KHL 36225	KH 36225

Int. Estándar indica un interruptor en caja montada con zapatas en el lado de línea y carga

I-LINE indica interruptores en bahías para montaje en tableros de distribución I-LINE

KAL, KHL, KA, KH son marcas registradas.

El número de catálogo de los interruptores I-LINE de dos polos, se completa agregando los prefijos AB, AC o BC

Ejemplo: Un interruptor de 125A se puede conectar en las bahías siguientes:

Series de conexión	Int. de dos polos	Int. de tres polos
A - B	KA 36125 - AB	-----
A - C	KA 36125 - AC	-----
B - C	KA 36125 - BC	-----
A - B - C	KA 36125 - BC	KA 36125

TABLA No. 1

Tabla 403.95

Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

C.P.	Motor de inducción de jaula de ardilla y rotor desahogado			Motor sincrónico, con factor de potencia unitario		
	220 V.	440 V.	2400 V.	220 V.	440 V.	2400 V.
1/2	2.1	1.0				
3/4	2.9	1.5				
1	3.8	1.9				
1 1/2	5.4	2.7				
2	7.1	3.6				
3	10.0	5.0				
5	15.9	7.9				
7 1/2	23.0	11.0				
10	29.0	15.0				
15	44.0	22.0				
20	56.0	28.0				
25	71.0	36.0		54	27	
30	84.0	42.0		65	33	
40	109.0	54.0		86	43	
50	136.0	68.0		108	54	
60	161.0	80.0	15	128	64	11
75	201.0	100.0	19	161	81	14
100	259.0	130.0	25	211	106	19
125	326.0	163.0	30	264	132	24
150	376.0	188.0	35		158	29
200	502.0	251.0	47		210	38

Estos valores de corriente a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales para transmisión por banda, y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.

TABLA No. 2

NTIE 91

Tabla 403.94

Corriente a plena carga en amperes, de motores monofásicos de corriente alterna

Los siguientes valores de corriente a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.

C.P.	127 V.	220 V.
1/6	4.0	2.3
1/4	5.3	3.0
1/3	6.5	3.8
1/2	8.9	5.1
3/4	11.5	7.2
1	14.0	8.4
1 1/2	18.0	10.0
2	22.0	13.0
3	31.0	18.0
5	51.0	29.0
7 1/2	72.0	42.0
10	91.0	52.0

TABLA No. 3

Tabla 403.93

Corriente a plena carga en amperes, de motores de corriente directa

C.P.	Tensión nominal de armadura		
	126 V.	240 V.	500 V.
1/3	3.1	1.6	
1/2	4.1	2.0	
3/4	5.4	2.7	
1	7.6	3.8	
1 1/2	9.5	4.7	
2	13.2	6.6	
3	17.0	8.5	
5	25.0	12.2	
7 1/2	40.0	20.0	
10	56.0	29.0	13.6
15	76.0	38.0	18.0
20	100.0	55.0	27.0
25	125.0	72.0	34.0
30	150.0	89.0	43.0
40	200.0	106.0	51.0
50	250.0	140.0	67.0
60	300.0	173.0	83.0
75	375.0	206.0	99.0
100	500.0	255.0	123.0
125	625.0	341.0	164.0
150	750.0	425.0	205.0
200	1000.0	566.0	246.0
250	1250.0	707.0	307.0
300	1500.0	848.0	368.0
400	2000.0	1131.0	491.0
500	2500.0	1414.0	614.0
600	3000.0	1697.0	737.0
750	3750.0	2121.0	921.0
1000	5000.0	2828.0	1236.0

Los valores dados en esta tabla son para motores funcionando a su velocidad normal.

