



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



28
201

**MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES
ELECTRICAS INDUSTRIALES
DE 23 /13.8 KV.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
JOSE GUSTAVO OROZCO HERNANDEZ

ASESOR: ING. ESTEBAN CORONA ESCAMILLA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1994



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN, S. C.
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR FACULTAD DE ESTUDIOS
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTILÁN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Mantenimiento a subestaciones eléctricas industriales
23/13.8 Kv.

que presenta el pasante: José Gustavo Orozco Hernández
con número de cuentas: 8302761-5 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 27 de septiembre de 1994

PRESIDENTE	Ing. <u>Benjamín Contreras Santa Cruz</u>	<u>[Firma]</u> <u>11/oct/94</u>
VOCAL	Ing. <u>Esteban Corona Escamilla</u>	<u>[Firma]</u> <u>23/SEP/94</u>
SECRETARIO	Ing. <u>Ricardo Ramírez Verdeja</u>	<u>[Firma]</u> <u>11/Oct/94</u>
PRIMER SUPLENTE	M. en C. <u>Alfonso Izquierdo Quijano</u>	<u>[Firma]</u> <u>11/oct/94</u>
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. <u>Oscar Cervantes Torres</u>	<u>[Firma]</u> <u>5/oct/94</u>

DEDICADA:

AL ADVENIMIENTO
DEL REINO DE
D I O S

Reconócele en todos tus caminos, y
El enderezará tus sendas.

A MIS PADRES:

MAURICIO Y SARA

Por su comprensión y apoyo,
por depositar su confianza en mi,
reconózco su sacrificio y esfuerzo
a lo largo de mi vida para ayudarme
a obtener una preparación, qué espero
hoy los llene de orgullo.

A MIS HERMANAS:

**GRACIELA, ESTELA,
MARINA Y SUSANA**

Por sus palabras
de aliento, en mis
momentos difíciles.

A EVA

Por los momentos de
alegría.

I N D I C E

I. INTRODUCCION

1.1 Tipos de subestaciones unitarias compactas.....	9
1.2 Elementos de una subestación unitaria.....	16
1.3 Requisitos a cumplir por los locales de las subestaciones.....	23
1.4 Procedimiento para desenergizar la subestación eléctrica.....	27

II. TRANSFORMADOR

2.1 Características.....	28
2.1.1 Principio de funcionamiento.....	28
2.1.2 Clase de enfriamiento.....	32
2.1.3 Radiadores.....	33
2.1.4 Tipo de conexión.....	33
2.1.5 Cambiador de derivaciones.....	34
2.2 Prueba de rigidez dieléctrica del aceite.....	35
2.3 Número de neutralización.....	38
2.4 Prueba de acidez.....	39
2.5 Prueba de resistencia de aislamiento.....	40
2.6 Causas de sobrecalentamiento en los transformadores.....	55
2.7 Ejemplo de cálculo de la protección de un transformador trifásico.....	58

III. SISTEMA DE TIERRAS

3.1 Objetivo del sistema de tierras.....	62
--	----

3.2 Elementos y disposiciones básicas de una red de tierra.....	63
3.3 Características del sistema de tierras.....	66
3.4 Medición de la resistencia de tierra.....	72
IV. SECCIONADOR DE CARGA TRIPOLAR	
4.1 Construcción y funcionamiento.....	75
4.2 Operación manual de los seccionadores de carga y cuchillas.....	79
4.3 Características eléctricas.....	81
4.4 Mantenimiento.....	82
V. APARTARRAYOS	
5.1 Tipos de sobretensiones.....	84
5.2 Funcionamiento y principio de operación.....	89
5.3 Tipos de apartarrayos.....	93
5.4 Apartarrayos Autovalvulares, características de funcionamiento.....	95
5.5 Prueba de resistencia de aislamiento a los apartarrayos.....	98
VI. FUSIBLES	
6.1 Clasificación de los fusibles.....	103
6.2 Fusibles de potencia, características físicas y eléctricas.....	104

VII. CUCHILLAS H245

7.1 Partes que constituyen las cuchillas H245.....	117
7.2 Características eléctricas.....	118

VIII. CENTRO DE CONTROL DE BAJA TENSION

8.0 Tableros eléctricos.....	120
8.1 Elementos que forman el tablero eléctrico.....	121
8.2 Características físicas y eléctricas de tableros de distribución.....	135
8.3 Mantenimiento.....	143
8.4 Ejemplo de cálculo de un interruptor termomagnético para protección de un motor.....	144

CAPITULO I

INTRODUCCION

Para el uso de la energía eléctrica las plantas industriales requieren de subestaciones eléctricas que les permitan transformar el alto voltaje proveniente de las líneas aéreas de distribución a voltajes adecuados para la alimentación de los equipos de fuerza y alumbrado.

Para que estas subestaciones sean eficientes y confiables requieren de mantenimiento (los diferentes elementos que la integran) cada cierto período de tiempo con la finalidad de evitar fallas que interrumpan el suministro de energía y como consecuencia, la continuidad en el servicio al equipo relacionado directamente con el proceso de producción, ya que el paro total del mismo no solo llega a ocasionar retraso en la producción, también llega a ocasionar pérdidas de materias primas en procesos continuos.

El presente trabajo se ocupa del mantenimiento a las subestaciones unitarias compactas.

Antiguamente las subestaciones ocupaban más espacio y representaban más peligro para el personal encargado de su operación, actualmente se usan las subestaciones unitarias compactas que representan menos peligro, son más fáciles de instalar, de mover de lugar, de ampliar y

de dar mantenimiento. Se fabrican en secciones o partes para facilitar su transporte y montaje que una vez instaladas forman un sólo conjunto, cada sección o parte tiene una función; mide, protege, conecta o desconecta, transforma, etc. Los aparatos de medición se encierran en gabinetes de manera de protección de los mismos y a las personas encargadas de su manejo.

En el mantenimiento preventivo se realizan pruebas dieléctricas y pruebas de aislamiento, para determinar si el equipo eléctrico de la subestación eléctrica se encuentra en las condiciones óptimas para continuar en el servicio o requiere de mantenimiento correctivo.

El presente trabajo ha sido desarrollado, de tal forma que cada elemento o equipo de la subestación se aborda como un capítulo; en el primer capítulo se describe en general cada elemento de la subestación, las características físicas de una subestación compacta, las normas de seguridad a cumplir por los locales en que se encuentran las mismas y el procedimiento a seguir para desenergizar la subestación.

En los capítulos siguientes se describe; el procedimiento a seguir en cada prueba a realizar al equipo, así como la manera de utilizar el equipo de medición y el análisis de los resultados obtenidos.

Se describen también; las características, el funcionamiento, la función que debe cumplir como elemento o equipo de la subestación.

Subestación eléctrica.

Definición:

Es un conjunto de equipos eléctricos, que forman parte de un sistema eléctrico de potencia; sus funciones principales son: realizar el cambio de voltaje y derivar circuitos de potencia.

Descripción del equipo eléctrico de una subestación eléctrica industrial:

1. Transformador de potencia.

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

Se puede considerar formado por tres partes principales:

- a) parte activa
- b) parte pasiva
- c) accesorios

Parte activa. Es formada por un conjunto de elementos

separados del tanque principal y que agrupa los siguientes elementos:

* Núcleo

este constituye el circuito magnético, que está fabricado en lámina de acero al silicio, con un espesor de 0.28 mm.

* Bobinas

Estas constituyen el circuito eléctrico, se fabrican utilizando alambre o solera de cobre o de aluminio.

Los devanados deben tener conductos de enfriamiento radiales o axiales que permitan fluir el aceite o eliminar el calor generado en su interior. Además, deben tener apoyos y sujeciones suficientes para soportar los esfuerzos mecánicos debidos a su propio peso, y sobre todo los de tipo electromagnético que se producen durante los cortocircuitos.

* Cambiador de derivaciones

constituye el mecanismo que permite regular la tensión de energía que fluye al transformador.

* Bastidor

Está formado por un conjunto de elementos estructurales que rodean el núcleo y las bobinas, y cuya función es

soportar los esfuerzos mecánicos y electromagnéticos que se desarrollan durante la operación del transformador.

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

Accesorios. Son un conjunto de partes y dispositivos que auxilian en la operación y facilitan las labores de mantenimiento.

2. Transformadores de instrumentos.

Son dispositivos electromagnéticos cuya función principal es reducir a escala, las magnitudes de tensión y corriente que se utiliza en aparatos de protección y medición de los diferentes circuitos de una subestación.

- a) Transformador de corriente.
- b) transformador de potencial.

3. Apartarrayos

Son dispositivos eléctricos formados por una serie de elementos resistivo no lineales y explosores que limitan la amplitud de las sobretensiones originadas por descargas atmosféricas, operación de interruptores o desbalanceo de sistemas.

Los apartarrayos se pueden considerar divididos en tres grupos:

- a) cuernos de arqueo.
- b) apartarrayos.
- c) apartarrayos de oxidos metálicos.

4. Cuchillas

Son dispositivos que sirven para conectar y desconectar, diversas partes de una instalación eléctrica, para efectuar maniobras de operación o para darles mantenimiento.

Las cuchillas pueden abrir circuitos bajo la tensión nominal pero nunca cuando esté fluyendo corriente a través de ellas.

5. Fusibles

Son dispositivos de protección eléctrica de una red que hacen las veces de interruptor. Su función es la de interrumpir circuitos cuando se produce en ellos un sobrecalentamiento, y soportar la tensión transitoria de recuperación que se produce posteriormente.

6. Cuchillas seccionadoras

Son dispositivos que pueden abrir circuitos cuando esta fluyendo corriente a través de ellas.

7.Tableros de distribución

Son equipos que alimentan, protege, interrumpe, mide y transfiere circuitos primarios.

A continuación se proporciona una tabla con las tensiones normalizadas en el Sistema Eléctrico Nacional.

NIVELES DE TENSION
TENSIONES NORMALIZADAS EN EL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL

TRANSMISION C.F.E	DISTRIBUCION PRIMARARIA	DISTRIBUCION SECUNDARIA
<p>EXTRA ALTA TENSION 400 000 V</p> <p>ALTA TENSION (230 KV)</p> <p>230 000 115 000 85 000 69 000</p>	<p>MEDIA TENSION (34.5 KV) C.F.E VOLTS</p> <p>34,500 * 23,000 13.800</p> <p>I N D U S T R I A VOLTS</p> <p>23,000 13,800 4,160 2,400</p>	<p>BAJA TENSION (1000 V)</p> <p>C.F.E VOLTS</p> <p>220 - 127</p> <p>I N D U S T R I A VOLTS</p> <p>440 - 220 220 - 127</p>

* Tensión de subtransmisión.

1.1 Tipos de subestaciones unitarias compactas.

Las subestaciones compactas se construyen para:

Servicio interior _ Para ser instaladas en el interior de un local, bajo cubierta para que no sean afectadas por la lluvia, la humedad y algunos otros agentes físicos.

Servicio exterior _ Para ser instalados a la intemperie, colocados sobre una plataforma de concreto y expuestos a la lluvia, al sol y a otros agentes físicos.

Descripción:

Las subestaciones compactas (siemens) para 13.8 y 23 KV, servicio interior o intemperie, están construidas con lámina de acero rolada en frío, terminada con pintura electrostática a base de polvo epóxico.

Esta subestación compacta cumple como primer punto de seguridad, el presentar en su totalidad perimetral (esto es, en el frente, laterales y cubiertas superior y posterior) superficies exentas de riesgos para el personal de operación por contactos involuntarios con partes vivas portadoras de energía de alta tensión, para ello estas subestaciones están constituidas por gabinetes

de lámina de acero rolada en frío calibre 12 (2.78 mm de espesor) en estructuras y puertas y calibre 14 (2 mm de espesor) en las cubiertas.

Estos gabinetes son fabricados en arreglos tipo, de fácil ensamble y atornillables totalmente.

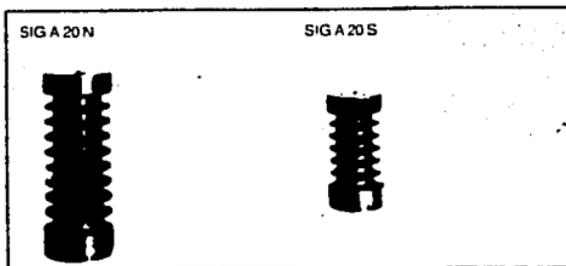
Subestación básica

Consta esencialmente del espacio para recibir la acometida y el equipo de medición de la compañía suministradora, así como el equipo de seccionamiento, protección y maniobra.

Contiene el siguiente equipo:

1. Cuchilla de paso, tipo H245, la operación de esta cuchilla (consultar capítulo VII) se efectúa por medio de palanca desde el frente inferior, un bloqueo mecánico impide la apertura, si antes no se desconecta el seccionador H251.

2. Barras colectoras trifásicas de cobre de 25.4 por 6.35 mm sobre aisladores SIG A, siemens.



Los aisladores de apoyo están fabricados de resina sintética y en ambos extremos frontales están fundidos nipples de rosca.

son para instalaciones interiores de alta tensión y también para la instalación aislada de aparatos de alta tensión.

Por la alta resistencia de la resina sintética contra influencias climatológicas y la forma acanalada, se pueden usar como aisladores de apoyo, también en ambientes de aire húmedo y en climas tropicales, hasta temperaturas ambiente de 90 °C.

Tabla de selección.

Tensión nominal KV	Carga admisible a la flexión Kgf	Tensión de choque soportable (valor de cresta) KV	Tensión alterna soportable Valor eff.	Peso Kg.
13.8	500	SIG A 20S	60	0.950
23	500	SIG A 20N	70	1.250

3. Protección contra sobretensiones; en la parte posterior del seccionador, se hallan instalados 3 apartarrays autovalvulares.

4. Seccionador para conexión y desconexión con carga, tensión de operación en 13.8 y 23 KV, tipo H251 (ver capítulo VII). La conexión y desconexión del seccionador se realiza manualmente por medio de palanca y desde el exterior frontal del tablero.

5. Protección contra cortocircuito, se logra a través de fusibles de alta tensión y alta capacidad interruptiva (hasta 1000 MVA), estos se hallan instalados en la parte inferior del seccionador. Al fundirse alguno de ellos acciona un mecanismo que desconecta automáticamente las tres fases, evitando la operación de una o dos fases del transformador.

6. Transformador.

Es el principal elemento que se encuentra en un Sistema Eléctrico por grande o pequeño que éste sea, debido a este es posible la transformación de los parámetros, voltaje y corriente. Son también las máquinas más eficientes que se conocen, pues al no tener partes en movimiento no existen pérdidas por fricción o rozamiento y los materiales ferromagnéticos que

componen el núcleo permiten que las eficiencias de estos equipos sean del orden del 98 a 99 %.

En las figuras 1.1 y 1.2 se muestran dos arreglos para subestaciones ejecución interior o intemperie 13.8 KV.

Arreglo	Componentes	Dimensiones en mm.
1	Celda de medición, cuchilla de paso, seccionador con apartarrayos y acoplamiento.	Ancho= 2400 Alto= 2100 (ejec. N1) Alto= 2250 (ejec.N3R) Fondo= 1200
2	celda de medición, cuchilla de paso, seccionador principal con apartarrayos, transición, 2 seccionadores derivados sin apartarrayos y placas terminales.	Ancho= 5200 Alto= 2100 (ejec. N1) Alto= 2250 (ejec.N3R) Fondo 1200

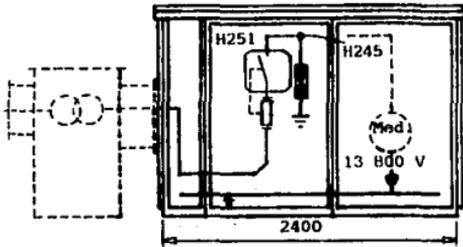
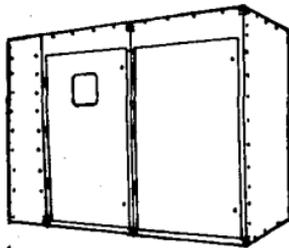


Figura 1.1



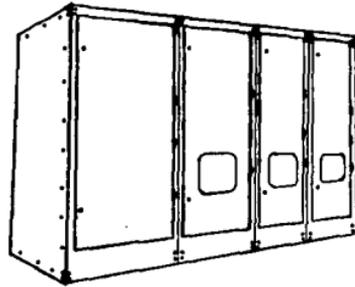
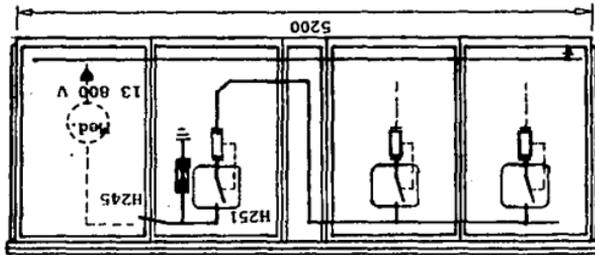


Figura 1.2



1.2 Elementos de una subestación unitaria.

Las subestaciones unitarias constan de tres grupos de componentes coordinados apropiadamente entre sí.

El primer grupo permite la recepción de la energía a la tensión primaria, permite eventualmente la medición del consumo de energía, y proporciona el medio de desconexión y protección general.

La segunda parte transforma la energía de valores de tensión primaria a una tensión adecuada para su distribución a los equipos consumidores.

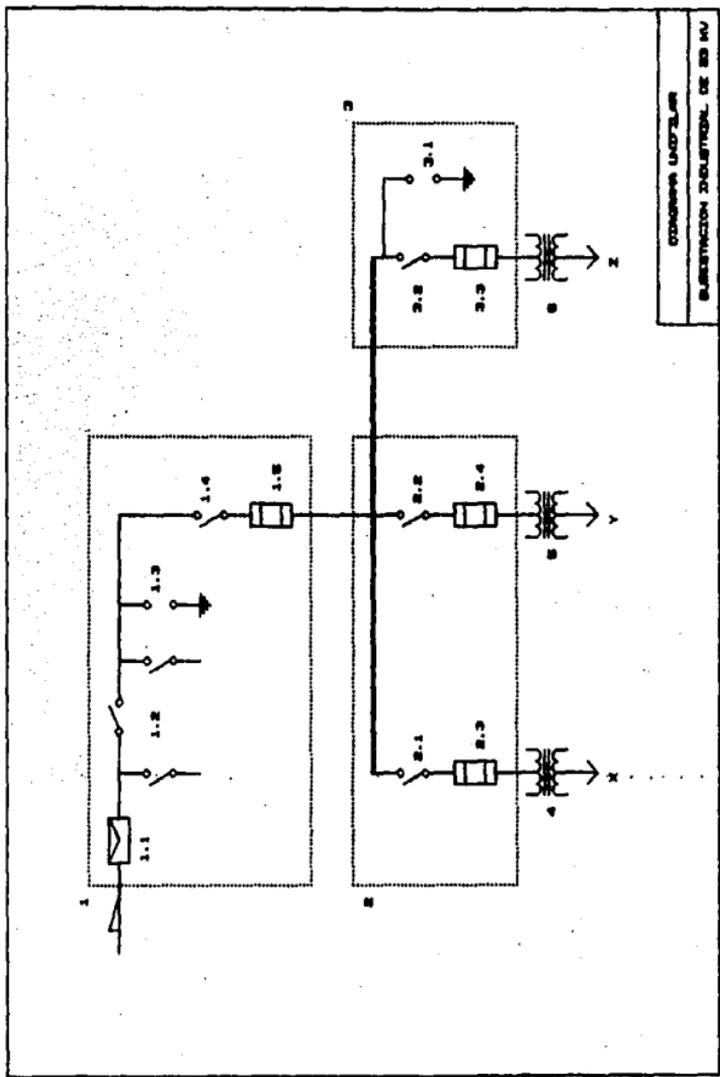
El tercer grupo lo constituye el tablero de baja tensión que controla, protege y distribuye la carga total entre varios alimentadores derivados.

Diagrama Unifilar

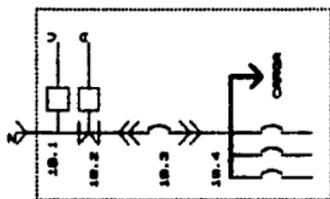
Definición:

El diagrama unifilar de una subestación eléctrica, es el resultado de conectar en forma simbólica y a través de un sólo hilo todo el equipo mayor que forma parte de la instalación, considerando la secuencia de operación de cada uno de los circuitos.

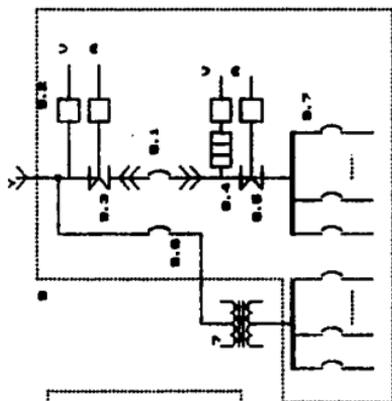
Se muestra como ejemplo, el diagrama unifilar de una subestación eléctrica para 23 KV.



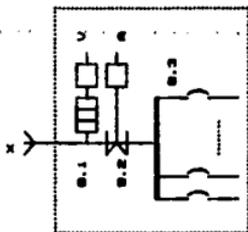
COMISSAO LACTEIRA
 SUBSTACAO DISTRIBUICAO DE 20 KV



18



19



20

1.-GABINETE DE ALTA TENSION

TIPO	COMPACTA INTERIOR
TN	25 KV

1.1-EQUIPO DE MEDICION DE LA COMPANIA SUMINISTRADORA

1.2-CUCHILLAS DE PASO Y DE PRUEBA

1.3-APARTARRAYOS

TIPO	AUTOVALVULAR
TN	18 KV

1.4-INTERRUPTOR DE ALTA TENSION

TIPO	LOTP 20/400 2AE
TN	23 KV
IN	400 AMP

2.- GABINETE DE ALTA TENSION

TIPO	COMPACTA INTERIOR
------	-------------------

2.1.- INTERRUPTORES DE ALTA TENSION

2.2.-

TN	24 KV
IN	400 AMP

2.3.- FUSIBLES DE ALTA TENSION

VN	23 KV
TN	63 AMP

2.4.- FUSIBLES DE ALTA TENSION

VN	23 KV
IN	63 AMP

3.- GABINETE DE ALTA TENSION

3.1.- APARTARRAYOS

TIPO	AUTOVALVULARES
VN	24 KV

3.2.- INTERRUPTOR DE ALTA TENSION

TIPO	H251 6-20/630
TN	23 KV
IN	630 AMP

3.3.- FUSIBLES DE ALTA TENSION

VN	23 KV
IN	63 AMP

4.- TRANSFORMADOR TRIFASICO No.1

CLASE	0A
CAPACIDAD	1500 KVA
TENSION	2290/2000 V

5.- TRANSFORMADOR TRIFASICO No.2

CLASE	0A
CAPACIDAD	1000 KVA
TENSION	2290/440 V

- 6.- TRANSFORMADOR TRIFASICO No.3
- | | |
|-----------|--------------------|
| CLASE | OA |
| CAPACIDAD | 500 KVA |
| TENSION | 220/440Y/254/127 V |
- 7.- TRANSFORMADOR TRIFASICO No.4
- | | |
|-----------|----------|
| CLASE | OA |
| CAPACIDAD | 45 KVA |
| TENSION | 220Y/127 |
- 8.- GABINETE DE BAJA TENSION
- 8.1.- EQUIPO DE MEDICION DE VOLTAJE
- | | |
|--------|---------|
| ESCALA | 0-600 V |
|--------|---------|
- 8.2.- EQUIPO DE MEDICION DE CORRIENTE
- | | |
|--------|----------|
| ESCALA | 0-2000 A |
|--------|----------|
- 8.3.- INTERRUPTORES DERIVADOS EN BAJA TENSION
- 9.- GABINETE DE BAJA TENSION
- 9.1.- INTERRUPTOR GENERAL ELECTROMAGNETICO
- | | |
|-----------|-------------|
| TIPO | 50 H3 |
| CAPACIDAD | 2000 AMP |
| VOLTS | 600/480/240 |
| POLOS | 3 |

- 9.2.- EQUIPO DE MEDICION DE VOLTAJE
ESCALA 0-600 V
- 9.3.- EQUIPO DE MEDICION DE CORRIENTE
ESCALA 0-1600 AMP
- 9.4.- EQUIPO DE MEDICION DE VOLTAJE
ESCALA 0-1600 V
- 9.5.- EQUIPO DE MEDICION DE CORRIENTE
ESCALA 0-1500 AMP
- 9.6.- INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
CAPACIDAD 200 AMP
- 9.7.- INTERRUPTORES DERIVADOS EN BAJA TENSION
- 10.- GABINETE DE BAJA TENSION
- 10.1. EQUIPO DE MEDICION DE VOLTAJE
ESCALA 0-600 V
- 10.2. EQUIPO DE MEDICION DE CORRIENTE
ESCALA 0-1500 A

10.3. INTERRUPTOR GENERAL ELECTROMAGNETICO

TIPO

CAPACIDAD

VOLTS

POLOS

10.4. INTERRUPTORES DERIVADOS EN BAJA TENSION

1.3 Requisitos a cumplir por los locales de las subestaciones.

Los locales en que se instalen subestaciones; deben cumplir con los requisitos siguientes:

- a) No deben emplearse como almacenes o para actividades diferentes no relacionadas con el funcionamiento y operación del equipo.
- b) No debe haber polvo ni gases inflamables o corrosivos.
- c) Tener una coladera de drenaje.
- d) Deben tener ventilación natural, ya que la corriente eléctrica a su paso por barras, conductores, transformadores y demás aparatos, producen calor que debe disiparse.

- e) Tener una puerta amplia y abrirse hacia afuera.
Proveerse del espacio necesario para la operación y mantenimiento.

deben proveerse los accesorios siguientes:

- f) Proveer como mínimo una lámpara de emergencia para iluminación.
- g) Colocarse extinguidores de CO₂ ó de polvo químico, situando cuando menos dos, en puntos cercanos a la entrada de la subestación.
- h) Contar con tarimas construidas de madera u otro material aislante; su armado debe ser sin partes metálicas, provistas de un tapete de hule. Las tarimas deben colocarse cubriendo la parte frontal de los equipos de accionamiento manual, tales como palanca de interruptores cuchillas desconectadoras, no deben presentar obstáculo a la apertura de las puertas.
- i) Tener una pértiga reglamentaria, cables para aterrizar un juego de guantes para alta tensión, casco de protección del operador del equipo.

Los requisitos mencionados son exigidos en las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas y se encuentran contenidos en los Artículos 602.2, 602.4, 604.15, 602.3, 602.6, 604.3 y 604.16.

El objetivo primordial es evitar riesgos a las personas relacionadas con su operación y obtener un servicio más satisfactorio del uso de la energía. Se anexa un esquema de una subestación industrial, 1.4.

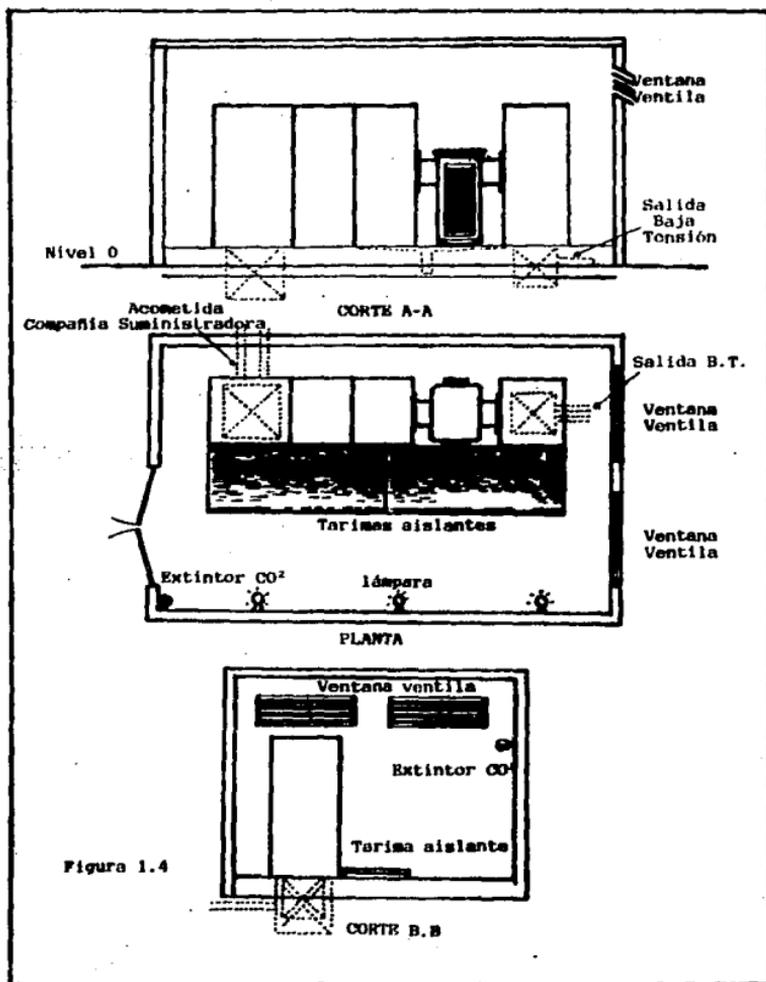


Figura 1.4

1.4 Procedimiento para desenergizar la subestación eléctrica.

SECCION DE BAJA TENSION

1. Retirar la carga conectada al sistema eléctrico.
2. Abrir los interruptores derivados.
3. Abrir el interruptor general.

SECCION DE ALTA TENSION

4. Abrir el interruptor de alta tensión.
5. Abrir las cuchillas desconectadoras.
6. Aterrizar los equipos desenergizados.

Ver Diagrama 1.5

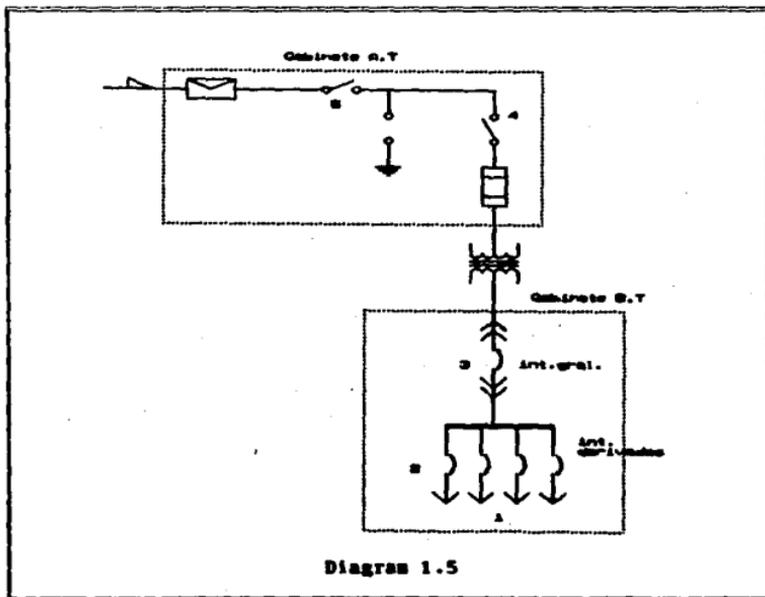


Diagrama 1.5

CAPITULO II

TRANSFORMADOR

2.1 Características.

2.1.1 Principio de funcionamiento, el efecto que permite al transformador funcionar como tal, se conoce como inducción electromagnética. Este efecto sólo se produce en circuitos de corriente alterna.

Para explicar este fenómeno, consideremos un transformador elemental compuesto por una parte eléctrica y una parte magnética como se ilustra en la figura 2.1.

La parte eléctrica esta integrada por dos devanados o bobinas, una recibe la energía y se denomina primario y la otra que entrega energía se denomina secundario. Entre estos devanados no existe conexión eléctrica.

La parte magnética esta formada por un núcleo de acero que enlaza a los dos devanados. El efecto de inducción electromagnética se ilustra en la figura 2.1.

Al aplicar un voltaje alterno V_1 al devanado primario, circula por este una corriente I_1 que produce un flujo magnético alterno ϕ . Este flujo viajando a través del núcleo, enlaza al devanado secundario induciendo en este un voltaje V_2 que puede ser utilizado conectando una carga que demandará una corriente I_2 .

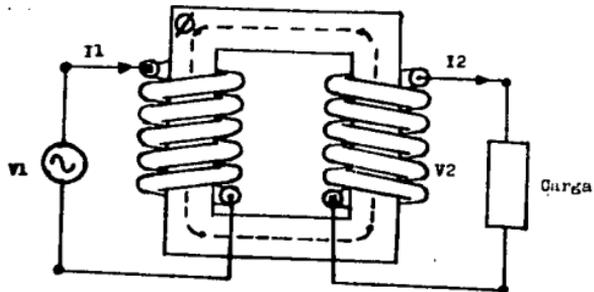


FIG.2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR.

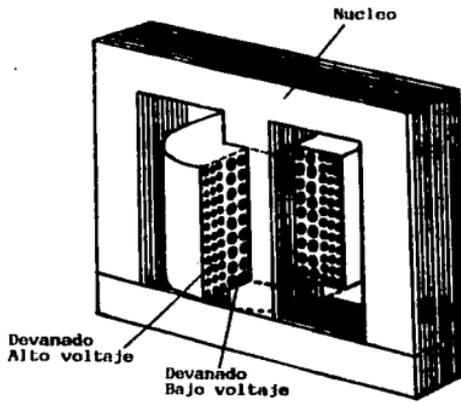


FIG.2.2 TRANSFORMADOR REAL.

El voltaje inducido guarda una relación directa con el número de vueltas del devanado, esto es, si en el primario tenemos más vueltas que en el secundario, estaremos reduciendo el voltaje. A esta se le llama relación de transformación (V_1/V_2).

relación de transformación = $a = (V_1/V_2) = (N_p/N_s) = (I_s/I_p)$

V_1 = voltaje primario

V_2 = voltaje secundario

N_p = número de vueltas o espiras en el devanado primario.

N_s = número de vueltas o espiras en el devanado secundario.

I_p = corriente que circula en el devanado primario.

I_s = corriente en el devanado secundario.

Ejemplo:

Se tiene un transformador monofásico de 10 KVA de 2400/220 volts que tiene en su devanado secundario 55 espiras.

calcular;

a) El número de espiras en el devanado primario.

b) Las corrientes en el devanado primario y el secundario.

solución:

a) $a = (V_1/V_2) = (N_p/N_s)$

$$N_p = N_s \times (V_1/V_2) = 55 \times (2400/220)$$

$$N_p = 600 \text{ espiras}$$

b) La corriente en el devanado primario

$$I_p = (KVA \times 1000) / V_p = (10 \times 1000)/2400 = 4.16 \text{ amp.}$$

La corriente en el secundario

$$I_s = (KVA \times 1000) / V_s = (10 \times 1000)/220 = 45.4 \text{ amp.}$$

$$V_1 = 2400 \text{ volts, } N_p = 600 \text{ vueltas, } I_p = 4.16 \text{ ampers.}$$

$$V_2 = 229 \text{ volts, } N_s = 55 \text{ vueltas, } I_s = 45.4 \text{ ampers.}$$

Con este ejemplo se quiere mostrar la relación entre el voltaje y el número de vueltas, mencionado en el párrafo anterior.

A mayor voltaje, la corriente que circula por el devanado es menor y se requiere una mayor cantidad de vueltas (de menor sección).

A menor voltaje, la corriente que circula por el devanado es mayor y se requiere una menor cantidad de vueltas (de mayor sección).

Observese del ejemplo anterior los valores obtenidos de V_1 , V_2 , N_p , N_s , I_p , I_s y la figura 2.2.

Para fines de explicación del funcionamiento del transformador, se han considerado los devanados primario y secundario colocados separadamente, uno a cada extremo del núcleo. Sin embargo, en un transformador real, los devanados primario y secundario son

construidos o ensamblados uno dentro del otro para aprovechar al máximo el flujo magnético. La figura 2.2 es un esquema de un arreglo real de devanado y núcleo.

Voltaje o tensión.

Es la fuerza que origina el flujo de corriente y se expresa:

$$V = \text{Volts}$$

$$KV = \text{Volts} \times 1000 \text{ (Kilovolts)}$$

Corriente.

Partículas eléctricas (electrones) libres que se mueven en cierto sentido dentro del conductor del devanado, se expresa.

$$I = \text{Amperes}$$

2.1.2 Clase de enfriamiento. enfriamiento OA.

En el transformador, la parte activa (las bobinas y el núcleo) se encuentra sumergida dentro del tanque en aceite o silicona. Estos líquidos tienen dos funciones, como aislantes y como refrigerantes.

Cuando desempeñan la función como refrigerante, el calor se transmite del transformador (bobinas y núcleo) al líquido, del líquido al tanque provisto de radiadores (para aumentar el área de disipación) y el tanque lo disipa por contacto con el aire.

CONDICION DELTA ESTRELLA

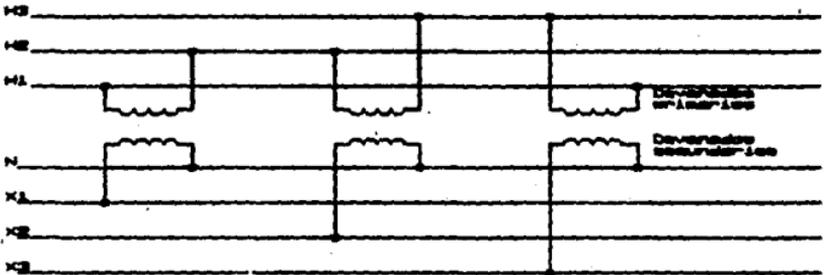
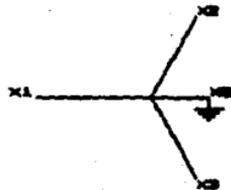
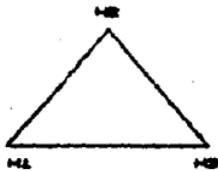


FIGURA E.4

2.1.3 Radiadores

Radiadores, son grupos de tubos o aletas de acero unidos a dos cabezales que se conectan a las paredes del tanque mediante soldadura a válvulas de acoplamiento. La lámina de estos tubos es de espesor mucho menor al que tienen las paredes del tanque, esto es con el fin de acelerar la disipación de calor. En la figura 2.3 se muestra la trayectoria que sigue el líquido refrigerante en los tubos o radiadores.

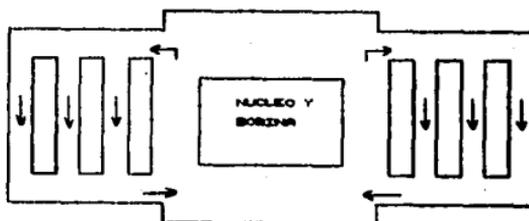


Figura 2.3. Enfriamiento por convección natural. OA

2.1.4 Tipo de conexión, delta-estrella

Los transformadores son trifásicos con conexión en alta tensión en delta y baja tensión en estrella. Con esto se logra tener dos tensiones en el lado de carga. Una tensión entre líneas para alimentar cargas de fuerza (motores), y otra de línea a neutro para alimentación de alumbrado, figura 2.4.

2.1.5 Cambiador de derivaciones

En el embobinado de alta tensión o primario se instalan derivaciones, que pueden cambiarse por medio del cambiador de derivaciones, sin estar energizado el transformador; las derivaciones son para poder ajustar en el lado de alta tensión las diferencias que puede haber en los voltajes suministrados por la Compañía de Luz; son dos derivaciones de 2.5 % de la tensión nominal para ajustar dos arriba y dos para ajustar abajo.

Las posiciones del cambiador de derivaciones, corresponden a los siguientes valores:

posición No 1 al 105 % del voltaje.

posición No 2 al 102.5 % del voltaje.

posición No 3 al 100 % del voltaje.

posición No 4 al 97.5 % del voltaje.

posición No 5 al 95.0 % del voltaje.

Para subestaciones unitarias los transformadores traen gargantas o ductos laterales en los lados opuestos, donde se alojan las terminales tanto de alta como de baja.

Las partes principales que constituyen el transformador son las siguientes:

* núcleo (circuito magnético).

- * bobinas o devanados primario y secundario.
- * tanque y tubos radiadores.
- * barras y boquillas aisladoras para conexión.
- * herrajes para sujetar el núcleo.
- * placa de conexión a tierra.
- * instrumentos indicadores de nivel de aceite y de temperatura.
- * válvula de drenaje del líquido.
- * válvula de alivio.
- * manija del cambiador de derivaciones.
- * placa de características (marca, capacidad kva, No de serie, voltaje nominal, impedancia, temperatura, NBI, líquido, cantidad de líquido, tipo de conexión, peso del transformador, peso del núcleo, peso del líquido).
- * Ganchos de sujeción.
- * base para rolar.

2.2 Prueba de rigidez dieléctrica del aceite.

Esta prueba de aceite es una de las más frecuentes, ya que conocer el voltaje que un aceite soporta es muy valioso, además esta prueba revela cualitativamente la resistencia momentánea de la muestra de aceite al paso de la corriente y el grado de humedad, suciedad y sólidos conductores en suspensión.

Esta prueba consiste en tomar una muestra de aceite del transformador para ser analizada en probadores de aceite dieléctrico, la

muestra es llevada directamente de la válvula de muestreo a botellas limpias para su posterior análisis.

Los dos factores que más influyen en la vida de un aceite aislante, son la contaminación con agua y la oxidación. Para determinar la presencia de agua, es necesario hacer pruebas periódicas al aceite.

material empleado

Se emplea la "copa" que es un dispositivo construido de material aislante que contiene dos electrodos metálicos circulares en el interior cuyos diámetros son de 25.4mm., se calibran desde el exterior con un calibrador circular.

Para la prueba esta separación se ajusta a 2.54mm y los pasos a seguir son los siguientes:

Desarrollo de la prueba.

- a) Calibrar los electrodos a la separación de 2.5mm.
- b) Depósitar el aceite en la "copa estándar", el aceite debe cubrir los electrodos.
- c) Se conectan las terminales de la "copa" a un regulador de voltaje, figura 2.5.

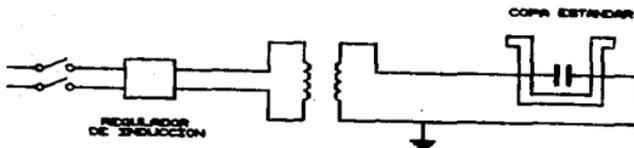


Figura 2.5

- d) Se aplica una tensión inicial de 3 KV.
- e) Se va incrementando la tensión aplicada entre los contactos de la copa y se observa cuando salta el arco. Anotandose la tensión aplicada en ese momento, esperar de 2 a 3 minutos y repetir la operación. Esto se hace en cuatro ocasiones con el objeto de determinar el valor promedio de la tensión que provocó el rompimiento del dieléctrico del aceite.

Lectura	Rigidez dieléctrica KV	Valor promedio KV
1		
2		
3		
4		

Análisis de resultados y recomendaciones.

Cuando un aceite rompe a menos de 22 KV debe procederse a su reacondicionamiento por medio de un filtro prensa y una bomba centrífuga para aceite. o una unidad regeneradora de aceite al vacío.

O bien si el aceite no alcanza a romper arriba de 22 KV, se debe sustituir por uno nuevo.

2.3 Número de neutralización.

Durante la oxidación del aceite hay formación de ácidos orgánicos, esta prueba tiene por objeto determinar la cantidad de material alcalino necesario para neutralizar esos ácidos.

Un valor aceptable para cualquier aceite nuevo es de 0.03 mg KOH/gr. de aceite.

El número de neutralización mide el grado de acidez en el aceite. En sí, es la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio requerido para neutralizar la acidez de un gramo de aceite. El número de neutralización se determina por medio de la siguiente igualdad.

$$\text{(CM3 de KOH} \times 5 \text{ / peso del aceite muestra (en grms) = } \\ \text{miligramos KOH por GN. de aceite.}$$

A mayor cantidad de KOH, empleada para la neutralización, corresponde una mayor oxidación en el aceite.

2.4 Prueba de acidez.

Desarrollo de la prueba:

1. Colóquese un pedaso de papel filtro sobre el centro de uno de los anillos de plástico de prueba.
2. Poner dos gotas del catalizador de acidez en el centro del papel, dejando que se absorban.
3. Póngase una gota del aceite que se va a probar en el centro de la mancha anterior y deje que se absorba.
4. En el centro de la mancha poner una gota del indicador de acidez.
5. Determinese la acidez como se indica a continuación:
 - a) Si la mancha es más verde que amarilla el aceite tiene acidez menor de 0.3 mg. de KOH/gramo de aceite.
 - b) Si la mancha es igualmente verde que amarilla, el aceite tiene una acidez de aproximadamente 0.3 mg KOH/gramo de aceite y se puede decir que la mancha es estandar.
 - c) Si la mancha es más amarilla que verde, el aceite tiene una acidez mayor de 0.3 mg. de KOH/gramo de aceite.

Análisis y recomendaciones.

- * Si la mancha del indicador es azul o morado, el aceite está muy alcalino y probablemente contaminado.
- * Si la mancha es anaranjada o rosa, el aceite está en muy malas condiciones pues tiene una acidez muy elevada.

2.5 Prueba de resistencia de aislamiento.

La resistencia de aislamiento se define como la resistencia (en Megaohms) que ofrece un aislamiento al aplicarle un voltaje de corriente directa durante un tiempo dado, medido a partir de la aplicación del mismo, como referencia se utilizan los valores de 1 a 10 minutos.

La medición de la resistencia de aislamiento ha sido utilizado como la prueba más común para determinar las condiciones de los aislamientos de un transformador, y es de gran ayuda para la detección de humedad, condiciones del aceite, y daños en elementos aislantes.

La medición de la resistencia de aislamiento es una prueba de potencial y debe restringirse a valores apropiados dependiendo de la tensión nominal de operación del equipo que se va a probar y de las condiciones en que se encuentra el aislamiento ya que si la tensión de prueba es alta se puede provocar fátiga en el aislamiento.

Los potenciales de prueba más utilizados son tensiones de 500 a 5000 Vc.d.

Preparación del transformador para la prueba.

- a) Librar las terminales completamente, desconectando todas las terminales de boquillas.
- b) Asegurese que el tanque del transformador esté solidamente aterrizado.
- c) Drenar todas las cargas estáticas que pudieran estar presentes en los devanados al inicio de cada una de las pruebas.
- d) Desconectar el neutro de los devanados.
- e) Colocar puentes entre las terminales de las boquillas del devanado primario y secundario.
- f) Limpiar la porcelana de las boquillas quitando el polvo, suciedad, etc.

Como conectar y operar el instrumento probador de aislamiento

"Megger

1. Los aparatos bajo prueba deben sacarse de servicio y estar aislados eléctricamente de todos los demás equipos.
2. Colocar el instrumento sobre una base segura y firme. Esto debe hacerse por que con la masa de la armadura y los esfuerzos magnéticos la aguja puede estar desnivelada debido a que el megger no tiene resortes de control.
3. Colocación del switch selector.- Si el instrumento tiene switch selector, colocar este en la indicación de MEGAOHMS u OHMS, según sea el tipo de lectura que se desee tomar.
4. Aplicar el voltaje de cd y tomar la lectura, preferiblemente 30 a 60 segundos.

Los voltajes de prueba de C.D. empleados para mantenimientos de rutina son:

voltaje nominal del
equipo bajo prueba.

voltaje de prueba C.D.

arriba de 100 volts
440 a 500 volts
2400 volts

100 a 250 volts
500 a 1000 volts
1000 a 2500 volts
o mayores

4160 volts o
superiores

1000 a 5000 volts
o mayores

Factor de absorción.

En la práctica se ha encontrado, que en un aislamiento limpio, seco y en buen estado al aplicarse un voltaje continuamente, el valor de la resistencia crece a medida que pasa el tiempo.

El factor de absorción, se determina: tomando por medio del Megger dos valores de resistencia en diferente tiempo.

A partir de estos datos se obtiene el factor de absorción dividiendo el valor de la última lectura entre la primera.

$$\text{Factor de absorción} = \frac{\text{Resistencia (última lectura)}}{\text{Resistencia (primera lectura)}}$$

Las lecturas se toman a los 15 y 60 segundos.

A continuación se proporcionan los valores que pueden tomarse como representativos para conocer las condiciones en que se encuentra un aislamiento:

Menor de 1	crítica
1.25 a 1.4	Aceptable
Mayor de 1.6	Excelente

Los factores que influyen en la medición de la resistencia de aislamiento son los siguientes:

HUMEDAD. La humedad que entra en contacto con el aislamiento hace que la resistencia de aislamiento baje considerablemente.

TEMPERATURA. Cuando se hace la medición de la resistencia de aislamiento es conveniente hacerlas a la misma temperatura o referirlas a una temperatura base, ya que en la mayoría de los aislamientos, la resistencia de aislamiento varía inversamente con la temperatura. Es decir a menor temperatura mayor resistencia de aislamiento.

Medición de la resistencia de aislamiento.

El aislamiento es uno de los eslabones más débiles en un sistema eléctrico. Su falla casi siempre llega a ocasionar la salida de servicio de los equipos, provocando generalmente fallas costosas de reparar. Por este motivo es necesario determinar cuando menos cada año la resistencia de los aislamientos.

La medición de la resistencia de aislamiento se realiza con un aparato denominado "Meguer", que consta básicamente, de una fuente de c.d. y un indicador de megohms.

Resistencia de aislamiento del devanado de alta tensión contra el devanado de baja tensión.

Modo de operar.

Conectando los devanados en corto circuito entre ellos y una punta de los devanados de baja tensión a uno de los bornes del meguer y la otra punta de los devanados de alta tensión a la otra terminal del meguer.

Para hacer esta prueba se hace de acuerdo con la figura 2.6.

Desatornillar y quitar el cable de tierra de la barra del neutro (Xo).

Resistencia de aislamiento entre el devanado de alta tensión contra tierra.

Puentear todas las terminales de un mismo devanado.

La prueba se hace de acuerdo con la figura 2.7.

La barra del neutro (Xo) esta conectada a tierra.

Resistencia de aislamiento entre el devanado de baja tensión contra tierra.

La prueba se hace de acuerdo con la figura 2.8.

La barra del neutro (Xo) está conectada a tierra.

ALTA TENSION VS BAJA TENSION

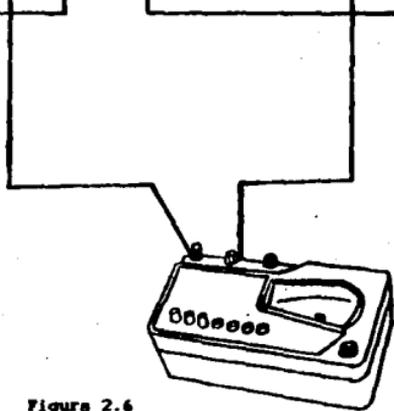
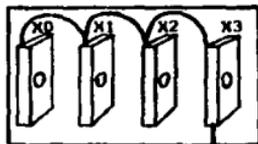
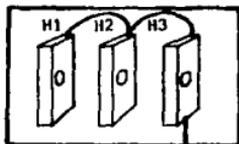
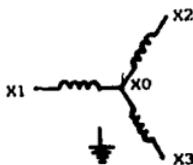
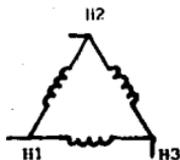


Figure 2.6

ALTA TENSION VS TIERRA

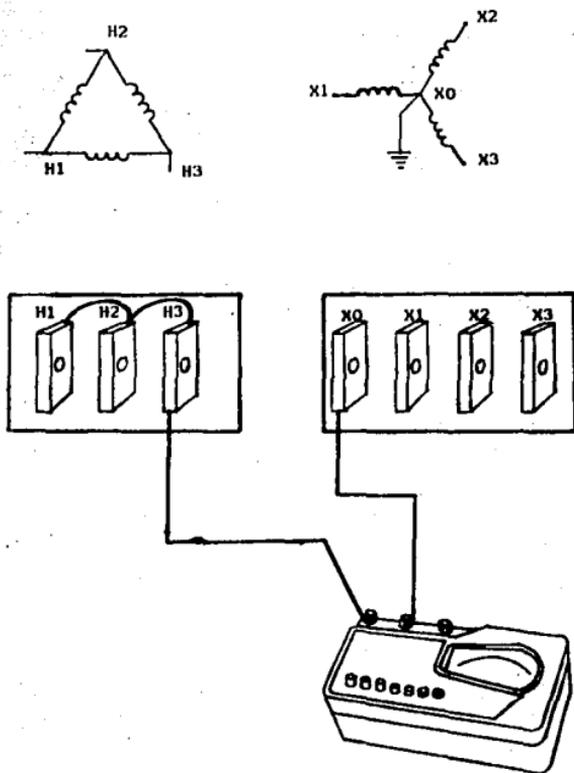


Figura 2.7

BAJA TENSION VS TIERRA

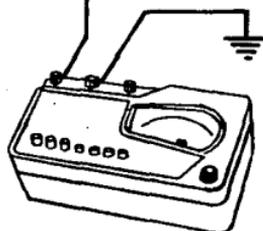
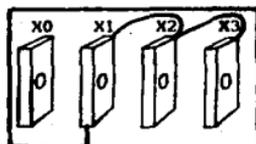
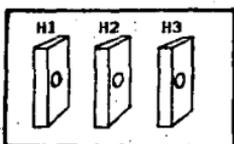
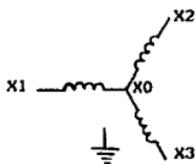


Figura 2.8

La medición de la resistencia de aislamiento se realiza con un aparato denominado "Meguer", que consta básicamente, de una fuente de c.d. y un indicador de megohms.

Resistencia de aislamiento del devanado de alta tensión contra el devanado de baja tensión.

Modo de operar.

Conectando los devanados en corto circuito entre ellos y una punta de los devanados de baja tensión a uno de los bornes del meguer y la otra punta de los devanados de alta tensión a la otra terminal del meguer.

Para hacer esta prueba se hace de acuerdo con la figura 2.6. Desatornillar y quitar el cable de tierra de la barra del neutro (X₀).

Resistencia de aislamiento entre el devanado de alta tensión contra tierra.

Puentear todas las terminales de un mismo devanado.

La prueba se hace de acuerdo con la figura 2.7.

La barra del neutro (X₀) esta conectada a tierra.

Resistencia de aislamiento entre el devanado de baja tensión contra tierra.

La prueba se hace de acuerdo con la figura 2.8.

La barra del neutro (X₀) está conectada a tierra.

Con el fin de dar una idea sobre la magnitud del resultado que puede obtenerse, se presentan a continuación los datos de un transformador y valor de voltaje utilizado en este tipo de prueba; así como los resultados derivados de la misma, utilizando el procedimiento ya descrito.

Datos del transformador bajo prueba.

Potencia	100 KVA
Voltaje	3000/216-127 volts
fases	3
c.p.s.	60
Tipo	OA
Meguer	
voltaje aplicado	500 volts

Las lecturas deberán obtenerse a los 30 y 60 segundos.

Resultados obtenidos:

Resistencia de aislamiento	Megaohms
Alta Tensión contra Baja Tensión	40
Alta Tensión contra Tierra	50
Baja Tensión contra Tierra	42

Para la aplicación del voltaje de prueba del meguer, se tomará en consideración, el voltaje nominal del devanado del transformador sometido a prueba. Y se tomará del instrumento indicador de temperatura del transformador, la temperatura a la que se realizaron las pruebas de resistencia de aislamiento, para proceder a realizar la corrección por temperatura a los valores obtenidos con el meguer.

A continuación se proporciona una tabla, para corregir por temperatura los valores obtenidos de la resistencia de aislamiento con el meguer. TABLA I

También se proporciona una tabla con los valores de la resistencia mínima de aislamiento de un transformador en aceite a 20 °C, la resistencia de aislamiento (en Megahoms) del transformador depende de su Clase de aislamiento. TABLA II

T A B L A I

FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE UN TRANSFORMADOR			
Temperatura Promedio °C	Factor de Corrección	Temperatura Promedio °C	Factor de Corrección
95	89.0	35	2.5
90	66.0	30	1.8
85	49.0	25	1.3
80	36.2	20	1.0
75	26.8	15	0.73
70	20.0	10	0.54
65	14.8	5	0.40
60	11.0	0	0.30
55	8.1	-5	0.22
50	6.0	-10	0.16
45	4.5	-15	0.12
40	3.3		

ejemplo:

Lectura de aislamiento tomada a 25 °C, $f_c = 1.3$

48 Megaohms

Lectura de aislamiento corregida

$48 \times 1.3 = 62.4$ Megaohms

T A B L A II**RESISTENCIA MINIMA DE AISLAMIENTO DE UN TRANSFORMADOR
EN ACEITE A 20 °C**

Clase de Aislamiento KV	Megahoms	Clase de Aislamiento KV	Megahoms
1.2	32	92	2480
2.5	68	115	3100
5.0	135	138	3720
8.7	230	161	4350
15.0	410	196	5300
25.0	670	230	6200
34.5	930	287	7750
46.0	1240	345	9300
69.0	1860		

Interpretación de las lecturas obtenidas.

En general las lecturas de resistencia de aislamiento deberán considerarse como relativas a menos que el unico interes sea el de comprobar que los valores se mantengan por arriba de los minimos recomendados.

Ya que puede suceder que se obtenga un valor alto de resistencia de aislamiento y sin embargo existe una deficiencia en el aislante o en el caso opuesto en que los valores obtenidos sean bajos y el aislamiento está en buenas condiciones.

Tomando en cuenta esta relatividad de las lecturas, la única forma de evaluar con cierta seguridad las condiciones del aislamiento del devanado, es mediante el análisis de los valores obtenidos en las pruebas periódicas a que se somete.

Para que el análisis comparativo sea efectivo todas las pruebas deberán hacerse al mismo potencial.

2.6 Causas de sobrecalentamiento en los transformadores

1. La carga que está alimentando el transformador es mayor que la señalada en su placa por el fabricante (calentamiento por sobre carga).

La temperatura máxima de elevación del transformador se indica en su placa.

Solución:

Cambiar el transformador por uno de mayor capacidad.

2. Falta de aceite en el transformador, por escurrimiento a través de las válvulas de muestreo o descarga, escurrimiento por alguna de las bridas de conexión de los aisladores de salida de alta y baja tensión, o bien por porosidades en los tanques.

Solución:

Habría que retirar el transformador, sacarle el aceite, lavar con gasolina los lugares de los poros limando el lugar para que quede absolutamente limpio y proceder a soldarlo. En los casos de las válvulas, habría que apretarlas y en los casos de malos empaques, habrá que cambiarlos por otros de neopreno. En el caso de alguna brida, apretarla o cambiarla de acuerdo en la condición que se encuentre. Localizada la causa de fuga de aceite, ya corregida se procederá a agregar la cantidad de aceite faltante.

3. Calentamiento de conexiones interiores por falsos contactos en los cambiadores de taps o conexiones a los aisladores de alta o baja tensión.

Solución:

Limpiar el polvo de la tapa de inspección del transformador, desatornillar la tapa e introducir las manos bien limpias y secas, tocando bien para sentir si están flojos los tornillos que sujetan las conexiones de los aisladores de salida de baja y alta tensión, por último tocar los contactos de los cambiadores de taps para verificar que están haciendo un contacto firme con las partes de conexión. Si se sienten rugosidades en los metales de contacto, esto indica que no se está efectuando buen contacto y habrá que limar estas partes para establecerlo correctamente. En el caso de encontrar conexiones flojas, apretarlas, las llaves que se introduzcan deberán estar perfectamente limpias y secas.

4. Falsos contactos en los cambiadores de taps, debido a la acumulación de materias carbonosas derivadas de cierto chispeo que se establece por humedad en el aceite o entrada de polvo y materias extrañas, y por empaques de taps o aisladores mal colocados.

Solución:

Cuando los cambiadores de taps tienen excesiva suciedad, los contactos entre los mismos son defectuosos, pues se establece un

chispeo que provoca el calentamiento del transformador. Se procederá a extraerle el aceite (el que será filtrado antes de volverlo a colocar) y extraer el núcleo para proceder a limpiarlo perfectamente. Se procederá a limpiar y pulir las caras del cambiador y en caso de estar demasiado flameadas, hacer el cambio por otro cambiador similar.

5. El aceite del transformador a perdido su rigidez dieléctrica y está húmedo.

Solución:

Para filtrar el aceite se utiliza una prensa filtro especial, provista de marcos con papel llamado papel filtro, por el cual se hace pasar el aceite reteniendo la humedad e impurezas. Antes de colocar el aceite al transformador éste deberá tener una resistencia dieléctrica no menor de 25 KV.

Al introducir el transformador al tanque deberá realizarse la limpieza del mismo y secar el transformador por medio de calor, ya sea por focos infrarrojos o en un horno apropiado, probando por medio del meguer, el cual deberá marcar, entre bobinas y núcleo, más de 100 megohms.

2.7 Ejemplo de cálculo de la protección del primario de un transformador trifásico.

Determinar la capacidad interruptiva del interruptor y la capacidad de los fusibles empleados para proteger el primario de un transformador trifásico con las siguientes características:

1000 KVA

2290/440 V, 60 Hz

Impedancia Z, 6%

23 KV alimentación en el primario (acometida).

Solución:

$$I_{nom} = \frac{\text{Potencia del transformador (KVA)}}{3^{1/2} \times \text{voltaje de alimentación (KV)}}$$

$$I_{nom} = \frac{1000 \text{ KVA}}{3^{1/2} \times 23 \text{ KV}} = 25 \text{ Amp.}$$

Pcc= potencia de corto circuito (KVA)

$$P_{cc} = \frac{\text{Potencia nom. (KVA)} \times 100}{\text{Impedancia en \%}}$$

$$P_{cc} = \frac{1000 \text{ KVA} \times 100}{6 \%} = 16.7 \text{ MVA}$$

Capacidad interruptiva requerida en caso de falla por corto circuito.

I_{cc} = corriente de corto circuito

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\text{Voltaje de línea}} = \frac{16.7 \text{ MVA}}{3^{1/2} \times 0.023 \text{ MV}}$$

$I_{cc} = 419 \text{ MAmp.}$

Con la $I_{nom.} = 25 \text{ Amp.}$ se seleccionan los fusibles de potencia con las características siguientes:

FUSIBLE DE POTENCIA

Voltaje nominal	23 KV
Corriente nominal	63 Amp.
Capacidad interruptiva	
simétrica	800 MVA

Para el voltaje nominal corresponde un seccionador tripolar con las características siguientes:

Tipo	H251-20N
Tensión nominal de servicio	24 KV
Corriente nominal de interrupción	600 Amp.
frecuencia	60 Hz

CAPITULO III

SISTEMA DE TIERRAS

Red de tierras

Definición:

Es una red de conductores desnudos enterrados, usada para establecer un potencial uniforme dentro y alrededor de un establecimiento cualquiera. Debe quedar sólidamente a los electrodos de tierra.

En el pasado, prevalecía el criterio de que cualquier objeto aterrizado ya fuera que formara parte de un sistema de tierras o que por opinión propia era parte de una "buena tierra" podría ser tocado con toda seguridad. Aparentemente este punto de vista era sólido, ya que si una estructura metálica, estaba conectada mecánicamente a una red hidráulica en amplio contacto con el terreno, uno podría con plena seguridad apoyarse en ella, ya que cualquier línea de cualquier tensión que cayera sobre ella automáticamente igualaría su nivel de potencial al de tierra, es decir cero y el ser humano estaba a salvo de diferencias de potencial peligrosos.

La importancia de un circuito metálico continuo de baja resistencia para canalizar las corrientes de falla, se explica en la figura (a). En ella se muestra el neutro del transformador conectado a tierra por medio de un electrodo que tiene una resistencia

de 10 ohms a tierra, el tubo conduit está conectado a otro electrodo separado, el cual tiene 20 ohms a tierra. Una falla ocurre entre el conductor B y el conduit

corriente de falla = $120 / (20 + 10) = 4$ ampers

caída de potencial de conduit a tierra será:

$$4 * 20 = 80 \text{ volts}$$

En la figura (b), tanto el neutro del transformador como el tubo conduit, están conectados a una red de tierra común, la que es conectada a tierra a través de un electrodo que tiene 25 ohms de resistencia.

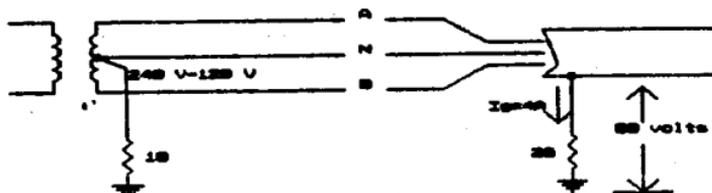


Figura (a)

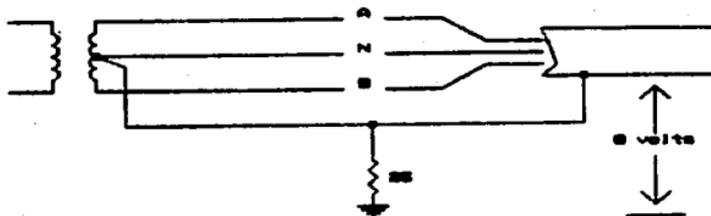


Figura (b)

Lo anterior no infiere en que un potencial de 80 volts necesariamente sea fatal, sino que como ejemplo se ilustra el hecho de que una inadecuada puesta a tierra puede ocasionar diferencias de potencial que provocarían daños fatales, sobre todo a las personas.

3.1 Objetivos del sistema de tierras.

- a) Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, debidas a una falla del sistema eléctrico.

- b) Evitar que durante la circulación de estas corrientes de tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación.

- c) Proporcionar una conexión a tierra de las partes metálicas, para que cuando por ellas circulen corrientes de defecto, tengan un camino hacia tierra, evitando ser fuente de riesgo para la integridad física de las personas que hagan contacto con dichas partes.

Dentro de los gabinetes de la subestación hay una barra de tierra, a la que deben unirse electricamente con cables todos los gabinetes y los armazones de los aparatos; apartarrayos, interruptores, transformadores de potencia, transformadores de instrumento, etc.

- d) Limitar las sobretensiones causadas por los rayos, operación de los apartarrayos.
- e) Ser un medio de descarga, después de haber desenergizado el equipo de la subestación para proceder a realizar los trabajos de mantenimiento.
- f) Proveer una conexión a tierra para el neutro de los transformadores.
- g) Facilita la operación de las protecciones contra fugas a tierra.

3.2 Elementos y disposiciones básicas de una red de tierra.

Los elementos que constituyen una red de tierra son:

a) Conductores

Los conductores utilizados en las redes de tierra, son de cable desnudo, de calibres adecuados, dependiendo del sistema que se utilice.

Se utiliza el cobre por su mejor conductividad, tanto eléctrica como térmica y además por ser resistente a la corrosión.

a) Electrodo

Son las varillas que se clavan en el terreno y que sirven para que la malla esté en contacto con zonas más húmedas del subsuelo

y por lo tanto con menor resistencia eléctrica.

Los electrodos pueden ser fabricados con varillas de fierro galvanizado o varillas tipo "copperweld". Una varilla "copperweld" consiste de una varilla de fierro, a la cual se le aplica un recubrimiento de cobre soldado en forma continua. Este material combina las ventajas del cobre con la resistencia mecánica del fierro, tiene buena conductividad, excelente resistencia a la corrosión y buena resistencia mecánica para ser clavada en el terreno.

c) conectores y accesorios.

Son aquellos elementos que nos sirven para unir los conductores de la red de tierra, además de conectar las varillas o electrodos y los conductores derivados de equipos y estructuras a la red.

Los conectores utilizados en los sistemas de tierra, son principalmente de tres tipos:

- * conectores mecánicos
- * conectores soldables
- * conectores a presión

Todos los tipos de conectores deben poder soportar la corriente de la red de tierras en forma continua.

Los conectores mecánicos están formados generalmente por dos piezas, las cuales se unen por medio de tornillos; su característica principal es su facilidad de instalación, ya que pueden desconectarse de la red para hacer mediciones en la misma.

Con los conectores soldables se obtiene una conexión permanente, eliminando además la resistencia de contacto; tiene como limitaciones que no se pueden separar y hacer mediciones en la red.

Los conectores soldables se usan generalmente en las instalaciones que van enterradas y aquellas donde el conductor de tierra no va a ser separado de los equipos, como: para mantenimiento, cambio de posición de algún gabinete o motor.

Disposiciones de una red de tierra.

Para las redes de tierra se consideran básicamente tres sistemas:

- a) Sistema radial.
- b) Sistema de anillo.
- c) sistema de malla.

El Sistema radial es el menos satisfactorio, ya que al producirse una falla en algún aparato, se producen grandes gradientes de potencial.

Este sistema consiste en uno o varios electrodos, a los cuales se conectan las derivaciones de cada aparato.

El sistema de anillo se obtiene colocando en forma de anillo un cable de 500 MCM de calibre alrededor de la superficie ocupada por el equipo de la planta y conectando derivaciones a cada aparato usando un cable más delgado.

El sistema de malla consiste, en una malla formada por cable de cobre y conectada a través de electrodos (varillas) a partes más profundas para buscar zonas de menor resistividad, este sistema es el más eficiente de los tres tipos.

3.3 Características del sistema de tierras.

Disposición física. Se recomienda que un cable continuo forme el perímetro exterior de la malla, de manera que encierre toda el área en que se encuentra el equipo de la subestación.

La malla debe estar constituida por cables colocados paralela y perpendicularmente, con un espaciamiento razonable (por ejemplo, formando rectángulos de 3 por 6 metros). Los cables que forman la malla deben colocarse a lo largo de las hileras de estructuras u equipos, para facilitar la conexión a los mismos.

El material empleado para los conductores de la malla es el

cobre, los calibres a utilizar son del 4/0 AWG (107.2 mm) y del 2/0 AWG (33.6 mm). En cada cruce de conductores de la malla, éstos deben conectarse rigidamente entre sí, y en los sitios donde se clavan los electrodos se construyen registros fig.3.2.

Materiales. Cada elemento del sistema de tierras (malla, conectores y electrodos) al ser seleccionado debe cumplir con lo siguiente:

- * Tener un punto de fusión suficientemente alto para no sufrir deterioro bajo las más severas condiciones de las magnitudes de corriente de falla y duración de las mismas.
- * Tener resistencia mecánica suficiente y ser resistente a la corrosión.
- * Tener suficiente conductividad, de manera que dichos elementos no contribuyan a originar diferencias de potencial peligrosas.

La resistencia eléctrica total del sistema de tierras debe conservarse en el valor más bajo posible, los valores aceptables van desde 10 Ohm hasta menos de 1 Ohm, incluyendo todos los elementos del sistema de tierras, esto es, la malla, los electrodos, y los conductores de puesta a tierra. Para reducir la re-

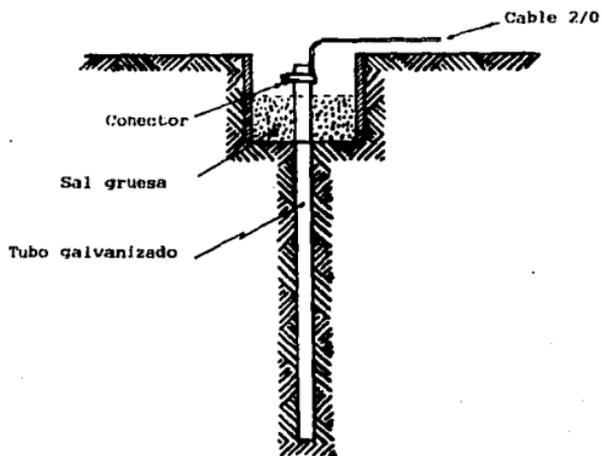
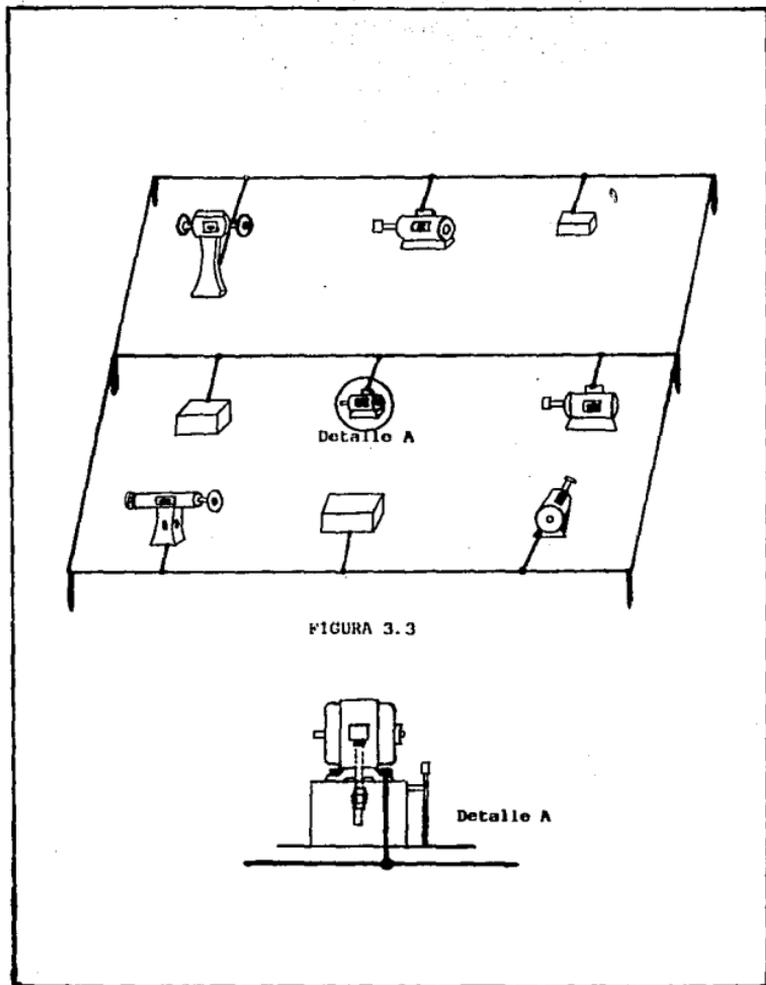


Fig.3.2

ELECTRODO PARA CONEXION A TIERRA

sistencia total del sistema se puede aumentar el área total de la malla, reduciendo el espaciamiento entre conductores, o bien usar un mayor número de electrodos.

En la figura 3.3, la red de tierra está distribuida de tal forma que cada máquina existente se conecta a dicha red en sus partes metálicas no portadoras de corriente eléctrica, con el fin de que esta quede protegida contra cualquier falla a tierra que se llegara a suscitar en su propia instalación eléctrica, evitando así una descarga peligrosa al operador.



Efectos de la corriente en el cuerpo humano:

corriente que atraviesa

al cuerpo humano (mamp)	efectos
hasta 1	imperceptible para el hombre
2 a 3	sensación de hormigueo
3 a 10	el sujeto consigue, generalmente desprenderse del contacto. La corriente no es mortal.
10 a 15	La corriente no es mortal si se aplica durante intervalos decrecientes a medida que aumenta su intensidad, de lo contrario, los músculos de la respiración se ven afectados por calambres que pueden provocar la muerte por asfixia.
50 a 500	Corriente peligrosa, en función creciente con la duración del contacto, que da lugar a la fibrilación cardíaca (contracciones). Posible muerte.
más de 500	Decrece la posibilidad de fibrilación, pero aumenta el riesgo de muerte por parálisis de los centros nerviosos o a causa de fenómenos secundarios.

Los efectos de la electricidad en el cuerpo humano dependen de la intensidad de la corriente que lo atraviesa, de la duración del contacto y de la resistencia del propio cuerpo.

3.4 Medición de la resistencia de tierra.

Descripción:

Para la medición de la resistencia de tierra se conecta el electrodo de prueba (Rx) y los electrodos cortos, respectivamente a las terminales del aparato (Meguer de tierra) como se muestra en la figura 3.4.

Las cubiertas metálicas del equipo eléctrico de la subestación; gabinetes de alta tensión, baja tensión y tanque del transformador deben estar sólidamente conectados a tierra.

La medición puede hacerse de la siguiente manera:

Se conecta una terminal del aparato al sitio donde se atornilla el cable de tierra con el gabinete (o al electrodo) y la otra terminal se conecta a una tierra de baja resistencia, por ejemplo de una tubería de agua como se indica en la figura siguiente. figura 3.5.

Los sistemas de tubería metálica continua y subterránea para la conducción de agua, tienen en general, una resistencia a tierra menor de 3 ohms.

Esta prueba, nos da la resistencia de tierra del electrodo de

prueba, más la resistencia de la tubería y si está última es despreciable, entonces las lecturas se toman como la resistencia a tierra del electrodo.

por ejemplo:

Resistencia de tierra.

gabinete contra tubería de agua = 5 ohms (valor aceptable)

PROBADOR DE RESISTENCIA DE TIERRA

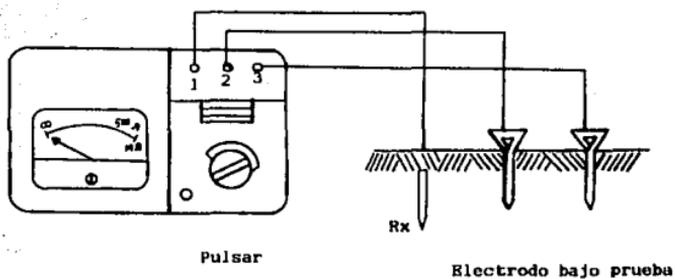


Figura 3.4

Figura 3.4

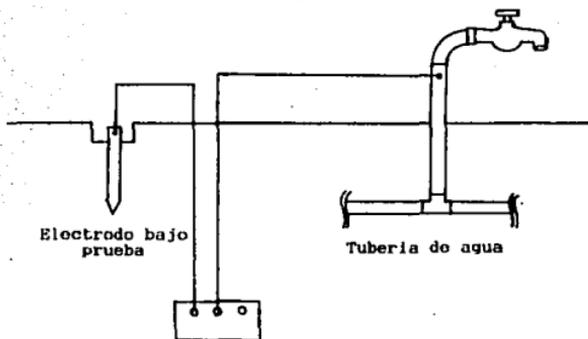


Figura 3.5

CAPITULO IV

SECCIONADOR DE CARGA TRIPOLAR H251-G

4.1 Construcción y funcionamiento.

Construcción. El seccionador bajo carga tripolar H251 tiene la forma de un interruptor de palanca que va provisto de cuchillas de corriente principales y auxiliares, montadas sobre un marco de base con ayuda de aisladores acanalados de apoyo de resina sintética. Las cuchillas de paso de corriente se accionan por medio de un eje de maniobra que se apoya sobre el marco de base, ver fig. 4.0.

Las cuchillas de corriente secundaria se han conectado en paralelo con las principales, con objeto de que, al tener lugar la desconexión, se hagan cargo de la extinción del arco. Por este motivo, en los puntos de contacto, las cuchillas secundarias de corriente son de un material resistente al fuego y están provistas de una cámara plana de extinción del arco.

Mediante un dispositivo mecánico especial, las cuchillas de arco se accionan después de las cuchillas seccionadoras principales. La colocación de las cuchillas seccionadoras dentro de los gabinetes es en posición vertical.

Funcionamiento. Al tener lugar la conexión, las cuchillas de arco se retienen mediante pernos de bloqueo y un disco de levas, a suficiente distancia de las cámaras de extinción, hasta que se conectan las cuchillas seccionadoras principales.

SECCIONADOR DE CARGA TRIPOLAR

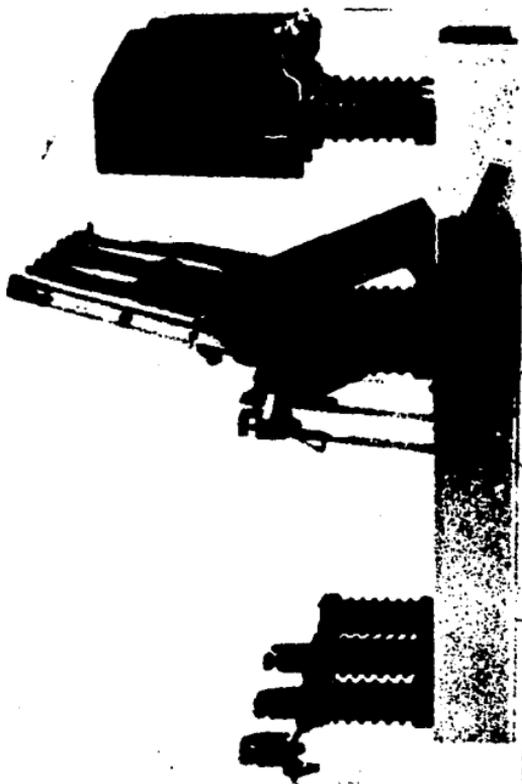


Figura 4.0

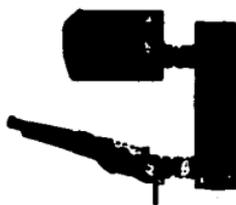
Durante el proceso de cierre de las cuchillas principales (ver fig.4.1), tensan los muelles, los cuales provocan la actuación de las cuchillas de arco después de su liberación en conexión de maniobra rápida. Como consecuencia de este proceso de maniobra, las citadas cuchillas se conectan directamente sin avances previos.

En el proceso de apertura (ver fig.4.1), las cuchillas de arco quedan retenidas, estableciendo pleno contacto, hasta que las cuchillas seccionadoras principales recorren el 80%, aproximadamente, de su trayecto de maniobra. Entonces las cuchillas de arco se liberan y se desconectan rápidamente extinguiéndose el arco de la cámara.

Aplicación. Los seccionadores bajo carga son aparatos de maniobra para instalaciones de alta tensión, que pueden interrumpir corrientes de servicio y que al desconectar dan lugar a una apertura apreciable con toda seguridad. Se emplean para conectar líneas aéreas o cables, para seccionar circuitos de anillo, así como para la conexión y desconexión de transformadores con carga o sin ella.

Características. El seccionador bajo carga está provisto con 3 portafusibles, para fusibles de alta tensión y alta capacidad interruptiva, con el fin de que puedan asumir la protección contra cortocircuito en las instalaciones, no siendo necesario un interruptor de potencia.

PROCESO DE APERTURA Y CIERRE DE LAS CUCHILLAS



Posición desconectado



Posición de movimiento de cierre



Momento de desconexión de las
cuchillas principales



Principio de desconexión de las
cuchillas secundarias

Figura 4.1

El seccionador bajo carga puede adaptarse en todos los casos a las condiciones de servicio existentes. Están adosados al mismo los correspondientes

elementos tales como, fusibles de alta tensión, dispositivo de maniobra rápido, acoplamiento de desenganche libre y dispositivo de disparo.

En el caso de fundirse un fusible, el seccionador de carga abre automáticamente, para que no trabaje el transformador o la parte de baja tensión solamente en dos fases. La capacidad interruptiva del seccionador de carga depende de la de los fusibles usados.

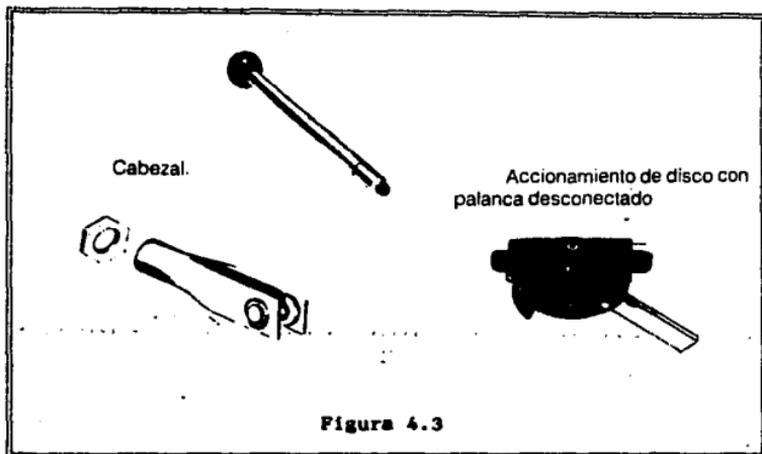
4.2 Operación manual de los seccionadores de carga y cuchillas.

Para la operación manual de los seccionadores de carga y cuchillas en instalaciones de alta tensión, se necesitan accionamientos, los cuales estén unidos con el interruptor correspondiente por medio de tubos, acoplamientos, cabezales, etc.

Los accionamientos de palancas se utilizan para seccionadores de carga y cuchillas que se encuentran al frente del tablero con frente muerto.

Los seccionadores de carga están previstos para la operación manual por medio de accionamientos de discos (ver fig.4.2).

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



Accionamiento de disco. los accionamientos se operan por medio de palancas de mando, las cuales se introducen en la abertura de la parte de accionamiento en forma de disco.

Los accionamientos de disco están enclavados en las posiciones 1 y 0 y son desenclavados por medio de las palanca de mando. Esta tiene para tal objeto, en la parte inferior, un estrechamiento, así como una marca roja en forma de anillo; la palanca de mando se introduce sobre el punto de ataque hasta la marca roja.

El movimiento de la palanca de mando se transmite a una palanca de cambio que se encuentra detrás de la pared, la cual es regulable de 10 en 10 grados alrededor de la flecha de accionamiento, dentro de un ángulo de 120 grados.

Cabezales, los cabezales consisten en una horquilla de acero, cuya rosca permite un ajuste de longitud de la barra hasta máximo 20 mm. El cabezal está asegurado en la posición deseada por una contratuerca.

4.3 Características eléctricas.

A continuación se proporciona un cuadro con las capacidades de los seccionadores de carga tripolar de un tiro de operación para servicio interior.

Tipo	H251-G17.5	H251-20N
tensión máxima de servicio hasta	17.5	24
Corriente de servicio hasta	630	630
Frecuencia	60	60
Corriente nom. de interrupción (Factor de potencia=0.7) 25 operaciones	630	630
Corriente de interrupción (Factor de potencia=0.7) 200 operaciones	35	35
Corriente de interrup.inductiva (Factor de potencia=0.15) 20 operaciones	20	20
Corriente de interrup.capacitiva (factor de potencia=0.15) 20 operaciones	20	20

4.4 Mantenimiento

Para efectuar el mantenimiento hay que realizar los siguientes trabajos:

- a) Aspirar todo el polvo que se encuentre dentro del gabinete, esto puede hacerse con una aspiradora.
- b) Las partes de metal y las partes aislantes deberán ser limpiadas del polvo que se haya acumulado.
- c) Los puntos de conexión deberán limpiarse perfectamente, así como las cuchillas con un cepillo o una lija.
- d) Revisar las conexiones y si estas se encuentran flojas, apretar tornillería.
- e) Se requiere engrasar el mecanismo de accionamiento, así como hacer pruebas de apertura y cierre del mismo.

CAPITULO V

APARTARRAYOS

5.1 Tipos de sobretensiones.

Los sistemas eléctricos, junto con sus equipos componentes, están expuestos siempre al riesgo de recibir sobretensiones cuyo origen puede ser externo al sistema eléctrico como las descargas atmosféricas, o interno, producidas por el propio sistema al cambiar súbitamente de una condición de operación a otra durante condiciones transitorias anormales de servicio.

Sobrevoltajes de origen externo.

En general los sobrevoltajes de origen externo pueden ser de tres tipos:

- a) Por carga estática.
- b) Por descarga indirecta.
- c) Por descarga directa.

a) Estos sobrevoltajes se presentan en las instalaciones y en particular en las líneas de transmisión por el simple hecho de que existen nubes sobre éstas, y que las nubes sean desplazadas por el viento; este caso es el menos peligroso ya que se disminuye considerablemente su efecto mediante el uso de hilos de guarda en las subestaciones (tipo exterior, CFE) que se encuentran perfectamente conectadas a tierra y representan un modo de descarga natural.

b) Sobrevoltajes por descargas indirectas, se presentan en las instalaciones por la presencia de rayos que caen en puntos cercanos y que por efecto de inducción electrostática y electromagnética introducen transitorios en las instalaciones. Este tipo de sobrevoltajes es el más frecuente y puede ser grave dependiendo de la intensidad de descarga, ya que de mediciones realizadas en el campo se sabe que los sobrevoltajes son del orden de 100 hasta 200 KV con corrientes de 25 a 75 KA.

Las descargas indirectas son las que más afectan a las instalaciones de mediana y bajas tensiones del orden de: 23, 13.8, 6.6 y 4.16 KV.

c) Sobrevoltajes por descargas directas. Este tipo de sobrevoltajes son los menos frecuentes en las instalaciones pero los que pueden causar los daños más graves, debido a la enorme cantidad de energía que trae consigo una descarga atmosférica, las corrientes que se presentan por este tipo de descarga, pueden alcanzar valores hasta de 100 KA instantáneos, pero que introducen esfuerzos dinámicos y térmicos en las instalaciones.

Por lo general una descarga directa sobre una línea de transmisión provoca una onda de sobrevoltaje inicial que se divide en dos ondas viajeras, una onda de sobrevoltaje que va hacia la izquierda y otra hacia la derecha del punto en que se

produce la descarga con una velocidad igual a la de la luz en el caso de conductores aéreos (fig.5.1).

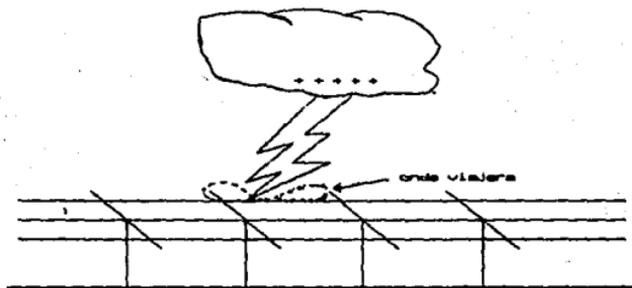


Fig.5.1

En cualquiera de los tipos de acción externa se producen sobrevoltajes que son mayores o menores dependiendo de si la descarga es directa o indirecta, este tipo de sobrevoltajes somete a los aislamientos de la instalación y en particular a los de las máquinas a esfuerzos dieléctricos que se superan a los niveles básicos de aislamiento;

Para cada elemento en que intervienen aislamientos se propician los perforamientos dieléctricos que traen consigo otro tipo de fallas.

Otros efectos que ocasionan las descargas atmosféricas sobre las instalaciones son las siguientes:

- 1) La corriente del rayo alcanza valores instantáneos extremadamente altos que someten a los elementos de la instalación a esfuerzos dinámicos y térmicos que requieren para su disminución de un diseño adecuado de tierras.
- 2) los esfuerzos dinámicos debidos a la corriente del rayo someten a los conductores (barras) a esfuerzos de atracción y repulsión que pueden llegar a romper los aisladores soporte o deformar los tableros.
- 3) La corriente de rayo trae consigo una gran cantidad de energía calorífica llegando hasta temperaturas de 8350 °C que pueden provocar la falla de aislamiento que pueden provocar la falla de aislamiento de los apartarrayos que pueden llegar a destruirse por explosión al no poder descargar la energía.

Sobrevoltajes de tipo interno.

Se entiende por sobrevoltajes de tipo interno a los sobrevoltajes que se presentan en las instalaciones por operaciones, fallas u otros motivos propios de la red. Estos sobrevoltajes pueden ser de dos tipos:

- a) Sobrevoltajes dinámicos. Son aquellos excesos de voltaje sobre el voltaje nominal.

b) Sobrevoltaje transitorio. Son aquellos que se presentan cuando ocurre un transitorio en la red, como una falla, conexión o desconexión de circuitos. En general en una operación de maniobra (swicheo) se presentan los dos tipos de sobrevoltajes.

Según las normas AIEE los sobrevoltajes de tipo interno se

pueden clasificar en forma general:

A) Sobrevoltajes por ocurrencia de fallas.

B) Sobrevoltajes por operaciones de maniobra (swicheo):

B1) Por desconexión de líneas largas, cables, bancos de capacitores, etc. (desconexión de circuitos capacitivos).

B2) Por cierre de circuitos capacitivos.

B3) Operaciones de maniobra en circuitos inductivos:

a) desconexión de transformadores en vacío.

b) apertura de cierre de neutralizadores de falla a tierra.

c) apertura de bobinas de compensación alimentadas por transformadores.

C) Sobrevoltajes por pérdida brusca de carga.

D) Sobrevoltajes por efecto ferranti en las líneas de transmisión.

E) Sobrevoltajes por operación de interruptores.

A) Sobrevoltajes por ocurrencia de fallas:

En este sistema se pueden presentar las fallas siguientes:

- * línea a tierra
- * dos líneas a tierra
- * línea a línea
- * trifásica

De estas fallas las que ocasionan problemas de sobrevoltajes en la red, debido a su asimetría son las fallas a tierra, es decir de una o dos líneas a tierra y de estos dos tipos de fallas, el caso más crítico lo representa la falla de "línea a tierra".

5.2 Función y principio de operación.

El apartarrayos es un dispositivo que se encuentra conectado permanentemente en el sistema, opera cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra.

El apartarrayos se define como un dispositivo de protección que sirve para limitar la sobretensión transitoria en un equipo eléctrico, derivando a tierra la corriente transitoria asociada a la onda de tensión.

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 las máquinas del sistema.

Su principio general de operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuya separación está determinada de antemano de acuerdo con la tensión a la que va a operar. Figura 5.2.

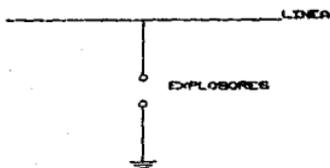


Figura 5.2

Un apartarrayos debe actuar como un interruptor muy rápido, de manera casi instantánea para proteger los aislamientos de un equipo eléctrico, el apartarrayos, en su estado normal se encuentra abierto, pero dispuesto a cerrar en el momento que aparezca una sobretensión transitoria de un valor prefijado a reabrir rápidamente en cuanto el transitorio desaparece.

Un apartarrayos está constituido básicamente por los componentes siguientes, tal como se muestra en la figura 5.3.

- a) Explosores de arco.
- b) Sistema de extinción del arco.
- c) Resistencia no lineal limitadora de corriente ($I=KE^n$).
- d) Resistencia en derivación no lineal.

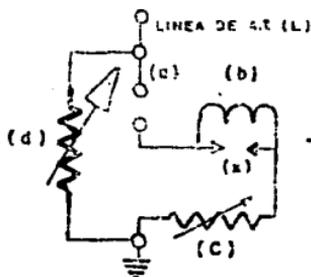


Fig 5.3.- Componentes principales de un apartarrayos.

Suponiendo que como consecuencia de una descarga atmosférica llega una onda transitoria de tensión (E_s) entre la terminal de AT (L) y tierra, de tal magnitud, que es capaz de flamear

los explosores (a), la onda (E_1), se cortará en algún punto y se establecerá una corriente a tierra a través de la bobina (b) y la resistencia (c) es inversamente proporcional a la tensión aplicada, por lo que la tensión original (E_1) tendrá un nuevo valor (E_2), tal que:

$$LZ_2 = E_2 \text{ menor } E_1$$

La energía disipada por la resistencia será la mínima posible. La corriente que circula por la bobina (b) produce un campo magnético que desvía el arco de los explosores (a) a una zona de extinción. Si la corriente es muy alta, la caída de tensión en la bobina también es alta y operan los electrodos auxiliares (x) permitiendo la operación continua del apartarrayos a lo largo de un transitorio de alta energía.

La resistencia (d) sirve para uniformizar el campo eléctrico externo al apartarrayos durante su operación.

En la figura 5.4 se observa una onda modificada después de la operación del apartarrayos.

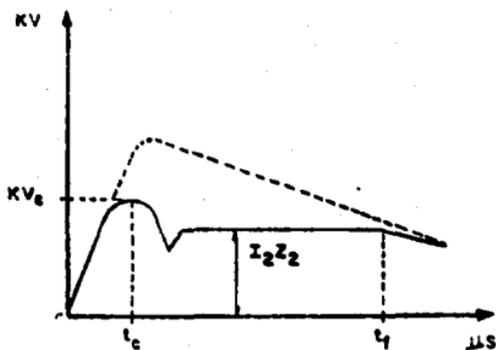


Fig.5.4 Onda modificada por un apartarrayos.

- El valor de cresta (KV_e) y el tiempo (t_c) depende de la respuesta de los explosores (a).
- El valor $I_2 Z_2$ depende de la resistencia serie no lineal (c).
- El tiempo final (t_f) de operación del apartarrayos, depende del dispositivo de extinción del arco.

5.3 Tipos de apartarrayos.

Existen básicamente dos tipos de apartarrayos, siendo los siguientes:

- a) Expulsión
- b) Autovalvulares

El apartarrayos de expulsión consiste de un entrehierro o explosor externo en serie con contacto que genera gases al producirse calentamiento, en los extremos que se encuentran montadas dos piezas metálicas que sirven como terminales para conectar el explosor y para la conexión a tierra del apartarrayos. Este tipo de apartarrayos actúa en forma semejante a una cuchilla fusible pero sin fusible, esto es, cuando ocurre una sobretensión elevada existe arqueo en las terminales del explosor exterior e interior con lo cual se forma una trayectoria de baja impedancia para la corriente del rayo; una vez que desaparece la tensión del rayo, solamente queda la tensión, debido a la caída del arco (tensión residual) dentro de la cámara de arqueo, causada por la corriente después de la descarga. Cuando la corriente, después

de la descarga pasa por cero, el apartarrayos la interrumpe en forma efectiva en la cámara de arqueo, debido a la expulsión de los gases calientes que se forman al paso de la corriente de arqueo.

El apartarrayos autovalvular igual que el de expulsión tiene un explosor que cierra cuando arquea, debido a la presencia de una sobretensión elevada (tensión de disparo del apartarrayos) entre sus terminales y que reabre el circuito para interrumpir la corriente después de la descarga; dado que el explosor no es capaz de interrumpir corrientes elevadas, es necesario utilizar una resistencia no lineal en serie con dicho explosor para limitar la magnitud de la corriente.

5.4 Apartarrayos Autovalvulares, características de funcionamiento.

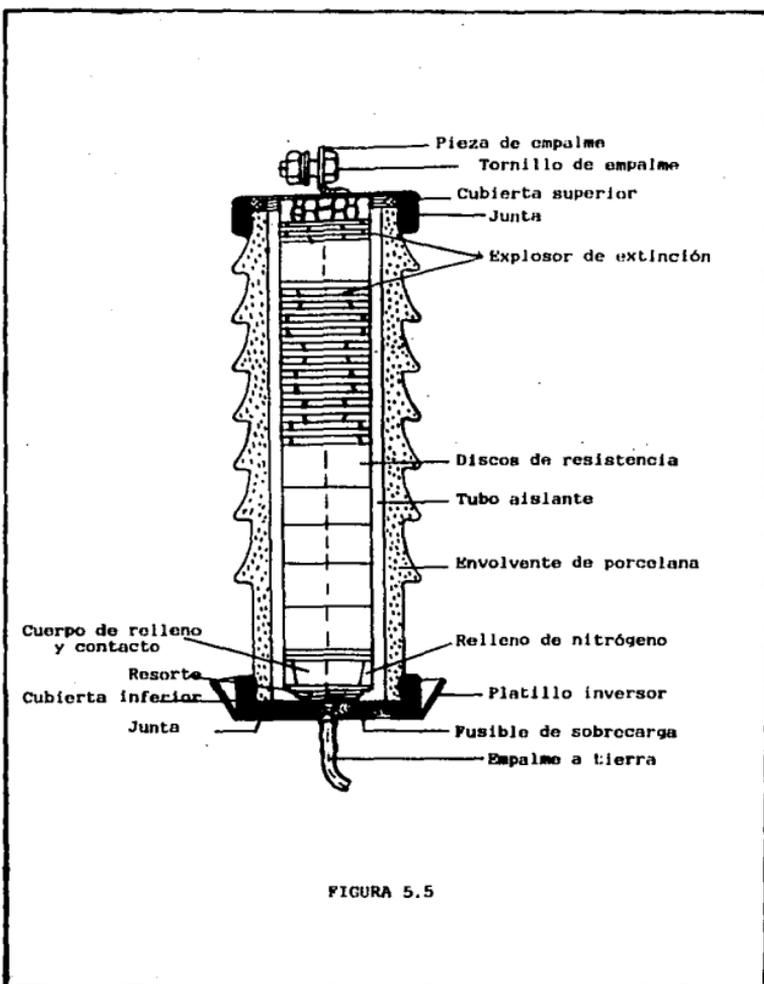
Los apartarrayos empleados para la protección de las instalaciones y subestaciones industriales, se llaman tipo autovalvular y su cometido consiste en limitar las frecuentes apariciones de sobretensiones que bien pueden ser:

- a) Sobretensiones atmosféricas, que casi siempre tienen su origen en las tormentas, o por fenómenos transitorios de campos eléctricos.

- b) Por las sobretensiones que se presentan por influencia de otras redes.

- c) Sobretensiones que pueden originarse dentro, debido a cortos circuitos, retirar cargas o líneas de servicio en vacío y en otras ocasiones al establecerse contactos a tierra.

Para todos los casos anteriores, las sobretensiones superan un valor que es desde luego perjudicial a los transformadores y aparatos conectados y, por lo tanto, es necesario reducir en todo lo posible daños que resulten costosos, haciendo la instalación de apartarrayos autovalvulares cuya construcción se muestra en las fig. 5.5 y (apartarrayos marca Siemens) y su funcionamiento es el siguiente:



Si la sobretensión que se presenta en el descargador sobrepasa los valores de reacción válidos para el mismo, reacciona éste, es decir, los explosores de extinción son cortocircuitados en el lugar de reacción por arcos voltaicos.

Debido a la reacción de todos los explosores de extinción del descargador, se establece la unión entre el conductor a tierra a través de los discos de resistencia. Las resistencias son dependientes de la tensión, a fin de mantener reducida la caída de tensión en el descargador (tensión residual), incluso cuando las intensidades de descarga son máximas. La resistencia es relativamente alta a la tensión de servicio y al aumentar la sobretensión desciende con mucha rapidez a valores reducidos. Al disminuir la sobretensión, aumenta rápidamente la resistencia, la cual limita la intensidad posterior, por el

hecho de que los explosores de extinción montados en serie pueden interrumpirla en el próximo paso por cero de la corriente. Los electrodos de ranura doble de los explosores de extinción son del tipo de tobera y tienen una gran capacidad de extinción. La tensión de reacción permanece casi invariable debido al efecto de desplazamiento del arco.

En caso de que el descargador, a pesar de su gran capacidad de absorción de energía, se sobrecargue, es decir, en el supuesto de que los explosores no estén en condiciones de extinguir la intensidad posterior, debida al arco, se produce

en el descargador un aumento inadmisibles de la presión, la cual hace que actúe el fusible de sobrecarga antes de que pueda deteriorarse la envolvente de porcelana. Por la forma del platillo inversor, los chorros calientes de gas que salen del interior bajo presión a alta velocidad son desviados hacia arriba. El arco cortocircuito salta entonces de nuevo entre el platillo inversor y la cubierta superior, en la atmósfera caliente muy ionizada, y arde a una distancia prudente de la envolvente de porcelana, de modo que se evita también una destrucción térmica secundaria de esta última.

5.5 Prueba de resistencia de aislamiento a los apartarrayos.

La aplicación de esta prueba tiene como objetivo; determinar el posible deterioro interior del apartarrayos.

Procedimiento de la prueba:

- a) Se desconectarán de la línea. Recuerde que al desenergizar la subestación se realizó la apertura de las cuchillas seccionadoras y las cuchillas de paso, por lo tanto no habrá ningún otro dispositivo conectado que afecte a los valores obtenidos en la prueba, la prueba se realiza con los apartarrayos colocados en su sitio.

- b) Realizar limpieza de la porcelana y los extremos del mismo.

- c) Revisar que el apartarrayos se encuentre conectado efectivamente a tierra.

- d) Preparación del meguer; colocar el instrumento sobre una base segura y firme, esto debe de hacerse por que con la masa de la armadura y los esfuerzos magnéticos la aguja puede estar desnivelada debido a que el meguer no tiene resortes de control.

- e) Si se emplea un meguer de 500 a 5000 Vcd, aplicar en la prueba el máximo voltaje del meguer. Observar la fig.5.7.

- f) Tomar la lectura a los 60 segundos.

APARTARRAYO
MEDICION: RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

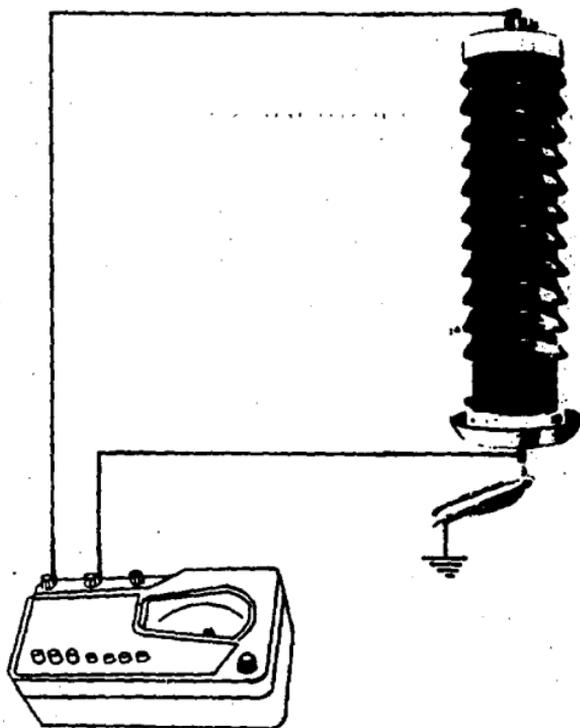


Figura 5.7

Interpretación de los valores obtenidos en las pruebas.

Recordar que el apartarrayos ofrece una gran impedancia al paso de la corriente al voltaje normal (comportandose como un

circuito abierto) y al presentarse una sobretensión se modifica la impedancia (comportandose como un circuito cerrado). Al aplicarse el voltaje de c.d., la aguja en el indicador de megohms marcara infinito (gran impedancia, comportamiento como circuito abierto), que es muy común, esto nos indica que el apartarrayos se encuentra en buen estado.

Si por el contrario al aplicar un voltaje, se obtiene un valor en megohms (valor de impedancia baja), existe algún problema en el interior del apartarrayos.

CAPITULO VI

FUSIBLES

Un fusible puede ser definido como un dispositivo de protección que opera cuando una sobrecorriente pasa por él y pone en peligro los equipos e instalaciones del sistema, pudiendo deberse esta sobrecorriente a sobrecargas o cortocircuito. Por tanto, las funciones de los fusibles serán fundamentalmente aislar la porción del circuito en disturbio del resto del alimentador sin falla e impedir el daño de los equipos instalados en el mismo.

La selección adecuada de un fusible debe considerar:

- * Proteger a los equipos del circuito bajo cualquier condición de sobrecorriente que los pueda dañar.
- * En condiciones normales de operación el fusible no debe operar.
- * Si dos o más fusibles se encuentran instalados en serie y se presentara una falla, únicamente deberá operar el que se encuentre más cercano a este punto.

Valor nominal de corriente.

Definición:

Este valor es asignado por el fabricante y es la corriente que el fusible puede conducir continuamente sin deterioro bajo condiciones específicas de uso. La corriente nominal es determinada por la máxima temperatura a la que las partes componentes del fusible (particularmente el elemento fusible) les es permitido operar continuamente; una corriente más alta

que la nominal es requerida para que el elemento fusible se funda .

6.1 Clasificación de los fusibles.

En forma general los fusibles se pueden clasificar, en cuanto a los sistemas de distribución, en:

- * Fusibles de baja tensión.
- * Fusibles de mediana tensión.

Los fusibles de baja tensión han tenido aplicación universal en las instalaciones de los usuarios, protegiendo tanto a éstas como las acometidas o cables que llevan el suministro de energía eléctrica desde los secundarios de los transformadores de distribución.

Los fusibles de mediana tensión son aquellos que se aplican en el lado de alta tensión de los transformadores (de hecho son los que se han desarrollado más debido no sólo a su bajo costo, sino a su facilidad de coordinación con otros dispositivos).

* Fusibles de media tensión

Los fusibles de media tensión se pueden clasificar en:

a) Fusibles de distribución.

- ◆ Expulsión.
 - Tubo de fibra.
 - Listón.
- ◆ En líquido (sumergido en aceite).

- ◆ En vacío

b) Fusibles de potencia

- ◆ Expulsión.
- ◆ Limitadores de corriente.
- ◆ En líquido (sumergido en aceite).
- ◆ Electrónicos.

Ambos tipos son empleados en sistemas de distribución, diferenciándose principalmente en su capacidad interruptiva y tensión de aplicación.

6.2 Fusibles de potencia, características físicas y eléctricas.

Los fusibles de alta tensión y alta capacidad interruptiva son aparatos destinados a interrumpir las corrientes de cortocircuito surgidas en instalaciones de alta tensión, a una frecuencia de 50 a 60 Hz.

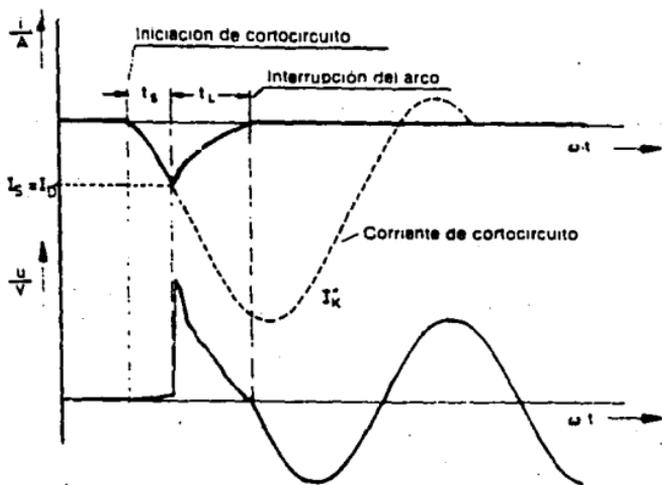
Estos fusibles se instalan sobre bases soportes o se adosan en los seccionadores (H251) de operación con carga; combinados así permiten la adecuada protección (para efectos de cortocircuito: térmicos y dinámicos) de transformadores, condensadores y derivaciones de cables.

Los fusibles de alta tensión y alta capacidad interruptiva, son elementos limitadores de corriente y protegen a los equipos de los efectos mecánicos y térmicos de cortocircuito.

Debido al muy corto tiempo de fusión, las elevadas corrientes de cortocircuito son efectivamente limitadas en valor. Recobrando las tensiones pico a valores previstos por la constitución del elemento fusible. El valor más pequeño de la corriente de ruptura se alcanza con 2.3 a 3 veces el valor de la corriente nominal del fusible.

La capacidad de los fusibles de interrumpir un circuito antes de que la corriente de cortocircuito alcance su máximo, es de suma importancia. Así se limitan los altos valores de corriente de interrupción, eliminando dañinos valores térmicos y dinámicos. El diagrama esquemático de la figura 6.1 muestra las características de corriente y tensión. La corriente de cortocircuito I_c (línea punteada) se presentaría sin la protección de un fusible. La corriente de interrupción I_i , sólo alcanza el valor de la corriente de fusión I_f (línea continua) gracias al fusible limitador de corriente. La corriente disminuye con el incremento de la longitud de arco y la decreciente conductividad del elemento durante el proceso de arqueo y finalmente es interrumpida cerca del punto cero del voltaje.

El efecto de limitación de los fusibles, para altas corrientes de cortocircuito, se muestra en el diagrama 1 (máximo paso de corriente en relación a la corriente de cortocircuito C.A. y la corriente nominal del fusible).



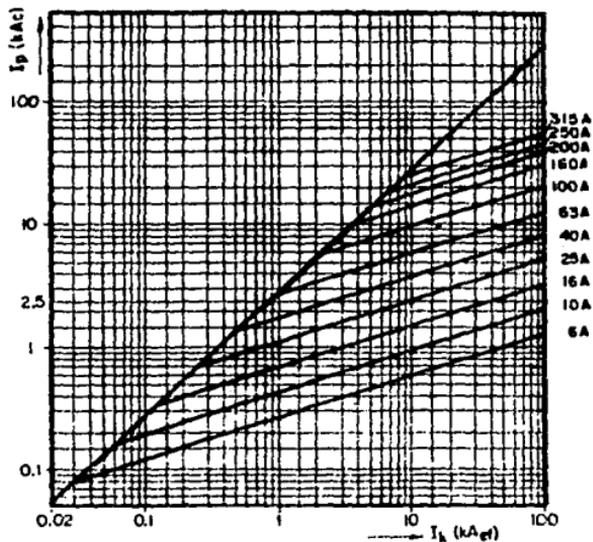
I_s = corriente de fusión.
 I_p = corriente de interrupción.
 I_k = corriente normal de cortocircuito sin los fusibles.
 t_s = tiempo de prearqueo.
 t_L = tiempo de arco.

Figura 6.1

**Corriente de paso $I_P = I_K$
para corrientes normalizadas**

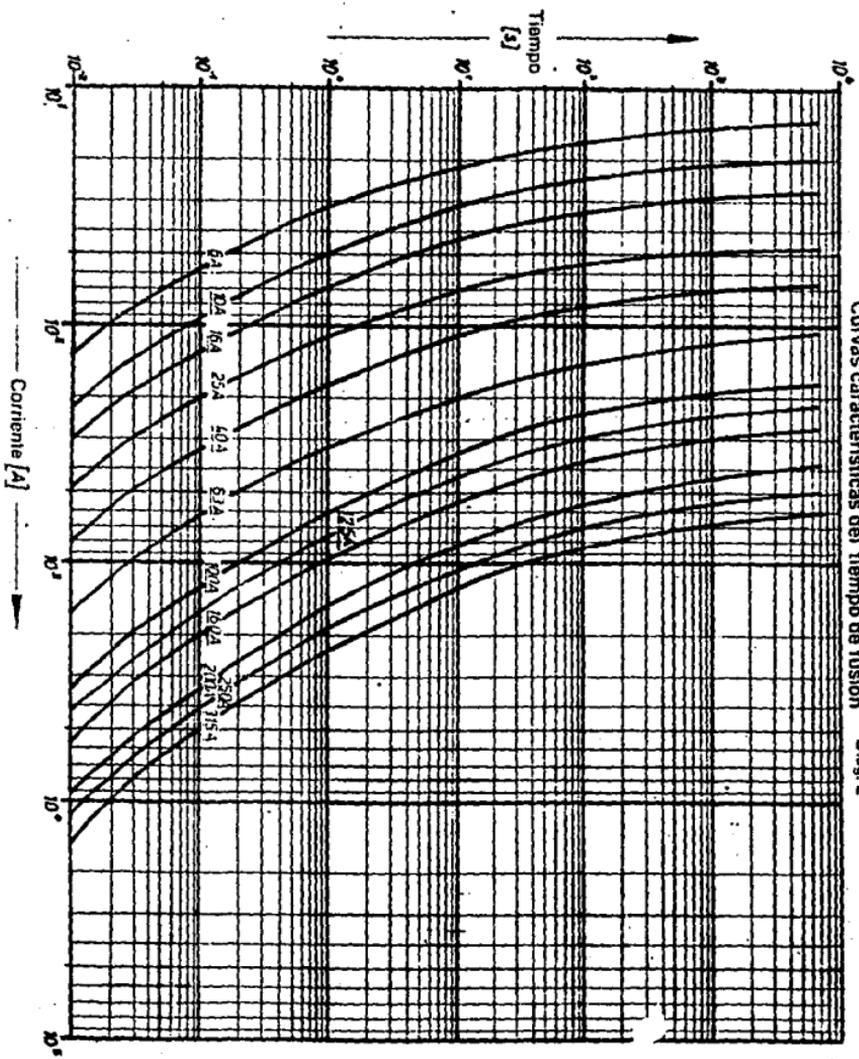
Diag. 1

Corriente de corto circuito de choque I_c (valor de cresta) o corriente de paso fusible.



Ejemplo: Con $I_K = 10\text{Ka ef}$. Limita el fusible de 25 A al valor de amplitud de la corriente de corto circuito de 28 Kc a 2.5 Kc = corriente de paso I_P .

Curvas características del tiempo de fusión Diag. 2



Indicación de disparo

La operación de desconexión para pequeñas cargas es llevada a cabo por el perno disparador de un fusible. El desconectador tripolar entonces desconecta automáticamente las otras dos fases aunque los otros fusibles no hayan operado.

Cuando actúa el fusible emerge un percutor, éste da señal de la alarma indicadora o actúa el disparo del interruptor (H251) de desconexión con carga. La fuerza que impulsa el percutor es de aproximadamente de 12 kgf (20 kp), después de recorrer 20 mm actúa una fuerza de 6 kgf.

En el diagrama 2 se muestran para todos los rangos de fusibles, en relación a la corriente de cortocircuito, en el punto que se establezca con una tolerancia de la corriente en $\pm 20\%$.

Para la selección de los fusibles de protección a los transformadores, contactores o motores de alta tensión, es necesario referirse a las curvas características de fusión y además, deben considerarse los siguientes puntos:

- a) Máxima tensión del sistema en el punto de instalación.
- b) Corriente nominal del transformador o la corriente más elevada del sistema en el punto de instalación.
- c) Corriente máxima pico normal (los fusibles deben seleccionarse de tal forma que impidan su disparo debido a las corrientes de arranque).

A continuación se proporciona una tabla de selección de fusibles para protección de transformadores.

Selección de fusibles tensión de servicio.

Potencia nominal del transformador KVA	13.8 KV	23 KV
	A	A
45	6	6
75	10	6
112.5	10	6
150	16	10
225	25	16
300	25	16
500	40	25
750	63	40
1000	100	63
1500	125	100
2000	160	125
2500	200	160
3000	-	160

A = Corriente nominal de los fusibles

Diseño físico del fusible.

El diseño físico del fusible forma un sistema de cámaras en serie resultantes de la configuración del cuerpo estrella y las resistencias.

En caso de cortocircuito, cada una de estas cámaras absorbe una parte del arco voltaico durante el proceso de fusión de las resistencias. La alta capacidad interruptiva y la amplia gama de rangos de corriente dentro de las dimensiones normalizadas se deben precisamente a este diseño especial.

La Fig. 6.2 muestra las resistencias de un fusible, formado por varias cintas de plata, insertadas sobre un cuerpo portacintas en forma de estrella, las cintas se encuentran en posición fija. El proceso de interrupción es manejado así en cámaras individuales, reduciendo el impacto, debido a la repartición de la tensión.

Durante el proceso de arqueo, los elementos fundidos son ligeramente más gruesos en la parte central de la cámara, haciéndose más angostos hacia los extremos, conservándose aun cinta de plata intacta en el paso de una cámara a otra. Esto demuestra la capacidad parcial de interrupción de los fusibles.

La estructura completa se encuentra totalmente cubierta de arena sílica. El cuerpo estrella está hecho de un tipo de porcelana especial de gran resistencia mecánica y térmica.

Los fusibles Driescher y Wittiohann se pueden emplear para servicio interior o intemperie.

Para ambos se utiliza pegamento epóxico para fijar los

FUSIBLES DE POTENCIA

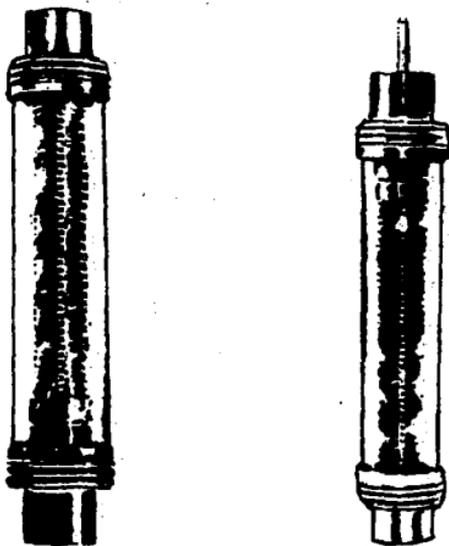


Figura 6.2

casquillos sobre el tubo de porcelana. Esto asegura una conexión sólida, de larga vida y a prueba de agua, capaz de resistir condiciones atmosféricas extremas.

El indicador de falla se encuentra integrado en la parte superior del fusible en forma de un perno percutor que dispara con una fuerza de 120 N (12 kgf). Para la instalación de fusibles en un desconectador, este indicador de falla es muy adecuado, ya que opera directamente sobre el aparato, desconectándolo, y una fuerza de 120 N es suficiente para desconectar equipos que no han sido operados por largo tiempo, sobreponiéndose a la fricción adicional causada por la suciedad sobre los contactos (Fig.6.3).

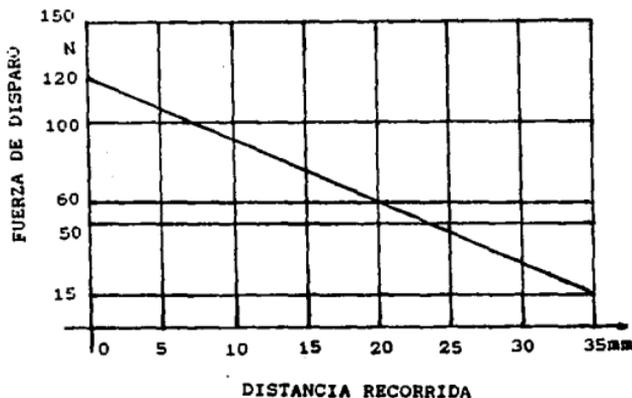
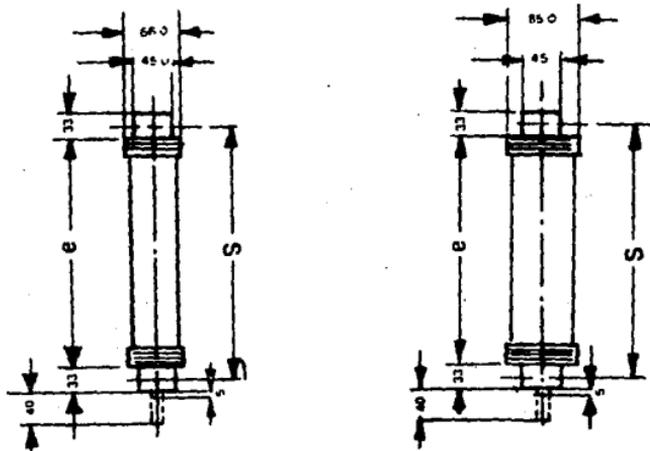


Fig.6.3

Fuerza de disparo del perno percutor en una distancia de 35 mm.

Los fusibles de alta tensión tipos: DR, DRVA y DRL, están diseñados para servicio interior e intemperie, inclusive en climas tropicales de alta humedad y frecuente condensación, y con frecuencia desde 40 hasta 60 Hz.



DIMENCIONES DE LOS FUSIBLES EN CM

Tipo	Tensión nominal KV	In A	ø cms	l cms
DRL	13.8	6-63	44.2	47.5
DRVAL	13.8	100-200	44.2	47.5
DR	23	6-63	44.2	47.5
DRVA	23	100-160	44.2	47.5

Recomendaciones

Es necesario reemplazar los tres fusibles en un equipo tripolar, aunque sólo haya operado un fusible. Esto es recomendado especialmente por la norma IEC 282.1 (1974), debido a que con un cortocircuito de 2 ó 3 fases, pueden no operar los tres fusibles, pero si encontrarse dañados en su interior (inicio de la fusión). Esto puede ocasionar problemas posteriores.

CAPITULO VII

CUCHILLAS H245

Las 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 cuando esté fluyendo corriente a través de ellas (con carga conectada).

En la cuchilla tipo H245 un bloqueo mecánico impide la apertura, si antes no se desconecta el seccionador H251.

Las cuchillas H245 de un tiro para servicio interior, tripolares, son dispositivos de maniobra para operación sin carga en redes de alta tensión.

Es el elemento que conecta o desconecta el circuito eléctrico, y a través del cual se alimenta el voltaje proveniente de la acometida, a la subestación eléctrica del consumidor industrial.

La operación es manual en grupo por medio de pértiga o accionamiento de disco (el accionamiento se describe en el capítulo IV).

Los elementos de conexión se hallan montados sobre aisladores acanalados de resina sintética y sobre una placa de base de lámina de acero.

Pueden instalarse directamente sobre muros o estructuras en subestaciones para servicio interior, así como dentro de gabinetes metálicos de subestaciones compactas.

7.1 Partes que constituyen las cuchillas H245.

1. contacto fijo.
2. pieza porta-tuerca conexión de acometida.
3. cuchilla seccionadora con contacto móvil.
4. acopladora mecánica de resina epoxy (conexión en grupo).
5. flecha de accionamiento en grupo.
6. aislador de apoyo.
7. contacto de giro de la cuchilla.

En la figura 7.0 se indican las partes que constituyen las cuchillas y en la figura 7.1 se muestran las cuchillas en vista frontal y lateral.

7.2 Características Eléctricas.

Tensión nom. de la red(KV)	Corriente nom. (A)	Par nom. de accionamiento	Tipo
13.8	400	38 Kgf	H245 NG-17.5
23.0	400	38 Kgf	H245 G-20N/

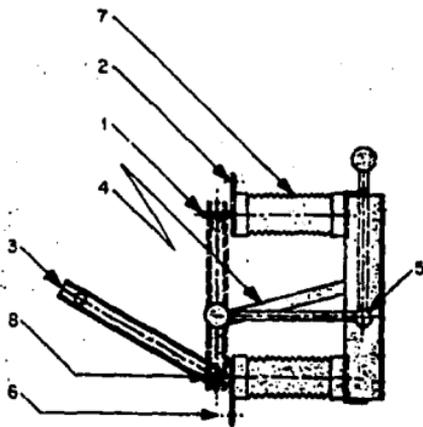


Figura 7.0

CUCHILLAS

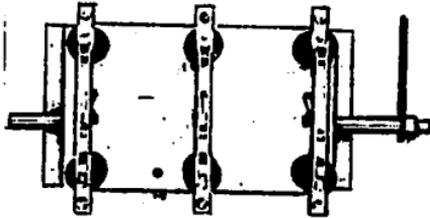
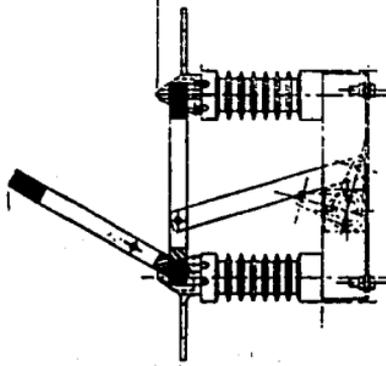


Figura 7.1

CAPITULO VIII

CENTRO DE CONTROL DE BAJA TENSION

8.0 Tableros Eléctricos.

Tablero de distribución. Es aquel que alimenta, protege, interrumpe, mide y transfiere circuitos primarios.

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

Tablero de alta tensión, es aquel que trabaja a una tensión mayor de 1000 volts de corriente alterna o mayor de 1,500 volts de corriente continua.

Tablero de baja tensión, es aquel que trabaja a una tensión menor de 1000 volts de corriente alterna o menor de 1,500 volts de corriente continua.

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

- a) 120 V c.a.
- b) 240 V c.a.
- c) 480 V c.a.
- d) 600 V c.a.

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

- a) 125 V c.d.
- b) 250 V c.d.
- c) 500 V c.d.

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

400 Amp.	1600 Amp.
600 Amp.	2000 Amp.
800 Amp.	2500 Amp.
1000 Amp.	3000 Amp.
1200 Amp.	4000 Amp.

8.1 Elementos que forman el tablero eléctrico.

Los componentes o partes principales que forman el tablero son:

Gabinete. Los gabinetes son las cajas metálicas o blindaje que tienen por objeto: montar el equipo eléctrico, de conexión, desconexión, medición y control; conectar interiormente ese equipo; protegerlo de la intemperie, del polvo o de golpes y proteger a las personas.

Barras. Las barras son los elementos de conexión entre el interruptor principal o general y los derivados. En sistemas trifásicos se componen de tres barras, rectangulares de cobre electrolítico, con una conductividad eléctrica mínima del 99 %. Además de las barras principales, que van aisladas, a lo largo del tablero, en la parte inferior, se coloca otra barra de tierra, firmemente unida sin aislamientos, a los gabinetes. Esta barra tiene por objeto, evitar poner en peligro de un choque eléctrico al operador que toque un gabinete cuando haya una falla de aislamiento.

Interrupidores. Los interruptores son la parte principal de un tablero. Hay tres tipos de interruptores: el termomagnético en caja de plástico; el electromagnético y el de navajas con fusible de alta capacidad interruptiva.

a) Interrupidores termomagnéticos. Estos son dispositivos diseñados para interrumpir automáticamente circuitos en condiciones anormales de corriente, con la característica de que no se dañan y es posible reestablecerlos. Cada uno de ellos está diseñado para operar a un determinado valor de corriente. Estos dispositivos son la forma más moderna de proteger un circuito contra sobrecarga y cortocircuito.

Los interruptores termomagnéticos son los más prácticos por el pequeño espacio que ocupan, por poderse acomodar y conectar uno al lado del otro, y por ser económicos dentro de su funcionamiento seguro y eficiente. Se fabrican de 1 a 3 polos hasta 1000 Amper. Universalmente se usan como interruptores derivados y en muchos casos, cuando la selectividad de disparo del interruptor, no es muy importante, se usan como interruptores principales o generales.

b) Interrupidores electromagnéticos. Son dispositivos más robustos, capaces de un mayor número de operaciones sin reparaciones, y susceptibles de ajustes de tiempo de apertura para permitir que en sobrecargas severas o cortos circuitos se abran primero los interruptores derivados que alimentan el

circuito donde existe la falla. Son estos interruptores más fuertes mecánicamente, no son afectados tanto por la temperatura como los termomagnéticos y tienen elementos de ajuste, en amperes y tiempo, que permite seleccionar el interruptor que debe abrirse en un sistema, cuando se presenta una falla.

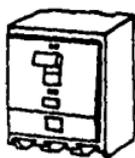
A continuación se proporcionan esquemas de algunos interruptores de 1, 2 y 3 polos, así como también tablas con sus características nominales de voltaje y corriente.



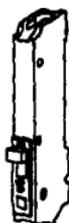
Q01



Q02



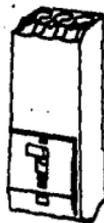
Q03



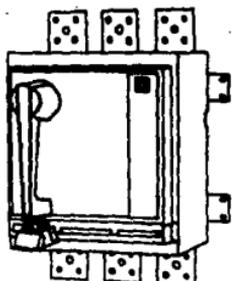
A1B
1 POLO



Q1B
2 POLOS

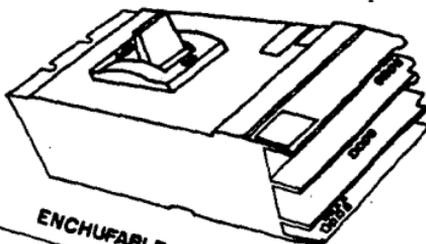


Q1B
3 POLOS

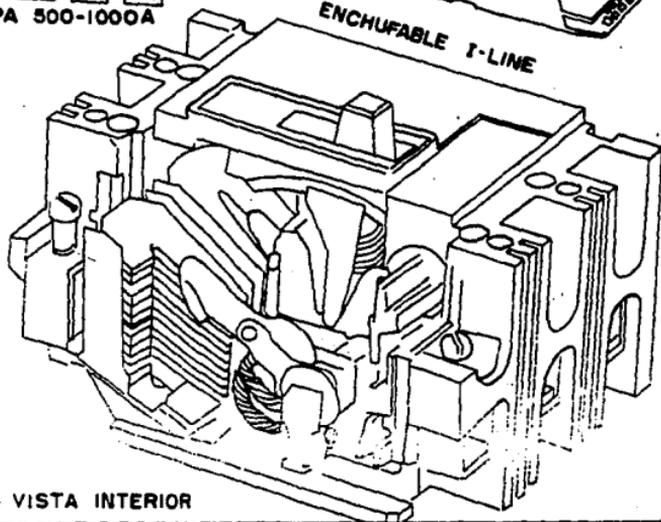


PA 500-1000A

S Q D



ENCHUFABLE T-LINE

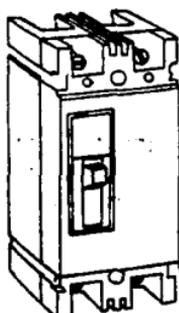


W VISTA INTERIOR

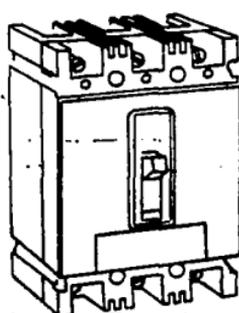
INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS IEM-WESTINGHOUSE



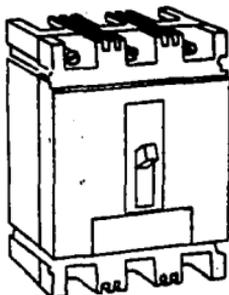
1 Polo



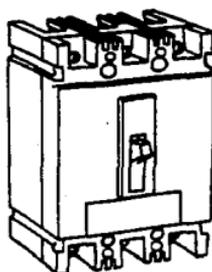
2 Poles



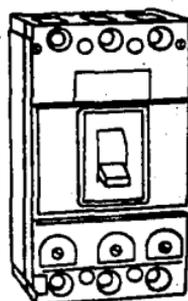
3 Poles



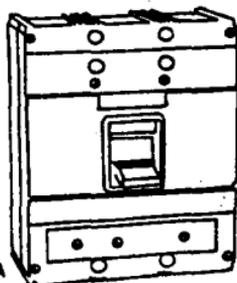
FB



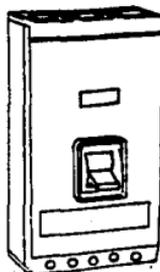
HFB



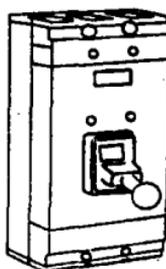
KA



LA

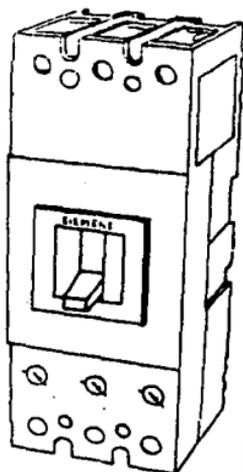


MA

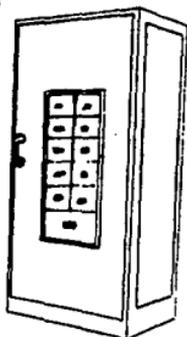


NB

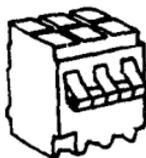
ALGUNOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS QUE EXISTEN EN EL MERCADO:



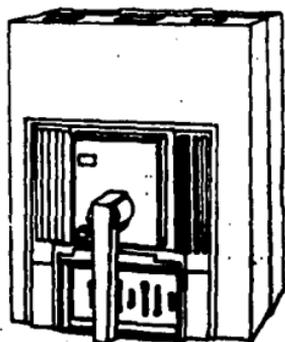
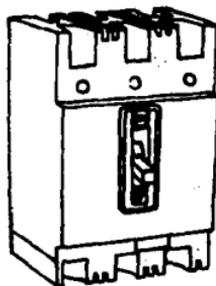
SIEMENS



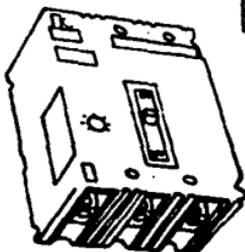
TABLERO DISTRIBUCION



CUTLER HAMMER



GENERAL ELECTRIC

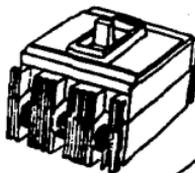


WESTINGHOUSE

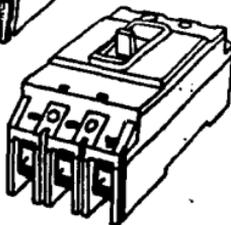
TABLA DE SELECCION

Características de los interruptores Termomagnéticos FPE

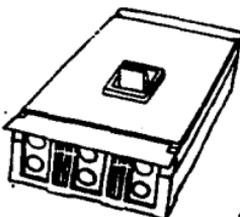
Marco	Rango de ajuste de calibración	TENSION NOMINAL		No. de Poles	CAPACIDAD INTERRUPTIVA AMPERES ASIMÉTRICOS RMC (AMPERES SIMÉTRICOS HMC) DE ACUERDO CON UNDERWRITERS LABORATORIES INC.				ZAPATAS DE COBRE/ALUMINIO		
		C. A.	C. C.		240V C.A.	480 V C.A.	600 V C.A.	C.D.	Rango	Calibre del Conductor	
										Min.	Max.
NE	15-100	240	125/250	2,3	20M(18M)	—	—	10M	15-100	No. 14	No. 1/0
NEF	15-100	480	250	1, 2, 3	20M(18M)	15-40(14M)	—	10M	15-100	No. 14	No. 1/0
NFJ	70-225	480	250	2,3	30M(26M)	25M(22M)	—	10M	70-225	No. 4	300MCM
NJL	70-500	480	250	2,3	50M(42M)	35M(30M)	25M(22M)	20M	70-225	No. 4	500MCM
									250-300	No. 4	500MCM
									350-500	1 No. 2/0 No. 4	500 MCM 250 MCM
NAM	125-1000	480	250	2,3	50M(42M)	35M(30M)	25M(22M)	20M	125-350	No. 1	500MCM
									400-500	2- No. 3/0	2- 500MCM
									700-1000	3-250MCM	2-400 MCM



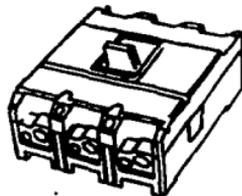
NE NEF



NFJ



NJL



NAM



Interruptores Termomagnéticos Tipo Industrial

Interruptores sin Gabinete

Marco	Amps	CON MANIJA ROTATORIA (RI)		CON PALANCA (I)	
		2 POLOS	3 POLOS	2 POLOS	3 POLOS
		Cat. No.	Cat. No.	Cat. No.	Cat. No.
NE 100 Amp 240 Volts C. A. 125/250 Volts C. D.	15	---	---	NE223018 T	NE230018 T
	20	---	---	NE223020 T	NE230020 T
	30	---	---	NE223030 T	NE230030 T
	40	---	---	NE223040 T	NE230040 T
	50	---	---	NE223050 T	NE230050 T
	70	---	---	NE223070 T	NE230070 T
100	---	---	NE223100 T	NE23100 T	
100*	---	---	NE223100 TNA	NE23100 TNA	
NEP 100 Amp 440 Volts C. A. 250 Volts C. D.	15	NEF423015R	NEF433015R	NEF423015T	NEF433015T
	20	NEF423020R	NEF433020R	NEF423020T	NEF433020T
	30	NEF423030R	NEF433030R	NEF423030T	NEF433030T
	40	NEF423040R	NEF433040R	NEF423040T	NEF433040T
	50	NEF423050R	NEF433050R	NEF423050T	NEF433050T
	70	NEF423070R	NEF433070R	NEF423070T	NEF433070T
100	NEF423100R	NEF433100R	NEF423100T	NEF433100T	
100*	NEF423100RNA	NEF433100RNA	NEF423100TNA	NEF433100TNA	
NFJ 225 Amp 480 Volts C. A. 250 Volts C. D.	70	NFJ422070R	NFJ432070R	NFJ422070T	NFJ432070T
	100	NFJ422100R	NFJ432100R	NFJ422100T	NFJ432100T
	125	NFJ422125R	NFJ432125R	NFJ422125T	NFJ432125T
	150	NFJ422150R	NFJ432150R	NFJ422150T	NFJ432150T
	175	NFJ422175R	NFJ432175R	NFJ422175T	NFJ432175T
	200	NFJ422200R	NFJ432200R	NFJ422200T	NFJ432200T
225	NFJ422225R	NFJ432225R	NFJ422225T	NFJ432225T	
225*	NFJ422225RNA	NFJ432225RNA	NFJ422225TNA	NFJ432225TNA	
NLS 500 Amp 480 Volts C. A. 250 Volts C. D.	70	NLS421070R	NLS431070R	NLS421070T	NLS431070T
	100	NLS421100R	NLS431100R	NLS421100T	NLS431100T
	125	NLS421125R	NLS431125R	NLS421125T	NLS431125T
	150	NLS421150R	NLS431150R	NLS421150T	NLS431150T
	175	NLS421175R	NLS431175R	NLS421175T	NLS431175T
	200	NLS421200R	NLS431200R	NLS421200T	NLS431200T
	225	NLS421225R	NLS431225R	NLS421225T	NLS431225T
	250	NLS421250R	NLS431250R	NLS421250T	NLS431250T
	300	NLS421300R	NLS431300R	NLS421300T	NLS431300T
	360	NLS421360R	NLS431360R	NLS421360T	NLS431360T
400	NLS421400R	NLS431400R	NLS421400T	NLS431400T	
500	NLS421500R	NLS431500R	NLS421500T	NLS431500T	
500*	NLS421500RNA	NLS431500RNA	NLS421500TNA	NLS431500TNA	
NMS 1000 Amp 480 Volts C. A. 250 Volts C. D.	125	NMS21125R	NMS31125R	NMS21125T	NMS31125T
	150	NMS21150R	NMS31150R	NMS21150T	NMS31150T
	175	NMS21175R	NMS31175R	NMS21175T	NMS31175T
	200	NMS21200R	NMS31200R	NMS21200T	NMS31200T
	225	NMS21225R	NMS31225R	NMS21225T	NMS31225T
	250	NMS21250R	NMS31250R	NMS21250T	NMS31250T
	300	NMS21300R	NMS31300R	NMS21300T	NMS31300T
	400	NMS21400R	NMS31400R	NMS21400T	NMS31400T
	500	NMS21500R	NMS31500R	NMS21500T	NMS31500T
	600	NMS21600R	NMS31600R	NMS21600T	NMS31600T
700	NMS21700R	NMS31700R	NMS21700T	NMS31700T	
800	NMS21800R	NMS31800R	NMS21800T	NMS31800T	
1000	NMS211000R	NMS311000R	NMS211000T	NMS311000T	
1000*	NMS211000RNA	NMS311000RNA	NMS211000TNA	NMS311000TNA	
NP 2000 A., 480 Volts C. A. 250 Volts C. D.	1200	---	---	NP21120 T	NP31120 T
	1400	---	---	NP21140 T	NP31140 T
	1600	---	---	NP21160 T	NP31160 T
	2000*	---	---	NP21200 T	NP31200 T
250	---	---	NP21200TNA	NP31200TNA	

Interruptor no automático, excepto bajo NA.

Interruptores Termomagnéticos de Alta Capacidad Interruptiva Línea "H"



Tabla de Selección

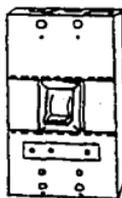
Características de los interruptores en caja moldeada

Marco	Amperes	Tensión Máxima Volts		Polos	CAPACIDAD INTERRUPTIVA Amperes Alimétricos rms (Amperes Simétricos rms) Underwriters' Laboratories Inc.			
		C. A.	C. C.		240V	480V	600V	C. C.
HFP-R	15-100	480	250	2, 3	75 (85)	30 (35)	30 (35)	1000
HFA-R	75-225	480	250	2, 3	75 (85)	30 (35)	30 (35)	1000
HFL-R	75-225	480	250	2, 3	75 (85)	40 (55)	30 (35)	1000
HMB-R	125-1000	480	250	2, 3	75 (85)	40 (55)	30 (35)	2000
NP	1200-2000	600	—	2, 3	150.000	100.000	75000	—

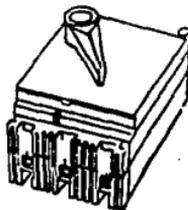
INTERRUPTORES LINEA "H"

Marco	Amperes	2 Polos		3 Polos	
		Car. No.	Car. No.	Car. No.	Car. No.
HFP-R*	15	HFP2100R	HFP2100R	HFP3100R	HFP3100R
	20	HFP2150R	HFP2150R	HFP3150R	HFP3150R
	30	HFP2200R	HFP2200R	HFP3200R	HFP3200R
	40	HFP2250R	HFP2250R	HFP3250R	HFP3250R
	50	HFP2300R	HFP2300R	HFP3300R	HFP3300R
HFA-R*	70	HFA2350R	HFA2350R	HFA3350R	HFA3350R
	100	HFA2400R	HFA2400R	HFA3400R	HFA3400R
	125	HFA2450R	HFA2450R	HFA3450R	HFA3450R
	150	HFA2500R	HFA2500R	HFA3500R	HFA3500R
	200	HFA2600R	HFA2600R	HFA3600R	HFA3600R
HFL-R*	70	HFL2350R	HFL2350R	HFL3350R	HFL3350R
	100	HFL2400R	HFL2400R	HFL3400R	HFL3400R
	125	HFL2450R	HFL2450R	HFL3450R	HFL3450R
	150	HFL2500R	HFL2500R	HFL3500R	HFL3500R
	175	HFL2550R	HFL2550R	HFL3550R	HFL3550R
HMB-R*	250	HMB2500R	HMB2500R	HMB3500R	HMB3500R
	300	HMB2600R	HMB2600R	HMB3600R	HMB3600R
	350	HMB2700R	HMB2700R	HMB3700R	HMB3700R
	400	HMB2800R	HMB2800R	HMB3800R	HMB3800R
	500	HMB2900R	HMB2900R	HMB3900R	HMB3900R
HFA-R*	125	HFA2350R	HFA2350R	HFA3350R	HFA3350R
	150	HFA2400R	HFA2400R	HFA3400R	HFA3400R
	175	HFA2450R	HFA2450R	HFA3450R	HFA3450R
	200	HFA2500R	HFA2500R	HFA3500R	HFA3500R
	225	HFA2550R	HFA2550R	HFA3550R	HFA3550R
	250	HFA2600R	HFA2600R	HFA3600R	HFA3600R
	300	HFA2700R	HFA2700R	HFA3700R	HFA3700R
	350	HFA2800R	HFA2800R	HFA3800R	HFA3800R
	400	HFA2900R	HFA2900R	HFA3900R	HFA3900R
	450	HFA3000R	HFA3000R	HFA4000R	HFA4000R

*Disponibles también con proceso "Tegon".



NP



HFP-R



HFA-R



HFL-R

CORTESIA DE : WESTINGHOUSE

Valores Nominales Máximos en Corriente Alterna	Corrientes Nominales de Calibración a 43°C.	Capacidades Interruptivas en Amperios.						No. de Poles	
		Aritmética (obscura) Simétrica (claro) Ref. Norma NEMA		Corriente Alterna 60 Hz.		CC			
		225V	240V	300V	480V	600V	125V	250V	
OL 120/240 100 A 1-2-3 Poles	15, 25, 30, 40, 50, 70 100.	3 Poles 10000 10000							1 2 3
FA 125V 100A 1 Polo 242V 100A 2-3 Poles	10, 15, 20, 30, 42, 60, 75, 100 125 (no-o PB) 150 (solo PB)	5000 5000 10000 10000 10000 (120V)	15000 10000 5000	15000 5000		5000 5000		1 2 3	
FB 600V 150A 2-3 Poles		20000 18000	20000 18000	15000 14000	15000 14000	10000 10000			
LB ¹ 800V 225A 3 Poles	175, 200, 225	30000 15000	30000 15000	25000 25000	25000 25000	10000		3	
LB ¹ 800V 400A 3 Poles	250, 300, 350, 400.	30000 40000	30000 40000	25000 30000	25000 30000	10000		3	
FA ¹ 800V 225A 2-3 Poles	175, 200, 225, 150, 175, 200, 225	30000 25000	30000 25000	25000 20000	25000 20000	20000 10000		2 3	
LA ¹ 800V 800A 2-3 Poles	500, 600	80000 40000	40000 30000	30000 25000	25000 20000	20000 10000		2 3	
MA ¹ 800V 225 A 2-3 Poles	175, 200, 225, 150, 175, 200, 225 175, 200, 225, 150, 175, 200, 225	80000 40000	40000 30000	30000 25000	25000 20000	20000 10000 (600A)		2 3	

Valores Nominales Máximos en Corriente Alterna	Corrientes Nominales de Calibración a 60°C.	Corrientes Máximas Admisibles en Amperes, Asimétricas (Lecturas Simétricas (1) Para) Ref. Norma NEMA					No. de Poles			
		Corriente Alterna 60 Hz. CC								
		225V	240V	360V	420V	600V	125V	250V		
MB ¹ 600V 1200A 2-3 Poles		(700, 800) ¹ 900, 1020, 1200					30000	40000	25000	2 3
							40000	35000	27000	
PB ¹ 600V 3000A 2-3 Poles		(100, 700, 620, 800, 1000, 1200, ¹ 1400, 1800, 1800, ² 2000, 2800, 3000)					18000	15000	11500	2 3 3 3
							12500	12000	8700	
MFB 600V 180A 1-2-3 Poles		15, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 115, 150					30000	75000	30000	1 2 3
							25000	65000	25000	
MFA ¹ 600V 225A 2-3 Poles		70, 80, 100, 125, 150, 175, 220, 225					75000	40000	40000	2 3
							65000	35000	25000	
MBA ¹ 600V 600A 2-3 Poles		125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 500, 600					75000	40000	40000	2 3
							65000	35000	25000	
MBA ¹⁻¹ 600V 900A 2-3 Poles		125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800					75000	40000	40000	2 3
							65000	35000	25000	
MBA ¹⁻¹ 600V 1800A 2-3 Poles		700, 800, 900, 1000, 1200					75000	40000	40000	2 3
							65000	35000	25000	

1. Determinado para 60°C.
2. Para calibración de un 60°C.
3. Límite de corriente máxima.

Instrumentos. Son elementos necesarios para la medición de las características de la energía eléctrica. Y son los siguientes:

INSTRUMENTO	MEDICION
Ampermetro (AM)	Corriente (A)
Volmetro (VM)	Tensión (V)
Wattmetro (WM)	Pot. activa (W)
Voltampere (VA)	Pot. reactiva (VA)
Wathorimetro (WHM)	Consumo (WH)
Frecuencimetro	Frecuencia (Hz)

Los instrumentos industriales necesitan para su conexión dispositivos auxiliares. Generalmente en tensiones hasta 240 volts, son para conexión directa, pero para 440 volts, son necesarios transformadores de potencial (T.P). Cuando las corrientes exceden de 50 amperes, se usan transformadores de corriente (T.C). Cuando es necesario, con un sólo instrumento, medir los tres aspectos que tiene un sistema trifásico se usan conmutadores (CM) aplicables para los amperímetros y los voltímetros.

Se denominan transformadores para instrumento (T.p y T.c) los que se emplean para alimentación y protección de los equipos de medición y son los siguientes:

1. Transformadores de corriente.
2. Transformadores de potencial.

a) Transformadores de corriente (T.C).

Un transformador de corriente es aquel cuya función principal es cambiar el valor de la corriente a un valor adecuado con el cual se puedan alimentar instrumentos de medición, de control o de protección, como ampérmetros, wáttmetros, instrumentos registradores, relevadores de sobrecorriente, etc.

Su construcción fundamentalmente consiste de un devanado primario y un devanado secundario. Su capacidad 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.

Es muy importante en cualquier conexión trifásica, que se conecten correctamente los devanados de acuerdo con sus marcas de polaridad, y siempre conectar al lado secundario a tierra.

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 (transformador tipo dona), la corriente en el devanado secundario normalmente es de 5 amperes.

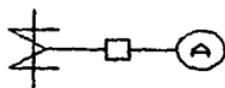
La representación de un transformador de corriente en un diagrama unifilar es el que se muestra en la figura siguiente:

b) Transformadores de potencial (T.p).

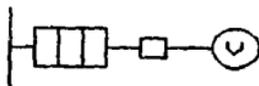
Se denomina transformador de potencial aquel cuya función principal es transformar los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente. Estos transformadores sirven para alimentar instrumentos de medición, de control o protección. Se construyen con un devanado primario y otro secundario; su capacidad 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 115 volts. Sus devanados deben conectarse de acuerdo a sus marcas de polaridad.

La representación de un transformador de potencial en un diagrama unifilar es el que se muestra en la figura siguiente:



TRANSFORMADOR DE CORRIENTE



TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

8.2 Características físicas y eléctricas de tableros de distribución.

Tableros de distribución y control de baja tensión, tipo 8MU64 (siemens).

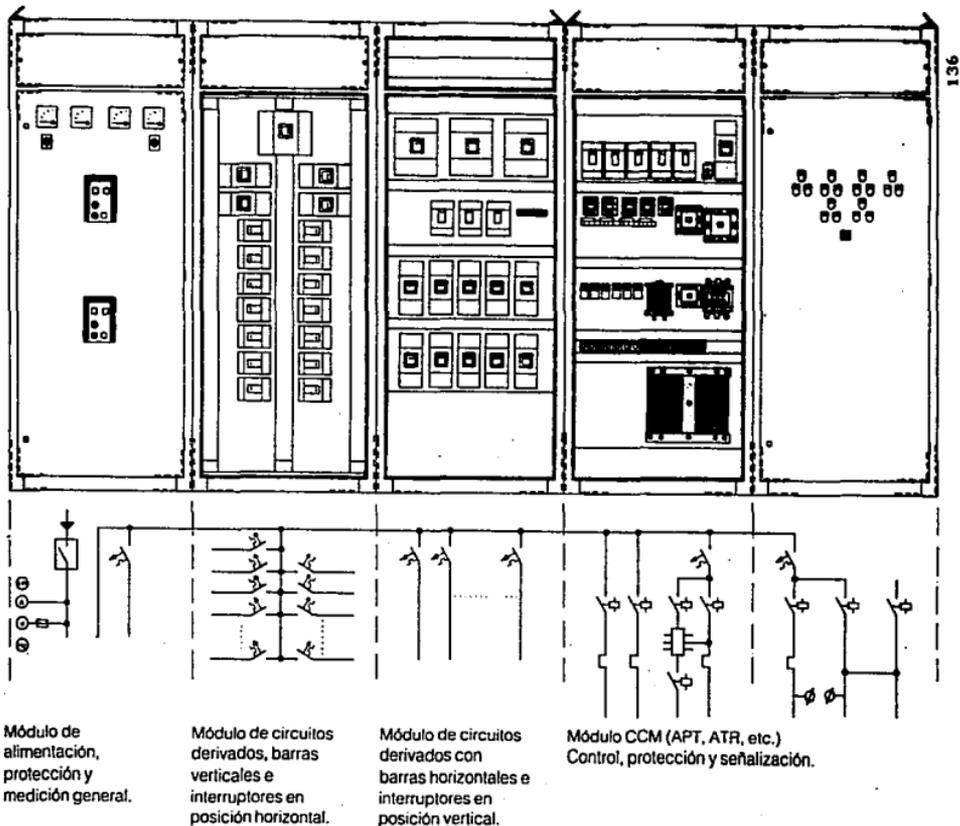
El tablero de maniobra normalizado 8MU64 se forma con módulos cuyo proyecto se realiza de acuerdo a las normas eléctricas vigentes, NOM-J-118 1978 (tableros de distribución y control ensamblados en fábrica).

Características

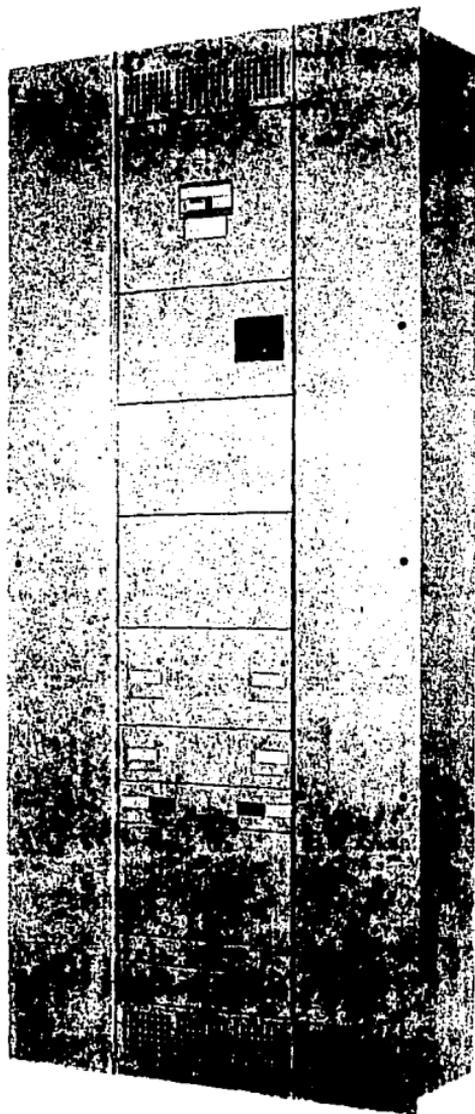
Instalación de equipo de distribución y control en forma fija sobre placas de montaje; equipo de medición, indicación y maniobra en las puertas o interiormente. Compartimiento de barras integrado que ofrece mayor seguridad al quedar las barras colectoras totalmente cubiertas, su compacta instalación asegura el aprovechamiento máximo de espacio. Las barras colectoras derivadas pueden montarse en posición vertical sobre aisladores o placas de material aislante.

La fabricación de los módulos 8MU64 se realiza con lámina de acero calibre 12 para la estructura y calibre 14 para placas de montaje, tapas de cierre y puertas. Puertas de una sola hoja prevista con cerradura y llave, para cada sección. Placas de montaje de diferentes anchos, atornillables sobre columnas laterales desplazables que permiten instalar rápida y adecuadamente los aparatos.

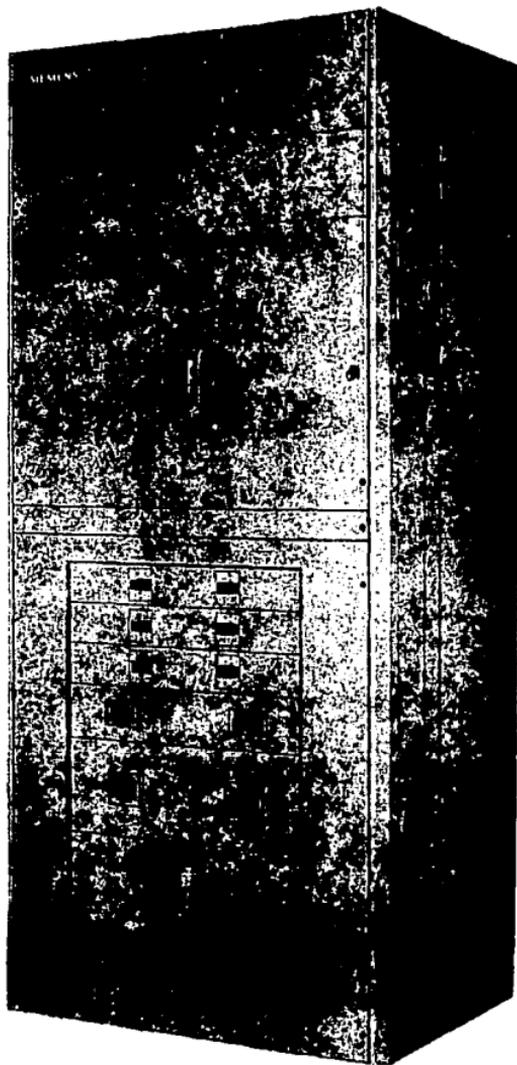
TABLERO DE DISTRIBUCION TIPO 8MU64



TABLERO DE DISTRIBUCION TIPO CDF7 Y SPP6



TABLERO DE DISTRIBUCION TIPO FC1 Y FC2



Características técnicas

Tensión nominal:	hasta 600 Vc.a 500 Vc.d
Barras colectoras:	400, 600, 800, 1000 1200, 1600, 2000, 2500, 3000 y 4000 Amp.
Resistencia mecánica al corto circuito:	50 KA/ 1 seg.

Tableros de distribución, tipo CDP7 y SPP6 (siemens).

El tablero de distribución CDP7 y SPP6 para montaje en pared, está construido con lámina de acero rolada en frío, con tapa frontal desatornillable.

La tapa frontal desatornillable cubre todas las partes vivas del tablero asegurando un frente que evita accidentes por contactos involuntarios a las barras y/o terminales de los interruptores.

En la ejecución normalizada quedan los accionamientos de los interruptores principales y derivados en la tapa al frente del tablero.

Las cubiertas superiores e inferiores del tablero son removibles facilitando la instalación de los cables de entrada y salida.

Características

Las barras colectoras son de cobre y están colocadas en posición vertical, soportadas y separadas por medio de aisladores. De estas, se derivan las barras de contacto para la alimentación de los interruptores derivados.

El diseño del tablero CDP7 y SPP6 prevé el montaje de zapatas o un interruptor principal de 225 a 800 A. y de interruptores derivados de 15 a 600 A.

Características técnicas

Tensión nominal:	hasta 600 Vc.a 250 Vc.d
Barras colectoras (Cu):	225, 400, 600 y 800 Ampers.
Frecuencia:	60 Hz
Resistencia mecánica de cortocircuito:	65 KA (a 480 V) /1 seg.
Zapatas principales:	225, 400, 600 y 800 Amp.
Interruptor principal:	225 a 800 Amp.
Interruptores derivados:	15 a 600 Amp.

Dimensiones generales

In	Alto (mm) (A)	Frente(mm) (B)	Fondo (mm) (C)	Tipo
225 A	965	508	146	CDP7
400 A	1905	965	324	SPP6
600 Y 800	2286	965	324	SPP6

Tableros de distribución autoportados, tipo FCI Y FC2 (siemens). El FCI Y FCII es un tablero de distribución autoportado, diseñado para alojar en su interior interruptores termomagnéticos derivados, su disposición física se basa en una sección principal y en una o varias secciones de distribución.

Las capacidades de los interruptores derivados van desde 15 a 1200 amp. en posición horizontal.

Estos tableros de distribución se fabrican en tres presentaciones diferentes:

- * Gabinete para interruptor principal.
- * Gabinete para acometida y entrada de cables (transición).

La sección de transición se requiere cuando el tablero se conecta directamente a un transformador de potencia o de distribución.

- * Gabinete de distribución.

Los tableros de distribución FCI y FCII en sistema modular son totalmente atornillables (las puertas frontales son fácilmente removibles), de construcción robusta y de flexibilidad necesaria para poder hacer el ensamble de gabinetes adicionales.

Características técnicas

Tensión de servicio:	hasta 600 Vc.a 3F-3H, 60 Hz
Capacidad de barras principales:	1200 A 1600 A 2000 A 3200 A
Acometida con:	
Zapatas principales	1200,1600,2000,3200 A
Interruptor principal (termomagnético)	1200 A
Interruptores derivados:	15 a 1200 A
Resistencia mecánica de corto circuito:	65 KA sim/ 1 seg.

Dimensiones generales

Gabinete	In	Alto (B)	Frente (A)	Frente (C)	Tipo
Int. general	1200 A	2286 mm	965 mm	711 mm	FCI
	1.6-2.0K	2286 mm	965 mm	965 mm	FCII
	3200 A	2286 mm	965 mm	1219 mm	FCII
Acone- tida	1200 A	2286 mm	965 mm	711 mm	FCI
	1.6-2.0K	2286 mm	965 mm	965 mm	FCII
	3200 A	2286 mm	965 mm	1211 mm	FCII
Distri- ción	1200 A	2286 mm	965 mm	711 mm	FCI
	1.6-2.0K	2286 mm	965 mm	965 mm	FCII
	3200 A	2286 mm	965 mm	1211 mm	FCII

8.3 Mantenimiento

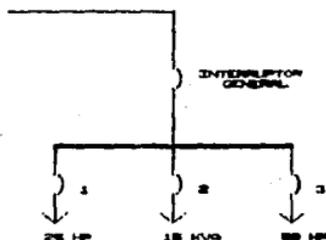
Antes de empezar los trabajos de mantenimiento asegurarse de que el tablero se encuentra sin tensión, y que una reconexión no es posible de ninguna manera, esto puede hacerse con un probador de tensión.

Checar las condiciones del tablero cuando éste vaya a ser limpiado. El interior del tablero debe ser limpiado, empleando para ello una aspiradora para retiro del polvo acumulado y un pincel suave para las partes de metal y las partes aislantes.

Tornillos y conexiones de cables y barras colectoras tienen que ser limpiadas y apretadas.

8.4 Ejemplo de cálculo de un interruptor termomagnético para protección de un motor.

Calcular los interruptores para las cargas que se muestran en el diagrama unifilar.



Cálculo del interruptor general

Carga de 15 KVA

$$I = \frac{15 \times 1000 \text{ (VA)}}{3^{1/2} \times 220 \text{ (V)}} = 39.4 \text{ Amp.}$$

Motor de 25 HP

$$I = \frac{25 \times 746}{3^{1/2} \times 220 \times 0.8} = 61.2 \text{ Amp.}$$

Motor de 50 HP

$$I = \frac{50 \times 746}{3^{1/2} \times 220 \times 0.8} = 122.4 \text{ Amp.}$$

Para seleccionar el interruptor que ha de proteger a varios motores. se suman las corrientes de los motores del grupo y se le agrega la corriente del motor mayor multiplicada por 1.5 si el interruptor es termomagnético (Art. 403.44 NTIE).

Corriente nominal del circuito

$$I_{nom} = 39.4 + 61.2 + 1.5 \times 122.4$$

$$I_{nom} = 284.2 \text{ Amp.}$$

Se tienen los siguientes valores comerciales para interruptores termomagnéticos 15, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 125, 150, 200, 225, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200 Amperes.

Se selecciona el interruptor inmediato superior.

Interruptor termomagnético de 300 Amp.

1. Cálculo del interruptor del motor de 25 HP (Jaula de ardilla).

se arranca a la tensión de línea, éste toma el 250 % de la corriente nominal.

I_{int} = corriente del interruptor

I_{pc} = corriente de plena carga

$$I_{int} = 2.5 I_{pc} = 2.5 \times 61.2 \text{ Amp.}$$

$$I_{int} = 153 \text{ Amp.}$$

Se selecciona un interruptor termomagnético de 200 Amp.

2. Para la carga de 15 KVA, 39.4 Amp

Se selecciona un Interruptor termomagnético de 40 Amp.

3. Cálculo del interruptor del motor de 50 HP (Jaula de ardilla). se arranca a tensión reducida, se considera que este toma un 200 % de la corriente nominal.

$$I_{int} = 2I_{pc} = 2 \times 122.4 = 244.5 \text{ Amp.}$$

se selecciona el interruptor más inmediato,

interruptor termomagnético de 225 Amp.

CONCLUSIONES

Este trabajo lo desarrolle desde un punto de vista práctico de tal manera que sea un elemento de consulta para las personas que tengan que proporcionar mantenimiento a una subestación eléctrica industrial o para quienes desean obtener conocimientos generales de la misma.

Por tal motivo no sólo describo el procedimiento a seguir en las pruebas de campo realizadas, si no también describo físicamente a la subestación eléctrica y la función que realiza cada uno de sus elementos.

En cuanto al tema del transformador; se le pueden hacer gran cantidad de pruebas (tipos de prueba), las que describo a realizarle en un mantenimiento preventivo nos permitirán determinar si el transformador se encuentra en buenas condiciones. Debido a lo importante que es evitar una falla en la subestación, se recomienda realizar estas pruebas cada seis meses o a más tardar un año, cabe aclarar que entre más tiempo transcurra entre cada mantenimiento es menos posible evitar que ocurra una falla.

En la realización de cada una de las pruebas, el manejo de un aparato de medición bien pudiera ser una función meramente técnica, pero en el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, para tomar una decisión, es cuando se requiere de la capacidad del ingeniero.

B I B L I O G R A F I A

Transformadores.

Héctor M. Pacheco Valencia

Equipos Eléctricos Industriales.

Jesus Garduño Fernández

Editorial: C.E.C.S.A

Manual de Mantenimiento Eléctrico Industrial.

Pedro Camarena

Editorial: C.E.C.S.A

Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.

Editado por la Secretaría Fomento Industrial

Transformadores y Motores Trifásicos de Inducción.

Gilberto Enriquez Harper

Editorial: LIMUSA

Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales

Gilberto Enriquez Harper

Editorial: LIMUSA

Sistemas de Distribución.

Roberto Espinosa y Lara

Editorial: LIMUSA

Diseño de Subestaciones Eléctricas.

Raúl Martín

Editorial: LIMUSA

Manual de Tableros Eléctricos

SIEMENS

Revista técnica de Industria Eléctrica Mexicana, IEM

Industrial Power Systems, Handbook

Mc Graw Hill