

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE INGIENERIA ELECTRICA

"CRITERIOS PARA APLICACION, OPERACION Y
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE DISYUNTORES"

TESIS DE GRADO

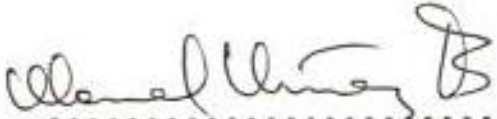
Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO ELECTRICO

Presentada por:

MAGNO BRIONES PAREDES

Guayaquil-Ecuador

1.981



.....

ING. MANUEL NUREZ BORJA
DIRECTOR DE TESIS

RESUMEN

La presente Tesis de Grado trata sobre los criterios y prácticas que deberán ser tomados en cuenta en la Aplicación, Operación y Mantenimiento Preventivo de Disyuntores de Gran Volumen de Aceite, Pequeño Volumen de Aceite, Aire Comprimido y Hexafluoruro de Azufre.

INDICE GENERAL

	PAG.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
INDICE DE FIGURAS.....	IV
INDICE DE TABLAS.....	V
I. INTRODUCCION.....	1
II. CRITERIOS DE LA INTERRUPCION DE CORRIENTE.....	4
2.1 PRINCIPIOS BASICOS DE APERTURA.....	4
2.2 FENOMENO DEL CORTE.....	8
2.2.1 ACCIONES QUE TIENEN A Oponerse A REACTIVAR EL ARCO.....	10
2.2.2 ACCIONES QUE TIENDEN A REACTIVAR EL ARCO.....	13
III. TIPOS DE DISYUNTORES.....	18
3.1 DISYUNTORES A GRAN VOLUMEN DE ACEITE.....	18
3.1.1 CORTE DE CORRIENTE.....	22
3.1.2 OTRAS CARACTERISTICAS.....	24
3.2 DISYUNTORES A PEQUEÑO VOLUMEN DE A- CEITE.....	31
3.2.1 CARACTERISTICAS.....	31
3.2.2 CORTE DE CORRIENTE.....	33
3.2.3 OTRAS CARACTERISTICAS.....	36
3.3 DISYUNTORES DE AIRE COMPRIMIDO.....	41

	3.3.1 CORTE DE CORRIENTE.....	46
	3.3.2 EJEMPLOS DE DISYUNTORES DE AIRE COM- PRIMIDO.....	51
	3.4 DISYUNTORES DE HEXAFLUORURO DE AZU- FRE.....	64
	3.4.1 CARACTERISTICAS DEL SF ₆	64
	3.4.2 CARACTERISTICAS DEL DISYUNTOR.....	66
	3.4.3 CORTE DE CORRIENTE.....	68
IV.	CRITERIOS PARA LA ESPECIFICACION Y SELEC- CION DE DISYUNTORES.....	75
	4.1 GENERALIDADES.....	75
	4.2 CRITERIOS PARA LA SELECCION DE DIS- YUNTORES EN CONDICIONES NORMALES....	85
	4.2.1 ELECCION DE LA TENSION NOMINAL.....	85
	4.2.2 COORDINACION DE AISLAMIENTO.....	85
	4.2.3 ELECCION DE LA CORRIENTE NOMINAL EN SERVICIO CONTINUO.....	86
	4.2.4 CONDICIONES ATMOSFERICAS Y CLIMATI- CAS.....	90
	4.3 CRITERIOS PARA LA SELECCION DE DIS- YUNTORES EN CONDICIONES DE FALLA....	92
	4.3.1 ELECCION DE LA CAPACIDAD DE INTERRUPTI- ON NOMINAL EN CORTOCIRCUITO.....	92

4.3.2	ELECCION DE LA TENSION DE RESTABLECI MIENTO TRANSITORIA NOMINAL DEL FAC- TOR DEL PRIMER POLO Y DE LAS CARACTE RISTICAS NOMINALES PARA LAS FALLAS - KILOMETRICAS.....	96
4.3.3	ELECCION DE LAS CARACTERISTICAS EN - CASO DE DISCORDANCIA DE FASES.....	100
4.3.4	ELECCION DE LA CAPACIDAD INSTANTANEA DE CORTOCIRCUITO.....	101
4.3.5	SECUENCIA DE OPERACION EN SERVICIO..	102
4.3.6	ELECCION DEL TIEMPO NOMINAL ADMISI- BLE PARA LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUI TO.....	103
4.4	ESPECIFICACIONES DE LOS DISYUNTORES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LOS FABRI CANTES Y DEL CLIENTE.....	104
4.5	JUSTIFICACION DE LOS DISYUNTORES UTI LIZADOS EN EL SISTEMA NACIONAL INTER CONECTADO.....	111
4.5.1	CARACTERISTICAS DE LOS DISYUNTORES U TILIZADOS.....	111
4.5.2	ANALISIS Y JUSTIFICACION DE LOS DIS- YUNTORES UTILIZADOS.....	113
V.	PRUEBAS EN LOS DISYUNTORES.....	125

5.1	PRUEBAS DE AISLAMIENTO.....	126
5.1.1	PRUEBAS DE AISLAMIENTO CON CORRIENTE CONTINUA.....	126
5.1.2	PRUEBAS DE AISLAMIENTO CON CORRIENTE ALTERNA.....	135
5.2	PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTO....	143
5.3	PRUEBA CON EL OSCILOGRAFO.....	149
5.4	PRUEBA CON EL ANALIZADOR DE CAMINO..	160
5.5	PRUEBA EN LOS TRANSFORMADORES DE CO- RRIENTE DE LOS BUSHINGS.....	167
5.5.1	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.....	168
5.5.2	DETERMINACION DE LA CURVA DE SATURA- CION.....	168
5.5.3	RELACION DE TRANSFORMACION.....	170
5.5.4	RESISTENCIA OHMICA DEL ENROLLAMIENT- TO.....	170
5.5.5	POLARIDAD.....	170
5.6	PRUEBA DE LOS RESISTORES DIVISORES - DE TENSION EN LOS DISYUNTORES A GRAN VOLUMEN DE ACEITE.....	171
5.7	PRUEBA DEL ACEITE AISLANTE.....	173
5.7.1	PRUEBA DE LA RIGIDEZ DIELECTRICA....	176
5.7.2	PRUEBAS DE PERDIDAS DIELECTRICAS....	177
5.7.3	PRUEBA DE ACIDEZ O DEL NUMERO DE NEU	

	TRALIZACIONES.....	178
	5.7.4 PRUEBA DE LA TENSION INTERFACIAL....	180
	5.7.5 PRUEBA DEL COLOR.....	181
	5.7.6 PRUEBA DEL CONTENIDO DE AGUA.....	183
VI	PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS DE RECEPCION DE DISYUNTORES.....	185
	6.1 CONSIDERACIONES GENERALES.....	185
	6.2 VERIFICACIONES Y ENSAYOS PRELIMINA- RES.....	186
	6.2.1 VERIFICACIONES PRELIMINARES.....	186
	6.2.2 ENSAYOS PRELIMINARES.....	187
	6.3 MONTAJE, VERIFICACION Y AJUSTE DE - LOS DISYUNTORES.....	188
	6.3.1 DISYUNTORES A GRAN VOLUMEN DE ACEITE	188
	6.3.2 DISYUNTORES DE PEQUEÑO VOLUMEN DE A- CEITE.....	193
	6.3.3 DISYUNTORES DE AIRE COMPRIMIDO.....	197
	6.3.4 DISYUNTORES DE HEXAFLUORURO DE AZU- FRE.....	201
	6.4 ENSAYOS DE RECEPCION DE LOS DISYUNTO RES.....	208
	6.5 ANALISIS DE LOS RESULTADOS, TECNICAS DE SECAGE Y ENERGIZACION.....	210
	6.5.1 ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	210

6.5.2	TECNICAS DE SECADO.....	211
6.5.3	ENERGIZACION.....	212
VII	PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	214
7.1	CONSIDERACIONES GENERALES.....	214
7.2	INSPECCIONES.....	215
7.2.1	INSPECCIONES OPERACIONALES.....	215
7.2.2	INSPECCIONES VISUALES.....	216
7.2.3	INSPECCIONES CON EL TERMOVISOR.....	218
7.3	CONDICIONES DE FALLA.....	219
7.3.1	CONDICIONES DE FALLA QUE EXIGEN UNA DESCONEXIÓN INMEDIATA.....	219
7.3.2	CONDICIONES DE FALLA QUE EXIGEN UNA DESCONEXION PROGRAMADA.....	220
7.4	CRITERIO DE PERIODICIDAD EN LA REALI ZACION DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	220
7.5	TECNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	223
7.5.1	PRUEBAS, VERIFICACIONES, AJUSTES Y - LUBRICACION REALIZADAS EN EL MANTENI MIENTO PREVENTIVO.....	223
7.5.2	PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTI- VO.....	227
7.6	REPUESTOS Y ACCESORIOS DE RESERVA...	233

VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	236
BIBLIOGRAFIA.....	241

CAPITULO I

INTRODUCCION

La presente tesis está orientada a determinar los criterios que deberán ser tomados en cuenta en la Aplicación, Operación y Mantenimiento Preventivo de Disyuntores de Gran volumen de Aceite, Pequeño Volumen de Aceite, Aire Comprimido y Hexafluoruro de Azufre, los cuales son muy utilizados hoy en día en la protección de sistemas eléctricos a voltajes mayores de 69 KV.

Este trabajo trata de difundir los procedimientos adecuados para conocer y verificar las condiciones de un disyuntor en la recepción y mantenimiento preventivo de los mismos. Además determina los servicios de mantenimiento preventivo necesarios para que cualquier disyuntor pueda continuar en operación, estableciéndose también las técnicas y tiempo aconsejables para la ejecución de los mismos.

Las técnicas establecidas en éste trabajo guardan estrecha relación con las experiencias obtenidas en disyuntores actualmente en uso en subestaciones con voltajes de 69 a 550 KV y que sin lugar a duda servirán como una guía para la recepción en el montaje y operación de disyuntores que en un futuro muy cercano serán instalados en nuestro país.

El estudio se inicia con el análisis del fenómeno de la interrupción de corriente considerando el principio básico de apertura de un disyuntor conjuntamente con la descripción de las acciones que tienden o no a reactivar el arco en el momento que se produce el corte de la corriente.

A continuación se realiza una descripción física y de operación de los diferentes tipos de disyuntores existentes en el mercado como son: Disyuntores a Gran Volumen de Aceite, Pequeño Volumen de Aceite, Aire Comprimido y Hexafluoruro de azufre. Esta descripción se la hace con el fin de hacer más fácil la comprensión de los puntos a ser tratados posteriormente.

Como parte de la tesis trata de pruebas de recepción y como se considera que una minimización de la presencia de problemas en éste periodo se logra con una adecuada adquisición o compra de los disyuntores, se ha considerado necesario incluir un capítulo en que se expongan los criterios más convenientes para la especificación y selección de disyuntores.

En los siguientes capítulos se describen los criterios y pruebas con sus respectivos ejemplos y resultados a ser realizados en los disyuntores como parte del mantenimiento preventivo.

Luego de realizar un análisis de las pruebas antes mencionadas se determinan los procedimientos y técnicas de recepción que se efectuarán en los disyuntores con las consideraciones necesarias, que deberán ser observadas en el montaje, verificación y ajuste de los mismos.

Finalmente se elaboran los programas de mantenimiento preventivo de cada uno de los disyuntores tratados que deberán ser tomados como una guía para los programas que se realicen en el futuro, con el fin de garantizar el buen funcionamiento de los mismos.

Es necesario destacar que en la mayoría de los capítulos se han ilustrado las diferentes pruebas y análisis con los disyuntores que van a ser utilizados en el Sistema Nacional Interconectado.

CAPITULO II

CRITERIOS DE LA INTERRUPCION DE CORRIENTE

INTRODUCCION

Como nuestro trabajo versa sobre la selección, operación y mantenimiento de disyuntores, pensamos que previo a cualquier análisis que se realice, es necesario proceder a explicar en detalle la labor que realiza el disyuntor, ésto es la interrupción de la corriente en condiciones normales y de falla.

2.1 PRINCIPIOS BASICOS DE APERTURA

Durante la interrupción de corriente de los disyuntores se producen una serie de fenómenos que hay que conocerlos, por lo que es necesario analizar en primer lugar el fenómeno de la apertura.

En toda apertura de un disyuntor existen tres tiempos característicos que son mostrados en las figuras N°1

y N°2.

Tiempo T_1 : es el tiempo que existe entre la energización del relé y la energización de la bobina de tripleo. Es llamado también Constante de tiempo del relé.

Tiempo T_2 : es el tiempo necesario para que la bobina del relé envíe la señal para abrir los contactos de abertura del disyuntor.

Tiempo T_0 ($T_1 + T_2$) es conocido como el tiempo de separación de los contactos.

Tiempo T_3 : es el tiempo de duración del arco.

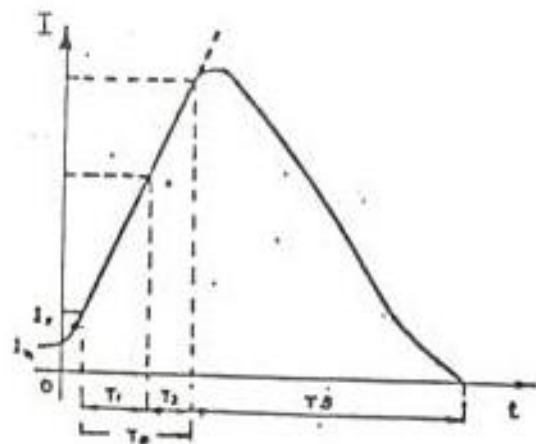
La suma de los tiempos $T_2 + T_3$ es llamado tiempo de interrupción del disyuntor.

En la práctica la sucesión de los fenómenos de corte posee un tiempo de duración muy corto lo cual hace imposible poder observar con aparatos de medición común.

Las medidas que son necesarias realizar para certificar la garantía de fabricación deben ser pues, hechas con el auxilio de oscilógrafos.

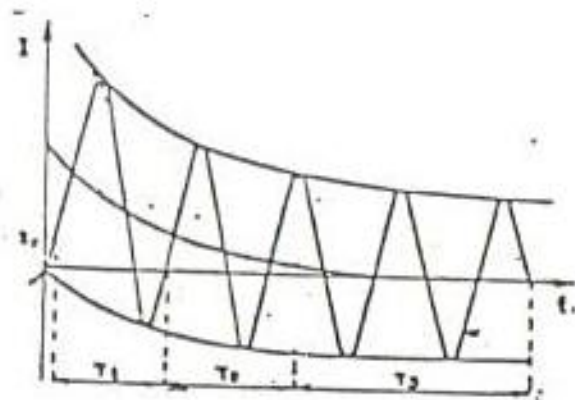
Las pruebas con oscilógrafos generalmente realizadas

FIG. N°1



Tiempos característicos en la interrupción de corriente.

FIG. N°2



Recorrido de la corriente de cortocircuito en función del tiempo.

son:

- a) Registro del valor instantáneo de corriente durante la duración del corte.
- b) Registro del valor instantáneo de la tensión.
- c) Determinación del tiempo de duración del corte.
- d) Registro de la posición de los contactos, permitiendo determinar con precisión:
 - 1.- El instante de separación de los contactos.
 - 2.- La velocidad de los contactos en todos los puntos del proceso.

Durante el tiempo T_3 de corte propiamente dicho, los fenómenos se suceden así:

- 1.- A partir del instante inicial de separación de los contactos y durante ésta separación, la sección de paso de corriente disminuye, la densidad de corriente aumenta provocando un calentamiento local.
- 2.- Una vez que los contactos han sido separados se nota en consecuencia del intenso calentamiento, que los gases entre las dos superficies en contacto se tornan conductores y mantienen la continuidad

dad de corriente.

Entonces la columna conductora es un arco. Este arco persiste hasta que ciertas condiciones sean cumplidas.

El arco está constituido por una columna central incandescente, envuelta por un volumen mayor o menor de gas menos caliente, pero muy móvil bajo la acción de influencias térmicas, mecánicas o electromagnéticas. El arco es una fuente de radiación térmica intensa - sobre el medio envolvente.

2.2 FENOMENO DEL CORTE

En corriente alterna se logra observar que la corriente en cada semiciclo se anula produciendo con - ésto la extinción del arco. Más resulta que luego - de pasar por cero la corriente toma un valor produciéndose que reencienda el arco inmediatamente cuando se tiene que el medio entre los contactos presenta una rigidez dieléctrica insuficiente.

El problema del corte no es solamente el de la extinción del arco ya que además es necesario que dicha extinción se mantenga luego de que la corriente haya pasado por cero, ésto es el de impedir el reencendi-do del mismo. Un disyuntor no corta pues propiamente

te hablando la corriente sino que lo que realmente - hace es que impide que una vez que pase por cero la corriente se restablezca.

El aparato de corte ideal sería aquel que permitiese que reencienda el arco en el primer paso por cero de la corriente, que resulta del cortocircuito establecido, ya que la energía colocada en juego sería míni ma.

El estado actual de la técnica permite aproximar este resultado. En ciertos tipos de disyuntores modernos se llega a mantener el arco hasta el primero o segun do paso de la corriente por cero luego de que los - contactos han comenzado a separarse.

Para impedir el restablecimiento del arco es preciso que en un tiempo muy corto, el medio conteniendo el arco pase de ser del estado de buen conductor al estado de buen aislante, capaz de soportar la plena - tensión del sistema.

Existen pues dos acciones que tienden o no a reactivar el arco y que son:

- a) Las acciones que tienden a oponerse a reactivar - el arco y que dependen de las características del aparato.

- b) Acciones que tienden a reactivar el arco y que dependen de las condiciones del circuito considerado.

2.2.1 ACCIONES QUE TIENDEN A Oponerse A REACTIVAR EL ARCO

Estas condiciones tienen como base la regeneración del medio dieléctrico donde se desenvuelve el arco, durante el corto instante en que la corriente pasa por cero.

Se distinguen tres procesos de regeneración:

1.- REGENERACION NATURAL:

Se basa en la simple renovación del medio interpuesto durante la separación de los contactos.

Este método no es usado en tensiones mayores a 2 KV pues su mantenimiento se torna excesivo y el riesgo de explosión es elevado.

Presenta además el gran inconveniente que en altas tensiones resulta una elevada energía para disipar debido a la duración del corte.

2.- REGENERACION FORZADA:

Consiste en la acción sobre el arco, de aire comprimido, de aceite aislante o de otro medio aislante.

Es empleado en alta tensión utilizando una fuente de energía exterior. Es obtenida generalmente por la colocación de un medio de gran rigidez dieléctrica entre los contactos ya sea de aceite o de aire comprimido. Se substituye de ésta manera el medio ionizado entre los contactos por medio no ionizado.

3.- AUTOREGENERACION:

Se basa en el hecho de que el propio arco eléctrico suministra la energía necesaria para su extinción.

Dicha energía propia del arco es obtenida en este proceso del:

a) AIRE: Por el soplado magnético que es realizado en baja y alta tensión.

Este soplado magnético se lo obtiene cuando en serie con los contactos del disyuntor, se conecta una bobina constituida por un núcleo de hierro y varias vueltas de hilo de cobre. Mientras está cerrado el disyuntor o mientras exista un arco entre sus contactos, la corriente circula por ésta bobina; ésta corriente -

produce un flujo magnético que circula por el núcleo y por los contactos principales del disyuntor. Por otra parte, cuando se forma un arco eléctrico, éste produce un campo magnético a su alrededor. Ambos campos magnéticos antes mencionados se repelen y como consecuencia, el arco sufre un empuje hacia arriba; de ésta forma se hace cada vez más largo, hasta que llega el momento en que se rompe y se apaga.

En éste proceso el arco y el gas ionizado que envuelve los contactos son dislocados muy rápidamente de tal manera que luego del primer paso de la corriente por cero se nota que el medio entre los contactos a vuelto a su rigidez dieléctrica normal.

b) ACEITE: Por medio de dispositivos así como por ejemplo de la cámara de interrupción.

El principio de la cámara de interrupción es el siguiente: los contactos son dispuestos en una cámara cerrada salvo el orificio de paso del contacto móvil. El momento en que los contactos se separan, se forma alrededor del arco unas burbujas gaseosas que aumentan considerablemente la

presión de la cámara.

La elevación de presión estará limitada por el juego entre la roseta del contacto móvil y su orificio de paso, en el instante que se sobrepase el límite, provocando que desde la roseta del contacto móvil salga a la cuba una porción de aceite que desioniza rápidamente el medio.

2.2.2 ACCIONES QUE TIENDEN A REACTIVAR EL ARCO

En el instante en que la corriente pasa por cero y - que el arco se extingue se tiene, que, la diferencia de tensión entre los contactos es la fuerza electromotriz inducida en los bornes de la fuente.

Su valor en éste instante influye considerablemente sobre las posibilidades de reactivar el arco.

El surgimiento del arco es tanto más fácil cuanto mayor sea la tensión en el momento en que la corriente pasa por cero.

Un circuito puramente resistivo en que la corriente y la tensión están en fase, posee las mejores condiciones para la extinción del arco.

Un circuito puramente inductivo tiene que la tensión

que se encuentra desfasada 90° sobre la corriente es máxima en el momento en que la corriente pasa por cero y es el caso más desfavorable para la extinción del arco.

Un circuito puramente capacitivo tiene que su tensión es igualmente desfasada 90° presentando el mismo problema que el anterior.

Un circuito dotado de inductancia tiene su frecuencia propia de oscilación expresada por:

$$F = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{(2RC)^2}}$$

Los valores característicos de ésta frecuencia oscilan entre 500 y 1.000 HZ.

$$\text{Si } R \leq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Se tiene que el régimen de restablecimiento de la tensión no es oscilatoria.

Si la resistencia R es despreciable en comparación con la inductancia que es el caso general de los cortocircuitos en redes de alta tensión, se torna que la frecuencia propia viene expresada por:

$$F = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

En éste caso al abrirse el interruptor por una falla la inductancia por la que instantes antes había atravezado corriente, almacena cierta cantidad de energía magnética, la cual se descarga sobre la capacitancia del circuito lo que hace que se presente un potencial debido a la energía almacenada por dicha capacitancia. Si la diferencia de potencial entre la capacitancia y el circuito de alimentación (es decir entre los extremos del disyuntor) es grande se produce un reencendido del arco entre los contactos.

Si la energía almacenada por la capacitancia es grande, éste fenómeno se repite varias veces hasta que la energía disminuye a un valor tal que la diferencia de potencial sea pequeña.

Par un cortocircuito en un punto de la línea alejada de los transformadores y de los alternadores, la capacitancia de la línea es importante y la frecuencia es del orden de millares de periodos.

En el momento del restablecimiento de la tensión, luego después de la extinción del arco al pasar la corriente por cero se nota que en el lado de la línea permanece una onda de voltaje que desaparece lentamente mientras que el voltaje en el lado del genera-

dor a la red continua variando con la frecuencia del sistema, despues de aproximadamente medio ciclo el voltaje a través del disyuntor se incrementa aproximadamente dos veces el voltaje de fase.

Si el disyuntor rearquea en éste momento, la línea se descargará a través de la capacitancia de la línea y en éstas condiciones aparecerá una oscilación con una frecuencia fundamental del orden de algunos cientos de hertz. Si la corriente de descarga se interrumpe en el primer cero de la onda de corriente, lo cual es posible, permanecerá en la línea un voltaje constante de polaridad opuesta y con un valor de dos veces el que había antes y que también permanecerá en la línea, después de medio ciclo el voltaje en el disyuntor se habrá incrementado con el riesgo de otro rearqueo y aumento en el voltaje de la línea.

Para que el resurgimiento del arco no se produzca es necesario que la rigidez dieléctrica del medio entre los contactos crezca más rápidamente que la tensión oscilatoria.

Una forma de reducir la posibilidad de que exista el rearqueo es introduciendo una resistencia de preinserción en el circuito, la cual aminora el desfasaje

entre la tensión y la corriente facilitando de ésta
manera el corte.

CAPITULO III

TIPOS DE DISYUNTORES

3.1 DISYUNTORES A GRAN VOLUMEN DE ACEITE

Un disyuntor es llamado a gran volumen de aceite, - cuando el aceite además de su función de agente para la extinción del arco es utilizado como agente - aislante.

En éstos disyuntores, el corte de la corriente se - realiza en el interior de unos depósitos cerrados y llenos de aceite aislante, semejante al empleado para los transformadores. Dichos depósitos no se encuentran totalmente llenos de aceite ya que entre el nivel del aceite y la parte inferior de la tapa, se deja cierto volumen de aire que actúa de amortiguador.

Los disyuntores de gran volumen de aceite están com
puestos primeramente por:

- a) Un tanque metálico, conteniendo aceite aislante mineral. Para disyuntores de hasta 34.5 KV gene
ralmente se tiene un único tanque para todos los contactos. Para disyuntores con tensiones mayores de 34.5 KV se tiene que es utilizado un tanque por fase.

Algunos disyuntores a gran volumen de aceite están provistos de un dispositivo para bajar el re
cipiente. De ésta manera se facilita la inspección de los contactos y su limpieza así como tam
bién su cambio cuando sea necesario, en el propio lugar donde está instalado el disyuntor.

En otros tipos de disyuntores por ejemplo los de la marca Mitsubishi modelo GTR poseen un orificio
lateral para la inspección y mantenimiento de - los contactos, realizándose previamente el retiro del aceite a través de una válvula de drenaje lo
calizada en la parte inferior del tanque del dis
yuntor.

- b) Una tapa metálica sobre la cual se encuentran - los aisladores de paso utilizados hasta tension
es

de 34.5 KV o los bushings utilizados en tensiones mayores de 34.5 KV.

En ésta tapa existe un orificio para la salida de los gases formados durante la formación del arco.

- c) Una varilla central conductora que tiene en uno de sus extremos los contactos fijos y en el otro las piezas de conexión del circuito.
- d) Un juego de contactos móviles, accionado por un mecanismo de comando externo en general accionado por aire comprimido, resortes o por un circuito hidráulico.

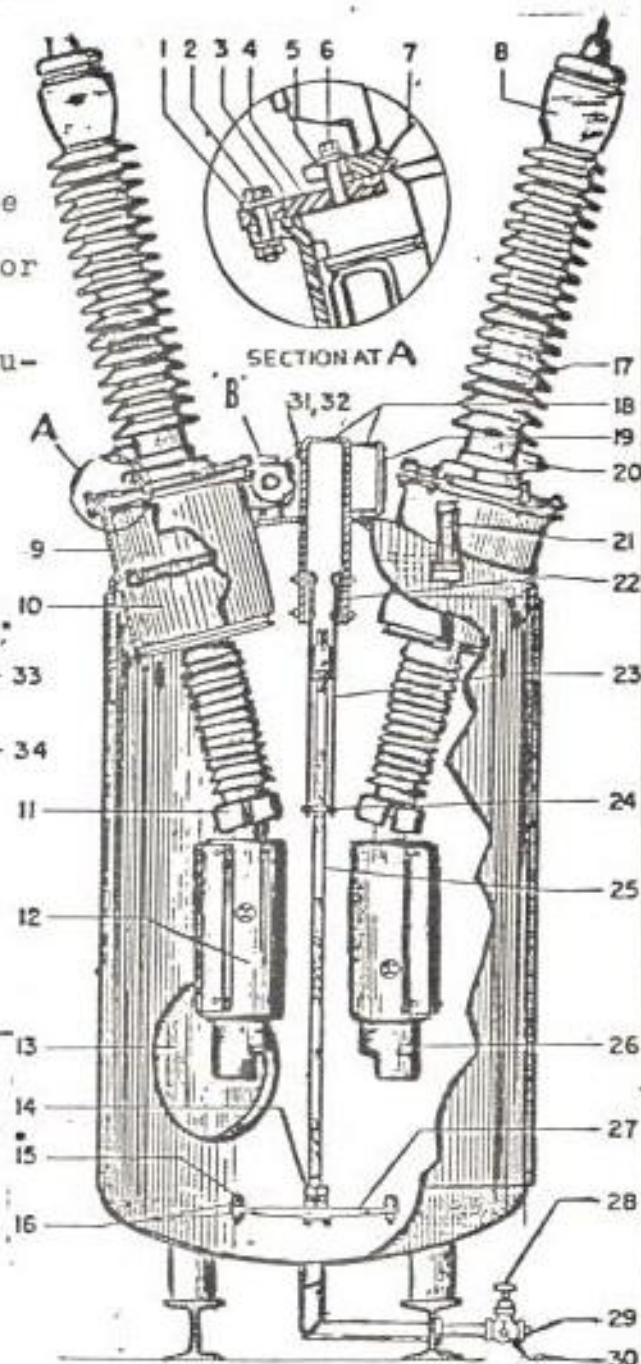
En la figura N°3 se muestran las partes más importantes de un disyuntor tipo a gran volumen de aceite.

Los principios de funcionamiento de éstos disyuntores es el mismo para tensiones de 11 KV hasta 34.5 KV variando solamente las particularidades constructivas en función del nivel de tensión y de la capacidad de interrupción.

El control de mando de los disyuntores de gran volumen de aceite puede realizarse de tres maneras:

PARTES DE UN DISYUNTOR A GRAN VOLUMEN DE ACEITE

1. Arandela.
2. Perno Adaptador de Montaje.
3. Empaque del Adaptador.
4. Placa del Adaptador.
5. Arandela.
6. Perno de Montaje del Bushing.
7. Empaque del Bushing.
8. Nivel Indicador de Aceite del Bushing.
9. Bolsillo del Transformador o Recipiente del T.C.
10. Bushing del T.C.
11. Protector Antiestático Superior.
12. Interruptor Múltiple.
13. Agujero de Inspección.
14. Tornillo del Soporte de los Contactos.
15. Contacto Inferior.
16. Lámina.
17. Bushing del Alto Voltaje.
18. Mecanismo de Operación.
19. Cubierta de Caja de Manivela y Empaquetadura.
20. Tap de Salida de Capacitancia Sirve para medir la Capacitancia del Bushing.
21. Medidor de Aceite del Tanque.
22. Lámina.
23. Guía de la Varilla de Levantamiento.
24. Guía del Conjunto.
25. Varilla de Levantamiento.
26. Protector Antiestático Inferior.
27. Brazo Cruzado o Cruceta.
28. Válvula de Drenaje.
29. Toma de Tubería.
30. Toma para Muestreo.
31. Cubierta del Eje.
32. Empaque de la Cubierta.
33. Empaque de la Caja de Conducto.
34. Caja de Conducto.



- 1.- Conexión y desconexión manual.
- 2.- Conexión manual y desconexión automática por medio de electroimán.
- 3.- Conexión y desconexión a distancia.

3.1.1 CORTE DE CORRIENTE

El aceite facilita rápidamente la regeneración dieléctrica del espacio entre los contactos, luego de que el arco se ha extinguido debido a que la corriente se ha anulado.

El arco desprende un calor intenso que descompone - al aceite en hidrógeno, hidrocarbonatos, y carbono; parte de éste último algunas veces escapa conjuntamente con los gases en forma de ollín. El resto se deposita en el fondo del tanque en forma de lodo, afectando la rigidez dieléctrica y el factor de potencia del aceite. El hidrógeno en expansión enfría el arco y contribuye para su extinción.

En general los disyuntores a gran volumen de aceite se clasifican de acuerdo a la manera con que realizan el corte de corriente en dos clases:

a) Disyuntores de ruptura libre.

Son utilizados para interrumpir circuitos con po

tencias de ruptura hasta 400 MVA. En éstos disyuntores, el arco salta entre los contactos sumergidos en aceite dependiendo su extinción de:

- 1.- La separación entre los contactos.
- 2.- La presión ejercida por el aceite sobre los gases producidos por el arco.
- 3.- La propia sobrepresión de los gases formados por el arco.

b) Disyuntores con cámara de explosión.

Son utilizados para interrumpir circuitos con potencias de ruptura superiores a unos 400 MVA. - Se caracterizan porque en la cámara de explosión el arco produce también una formación muy intensa de gas, pero el aceite no puede escapar debido a la pared de la cámara que rodea el punto de ruptura, por lo que se producen fuertes torbellinos que lanzan el aceite a presión sobre el arco, - contribuyendo de ésta forma al enfriamiento del mismo para obtener su rápida extinción. La reducción del tiempo de ruptura asegura un menor desgaste de los contactos y menor carbonización del aceite, consiguiendo de ésta manera un mayor número de cortes sin necesidad de renovar o regenerar el aceite ni revisar o reponer los contac-

tos.

Generalmente éstos disyuntores han sido diseñados para ejecutar 2.000 operaciones de apertura sin que se les realice mantenimiento alguno.

3.1.2 OTRAS CARACTERISTICAS

El tiempo de interrupción de los disyuntores a gran volumen de aceite varía según la clase de tensión y la potencia de interrupción, como se podrá observar en los ejemplos que a continuación se detalla en el siguiente cuadro:

<u>CLASE DE TENSION</u>	<u>TIEMPO DE INTERRUPCION</u>	<u>POTENCIA DE INTERRUPCION</u>
15 KV	8 ciclos	500 MVA
69 KV	6 ciclos	2.500 MVA
138 KV	3 ciclos	5.000 MVA
230 KV	3 ciclos	10.000 MVA

Dichos tiempos de interrupción no incluyen los tiempos de los relés.

La utilización de éstos disyuntores se encuentra limitada a niveles de voltajes de 345 KV como máximo.

Los disyuntores de tensión nominal de 15 KV utili-

zan un tanque con una capacidad aproximada de 200 - litros, para sus 3 polos tipo Mc. Graw Edison, mientras que los disyuntores de la clase 138 KV/5.000 - MVA poseen un tanque de capacidad aproximada de - 3.000 litros por polo.

Los disyuntores con niveles de voltajes altos poseen transformadores de corriente incorporados en el tanque y situados en la parte inferior de los bushings.

En cuanto al mecanismo de accionamiento de los disyuntores éstos pueden ser:

a) Disyuntores de clase 15 KV.

Para los reconectores electrónicos (reconector con elementos de control electrónicos) es normalmente utilizada la batería para el mecanismo de abertura y solenoide (bobina) para el cerramiento.

Para los reconectores comunes es utilizada una bobina para el mecanismo de abertura y un solenoide (otra bobina) para el cerramiento. El mecanismo de abertura es siempre auxiliado por resortes con el objeto de acelerar la velocidad durante la extinción del arco.

Para los disyuntores convencionales se utiliza normalmente aire comprimido para el cerramiento, obtenido a través de un reservorio acoplado al mecanismo. Durante el cerramiento de los contactos son cargados los resortes de abertura, que a través de un simple desbloqueo de la bobina de abertura procede a la abertura del disyuntor.

b) Disyuntor de la clase de tensión mayores de 15 KV.

Generalmente el mecanismo de accionamiento de éstos disyuntores es neumático, ésto es, utiliza aire comprimido para el accionamiento del mecanismo de cerramiento. Durante éste movimiento los resortes de abertura son cargados y están listos para la abertura del disyuntor.

Cabe recalcar que la ruptura bajo aceite presenta las siguientes ventajas respecto a la ruptura al aire:

- 1.- Menor longitud del arco.
- 2.- Mejor aislamiento entre piezas y tensión y entre éstas piezas y masa.

A pesar de ello éstos tipos de disyuntores presentan numerosos e importantes inconvenientes como son:

- 1.- Inflamabilidad del aceite, que puede producirse al fallar el accionamiento de ruptura del disyuntor pudiéndose provocar grandes incendios.
- 2.- La mezcla de gases y aire puede resultar explosiva y en caso de inflamarse el aceite provocaría la explosión del disyuntor.
- 3.- La formación de carbón en el aceite debido a la acción del arco. Dando como consecuencia una reducción de las propiedades dieléctricas del mismo y ensuciando los contactos y aislantes sumergidos en el aceite.
- 4.- No son adecuados para realizar rupturas de corriente continuamente debido a la acción del arco sobre el aceite que obliga a mantener inspecciones periódicas y limpieza de los contactos de manera perenne.

En la tabla I se detallan las características de los disyuntores a gran volumen de aceite más comunmente usados.

TABLA I - DISYUNTORES A GRAN VOLUMEN DE ACEITE

FABRICANTE	TENSION NOMINAL (KV)	CAPACIDAD DE INTERRUPCION (MVA)	CORRIENTE NOMINAL (A)	TIPO DEL DISYUNTOR	TIPO DE COMANDO	ACCIONAM
ALLIS CHALMERS	138	10.000	1.600	BZO-138-10.000	DN-12-E-4	NEUMATIC
	138	5.000	1.200	BZO-138- 5.000P	PN-12	NEUMATIC
	138	5.000	1.200	BZO-138-500-2	PN-12E-4	NEUMATIC
	138	3.500	1.200	BZO-160-138J	PN-700	NEUMATIC
	121	---	3.000	BZO-121-40-6	PH-33E-5	NEUMATIC
	115	5.000	1.200	BZO-115-5000-2/3	DN-12-E-4	NEUMATIC
	69	2.500	1.200	TDO-69-2500	PN-70C-3	NEUMATIC
	69	1.500	1.200	FZO-69-1500-P	PN-70C-2	NEUMATIC
	69	1.000	600	FZO-151-69-D	PN-500	NEUMATIC
	B.T.H.	88	1.500	600	OW-209-RH1	----
G.E.	161	3.500	1.200	FK-439-161-3500-1	MA-15-3	NEUMATIC
	138	10.000	1.600	KSO	MAP-15-A	NEUMATIC
	138	5.000	1.200	FK-138	MA-15-6	NEUMATIC
	138	5.000	1.200	FK-138	MA-16-9	NEUMATIC
	138	5.000	1.200	FK-138	MA-16-8D	NEUMATIC
	138	5.000	1.200	FK-145-18.000-2	MA-13-4A	NEUMATIC
	138	3.500	---	FK-138-3500-1	MA-15-5	NEUMATIC
	138	3.500	1.200	FK-439-161-3500-1	MA-15-5	NEUMATIC
	138	3.500	1.200	FK-439	MA-15	NEUMATIC
	138	---	1.200	FK-145-20.000-2	MA-15-5C	NEUMATIC
	115	5.000	1.200	KSO-115-5000	MAP-15-A.	NEUMATIC
	115	5.000	1.200	FK-115-5000-2	MA-16-9	NEUMATIC
	115	3.500	1.200	FK-439-115-3500-2	MA-15-4	NEUMATIC
	115	3.500	1.200	FK-439-115-3500-3	MA-15-5	NEUMATIC
	115	3.500	1.200	KSO-115-3500	MAP-15	NEUMATIC
	115	3.500	600	FK-439-115-3500	MAP-15-A	NEUMATIC

3.2 DISYUNTORES DE PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE

3.2.1 CARACTERISTICAS

Un disyuntor es llamado de volumen reducido de aceite, cuando el aceite es utilizado tan solamente como regenerador del espacio entre contactos para asegurar la extinción del arco eléctrico y no como aislante de las piezas con relación a tierra. Por esta razón no necesita una gran cantidad de aceite sino tan solo la suficiente para soportar un número dado de extinciones, sin el deterioro excesivo del aceite.

Estos tipos de disyuntores poseen siempre un elemento separador por cada fase y están constituidos generalmente de:

- Un aislador superior conteniendo la cámara de interrupción con los contactos fijos. En esta parte se encuentra una de las tomas de corriente.
- Un aislador inferior usado como soporte y por donde internamente se puede deslizar el contacto móvil que es conectado al mecanismo de maniobra.
- Un gabinete conteniendo los mecanismos de maniobra. Generalmente la energía necesaria para el cerramiento del disyuntor es provista por un sistema de

resortes, mientras que la apertura es realizada a través de la bobina de disparo (desconexión automática) y de un sistema de palancas (desconexión manual).

En algunos tipos el mecanismo de accionamiento puede ser neumático o hidráulico con el fin de evitar el peligro de incendio que representan los interruptores en aceite.

ACCIONAMIENTO NEUMATICO: El aire a presión es obtenido por un sistema de aire comprimido y es controlado por una válvula que al ser accionada permite que el aire entre a los aisladores huecos donde presiona un émbolo para mover los contactos. Como los aisladores huecos se encuentran conectados directamente a las cámaras de extinción, al bajar los contactos el aire a presión que se encuentra en los aisladores entra violentamente a la cámara de extinción extinguiéndose el arco.

ACCIONAMIENTO HIDRAULICO: En éste mecanismo el contacto móvil se encuentra dentro de una cámara de expansión la cual contiene agua químicamente tratada para evitar su ionización. La temperatura a que dá lugar el arco produce vapor de agua dentro de una -

cámara de condensación (que se encuentra dentro de la cámara de expansión) que a su vez provoca una fuerte circulación de agua en la cámara de expansión lo cual origina la extinción del arco.

En las figuras N°4 y N°5 se muestran las partes más importantes de un disyuntor tipo de pequeño volumen de aceite.

Para tensiones mayores de 138 KV éstos disyuntores presentan varias cámaras de interrupción en serie, proporcionando un aumento de la capacidad de interrupción así como también de su nivel de tensión.

En éstos casos los disyuntores tienen resistencias de acoplamiento en paralelo con cada cámara para limitar los efectos del cortocircuito así como también en algunos casos son colocados también capacitores en paralelo para dividir equitativamente la tensión y limitar cualquier sobretensión. Actualmente se adopta una tensión nominal por cámara comprendida entre 70 y 145 KV.

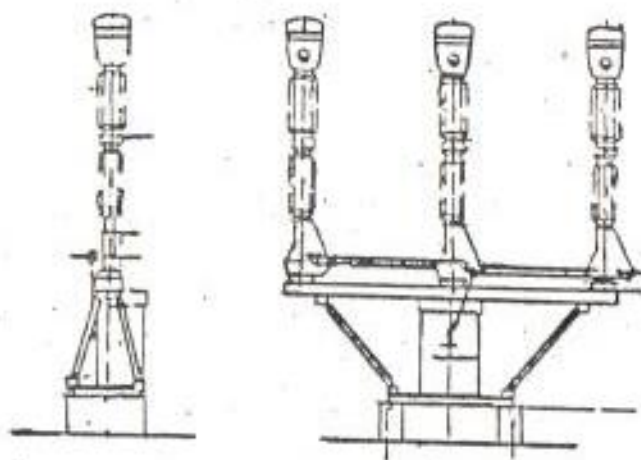
3.2.2 CORTE DE CORRIENTE

Como los productos resultantes de la descomposición del aceite por el arco son proporcionales a la energía disipada por el arco, resulta necesario que la

FIG. N°4

INSTALACION DE DISYUNTORES DE PEQUEÑO VOLUMEN DE
ACEITE

FRENTE



LATERAL

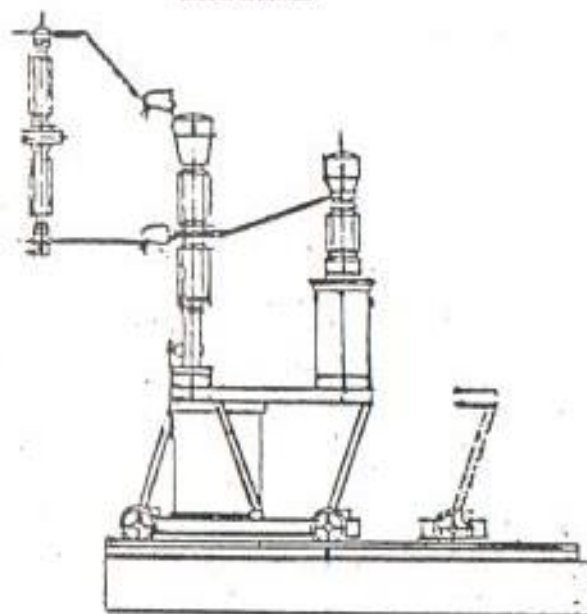
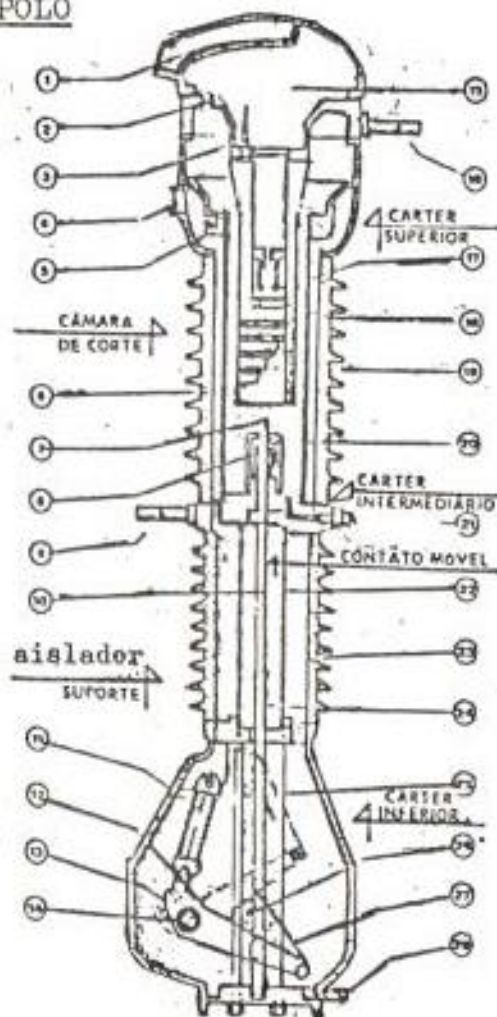


FIG. Nº5

CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO DE UN POLO
DISYUNTOR-ABIERTO

1. Ducto de escapamiento del gas y contacto con la atmósfera.
2. Orificio para colocación del aceite.
3. Paso de escape del gas.
4. Indicador del nivel de aceite.
5. Válvula para evitar transmisión de presión al aislador.
6. Aislador soporte.
7. Punta para el arco de la varilla de contacto.
8. Dedos del contacto inferior.
9. Toma de corriente inferior.
10. Varilla del contacto móvil.
11. Resorte de abertura.
12. Biela.
13. Sustentáculo.
14. Palanca.
15. Cámara de detención.
16. Toma de corriente superior.
17. Dedos del contacto superior.
18. Anillo para el arco.
19. Cámara de corte del disco.
20. Cilindro aislante superior.
21. Registro para retirar el aceite de la cámara de corte.
22. Cilindro aislante.
23. Aislador soporte inferior.
24. Varilla del contacto móvil (parte aislante).
25. Varilla de guía.
26. Guía.
27. Biela.
28. Registro para retirar el aceite del aislamiento.



duración de éste, sea en lo posible reducida para - de ésta manera disminuir el volumen de aceite necesario para un determinado número de interrupciones.

El principio de corte de éstos disyuntores es el mismo en las cámaras de corte de los disyuntores a gran volumen de aceite, es decir se aprovecha la energía disipada por el arco en el momento de interrupción para su propia extinción.

3.2.3 OTRAS CARACTERISTICAS

Así como se vió en los disyuntores a gran volumen de aceite, el tiempo de interrupciones varía conforme la clase de tensión y la potencia de interrupción.

A continuación se detallan algunos ejemplos de éstos tipos de disyuntores.

<u>CLASE DE TENSION</u>	<u>TIEMPO DE INTERRUPCION</u>	<u>POTENCIA DE INTERRUPCION</u>
15 KV	8 ciclos	750 MVA
69 KV	5 ciclos	2.500 MVA
138 KV	3 ciclos	5.000 MVA
230 KV	3 ciclos	10.000 MVA
345 KV	2 cilcos	10.000 MVA

Dichos tiempos de interrupción no incluyen los tiempos de los relés.

La utilización de éstos disyuntores se encuentra limitada a niveles de voltajes de 420 KV como máximo.

La cantidad de aceite utilizada por polo es de 3 litros en disyuntores de hasta 15 KV y 70 litros en disyuntores de 138 KV.

Estos disyuntores normalmente no tienen transformadores de corriente incorporados, siendo necesario en éstos casos la colocación de transformadores de corriente de pedestal.

En cuanto al mecanismo de accionamiento, éstos disyuntores utilizan el sistema de resorte hasta 15 KV. Encima de ésta tensión los mecanismos varían conforme el fabricante pudiendo ser de resorte, neumático o hidráulico.

Los disyuntores de pequeño volumen de aceite poseen entre sus principales ventajas las siguientes:

- a) Su mantenimiento es rápido debido al tamaño y cantidad de aceite que posee.
- b) La desionización del trayecto del arco es rápido ya que el tiempo de ruptura es menor a 0.002 seg.

- c) No hay el peligro que aparezcan sobretensiones - en el momento de la extinción, ya que la caída de tensión en el arco es excepcionalmente baja.
- d) Posee mínima disipación de energía debido a que la extinción del arco es rápida.
- e) Tiene muy limitada carbonización del aceite ya - que la desionización del arco se efectúa en muy corto tiempo.
- f) Los contactos sufren un reducido deterioro debido a la pequeña disipación de energía.
- g) El espacio que requieren es reducido debido a la estructura pequeña que poseen.

En la tabla II se detallan los tipos de disyuntores de pequeño volumen de aceite más comúnmente utilizados.

TABLA # II DISTINTORES A PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE

FABRICANTE	TENSION NOMINAL (KV)	CAPACIDAD DE INTERRUPCION (MVA)	CORRIENTE NOMINAL (A)	TIPO DE DISYUNTOR	TIPO DE COMANDO	ACCIONAMI
ASEA	138	5.000	1.200	HLD-145/1200	BLF/BLG	A RESORTE
	69	2.500	1.600	HLC-72.5-1600	BLF/64F	A RESORTE
BROWN BOVERI	245	10.000	3.150	FR-5CI	-----	NEUMO-HII
	145	6.000	1.250	TR-170-12	HTR-170-1	NEUMO-HII
	69	1.500	800	TF-72-G	KTF	A RESORTE
CKD	132	3.000	800	VEZL-132	RVS-3	NEUMATICC
	110	3.500	1.000	VMM-110	RVS-3	NEUMATICC
DELLE ALSTHOM	230	10.000	1.250	OR-2R	OPI-4	NEUMATICC
	170	3.500	600	HPGE-12-15A	10PM	NEUMO-HII
	170	3.500	1.250	HPGE-12-1SE	BR-8	A RESORTI
	138	5.000	1.600	OE2M	CH2	NEUMO-HII
	138	3.500	1.200	HPGE-11-1SE	BR9-EMR4ME	A RESORTI
	135	10.000	2.000	OR2M	CH2/CH4	NEUMATICC
	100	2.500	1.000	HPGE-10-14S	OP2	NEUMO-HII
	72	1.500	1.200	HPGE-9-12E	BNR4MR	A RESORTI
	70	1.500	800	HPGE-9-12E	BR 8	A RESORTI
	GALILEO	230	7.300	2.000	IORM-4245	MVR-55
220		5.000	800	OCERD-220	-----	A RESORTI
150		3.500	800	OCERD-150/150PL	MP-50	NEUMATICC
138		5.000	800	OCERD-150	MP-50	NEUMATICC
110		2.500	800	OCERD-110	MP-50	NEUMATICC
69		1.500	600	OCER-60M	MPR-50	NEUMATICC
69		1.500	600	OCER-80	MPR-50	NEUMATICC
69		1.250	800	OCER-72M	MVR-50	A RESORT
MAGRINI		150	3.500	800	MFA-150	EPM-200
	138	5.000	1.250	145 MTM	EPM-200	NEUMATICC
	92	3.500	1.250	100 MTM-3500	EPM-200	NEUMATICC

Los disyuntores de aire comprimido, llamados también disyuntores neumáticos utilizan, la propiedad que tiene el aire a presión de extinguir el arco al expandirse. Con éstos disyuntores el aire es utilizado en forma de chorro a gran velocidad como agente regenerador del espacio entre contactos. Nótese que el aire comprimido se emplea no solamente para el mando de éstos disyuntores, como veíamos que sucedía en algunos dispositivos de accionamiento de disyuntores de pequeño volumen de aceite, sino también para el apagado directo del arco que se forma al abrirse los contactos del disyuntor.

El aislamiento a tierra es hecho por medio de aisladores sólidos.

Estos tipos de disyuntores poseen siempre un elemento separador por fase y están constituidos generalmente de:

- a) Una cámara de interrupción donde se encuentra un contacto móvil que es hueco y que tiene la forma de una tobera, y un contacto fijo.

Dichos contactos se encuentran conectados a las tomas de corriente, y sus formas dependen si la

cámara de ruptura es desplazada axial o transversalmente.

- b) Un aislador soporte hueco conduciendo el sistema de aire comprimido y una varilla aislante para el mecanismo de control.
- c) Un reservorio de aire comprimido con su respectiva válvula para cada disyuntor, pudiendo ser alimentada por un único compresor o por una central de aire comprimido cuando la subestación posee varios disyuntores.
- d) Una cabina de control con los dispositivos para comando del sistema de abertura y cerramiento del disyuntor.

Los mecanismos de accionamiento pueden ser neumáticos (aire comprimido) o hidráulicos de igual manera como fueron descritos en los disyuntores de pequeño volumen de aceite.

En las figuras N°6, N°7 y N°8 se muestran las partes más importantes de un disyuntor tipo de aire comprimido. Normalmente éstos disyuntores son utilizados a partir de 69 KV. Para tensiones elevadas son utilizadas varias cámaras en serie, acopladas con capacitores o resistencias de acoplamiento.

FIG. N°6

DISYUNTOR DE AIRE COMPRIMIDO

- 1.- Cámara de Interrupción.
- 2.- Cámara de Porcelana.
- 3.- Caja de Control.
- 4.- Cubículo de Control.
- 5.- Reservorio de Aire Comprimido.
- 6.- Dispositivos para analísador² de camino.
- 7.- Base.

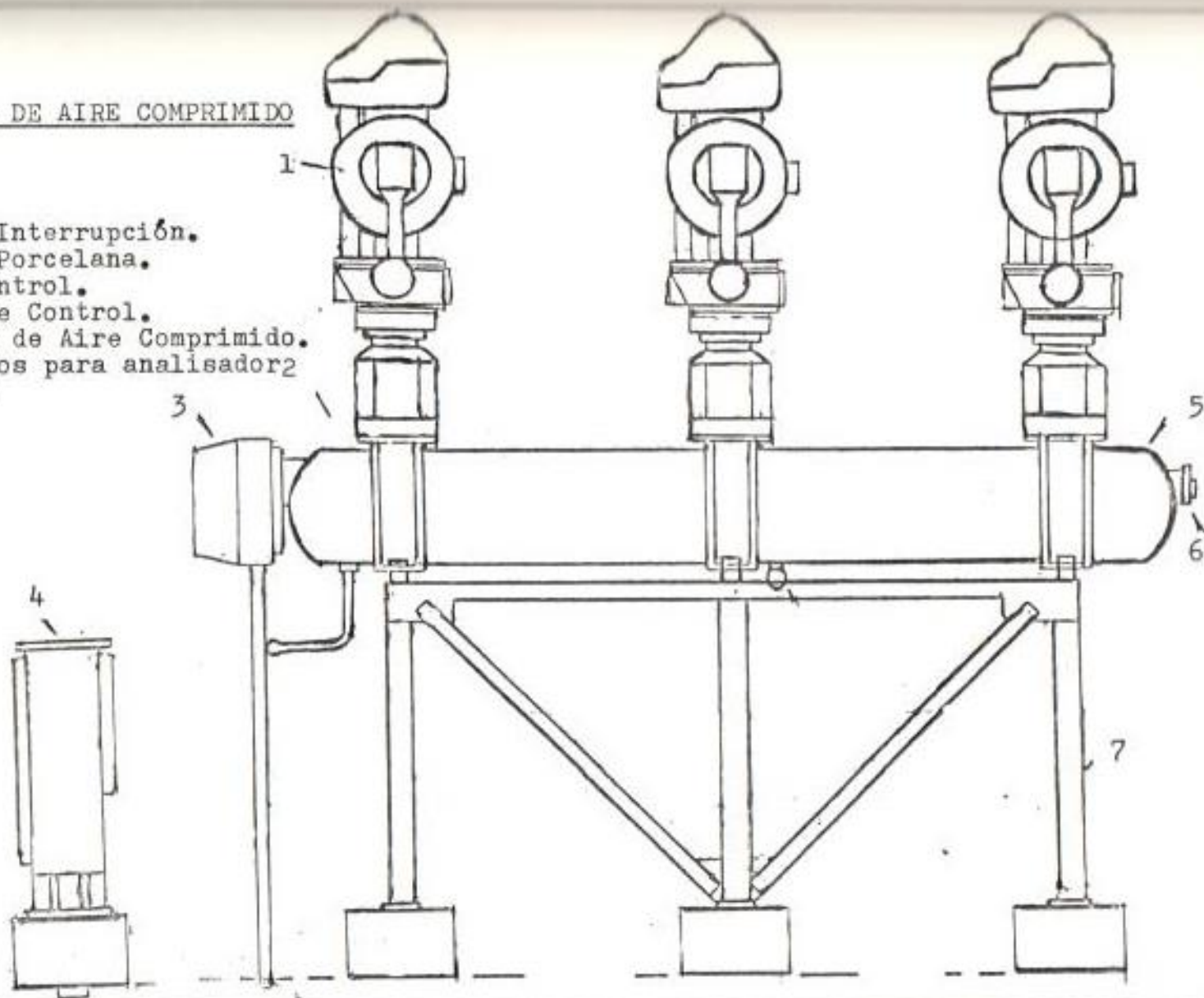


FIG. N°7

DISYUNTOR DE AIRE COMPRIMIDO

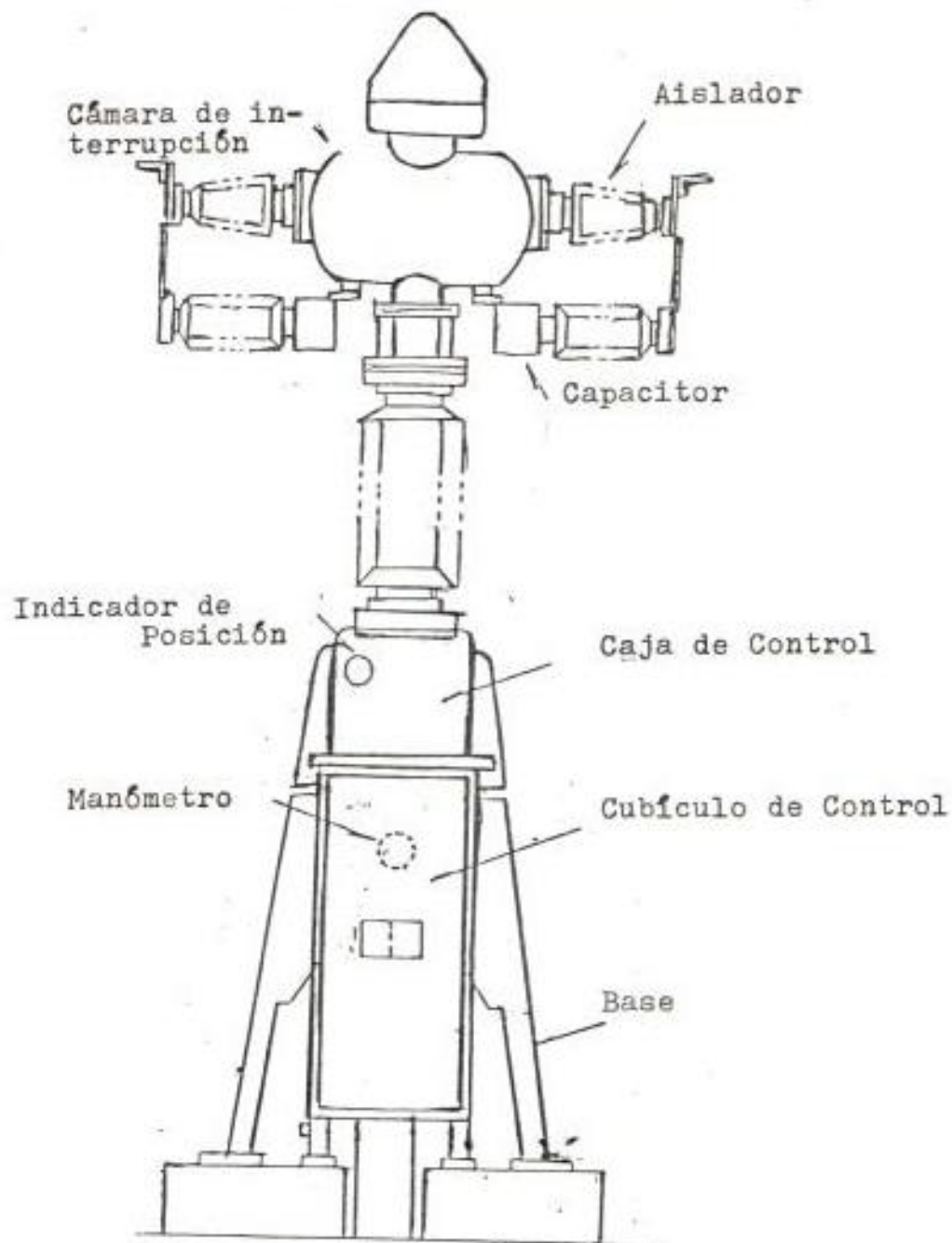
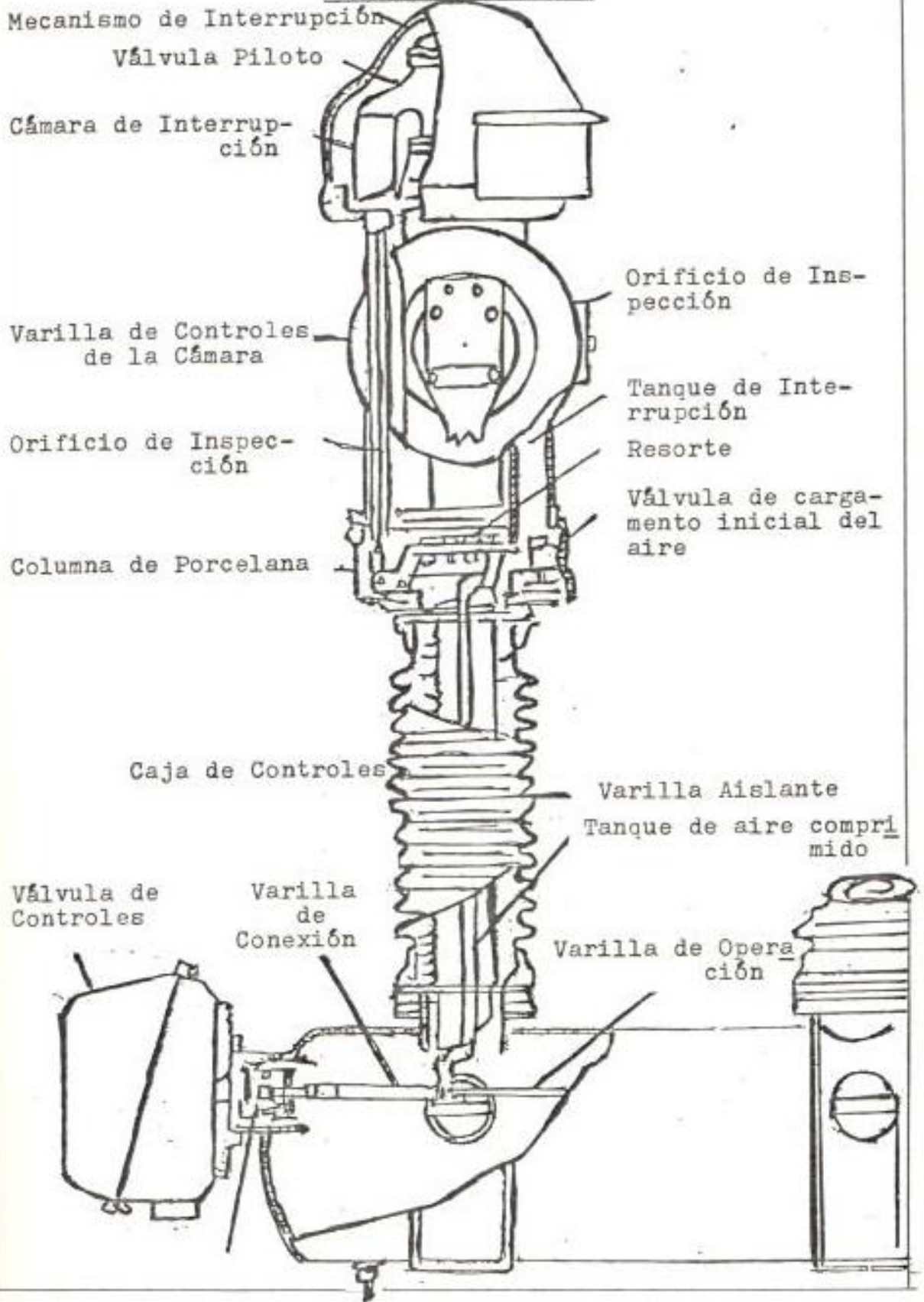


FIG. Nº8

CORTE TRANSVERSAL DE UN POLO DE UN DISYUNTOR
DE AIRE COMPRIMIDO



3.3.1 CORTE DE CORRIENTE

El principio de corte por soplado de aire consiste en enviar una fuerte corriente de aire al centro - del arco que por ésta causa, se desioniza, después del paso de la corriente por cero; por lo general - ésta corriente de aire es provocada por la expansión de cierta cantidad de aire que previamente se ha - comprimido en un depósito independiente.

Esta corriente de aire arrastra las partículas conductoras y las sustituye por aire de alta rigidez - dieléctrica.

La energía disipada por el arco, la cantidad de gas producida por el calentamiento del aire y la volatización del metal de los contactos dependen de la duración del arco.

La extinción del arco se obtiene gracias a la alta rigidez dieléctrica del aire comprimido, suficientemente seco y a la gran velocidad de circulación de éste aire por toberas apropiadas, constituidas muchas veces por los propios contactos.

Cabe indicar que la capacidad de ruptura y la rigidez dieléctrica de un disyuntor de aire comprimido

es tanto mayor cuanto mayor es la presión del aire de soplado y cuanto mayor es la sección de la abertura de la tobera. Sin embargo por motivos de seguridad no es conveniente sobrepasar una presión de - 16 Kg-F/cm^2 en la instalación de distribución de - los disyuntores (presión de servicio).

Debido a que el aire se calienta durante la compresión se tiene que éste al salir del compresor se halla en estado de saturación que con cualquier descenso de la temperatura podría provocar la condensación del vapor de agua que contiene. Para evitar que el agua penetre en los disyuntores se hace que el aire que sale de los compresores salga a una presión aproximadamente el doble (32 Kg-F/cm^2) de la presión de servicio en los disyuntores, de tal manera de poder expansionarse después de la salida del depósito del compresor hasta la presión conveniente. Esta expansión provoca una disminución de la humedad relativa pudiendo de ésta manera el aire penetrar seco en los disyuntores, no produciéndose condensaciones ni siquiera a bajas temperaturas.

La presión dentro de los disyuntores se mantiene automáticamente al valor de servicio por medio de manómetros de contacto y válvulas de seguridad que ope

ran cuando la presión ha bajado o subido de un valor predeterminado, tanto en la instalación de producción de aire comprimido (32 Kg-F/cm^2) como en la instalación de distribución de los disyuntores. (16 Kg-F/cm^2).

Para efectuar el trabajo mecánico de conexión y desconexión de los disyuntores solamente se necesita una presión de 3.5 Kg-F/cm^2 .

Todo disyuntor posee montado sobre su dispositivo de mando, enclavamientos apropiados que evitan la desconexión cuando la presión es insuficiente, ya que en caso contrario puede producirse que el arco quemara los contactos debido a que su carrera de apertura y cierre no se cumplirán en su totalidad.

Una distancia exacta entre contactos es conveniente para el disparo del chorro no solamente para disminuir el consumo y el tiempo de corte sino que también para evitar el reencendido del arco.

Los disyuntores de este tipo deben tener un reservorio de aire comprimido que tenga la capacidad de mantener determinadas presiones en su interior y que pueda permitir la operación de varias maniobras sucesivas.

Se caracterizan por tener valores elevados de capacidad de interrupción como se podrá observar en los ejemplos que a continuación se detallan en el siguiente cuadro:

<u>CLASE DE TENSION</u>	<u>TIEMPO DE INTERRUPCION</u>	<u>POTENCIA DE INTERRUPCION</u>
69 KV	5 ciclos	2.500 MVA
138 KV	3 ciclos	5.000 MVA
230 KV	3 ciclos	10.000 MVA
345 KV	3-2 ciclos	15.000 MVA
500 KV	2 ciclos	30.000 MVA

Dichos tiempos de interrupción no incluyen los tiempos de los relés.

El corte del arco por aire comprimido puede ser usado para todas las tensiones y para todas las potencias de ruptura, tanto para disyuntores de montaje exterior como de montaje interior.

La facilidad de adaptación de éstos disyuntores a todos los problemas referentes a la explotación de sistemas de potencia, a muy altas tensiones así como también su seguridad de operación, los hacen preferibles a los disyuntores de pequeño volumen de aceite, cuando las tensiones son muy altas o muy ele

vadas las potencias de rupturas. Por otro lado presentan muchas menos posibilidades de peligro de incendio que los disyuntores que utilizan el aceite - como medio de extinción del arco.

En general la elección de un disyuntor de aire comprimido o de un disyuntor de pequeño volumen de aceite queda relegada a un estudio económico detenido - siendo en algunos casos preferibles los disyuntores de pequeño volumen de aceite ya que éstos poseen un costo menor de adquisición e instalación, y también requieren de un menor tiempo para su mantenimiento.

Entre los inconvenientes que presentan los disyuntores de aire comprimido se tiene:

- a) La necesidad de una instalación de aire comprimido, con los correspondientes compresores, depósitos y tuberías, lo cual en los casos de instalaciones con pequeña potencia de ruptura, implica unos importantes gastos de primera instalación.
- b) Los inconvenientes inherentes al propio aire comprimido, es decir, el mantenimiento que llevan - consigo los compresores, las canalizaciones y especialmente las válvulas, así como la necesidad de disponer en cada momento, de aire suficientemente seco y limpio.

3.3.2 EJEMPLOS DE DISYUNTORES DE AIRE COMPRIMIDO

Resulta imposible realizar la descripción de cada uno de los tipos de disyuntores de aire comprimido - debido a su inmensa variedad, no obstante se procederá a explicar las características de los tres tipos más importantes de éstos disyuntores los mismos que se han identificados con las casas que los fabrican y que son:

1.- Disyuntores Brown Boveri, tipo D.E.

Son usados en instalaciones interiores a una tensión comprendida entre 3 y 12 KV y se caracterizan por que requieren de un pequeño espacio para su instalación. Utilizan en su construcción resina sintética moldeada, lo cual le da gran robustez y compactación.

Posee tres cámaras de ruptura (una por cada fase) que garantiza la extinción del arco, en un semiperíodo. El dispositivo de accionamiento es neumático y posee una presión de servicio de 26 Kg/cm^2 . La duración del corte es de 40 milisegundos.

El valor de su corriente nominal es de 1.600 o 2.500 A y su capacidad de ruptura oxila entre -

200 y 1.000 MVA dependiendo ésta última de que si el disyuntor posee o no conectada en paralelo una resistencia con cada cámara de extinción.

Todos los disyuntores de éste tipo interrumpen sin reencendido corrientes en circuitos capacitivos hasta un valor igual a la corriente nominal bajo las tensiones más elevadas de servicio.

En el gráfico de la figura N°9 se observa un disyuntor de aire comprimido marca Brwn Boveri tipo D.E.

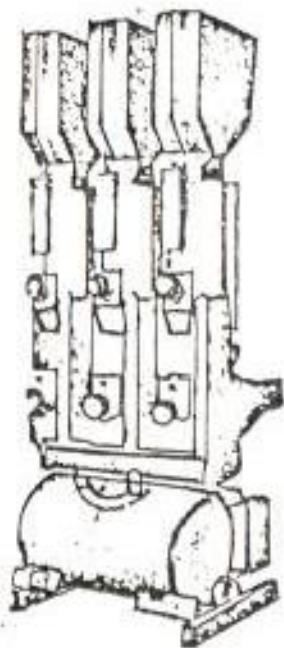
2.- Disyuntores Merlin Gerin tipo P.P.

Son usados en instalaciones exteriores a una tensión comprendida entre 72.5 y 735 KV caracterizándose porque las cámaras de ruptura están en contacto permanente con el depósito de aire comprimido aún cuando sus contactos se encuentran en posición cerrada ésta es la razón porque éstos disyuntores son llamados disyuntores de posición permanente (P.P.).

El soplado del arco en éstos disyuntores se ejecuta en el interior de dos cámaras tubulares horizontales, las cuales se encuentran interconectadas por un depósito esférico.

FIG. N°9

DISYUNTORES DE AIRE COMPRIMIDO BROWN BOVERI TIPO D.E.
PARA MONTAJE INTERIOR



En las figuras N°10 y N°11 se muestran de éste tipo para diferentes voltajes.

Nótese que el conjunto de cámaras y depósito esférico se encuentran montados sobre aisladores soporte de porcelana.

En general para tensiones mayores de 72.5 KV - los disyuntores son de polos separados teniendo sus cámaras de ruptura colocadas en serie, en un número de 1 a 6, dependiendo del voltaje de utilización. En cambio para tensiones de 72.5 KV se construyen en disposición tripolar, con un depósito cilíndrico de aire comprimido situado en el suelo y una cámara de ruptura aislada a éste último y que soporta ella sola los tres polos verticales.

Son construidos para corrientes nominales de 800, 1.600 y 2.000 A con capacidades de ruptura comprendidas entre 1.500 y 40.000 MVA dependiendo éstas de la tensión de servicio.

En general los disyuntores de éste tipo están constituidos por: depósitos, cámaras de ruptura, condensadores y cámaras de ruptura auxiliares (con resistencia de amortiguamiento o de reparto

FIG. N°10

POLO DE DISYUNTOR DE AIRE
COMPRESIDO MERLIN GERIN
TIPO P.P. PARA 245 KV

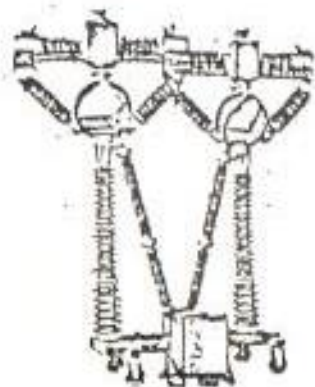
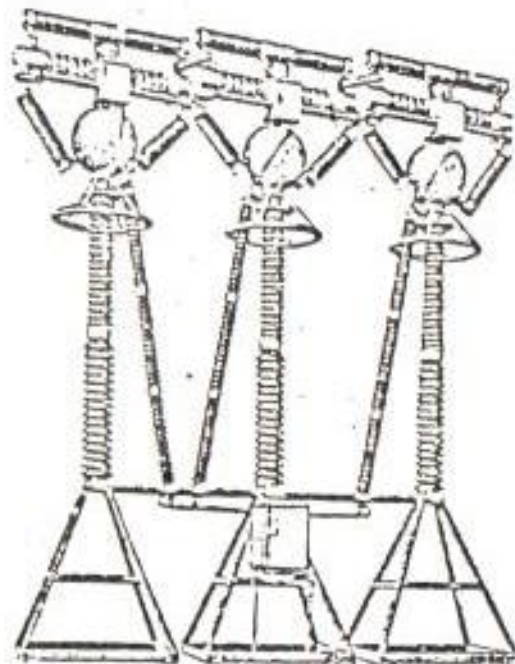


FIG. N°11

POLO DE DISYUNTOR DE AIRE COMPRESIDO
MERLIN GERIN TIPO P.P. PARA 420 KV



de tensión). Las cámaras pueden estar situadas horizontalmente o verticalmente sin modificarse la constitución y funcionamiento de los disyuntores.

Las cámaras de ruptura y el depósito poseen el aire comprimido a una presión de 16 Kg-F/cm^2 teniendo un tiempo de apertura de los contactos entre 0.05 a 0.10 segundos.

Las cámaras de ruptura auxiliares que contienen resistencias son conectadas en paralelo a las cámaras principales de ruptura de los disyuntores en los siguientes casos:

a) Cuando la potencia de cortocircuito es muy elevada.

Para eliminar el defecto kilométrico, hay que amortiguar la oscilación de la línea por medio de resistencias apropiadas.

b) Cuando se requiere cortar corrientes inductivas grandes debido a las reactancias de compensación de las líneas de gran longitud. Se tiene que las cámaras auxiliares amortiguan la sobretensión de ruptura.

c) Cuando el disyuntor lleva conectado gran nú-

mero de cámaras en serie y se tiene la necesidad de un reparto equitativo de la tensión para cada cámara. Muchas veces se utilizan condensadores de capacidad muy elevada pero resulta preferible utilizar resistencias de alto valor.

El sistema de accionamiento puede ser neumático o hidráulico.

Según sus funciones los disyuntores son utilizados para protección de líneas (largas, cortas y transformadores) y protección de grupos alternador-transformador de las centrales eléctricas.

Solamente en los disyuntores de líneas largas se tiene que el mando del aparato puede ser capaz de realizar automáticamente la desconexión monofásica seguida de reconexión.

3.- Disyuntores de Chorro Libre AEG.

Posee características diferentes a los dos disyuntores anteriores, debido a que tiene un sistema de ruptura del arco en donde la tobera de soplado por la que sale el aire comprimido que en los anteriores era uno de los polos de los disyuntores ahora no lo va ser por lo que su ma

terial que antes estaba constituido de metal ahora va a ser aislante.

Se caracteriza por tener una mayor distancia entre contactos aumentando con ésto su rigidez dieléctrica. La extinción del arco se la realiza en el aire libre el cual a su vez con su acción refrigeradora ayuda a la desionización y extinción del arco no utilizándose por tanto cámara de ruptura.

Son usados en instalaciones exteriores a una tensión comprendida entre 30 y 750 KV y corrientes nominales de 800, 1.600 y 2.000 A y capacidades de ruptura desde 5.000 hasta 35.000 MVA. En la figura N°12 se muestra disyuntores de éste tipo a voltajes de 132 KV.

La distribución uniforme de las tensiones aplicadas al polo del disyuntor en los diversos espacios de ruptura se consigue por medio de capacitores en paralelo, localizados en los aisladores de porcelana en forma de V.

En la cabeza de maniobra doble que se muestra en la figura N°13, se ha acumulado aire comprimido para una operación de conexión y descon-

FIG. N°12

DISYUNTORES DE CHORRO LIBRE AEG EN UNA SUBESTACION
DE 132 KV

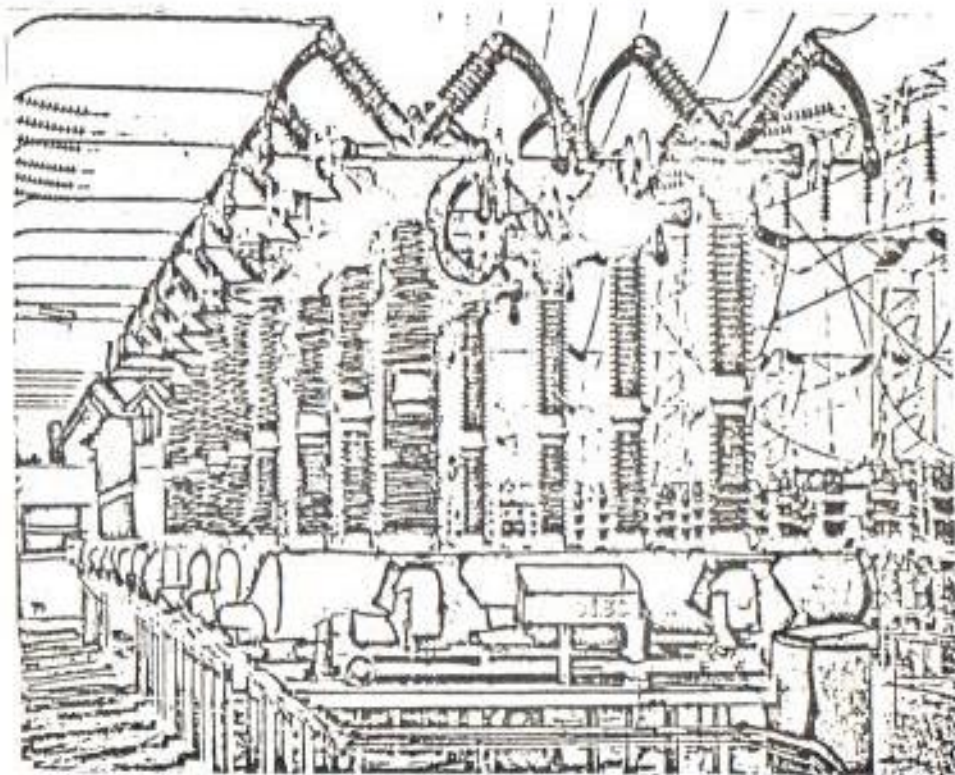
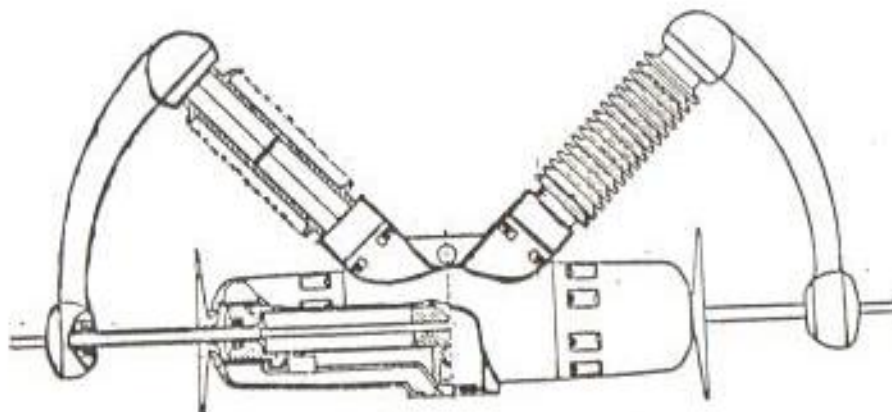


FIG. N°13

CABEZA DE MANIOBRA DOBLE DE UN DISYUNTOR DE
CHORRO LIBRE AEG



ción.

En caso de requerirse una segunda desconexión el aire comprimido necesario es tomado de un depósito que se encuentra en la parte inferior del disyuntor a un potencial de tierra.

Dicho aire comprimido es conducido desde éste depósito hasta la cabeza de maniobra a través de aisladores de soporte huecos por lo que el de pósito ya no es un elemento de sustentación de los aisladores.

Las órdenes de mando se transmiten a la cabeza de maniobra a través de una barra de tracción.

El número de cabezas de maniobra dobles que con forman un polo dependen del voltaje de operación que se va a utilizar.

En éstos disyuntores de chorro libre no es necesario la utilización de resistencias de amortiguamiento para las sobretensiones evitándose de ésta manera la complicación de la estructura del disyuntor.

Se caracterizan por su gran velocidad de operación requiriendo un tiempo menor de 10 milise-

gundos para la extinción del arco.

En la Tabla número III se detallan los tipos de disyuntores de aire comprimido más comúnmente utilizados.

TABLA III DISYUNTORES DE AIRE COMPRIMIDO

FABRICANTE	TENSION NOMINAL (KV)	CAPACIDAD DE INTERRUPCION (MVA)	CORRIENTE NOMINAL (A)	TIPO DE DISYUNTOR	TIPO DE COMANDO	ACCIONAMIENTO
A.E.G.	88	2.500	800	CP-25-6A	---	NEUMATICO
ASEA	362	15.000	1.600	HVH-362/1608A	---	NEUMATICO
BROWN BOVERI	420	30.000	2.000	DLF420 NC-8	---	NEUMATICO
	362	15.000	2.000	DLF-362	---	NEUMATICO
	345	10.000	2.000	DHVF-345-N88V	---	NEUMATICO
	245	10.000	2.000	DHVF-245M8B	---	NEUMATICO
	245	7.500	1.250	DCVF-245MC60W	---	NEUMATICO
	230	3.500	1.250	DCF-245	---	NEUMATICO
	170	3.000	1.000	DCF-170M4	---	NEUMATICO
	150	3.750	---	DCVF-150	---	NEUMATICO
	150	2.500	600	DCF-150K4	---	NEUMATICO
	80	1.200	600	DCF-80-k2	---	NEUMATICO
	80	1.200	1.000	DCF-80-M2	---	NEUMATICO
DELLE ALSTHOM	500	30.000	3.000	PK-6B/C	---	NEUMATICO
	460	25.000	3.000	PK-6A/B/D	---	NEUMATICO
	362	25.000	3.000	PK-4A/D	---	NEUMATICO
	362	20.000	3.000	PK-4A	---	NEUMATICO
	362	15.000	2.500	PK-4A/D	---	NEUMATICO
	---	15.000	1.250	PK-4A/D	---	NEUMATICO
ENGLISH ELECTRIC	230	10.000	1.250	T4G-0D	---	NEUMATICO
GALILEO	420	15.000	2.000	IAC-420	---	NEUMATICO
	230	10.000	2.000	IAC-4245	---	NEUMATICO
HITACHI	138	5.000	1.200	OPG-500-C	---	NEUMATICO
	69	2.500	1.200	OPG-250-A	---	NEUMATICO
MERLIN GERIN	330	15.000	1.250	PPTY-9-15KH	---	NEUMATICO
NISSIN	230	7.000	1.250	PP-96	---	NEUMATICO
	138	3.500	800	PPM-X74	---	NEUMATICO

Un disyuntor es llamado de hexafluoruro de azufre - cuando se utiliza el SF_6 (hexafluoruro de azufre) - como medio para extinguir el arco y también como medio aislante a tierra.

El desenvolvimiento del SF_6 como medio aislante fue a partir de 1.940. Más su utilización como medio - de extinción del arco fue a partir de la década de 1.950. La gran ventaja del uso de los disyuntores de SF_6 es de poder ser aplicado en altas tensiones y para cortes de corrientes cuando éstas son elevadas.

3.4.1 CARACTERISTICAS DEL SF_6

El hexafluoruro de azufre es un gas utilizado como elemento extinguidor y aislante; es incoloro, no - tiene olor, no tiene sabor y no es tóxico. Es un - producto industrial obtenido por la síntesis directa del fluor y del azufre fundido y es particularmente estable, no se descompone a temperaturas inferiores a $500^{\circ}C$. Es uno de los gases más pesados, - su densidad es cinco veces la del aire, por lo que sus iones son prácticamente inmóviles no actuando como portadores de corriente. Bajo la acción del ar

co eléctrico se descompone en productos gaseosos (fluoruro de azufre de bajo contenido del fluor o - combinaciones a azufre, fluor y oxígeno) y sólidos (fluoruros metálicos). Dichos fluoruros metálicos se depositan en forma de polvo blanco, pero debido a que poseen una gran rigidez dieléctrica no causan perturbación desde el punto de vista eléctrico. Se gún las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional, el SF₆ para aplicación en disyuntores no debe contener impurezas en cantidades mayores a los valores que se detallan a continuación:

<u>IMPUREZAS</u>	<u>CONCENTRACION MAXIMA PERMISIBLE</u> (PESO)
Tetrafluoruro de Carbono (CF ₄)	0.05%
Oxígeno más Nitrógeno (AR)	0.05%
Agua	15 p.p.m.
Acidez	0.03%
Fluoruros	1 p.p.m.

El SF₆ es un aislante que se mantiene en forma gaseosa frente a todos los cambios de temperatura que sufre un disyuntor en operación.

Su rigidez dieléctrica es más del doble que la del

aire a la presión atmosférica.

Un arco en hexafluoruro de azufre no produce ningún depósito de carbón como ocurre en el caso del aceite.

Los productos de descomposición del hexafluoruro de azufre que se desprenden por contacto con el arco eléctrico se absorben por la alúmina situada en el interior del disyuntor.

El coeficiente de transmisión del calor, es algunas veces mayor al del aire lo cual facilita una rápida disipación del calor y reduce de ésta manera el aumento de temperatura del equipo.

3.4.2 CARACTERISTICAS DEL DISYUNTOR

Los disyuntores a SF_6 generalmente tienen su aplicación a voltajes entre 69 hasta 500 KV.

Su aspecto físico es generalmente igual a la de los disyuntores de aire comprimido y están compuestos básicamente por:

- Un polo separado por cada fase.
- Cada polo contiene una cámara de interrupción en el aislador superior y una columna aislante en la

parte inferior por donde atravieza el SF₆ y en la cual existe una varilla aislante para el mecanismo de control.

- Una cabina de control con los dispositivos de comando de abertura y cerramiento del disyuntor.

En las figuras N°14 y N°15 se muestran las partes más importantes de éstos tipos de disyuntores.

Normalmente el mecanismo para comando del disyuntor es hidráulico, utilizándose aceite bajo alta presión o neumático utilizando el aire comprimido obtenido de un compresor acoplado a una cabina de comando como en los disyuntores a gran volumen de aceite.

Cuando son aplicados a voltajes mayores de 138 KV - éstos utilizan varias cámaras de corte en serie con capacitores y/o resistencias de acoplamiento.

En éstos casos la columna aislante es aumentada en función de la necesidad de aislamiento a tierra.

En cuanto a la capacidad de interrupción tenemos:

<u>CLASE DE</u> <u>TENSION</u>	<u>TIEMPO DE</u> <u>INTERRUPCION</u>	<u>CAPACIDAD DE</u> <u>INTERRUPCION</u>
138 KV	3-2 ciclos	10.000 MVA

230 KV	3-2	ciclos	15.000	MVA
500 KV	2	ciclos	25.000	MVA

Dichos tiempos de interrupción no incluyen los tiempos de los relés.

3.4.3 CORTE DE CORRIENTE

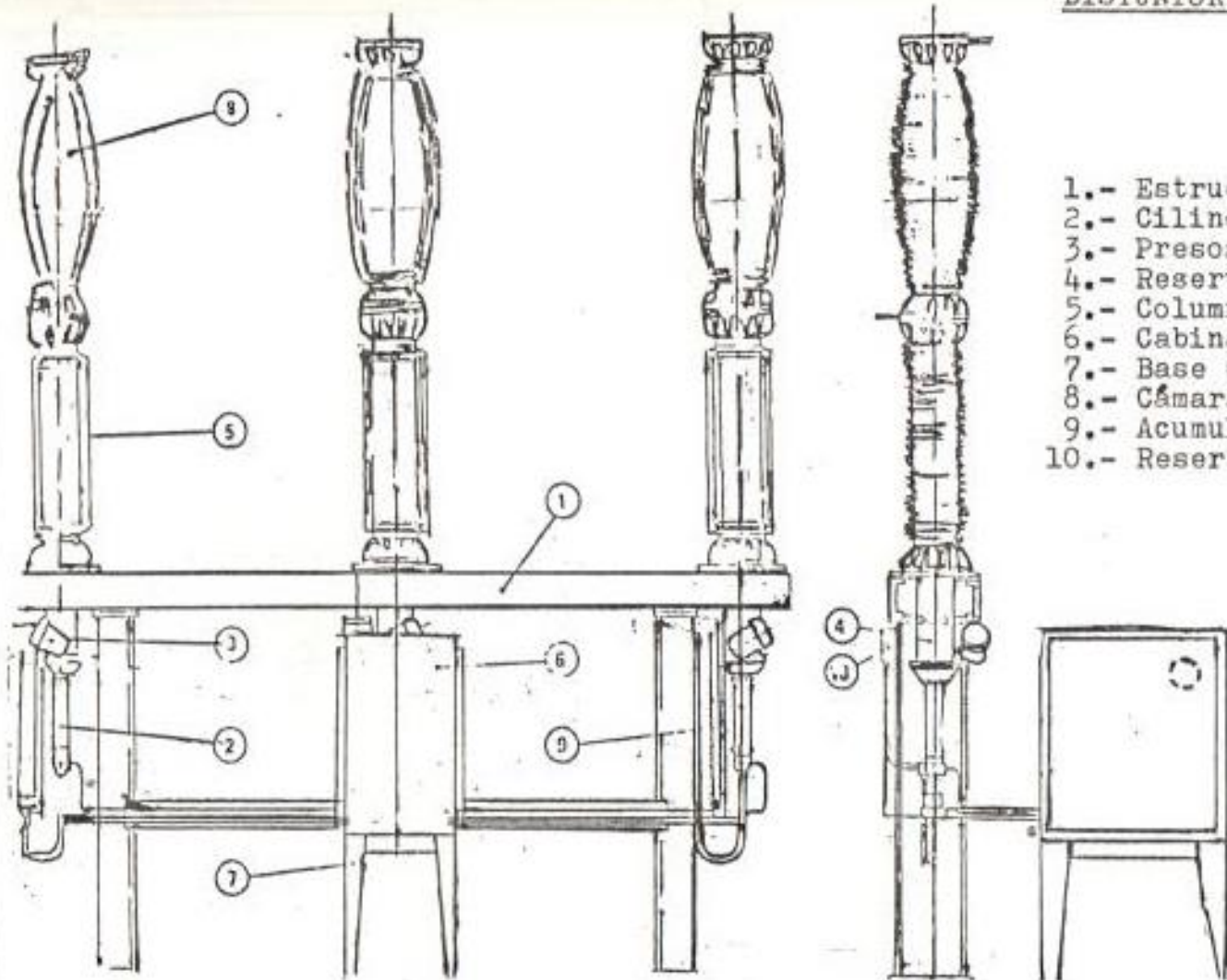
Los disyuntores a SF_6 utilizan los procesos de doble presión de gas o monopresión para extinción del arco.

En los disyuntores con doble presión de gas, la extinción del arco se hace a través de un chorro de SF_6 proveniente de una cámara de alta presión alimentada por un sistema de compresores; éste chorro pasa por la región de separación de los contactos yendo enseguida para la tubería de baja presión.

En los disyuntores con presión única de gas, la extinción del arco se hace con un chorro de SF_6 provocado por un pistón que permanece parado mientras que el cilindro que sirve de base de los contactos móviles se disloca, comprimiendo el gas en la apertura.

El arco en éste tipo de disyuntor de gran potencia se extingue por el gas, el cual se encuentra a una

FIG. N°14

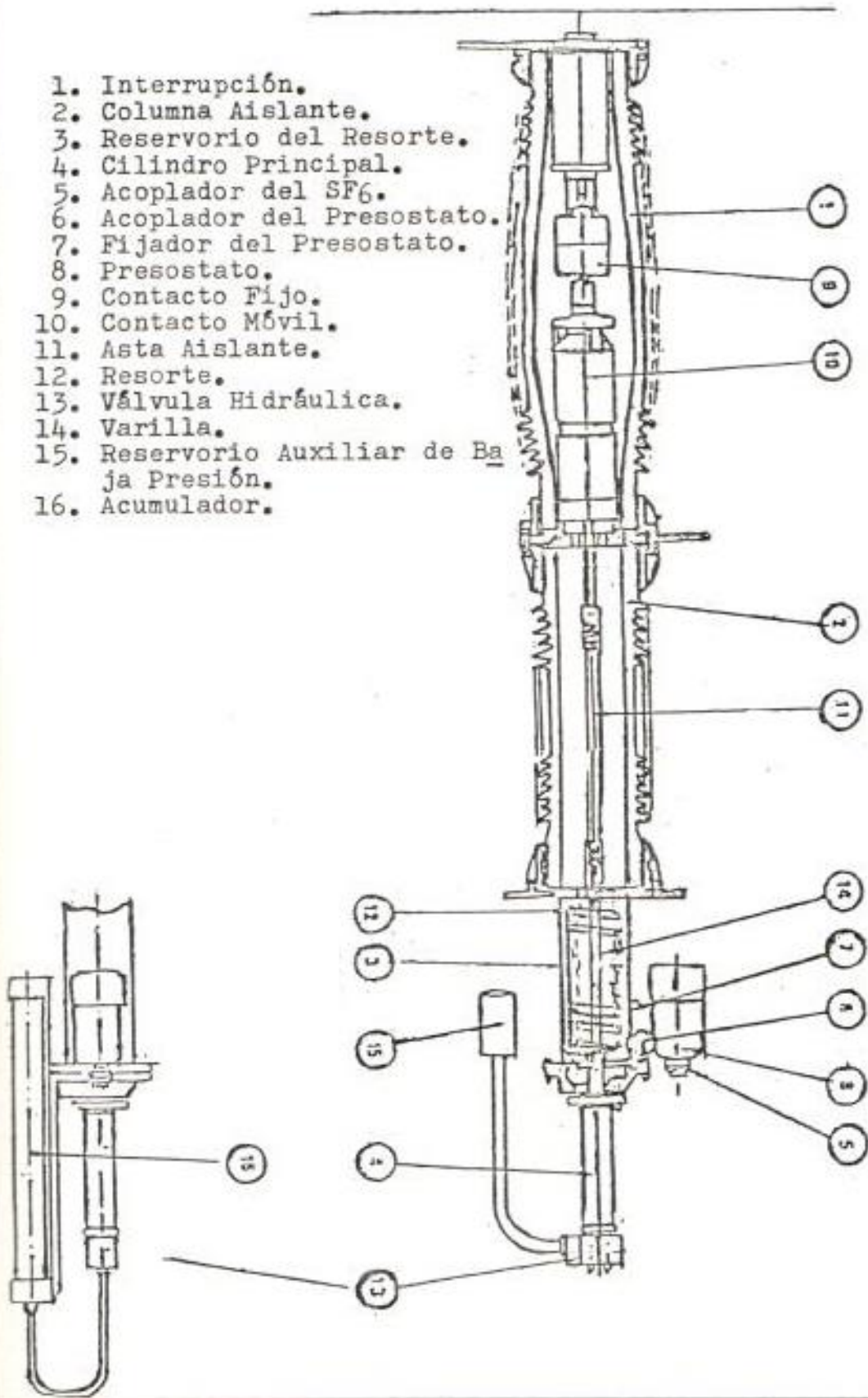


DISYUNTOR DE HEXAFLUORURO DE
AZUFRE

- 1.- Estructura.
- 2.- Cilindro Principal.
- 3.- Presostato de SF₆.
- 4.- Reservorio del Resorte.
- 5.- Columna Aislante.
- 6.- Cabina de Control.
- 7.- Base de la Cabina.
- 8.- Cámara de Interrupción.
- 9.- Acumulador.
- 10.- Reservorio Auxiliar.

UN DISYUNTOR A SF₆

1. Interrupción.
2. Columna Aislante.
3. Reservorio del Resorte.
4. Cilindro Principal.
5. Acoplador del SF₆.
6. Acoplador del Presostato.
7. Fijador del Presostato.
8. Presostato.
9. Contacto Fijo.
10. Contacto Móvil.
11. Asta Aislante.
12. Resorte.
13. Válvula Hidráulica.
14. Varilla.
15. Reservorio Auxiliar de Baja Presión.
16. Acumulador.



presión generalmente de 14 Kg-F/cm^2 . La energía requerida para la extinción está siempre presente en el gas a alta presión, de tal manera que la energía mecánica requerida para la operación es muy pequeña.

Muy por el contrario a los disyuntores de aceite, en los cuales se producen grandes sobrepresiones debido a la vaporización del aceite por el arco, las sobrepresiones que pueden producirse en éstas unidades son pequeñas, pues son debidas únicamente por el aumento de presión ocasionada por la elevación de temperatura del gas.

El arco se extingue por el flujo del SF_6 a presión a través del orificio central del contacto móvil - que escapa por los orificios laterales de éste contacto.

Después de cada ruptura, el gas a 14 Kg/cm^2 que se ha expandido en el tanque es devuelto a un depósito de alta presión mediante un compresor no existiendo ningún escape de cantidad alguna de éste gas debido al circuito cerrado que realiza.

Para la capacidad del número de interrupciones del disyuntor se tiene un depósito auxiliar de SF_6 colocado bajo cada disyuntor el cual contiene sufi-

ciente gas para cuatro rupturas consecutivas sin necesidad de poner en marcha el compresor.

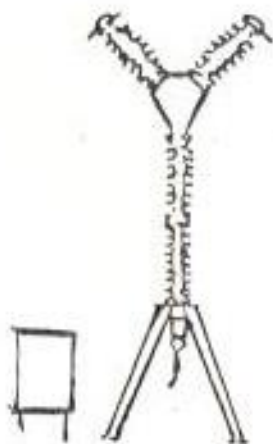
En la figura N°16 se muestran diferentes tipos de disyuntores de hexafluoruro de azufre a voltajes mayores de 230 KV.

En la tabla número IV se expresan las características principales de los disyuntores de éste tipo más utilizados.

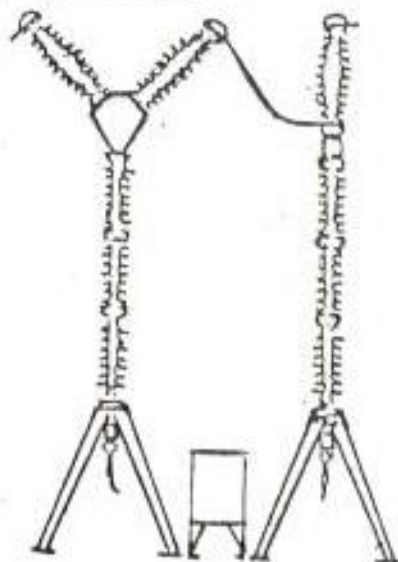
FIG. Nº16

DISYUNTORES DE HEXAFLUORURO DE AZUFRE A VOLTAJES
MAYORES DE 230 KV

FA2 polos 230 KV



FA3 polos 345 KV



FA4 polos 420 KV

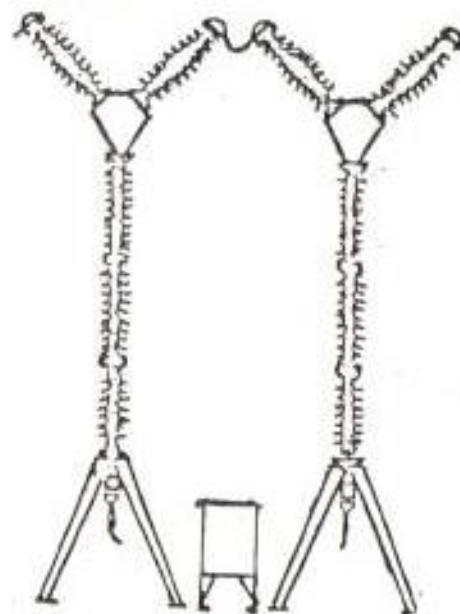


TABLA IV- DISYUNTORES A GAS SF6

FABRICANTE	TENSION NOMINAL (KV)	CAPACIDAD DE INTERRUPCION (MVA)	CORRIENTE NOMINAL (A)	TIPO DE DISYUNTOR	TIPO DE COMANDO	ACCIONAMIENT
DELLE-ALSTHOM	245	8.000	2.000	FL2A	CH4	NEUMO-HIDRAULI
MAGRINI	245	12.000	2.000	245MHM		NEUMATICO
	220	15.000	1.600	245MHM	EPM-200	NEUMATICO
	220	12.000	800	245MHM	EPM-255	NEUMATICO
	145	5.000	---	145MHM	EPM-255	NEUMATICO
	92	3.500	1.250	100-MHM-3500	---	NEUMATICO
MITSUBISHI	138	10.000	1.250	120-SFM-40	AL-25R	NEUMATICO
	138	3.500	1.250	120-SFL-20	AL-25R	NEUMATICO
SIEMENS	220	10.000	2.000	H912	H133	NEUMATICO
WESTINGHOUSE	230	15.000	1.600	2300-SF	AA-10-80R	NEUMATICO

CAPITULO IV

CRITERIOS PARA LA SELECCION Y ESPECIFICACION DE DISYUNTORES

4.1 GENERALIDADES

De un modo general, la capacidad de interrupción de un disyuntor es dimensionada de forma de prever futuras evoluciones del sistema.

Una adecuada elección de un disyuntor será hecha considerando los valores nominales individuales exigidos por las consideraciones de carga y por las diversas posibilidades de fallas que existan.

Gran parte de disyuntores actualmente en operación - son especificados por las normas ANSI, siendo las especificaciones de los disyuntores más recientes basadas en la corriente simétrica de interrupción mientras que las que se encuentran en operación desde hace muchos años fueron especificadas en base de la corrien

te asimétrica de interrupción.

Existen también disyuntores de procedencia europea - cuya especificación es basada en las normas IEC (Comisión Electrónica Internacional).

Cabe por lo tanto analizar los dos criterios de las normas ANSI y de las normas IEC para la verificación de la capacidad de interrupción de los disyuntores de un sistema como se demuestra a continuación.

NORMAS ANSI

a) Basada en la corriente simétrica de interrupción.

Los pasos utilizados por ésta norma para la especificación de un disyuntor están sintetizados a continuación:

1) Características de los disyuntores que comprende.

- Tensión máxima de operación.
- Factor "K" que representa la relación entre la máxima y mínima tensión de operación.
- Corriente nominal de interrupción simétrica (CNIS).
- Corriente máxima de interrupción simétrica (KXCNIS).

- Poder de cierre (1,6 X K X CNIS).
- Capacidad de conducción (hasta 3 seg.).

2) Cálculo de la corriente de cortocircuito.

La corriente de cortocircuito es determinada - en el punto de la falla a través de una red de reactancias puras, por la relación $\frac{E}{X}$ para cortocircuitos trifásicos siendo X el valor de la reactancia equivalente vista en el punto de la falla y E la tensión máxima de operación en di cho punto.

Si el valor de $\frac{E}{X}$ encontrado fuera inferior a 0.8 X CNIS se tendrá que el disyuntor elegido es satisfactorio.

Si el valor de $\frac{E}{X}$ fuera inferior a 0.8 X CNIS - se debe verificar la relación $\frac{X}{R}$ en el punto de la falla.

3) Ciclos de Operación.

El ciclo de operación es CO-15 seg - CO (poder de interrupción nominal) el cual es descrito a continuación:

CO: es el tiempo comprendido desde el momento

en que el relé energiza la bobina de apertura del disyuntor hasta la apertura de sus contactos.

15 seg: Intervalo de tiempo que permanece abierto el disyuntor.

C.O.: Es el tiempo comprendido desde el momento en que el disyuntor cierra sus contactos hasta que se realice su operación de apertura.

Sin embargo los disyuntores especificados en base de la corriente simétrica sin reducción del poder de interrupción poseen los siguientes ciclos:

- Para disyuntores encima de 121 KV (inclusive)
CO-15 seg-CO-15 min-CO-15 seg-CO-1 hora-CO.
- Para disyuntores inferiores a 121 KV
CO-15 seg-CO-15 min-CO-15 seg-CO-1 hora-CO-1 hora-CO.

La simbología utilizada en éstos ciclos de operación han sido determinadas para indicar con C la operación de cierre y con O la operación de apertura.

b) Basada en la corriente asimétrica de interrupción.

1) Características de los disyuntores:

- Son establecidas las tensiones mínima y nominal de operación.
- La corriente nominal de interrupción asimétrica (CNIA) es definida por la tensión nominal de operación.
- La corriente máxima de interrupción (CMIA) - es definida a la tensión mínima de operación.
- Estos disyuntores así definidos presentan una capacidad de conducción de 4 seg el valor de CMIA.

2) Cálculo de la corriente de cortocircuito.

La metodología es similar a la adoptada en el criterio simétrico.

3) Ciclos de operación.

El ciclo patrón de operación es CO-15 seg-CO - (poder de interrupción nominal) debiéndose en la utilización de ciclos diferentes proceder a calcular la capacidad de interrupción.

NORMAS IEC

1) Capacidad de Interrupción.

La capacidad de interrupción nominal del disyuntor está caracterizada por dos valores:

- El valor eficaz de su componente alterna.
- El porcentaje de su componente continua.

2) Capacidad de cierre.

La capacidad de cierre corresponde a la tensión nominal y es igual a 2.5 veces el valor eficaz de la componente alterna de la capacidad de interrupción nominal.

3) Duración nominal de cortocircuito.

El disyuntor debe soportar su corriente de interrupción nominal en un tiempo menor o igual a la duración nominal.

4) Ciclo nominal de operación.

Existen dos alternativas:

- a) O-t-Co-t'-Co.
- b) CO-t"-CO.

Cuando los intervalos de tiempo no son especificados se tiene:

$t = 3 \text{ min}$ y $t' = 15 \text{ seg}$ cuando no se pretende re-

conexión rápida.

Generalmente $t' = 3$ min.

Por lo anteriormente expuesto las normas ANSI sime
trica y las normas IEC son equivalentes en sus re
querimientos. Es necesario indicar que respecto
a las normas ANSI asimétricas éstas son aplicadas
a disyuntores americanos que fueron construidos -
antes del año 1.964.

En el presente estudio se aplicarán las normas de
la Comisión Electrónica Internacional (IEC) utili
zadas en disyuntores de fabricación europea para
la determinación de su capacidad de interrupción
nominal.

En las tablas número V-A y V-B que se anexan se -
muestran la coordinación de los valores nominales
de los disyuntores siendo conveniente se elijan -
de éstas tablas las características nominales que
cumplan con las sollicitaciones indicadas.

Las características nominales individuales de un
disyuntor están dadas por:

- Tensión nominal.
- Nivel de aislamiento nominal.

TABLA V-A

TABLA DE COORDINACION DE LOS VALORES NOMINALES DE LOS DISYUNTORES

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA	TENSION MAX. OPERACION DEL SISTEMA	CAPACIDAD DE INTERRUPCION NOMINAL DE CORTOCIRCUITO (KA)	CORRIENTE NOMINAL EN REGIMEN PERMANENTE (A)					
3.3	3.6	8	400	630	1250	1600	2500	
		16						
		25						
		40						
6.6	7.2	8	400	630	1250	1600	2500	
		12.5						
		16						
		25						
11	12	8	400	630	1250	1600	2500	
		12.5						
		16						
		25						
13.8	15.0	8	400	630	1250	1600	2500	
		12.5						
		16						
		25						
22	25.8	8	400	630	1250	1600	2500	
		12.5						
		16						
		25						
34.5	38	8	630	1250	1600	2500		
		12.5						
		16						
		25						
44	48.3	8	800	1250	1600	2000		
		12.5						
		20						
		25						
69	72.5	12.5	800	1250	1600	2000		
		16						
		20						
		25						

- Frecuencia nominal.
- Corriente nominal en servicio continuo.
- Capacidad de interrupción nominal en cortocircuito.
- Tensión de restablecimiento transitorio nominal.
- Capacidad instantánea de cortocircuito.
- Secuencia de operaciones nominales.
- Tiempo admisible nominal de la corriente de cortocircuito.

Otras características nominales también pueden ser tomadas como referencia si fuera necesario y éstas son:

- Capacidad de conducción nominal de las líneas y cables ya que ésta debe ir en concordancia con la capacidad del disyuntor.
- Capacidad de interrupción nominal de un único banco de capacitores.
- Capacidad de interrupción nominal de pequeñas corrientes inductivas.

Otros factores que serán considerados en la elección de un disyuntor son:

- Las condiciones locales, atmosféricas y climáticas

- Su utilización en grandes altitudes.
- Duración de la abertura.

4.2 CRITERIOS PARA LA SELECCION DE DISYUNTORES EN CONDI- CIONES NORMALES.

4.2.1 ELECCION DE LA TENSION NOMINAL (LINEA A LINEA)

La tensión nominal de un disyuntor debe ser escogida entre los valores normalizados que a una frecuencia de 60 Hz vienen dadas por los siguientes valores:

3.6-7.2-12.0-15.0-25.8-38-48.3-72.5-92.0-145.0-245.0
362.0-460.0-765.0.

Se recomienda que la tensión nominal escogida del - disyuntor sea por lo menos igual a la tensión más elevada del sistema en el local en donde se encuentra instalado el disyuntor.

Las combinaciones preferidas de la tensión nominal, de la capacidad de interrupción nominal y de la corriente nominal en servicio continuo son indicadas en las tablas número V-A y V-B.

4.2.2 COORDINACION DE AISLAMIENTO

El nivel de aislamiento nominal de un disyuntor debe ser escogido entre los valores de la tabla número VI

-A y VI-B.

Es necesario recalcar que los valores de tensión de ensayo de éstas tablas corresponden a disyuntores localizados en instalaciones expuestas, sin embargo es aplicada por el momento también a disyuntores situados en instalaciones interiores (no expuestas).

La coordinación del aislamiento es un sistema eléctrico tiene por objeto reducir los daños causados en los equipos eléctricos por las sobretensiones, para lo cual se debe tomar precauciones para limitar tales sobretensiones, en los terminales de los disyuntores a valores fijos, que sean inferiores al nivel básico de aislamiento.

4.2.3 ELECCION DE LA CORRIENTE NOMINAL EN SERVICIO CONTINUO

Se conoce como corriente nominal en servicio continuo a aquella que el disyuntor puede soportar continuamente, salvo en condiciones de funcionamiento excepcionales. Tales condiciones pueden ser encontradas en disyuntores de generadores los cuales muchas veces trabajan por un tiempo bastante largo con una corriente próxima a su corriente nominal, sin operación y en un ambiente con temperatura bastante alta.

TABLA VI-A

TABLA DE COORDINACION DE AISLAMIENTO

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA KV	TENSION MAX. DE OPERACION DEL SISTEMA KV	TENSION SOPORTABLE NOMINAL DE IMPULSO ATMOSFERICO	TENSION SOPORTABLE NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL DURANTE 1 MINUTO (KV)
		KV (VALOR EFICAZ)	
3.3	3.6	20 40	10
6.6	7.2	40 60	20
11	12	60 75	28
13.8	15.0	95 110	50
22	25.8	125 150	60
34.5	38	170 200	80
44	48.3	250	105
69	72.5	350	160
88	92	350 450	150 185
138	145	550 650	230 275
230	245	850 950 1.050	360 395 460

TABLA VI-B

TABLA DE COORDINACION DE AISLAMIENTO

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA KV (V.eficaz)	TENSION MAXIMA DE OPERACION DEL KV (V.eficaz)	TENSION SOPORTABLE NOMINAL DE IMPULSO ATMOSFERICO KV (cresta)	TENSION SOPORTABLE DE IMPULSO DE MANIOBRA KV (cresta)	
			A TIERRA	A TRAVES DE LOS TERMINALES DEL DIS/ABIERTO
345	362	1175 1300	850 950	950
440	460	1425 1675	950 1050	1050
500	525	1675 1800	1050 1175	1300
750	765	1800 2100	1300 1425	1550

La corriente nominal en servicio continuo de un disyuntor debe ser escogida entre los valores dados por las normas internacionales y que son cumplidas por los fabricantes en las siguientes capacidades:

400-630-800-1250-1600-2000-2500-3150-4000-5000 y 6300A

Las combinaciones preferidas de la corriente nominal en servicio continuo con las tensiones nominales y con las capacidades de interrupción nominales en cortocircuito son indicadas en las tablas de coordinación número V-A y V-B.

Nótese que los disyuntores no tienen ninguna capacidad de sobrecarga continua especificada, de tal manera que cuando se escoge un disyuntor se recomienda que su corriente nominal en servicio continuo sea la adecuada para todas las corrientes de carga que puedan ocurrir en servicio.

En el momento de que se tiene la posibilidad de poseer sobrecorrientes intermitentes, frecuentes y severas será necesario realizar la consulta respectiva al fabricante, teniendo en cuenta que se pueden tomar los siguientes criterios de solución:

- 1) Revisar los datos de utilización dados por el fa-

bricante en base de las pruebas que ellos realizan para garantizar el buen funcionamiento del equipo durante la realización de maniobras para condiciones de trabajo especiales.

- 2) Realización de mantenimientos más frecuentes.
- 3) Cambio del disyuntor con el sobredimensionamiento adecuado.

4.2.4 CONDICIONES ATMOSFERICAS Y CLIMATICAS

Para los disyuntores utilizados a la interperie las condiciones atmosféricas en ciertas áreas donde se encuentran instalados le son desfavorables debido a la existencia de humaradas, vapores químicos, polvo, niebla y humedad.

Cuando existen éstas situaciones desfavorables se debe dar una atención especial a la construcción de las partes del disyuntor, especialmente a la que corresponde a los aisladores ya que ésta es la parte conectada a la línea y que se encuentra normalmente espuesta al ambiente.

El comportamiento de los aisladores depende de la frecuencia con la que se efectúa ya sea su lavado artificial o su limpieza natural.

Es necesario indicar que el fabricante deberá ser -
consultado en el caso de que el disyuntor deba ser -
instalado en un lugar donde la temperatura ambiente
sea menor a $- 20^{\circ}\text{C}$ para un disyuntor tipo interior y
menor de $- 50^{\circ}\text{C}$ para un disyuntor tipo exterior, así
como también si se encuentra en un lugar donde la tem-
peratura pueda sobrepasar de 40°C (o si la temperatu-
ra media sobrepasa los 35°C en 24 horas).

Sin embargo se deben tomar en cuenta los siguientes
criterios de solución:

- 1) Mejorar el aislamiento de las partes conductoras
cuando existen altas temperaturas (40°C) debido -
al calentamiento que se produce.
- 2) Dotar de medios anticongelantes cuando existen ba-
jas temperaturas debido a que la resistencia mecá-
nica aumenta en el disyuntor por el peso de la -
nieve.

Igual situación se presentará si los disyuntores son
instalados a altitudes superiores a 1.000 Mts. ya que
las condiciones en servicio normal se refieren a los
disyuntores que son utilizados en altitudes hasta de
1.000 Mts. siendo necesario para el efecto aumentar
el aislamiento.

4.3 CRITERIOS PARA LA SELECCION DE DISYUNTORES EN CONDI- CIONES DE FALLA

4.3.1 ELECCION DE LA CAPACIDAD DE INTERRUPCION NOMINAL EN CORTOCIRCUITO

La elección de un disyuntor en general es basada en el valor de la corriente de cortocircuito monofásica o trifásica que deberá interrumpir en las condiciones más desfavorables del sistema.

Tales condiciones son determinadas a partir del cálculo de las corrientes de cortocircuito en las diferentes líneas que sean controladas por el disyuntor en el sistema que opera.

La mayor corriente calculada de ésta manera determinará la capacidad de interrupción de los disyuntores.

Según las normas IEC, la capacidad de interrupción nominal del disyuntor está expresada por dos valores:

- 1) El valor eficaz de su componente alterna llamada también corriente de interrupción nominal (corriente de cortocircuito).
- 2) Porcentaje de su componente continua con respecto a su componente alterna.

Las componentes alterna y continua son determinadas de acuerdo con la figura N°17.

El disyuntor debe ser capaz de interrumpir corrientes de cortocircuito hasta que su corriente de interrupción nominal contenga el valor nominal de su componente alterna y un porcentaje de componente continua límite.

En general para los disyuntores se aplican los siguientes principios de operación:

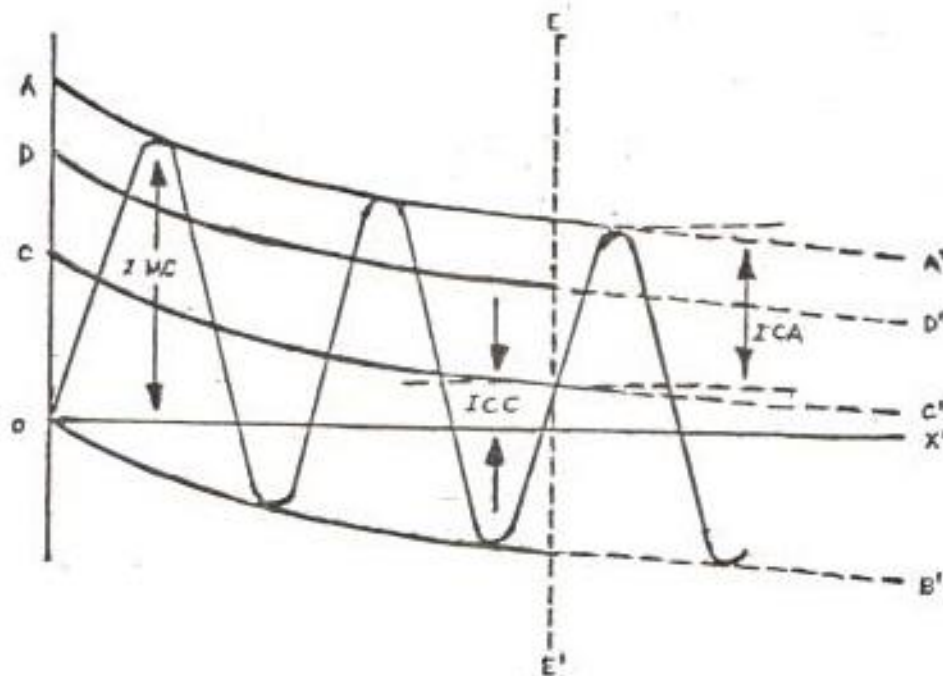
- a) Para tensiones inferiores al valor nominal el disyuntor debe ser capaz de interrumpir su corriente de interrupción nominal. Las corrientes mayores a la nominal podrán ser interrumpidas siempre y cuando las potencias de cortocircuito estén dentro de la potencia de interrupción del disyuntor.
- b) Para tensiones superiores al valor nominal no se garantiza ningún valor de corriente de interrupción exepcto para los casos de interrupción en discordancia de fase.

El valor porcentual de la componente de corriente continua debe ser determinado de la siguiente forma:

- 1) Un disyuntor que abra debido a la acción propia -

FIG. Nº17

DETERMINACION DE LAS CAPACIDADES INSTANTANEAS DE CORTOCIRCUITO, DE INTERRUPCION Y DEL PORCENTAJE DE LA COMPONENTE DE CORRIENTE CONTINUA



- AA' Envolvente superior de la onda de corriente.
 OB' Envolvente inferior de la onda de corriente.
 OX' Eje del cero.
 CC' Desplazamiento del eje del cero de la onda de corriente a cada instante.
 DD' Valor eficaz de la componente alterna (CA) de la corriente, a cada instante medida a partir del eje CC'.
- EE' Instante de separación de los contactos.
 IMC Capacidad instantánea de cortocircuito.
 ICA Valor de cresta de la componente alterna (CA) de la corriente en el momento EE'.
- $\frac{ICA}{\sqrt{2}}$ Valor eficaz de la componente alterna (CA) de la corriente en el momento EE'.
- ICC Componente continua (CC) de la corriente en el momento EE'.
- $\frac{ICC \times 100}{ICA}$ Porcentaje de componente continua (CC)
- ICA

de la corriente de cortocircuito (protección primaria) tendrá que la componente porcentual de corriente continua corresponderá al intervalo de tiempo T igual al tiempo de abertura mínimo del disyuntor.

- 2) Un disyuntor cuya abertura sea a través de fuentes auxiliares (protección secundaria) tendrá que la componente porcentual de corriente continua corresponderá al intervalo de tiempo T igual al tiempo de abertura mínimo del disyuntor más medio ciclo de frecuencia nominal.

De ésta manera el valor porcentual de la componente de corriente continua, varía en función del tiempo T medido a partir del inicio del cortocircuito.

La capacidad de interrupción nominal bajo cortocircuito (componente AC) deberá ser escogida entre los valores normalizados indicados a continuación:

6.3- 8- 10- 12.5- 16- 20- 25- 31.5- 30- 50- 63- 80- 100 KA.

Las combinaciones preferidas de las capacidades de interrupción nominales en cortocircuito con las tensiones nominales y las corrientes nominales en servicio continuo son indicadas en las tablas número de -

coordinación número V-A y V-B.

4.3.2 ELECCION: DE LA TENSION DE RESTABLECIMIENTO TRANSITORIA NOMINAL, DEL FACTOR DEL PRIMER POLO Y DE LAS CARACTERISTICAS NOMINALES PARA LAS FALLAS KILOMETRICAS

En la interrupción de corriente el problema que se presenta es que actualmente el medio de desconexión empleado por los interruptores es a base de separación de contactos en un medio dieléctrico, ya que no se ha diseñado otra forma de desconexión. Esta forma de desconexión puede provocar que el arco eléctrico entre contactos fijo y móvil que han quedado separados se vuelva a restablecer cuando por la magnitud de la falla la rigidez dieléctrica del medio de extinción (aceite, aire, SF_6) haya bajado debido a la ionización. Este arco eléctrico somete a los contactos a un voltaje adicional llamado "Voltaje de Restablecimiento Transitorio o Voltaje de Recuperación".

Desde el punto de vista de la red éste fenómeno se presenta generalmente cuando hay cierre sobre falla es decir que se cierra un interruptor cuando una falla aún no ha sido liberada o alguna otra anomalía.

Las tensiones de restablecimiento transitorias que o

curren en las interrupciones de las corrientes de - cortocircuito más elevadas, no son forzosamente más severas de las que pueden aparecer en otros casos ya que es función esencialmente de los elementos conectados al sistema.

Es así que los mayores efectos son producidos por - los siguientes factores:

- Nivel de tensión.
- Tipo y localización de la falla.
- Magnitud de la corriente de falla.
- Número de líneas conectadas en la subestación durante la falla.
- Impedancia de las líneas.
- Naturaleza de los terminales de las líneas.
- Capacitancia e inductancia de ambos lados del disyuntor.

Además de las características del sistema, la posibilidad de que los disyuntores soporten la TRT se ve también influenciada por los siguientes factores:

- Diferencia de potencial entre puntos extremos del disyuntor (tensión del arco).
- Conductividad después del arco.
- Velocidad de abertura de los contactos.

- Material de los contactos.

Por lo mencionado en párrafos anteriores todo disyuntor debe ser capaz de soportar la tensión de restablecimiento transitoria que ocurre después de la interrupción, de manera que sea garantizada la separación con éxito de la parte del sistema afectado.

Se recomienda entonces que la onda de la tensión de restablecimiento calculada para el sistema no sobrepase el trazado de referencia que representa la tensión de restablecimiento transitoria especificada por el disyuntor.

Las amplitudes más severas de la tensión de restablecimiento transitoria ocurren durante la abertura del primer polo en la interrupción de la falla trifásica debido a que la desconexión en las tres fases no es simultánea aún cuando se cuente con interruptores trifásicos de desconexión en grupo, debido al desfaseamiento natural de las corrientes lo que origina el sobrevoltaje en la abertura de la primera fase que se abre.

Los valores normalizados indicados para las tensiones nominales iguales o inferiores a 100 KV se aplican para un factor del primer polo (o factor de sobrevolta

je) igual a 1.5 mientras que para tensiones mayores a 100 KV se utilizan factores del primer polo entre 1.3 a 1.5.

El factor 1.3 corresponde a un sistema con neutro eficazmente conectado a tierra en el cual las fallas aisladas a tierra se las consideran improbables.

El factor 1.5 es aplicado en sistema con neutro no eficazmente conectado a tierra o que a pesar de estarlo no se puede despreciar la probabilidad que ocurran fallas trifásicas aisladas de tierra.

Normalmente no será necesario llevar en consideración otras tensiones de restablecimiento transitorias ya que en la realidad los valores normalizados especificados cubren la mayor parte de los casos prácticos.

En algunas ocasiones además de los valores ya encontrados urge la determinación del efecto por la influencia de fallas kilométricas las cuales están definidas por los sobrevoltajes que ocurren cuando el cortocircuito se ha producido a una distancia del disyuntor del orden de un kilómetro aproximadamente.

En éste caso la rapidez de la elevación de la tensión en los bornes del disyuntor, después del paso -

de la corriente por cero, puede ser muy grande averiando el disyuntor. De aquí se tiene una de las causas para que la interrupción de la corriente de cortocircuito sea realizada en el menor tiempo posible.

Cuando los disyuntores son previstos para instalaciones en las cuales es necesario especificar las características nominales para fallas kilométricas deben tomarse en cuenta que éstas no deben ser superiores a los valores apropiados. En caso de que esto no ocurra deberá confirmarse la TRT estimada para fallas kilométricas, a partir de las características nominales y comparada con la TRT estimada de las características reales del sistema, luego de lo cual si son previstas características especiales para las fallas kilométricas éstas deberán ser objeto de un acuerdo entre fabricante y comprador.

4.3.3 ELECCION DE LAS CARACTERISTICAS EN CASO DE DISCORDANCIA DE FASES

En el caso de maniobras de circuitos de tiene la presencia algunas veces de la discordancia de fases que ocasionan las condiciones más severas en la operación de un disyuntor, pero debido a que rara vez se produ

cen resulta antieconómico proyectarlo para tales con
diciones.

En los lugares en que sean previstas maniobras frecuen
tes en discordancia de fases o que por otras razones
la maniobra en discordancia de fases es una cuestión
especialmente importante, se tendrá que el comprador
determinará las tensiones de restablecimiento del sis
tema.

En algunas ocasiones la severidad de las tensiones de
bidas a maniobras en discordancia de fases se puede
reducir utilizando redes que posean elementos sensi-
bles a la impedancia de tal manera que se controle -
el instante de accionamiento del mecanismo de abertu-
ra, de modo que la interrupción ocurra bien antes, o
bien después del instante en que el ángulo de fase -
alcance 180° .

4.3.4 ELECCION DE LA CAPACIDAD INSTANTANEA DE CORTOCIRCUITO

La capacidad instantánea de cortocircuito de un dis-
yuntor (capacidad de cierre) es la que corresponde a
su tensión nominal. En otras palabras es la máxima
corriente que se produce inmediatamente después de -
la falla.

Se recomienda que la capacidad instantánea de corto-

circuito del disyuntor escogido no sea inferior al - mayor valor de cresta de la corriente de falla.

Salvo especificación de lo contrario en la práctica la capacidad instantánea de cortocircuito es igual a 2.5 veces la componente alterna de la capacidad de - interrupción nominal en cortocircuito.

4.3.5 SECUENCIA DE OPERACION EN SERVICIO

La secuencia de operación nominal de un disyuntor - debe ser una de las especificadas a continuación:

- 1) O - 3 min - CO - 3 min - CO.
- 2) CO - 15 seg - CO.
- 3) O - 0.3 seg - CO - 3 min - CO. (para los disyuntores previstos de reconexión automática rápida).

Donde C indica la posición de cierre.

Y O la posición de apertura.

Los intervalos de tiempo son aplicables salvo que se especifiquen otros valores.

Si la capacidad de interrupción de los disyuntores en el proceso de una secuencia de reconexión automática rápida es inferior a la capacidad de interrupción no minal en cortocircuito, se tendrá que el fabricante

deberá realizar la notificación de la misma.

En el momento que los intervalos de tiempo son deseados por el comprador de una manera más severa deberá realizar la notificación de la misma al fabricante - para que pueda de una forma adecuada modificar las características del disyuntor.

4.3.6 ELECCION DEL TIEMPO NOMINAL ADMISIBLE PARA LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Este se aplica a los disyuntores que no poseen disparadores de sobrecorriente directo.

El disyuntor debe soportar su corriente de interrupción nominal para un tiempo menor o igual a la duración nominal.

El valor patrón para la duración nominal es de un segundo.

Si todavía es necesario una duración mayor, se recomienda escoger un valor de tres segundos, como valor nominal.

Para tiempos superiores al tiempo nominal admisible, se tiene que la relación entre la corriente y el tiempo es constante, salvo el caso que el fabricante dé especificaciones contrarias.

$I^2t = \text{Constante.}$

Donde:

I: corriente de cortocircuito en amperios.

t: tiempo en segundos.

4.4 ESPECIFICACIONES DE LOS DISYUNTORES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LOS FABRICANTES Y DEL CLIENTE

Paralelamente con el desarrollo eléctrico mundial se tiene un gran variado y crecido número de disyuntores, siendo necesario tener la tendencia de normalizar los datos que serán dados por los solicitantes así como también los datos que deben ser proporcionados por los fabricantes para de ésta manera obtener no solamente la optimización del equipo que se adquiere sino que también evitar equivocaciones en sus especificaciones.

De ésta manera a continuación se detallarán los datos más comúnmente utilizados:

DATOS DADOS POR EL CLIENTE

1) Características propias del sistema como son:

- Tensiones nominal y máxima.
- Frecuencia.

- Número de fases.
- Detalle del aterramiento del neutro.

2) Condiciones de servicio donde deberán especificarse:

- Las temperaturas ambientales mínima y máxima.
- Indicar si la temperatura máxima es superior a la normal.
- Altitud (si ésta es superior a 1.000 Mts.).
- Condiciones especiales que puedan existir, así como por ejemplo: existencia no habitual de: humedad, vapores químicos, gases explosivos, - polvo excesivo, aire marítimo, etc.

3) Características del disyuntor:

Se recomienda dar las siguientes especificaciones:

- a) Número de polos.
- b) Tensión nominal.
- c) Nivel de aislamiento nominal si éste es diferente al nivel normalizado.
- d) Tipo: para interior o para exterior.
- e) Frecuencia nominal.
- f) Corriente nominal en servicio continuo.
- g) La capacidad de interrupción nominal de líneas y cables en vacío si es necesario.

- h) La capacidad de interrupción de pequeñas corrientes inductivas si es necesario.
 - i) Capacidad de interrupción nominal en cortocircuito.
 - j) Factor del primer polo.
 - k) Tensión de restablecimiento transitoria, exigidas para fallas en los terminales en el caso de que ésta sea diferente al valor normalizado.
 - l) Características exigidas por fallas kilométricas en el caso de que éstas sean diferentes a los valores normalizados.
 - m) Secuencia de operación nominal.
 - n) Duración admisible de la corriente de cortocircuito deseado si ésta es diferente del valor normalizado.
 - ñ) Capacidad de interrupción nominal en discordancia de fases.
 - o) Tiempo de interrupción.
- 4) Características del mecanismo de comando del disyuntor y del equipamiento asociado.
- a) Tipo de comando ya sea manual o por una fuente de energía.
 - b) Número y tipo de los contactos auxiliares.

- Tensión nominal y frecuencia nominal de alimentación.

- 5) Exigencias relativas a la utilización del aire comprimido y exigencias relativas a la construcción y a los ensayos de los reservorios de presión.

Además de las especificaciones antes indicadas se recomienda al comprador que proceda a dar informaciones de todas las condiciones especiales no enumeradas anteriormente y que pueden tener influencia sobre la propuesta y el pedido.

DATOS PROPORCIONADOS POR EL FABRICANTE

1) Valores nominales y características:

- a) Número de polos.
- b) Tipo: para interior o para exterior.
- c) Tensión nominal.
- d) Nivel de aislamiento nominal.
- e) Frecuencia nominal.
- f) Corriente nominal en servicio continuo.
- g) Capacidad de interrupción nominal de cables y líneas en vacío.
- h) Capacidad de interrupción nominal de pequeñas corrientes inductivas.

- i) Capacidad de interrupción nominal en cortocircuito.
- j) Factor del primer polo.
- k) Tensión de restablecimiento transitoria para las fallas en los terminales.
- l) Características nominales para las fallas kilométricas.
- m) Secuencia de operación nominal.
- n) Duración admisible nominal de corriente de cortocircuito.
- ñ) Capacidad de interrupción nominal en discordancia de fases.
- o) Tiempo de abertura.
- p) Tiempo de cierre.

2) Detalles Constructivos:

- a) Para los disyuntores sumergidos en aceite debe indicarse:
 - Peso del disyuntor completo sin aceite.
 - Peso del aceite.
 - Recomendaciones concernientes a la calidad del aceite a ser utilizado.
 - Números de reservorios.

- b) Para los disyuntores de aire comprimido se de-

de indicarse:

- Peso del disyuntor completo.
- Presión del aire y límites de la presión del aire entre las cuales el disyuntor debe funcionar correctamente.
- Capacidad del reservorio de aire comprimido del disyuntor.
- Cantidad de aire necesaria para una operación de abertura y una operación de cierre seguidas inmediatamente por una operación de abertura. Esta misma condición debe darse a pesar de que el disyuntor esté provisto de reconexión rápida.

Para los otros disyuntores a gas deberá especificarse:

- Peso del disyuntor completo.
- Presión del gas.
- Límites de la presión del gas entre las cuales el disyuntor debe funcionar correctamente.
- El volumen total del gas por polo.
- Fuga de gas por año y por disyuntor.

c) Número de dispositivos de interrupción en serie

por polo.

d) Distancias mínimas en aire:

- Entre polos.
- A tierra.
- Límites del perímetro de seguridad para los disyuntores que poseen un mismo dispositivo de evacuación para el exterior de los gases ionizados o de las llamas.

3) Mecanismo de comando de un disyuntor y del equipamento asociado.

- a) Tipo del dispositivo de cierre.
- b) Indicar si el disyuntor es de abertura libre o de abertura condicionada y si se dispone de interclavamiento para su cierre.
- c) Tensión de alimentación nominal y eventualmen-
te presión nominal del fluido de comando del -
mecanismo de cierre.
- d) Corriente necesaria a tensión nominal de ali-
mentación para cerrar el disyuntor.
- e) Cantidad de aire necesaria para cerrar el dis-
yuntor a presión nominal de alimentación.
- f) Tensión nominal de alimentación del disparador
de abertura en derivación.

- g) Corriente necesaria a tensión nominal de alimentación para el disparador de abertura en derivación.
- h) Número y tipo de los contactos auxiliares y de reserva.
- i) Corriente necesaria a tensión nominal de alimentación de los otros equipos auxiliares.

4) Dimensiones Generales:

El fabricante debe dar las informaciones necesarias referente a las dimensiones generales del disyuntor y las informaciones detalladas necesarias para el proyecto de la fundición.

Además de las especificaciones antes indicadas se recomienda que el fabricante envíe una información general referente al mantenimiento del equipo.

4.5 JUSTIFICACION DE LOS DISYUNTORES UTILIZADOS EN EL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO.

4.5.1 CARACTERISTICAS DE LOS DISYUNTORES UTILIZADOS.

a) Disyuntores de 230 KV.

- Número de polos	3
- Tensión Nominal	230 KV
- Nivel de Aislación Nominal	242 KV

- Frecuencia Nominal	60	HZ
- Corriente Nominal en Servicio Continuo	1.600	A
- Capacidad de Interrupción Nominal en cortocircuito	31.5	KA
- Capacidad Instantánea de cortocircuito	50	KA
- Secuencia de Operaciones Nominales C.O + 20 ciclos + C.O		
- Tiempo de interrupción	2	ciclos
- Nivel Básico de aislamiento a Impulsos	900	KV

b) Disyuntores de 138 KV.

- Número de polos	3	
- Tensión Nominal	138	KV
- Nivel de aislación Nominal	145	KV
- Frecuencia Nominal	60	HZ
- Corriente Nominal en Servicio Continuo	1.600 o 2.000	A
- Capacidad de Interrupción Nominal en Cortocircuito	40	KA
- Capacidad Instantánea de cortocircuito	64	KA
- Secuencia de Operaciones Nominales		

nales C.O + 20 ciclos + C.O	
- Tiempo de Interrupción	3 ciclos
- Nivel Básico de Aislamiento a Impulsos	650 KV

De acuerdo a la necesidad han sido solicitados -
disyuntores con cualquiera de éstos valores.

4.5.2 ANALISIS Y JUSTIFICACION DE LOS DISYUNTORES UTILIZADOS.

NUMERO DE POLOS:

Debido a que se trata de un sistema trifásico se ha considerado la utilización de disyuntores de 3 polos.

TENSION NOMINAL: (Línea a Línea)

La tensión nominal de un disyuntor debe ser escogida en concordancia con la tensión nominal del sistema donde va ha ser utilizado, debiéndose justificadamente aceptar los valores de 138 y 230 KV determinados para el efecto.

NIVEL DE AISLAMIENTO NOMINAL:

El nivel de aislamiento nominal viene dado por la máxima tensión de operación a la que puede estar so

metido un disyuntor en las condiciones climáticas y atmosféricas más desfavorables.

Para el efecto se aplican factores de corrección (dados por las normas ANSI) a la tensión máxima de operación estandarizada, dependiendo éstos de la altura del lugar donde se encuentran instalados así como también teniendo en cuenta que la temperatura ambiente no excederá de 40°C.

Dichos factores de corrección son los siguientes:

<u>ALTITUD</u>	<u>FACTOR DE CORRECCION</u>
1.000 m	1
1.800 m	0.92
3.000 m	0.8

<u>TENSION NOMINAL</u>	<u>TENSION MAXIMA DE OPERACION</u> (Estandarizada)
138 KV	145 KV
230 KV	242 KV

Aplicando éstos valores al Sistema Nacional Interconectado se obtienen los siguientes valores:

<u>ALTITUD</u>	<u>FACTOR DE</u>	<u>TENSION MAXIMA DE O</u>
<u>METROS</u>	<u>CORRECCION</u>	<u>PERACION</u>

			<u>138 KV</u>	<u>230 KV</u>
Sta. Rosa	3.000	0.8	181 KV	303 KV
Sto Domingo	600	1	145 KV	242 KV
Quevedo	80	1	145 KV	242 KV
Pascuales	40	1	145 KV	242 KV
Milagro	20	1	145 KV	242 KV
Paute	1.800	0.92	_____	263 KV

CORRIENTE NOMINAL EN SERVICIO CONTINUO:

Los valores de corriente nominal se encuentran estandarizados en concordancia con el voltaje nominal utilizado como se demuestra a continuación:

VOLTAJE NOMINAL

CORRIENTE NOMINAL

138 KV

1.600 o 2.000 A

230 KV

1.600 A

Los valores de corriente nominal determinados para el Sistema Nacional Interconectado son los siguientes:

ELEMENTO

CAPACIDAD

CORRIENTE NOMINAL (A)

MVA

230 KV

138 KV

NOR- EMER- NOR- EMER-

MAL GENCIA MAL GENCIA

Línea 230 KV 210

527 1.054 _____

Línea 138 KV	65	_____	_____	272	544
Transformador 225/300/374		939	1.080	1.565	1.799
Transformador 150/198/249		625	718	1.042	1.198
Transformador 90/119.7/149.4		375	431	625	719
Transformador 40/53.33/66.4		167	192	277	320
Transformador 20/26.67/33.2		_____	_____	140	160

Estos valores se encuentran dentro de los límites da
dos por los factores de corrección al valor nominal
de corriente como a continuación se detalla:

a) Subestación Paute (altura 1.800 metros)

$$1.600 \text{ A} \times 0.98 = 1.574 \text{ A}$$

$$\text{Donde: } 1.574 \text{ A} > 1.080 \text{ A}$$

b) Subestación Santa Rosa (altura 3.000 metros)

$$1.600 \text{ A} \times 0.96 = 1.536 \text{ A} > 1.198 \text{ A}$$

$$2.000 \text{ A} \times 0.96 = 1.920 \text{ A} > 1.799 \text{ A}$$

Donde se cumple con lo expuesto.

De ésta manera los datos de los disyuntores escogidos
poseen un valor de corriente de servicio continuo co
mo se detalla a continuación:

SUBESTACION	UBICACION					
	LINEA		TRANSFORMADOR		BARRA DE TRANSFERENCIA	
	230	138	230	138	230	138
PAUTE	1.600	—	1.600	—	1.600	—
MILAGRO	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600
PASCUALES	1.600	1.600	1.600	2.000	1.600	2.000
SALITRAL	—	1.600	—	1.600	—	1.600
QUEVEDO	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600
STO. DOMINGO	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600
STA. ROSA	1.600	1.600	1.600	2.000	1.600	2.000

NIVEL DE AISLAMIENTO BASICO A IMPULSOS (BIL)

Para alturas de 1.000 Mts. o menos el nivel promedio de aislamiento básico a impulsos (BIL) se encuentra estandarizado por las normas ANSI como a continuación se detalla:

<u>VOLTAJE</u>	<u>VOLTAJE (BIL)</u>
WRMS	WRMS
145	650
242	900

Este BIL para transformadores instalados a alturas superiores a los 1.000 Mts tendrá una variación debido a factores de corrección estandarizados como a continuación se detalla:

a) Subestación Paute (altura 1.800 metros)

Sistema a 230 KV

$$\text{BIL} = \frac{900}{0.92} = 978 \text{ KV}$$

Sistema a 138 KV

$$\text{BIL} = \frac{650}{0.92} = 706 \text{ KV}$$

b) Subestación Santa Rosa (altura 3.000 metros)

Sistema a 230 KV

$$\text{BIL} = \frac{900}{0.8} = 1.125 \text{ KV}$$

Sistema a 138 KV

$$\text{BIL} = \frac{650}{0.8} = 813 \text{ KV}$$

Estos factores de altura serán considerados para el nivel básico solo de aquellos elementos exteriores, ya que los elementos que están dentro de tanques no sufren el efecto del enrarecimiento del aire.

NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO A IMPULSOS DE LOS BUSHINGS

Para alturas de 1.000 Mts o menos el nivel básico de aislamiento a impulsos se encuentran estandarizados para los bushings como a continuación se detalla:

<u>CLASE DE AISLAMIENTO</u>	<u>NIVEL BASICO A IMPULSO</u>
138 KV	650 KV
230 KV	1.050 KV

Dichos valores para alturas superiores a los 1.000 Mts deben ser corregidos por los factores de corrección estandarizados como se muestra a continuación:

a) Subestación Paute (1.800 metros de altura)

Sistema de 230 KV

$$\text{BIL} = \frac{1.050}{0.92} = 1.141 \text{ KV}$$

Sistema de 138 KV

$$\text{BIL} = \frac{650}{0.92} = 706 \text{ KV}$$

b) Subestación Santa Rosa (3.000 metros de altura)

Sistema de 230 KV

$$\text{BIL} = \frac{1.050}{0.8} = 1.313 \text{ KV}$$

Sistema de 138 KV

$$\text{BIL} = \frac{650}{0.8} = 813 \text{ KV}$$

CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

De acuerdo a lo estandarizado por las normas ANSI se tiene:

<u>CLASE DE</u> <u>VOLTAJE</u>	<u>VOLTAJE</u> <u>MAXIMO</u>	<u>FACTOR</u> <u>"K"</u>	<u>CORRIENTE</u> <u>CONTINUA</u>	<u>MAX CAPAC.</u> <u>DE INTERRUP</u> <u>CION SIME-</u>	<u>1.6xKx</u> <u>CNIS</u> <u>KA</u>
KV	KV				

				<u>TRICA</u>	
				KA	
138	145	1	1.600	40	64
138	145	1	2.000	40	64
230	242	1	1.600	31.5	50

Sistema a 230 KV

En el sistema a 230 KV la máxima corriente cortocircuito es igual a 26.252 amperios.

Para breakers con un tiempo de interrupción de 2 ciclos la relación de su capacidad de interrupción asimétrica para su capacidad de interrupción simétrica es igual a:

$$1.2 \text{ (s=1.2)}$$

Por lo que $26.252 \times 1.2 = 31.502$ lo cual es igual a la máxima capacidad de interrupción del disyuntor (31.5 KA).

La capacidad de cierre:

$$1.6 \times K \times 26.252 = 42.003 \text{ A}$$

Valor que se encuentra dentro de la capacidad de cierre del disyuntor (50.000 A).

Sistema a 138 KV

En el sistema a 138 KV la máxima corriente de cortocircuito es de 35.841 A.

Para breakers con un tiempo de interrupción de 3 ciclos se tiene que:

$$s = 1.1$$

Por lo que $35.841 \times 1.1 = 39.425$ lo cual es menor a la máxima capacidad de interrupción del disyuntor (40 KA).

La capacidad de cierre:

$$1.6 \times K \times 35.841 = 57.346 \text{ A}$$

Valor que se encuentra dentro de la capacidad de cierre del disyuntor (64.000 A)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados de éste estudio se ha llegado a determinar las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- 1) Los breakers considerados para las subestaciones del Sistema Nacional de Transmisión serán de 3 polos que actúan con un mecanismo común de operacion.

- 2) Para 230 KV y 138 KV los breakers escogidos serán de hexafluoruro de azufre debido a que no presentan contaminación alguna causadas en la operación del mismo lo que trae consigo a su vez una reducción del mantenimiento e inspección del mismo.
- 3) Las características de los breakers a 230 KV - 1.600 A han sido determinadas por las normas ANSI y se encuadran dentro de los requerimientos del Sistema Nacional de Transmisión con las siguientes excepciones:
 - a) El Sistema Nacional requiere de breakers a 230 KV que posean un tiempo de operación de 2 ciclos, con el fin de mantener el límite de estabilidad deseado.
 - b) En la subestación Paute la máxima tensión de operación a considerar deberá ser de 260 KV. y el nivel básico de aislamiento de los bushings deberá ser de 1.150 KV.
 - c) En la subestación Santa Rosa la máxima tensión de operación a considerar será de 315 KV y el nivel básico de aislamiento de los bushings deberá ser de 1.300 KV.
- 4) Las características de los breakers a 138 KV han sido determinadas por las normas ANSI tanto para

1.600 A como para 2.000 A debiéndose tomar en con
sideración los siguientes puntos:

- a) Los breakers de 138 KV - 2.000 A serán instalados
en los bancos y barras de transferencia de
las subestaciones Santa Rosa y Pascuales.
- b) En la subestación Santa Rosa la máxima tensión
de operación será de 180 KV.
- c) El nivel básico de aislamiento de los bushings
deberá ser de 700 KV en la subestación Paute y
de 800 KV en la subestación Santa Rosa.

CAPITULO V

PRUEBAS EN LOS DISYUNTORES

INTRODUCCION

Con el ánimo de certificar el estado en que se encuentran los disyuntores son llevadas a cabo tanto en los mantenimientos generales como en la recepción las pruebas que a continuación se detallan:

1.- PRUEBAS DE AISLAMIENTO

- a) Con corriente continua.
- b) Con corriente alterna.

2.- PRUEBA DE LA RESISTENCIA DE CONTACTO

3.- PRUEBA CON EL OSCILOGRAFO

4.- PRUEBA EN LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE DE LOS BUSHINGS

- a) Resistencia de aislamiento.
- b) Determinación de la curva de saturación.
- c) Relación de transformación.

d) Resistencia óhmica del enrollamiento.

e) Polaridad.

6.- PRUEBA DE LOS DIVISORES DE TENSION EN LOS DISYUNTORES A GRAN VOLUMEN DE ACEITE

7.- PRUEBAS DEL ACEITE AISLANTE

a) Prueba de la rigidez dieléctrica.

b) Prueba de pérdidas dieléctricas.

c) Prueba de acidez.

d) Prueba del color.

e) Prueba de contenido de agua.

Dichas pruebas serán descritas a continuación individualmente.

5.1 PRUEBAS DE AISLAMIENTO

OBJETIVO: Consiste en el control del valor de la resistencia de aislamiento de los disyuntores, con la finalidad de detectar los defectos de aislación que estos poseen.

Esta prueba es realizada con corriente continua o - con corriente alterna como se describe a continuación.

5.1.1 PRUEBAS DE AISLAMIENTO CON CORRIENTE CONTINUA

CONSIDERACIONES GENERALES:

Son utilizados en ésta prueba ohmiómetros Megger los

cuales deberán poseer un voltaje en terminales superior al voltaje nominal del equipo que se va a probar.

Generalmente el rango de aplicación de los megger es el siguiente:

<u>VOLTAJE NOMINAL DEL MEGGER</u>	<u>VOLTAJE NOMINAL DEL EQUIPO QUE SE VA A PROBAR</u>
100 y 250 voltios	Hasta 100 voltios
500 voltios	De los 100 voltios en adelante
1.000 voltios	De 400 voltios en adelante
2.500 voltios	De 1.000 voltios en adelante
5.000 voltios	De 2.500 voltios en adelante
10.000 voltios	De 5.000 voltios hasta 15.000 voltios

El principio de funcionamiento de todo Megger se basa en el hecho de que al aplicar una tensión de corriente continua a un aislante, va a circular por éste una corriente debido a la caída de tensión que se va a producir en el dieléctrico. La relación de dicho voltaje para la corriente mencionada nos dará el

valor de la resistencia de aislamiento del elemento medido.

La corriente a través del dieléctrico tiene tres - componente distintos que son: Corriente de carga de la capacitancia, corriente de absorción dieléctrica y la corriente de fuga.

La corriente de carga capacitiva posee un tiempo de duración muy corto, por lo que no influirá en el valor de la resistencia de aislamiento. Mientras que la corriente de absorción dieléctrica necesita de pocos minutos para tener un valor despreciable.

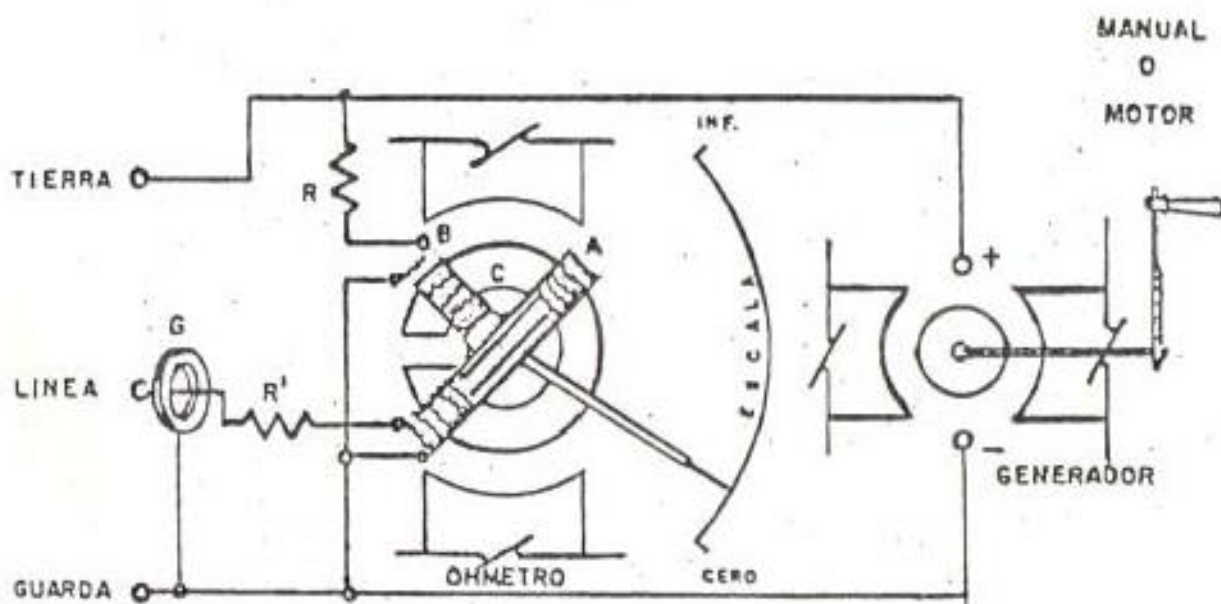
Es así que la corriente propiamente a ser medida será la corriente de fuga para lo cual se realizan lecturas a los 30 segundos, 1 minuto y cada minuto hasta los 10 minutos, sin embargo con el fin de reducir el tiempo de ensayo, éste deberá ser interrumpido al obtener tres lecturas seguidas iguales.

Los Megger utilizados poseen tres terminales que son: Línea, tierra y guarda que son mostrados en la figura N°18

Todo Megger consiste fundamentalmente de dos bobinas (designadas como A y B) montadas en un sistema móvil

FIG. N°18

DIAGRAMA ELEMENTAL DEL MEGGER



común, con una aguja indicadora unida a las mismas y con libertad para girar en un campo producido por un imán permanente. El voltaje necesario para efectuar la medición es provisto por un generador de corriente directa el cual es accionado manualmente o por un motor.

Las bobinas A y B cuando se les alimenta corriente, desarrollan pares opuestos y tienden a girar el sistema móvil en direcciones contrarias. Por tanto, la aguja indicadora se estabilizará en el punto donde los dos pares se balancean.

Nótese como se guarda la terminal de línea mediante una arandela metálica conectada al circuito de guarda con el fin de evitar errores debido a fugas a través de la superficie del aparato entre las terminales de línea y tierra.

Previa a la toma de medidas se deberá certificar que el instrumento con sus terminales abiertas marque in finito. En el caso que éste registre un valor menor que infinito existirá una falla en la aislación de los cables del equipo que deberá ser eliminada antes de proceder a la medición.

Un Megger se lo usa generalmente hasta 15 KV sin em-

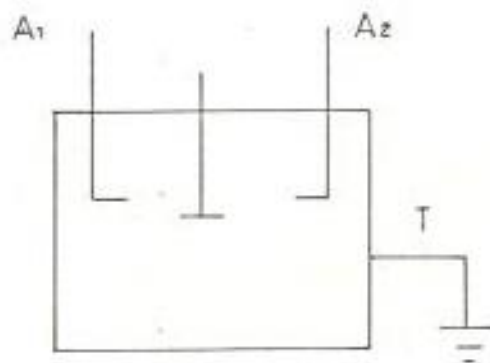
bargo, con un Megger de 10.000 voltios se pueden medir equipos a voltajes de 69 a 138 KV. Sin embargo es necesario recalcar la no conveniencia de utilizar los a voltajes mayores debido a que los fabricantes recomiendan se prueben los equipos a un voltaje igual al de la tensión nominal del mismo con el fin de obtener valores correctos de la resistencia de aislamiento.

DESCRIPCION DE LA PRUEBA

Las pruebas son utilizadas en diferentes disyuntores como a continuación se detallan:

a) Disyuntores de gran volumen de aceite.

Los terminales del disyuntor son denominados como se detalla en el siguiente gráfico.



Los ensayos a realizarse por fase son descritos a continuación.

ENSAYOS	TERMINALES DEL INSTRUMENTO			POSICION DEL DISYUNTOR	AISLACION MEDIDA
	LINEA	TIERRA	GUARDA		
1	A ₁	A ₂	T	ABIERTO	A ₁ - A ₂
2	A ₁	T	A ₂	ABIERTO	A ₁ - T
3	A ₂	T	A ₁	ABIERTO	A ₂ - T
4	A ₁ o A ₂	T	-	CERRADO	A ₁ o A ₂ - T

Cada uno de los ensayos especificados deberán ser repetidos para las demás fases, siendo válidos - tanto para disyuntores con tanques separados como para disyuntores con un solo tanque.

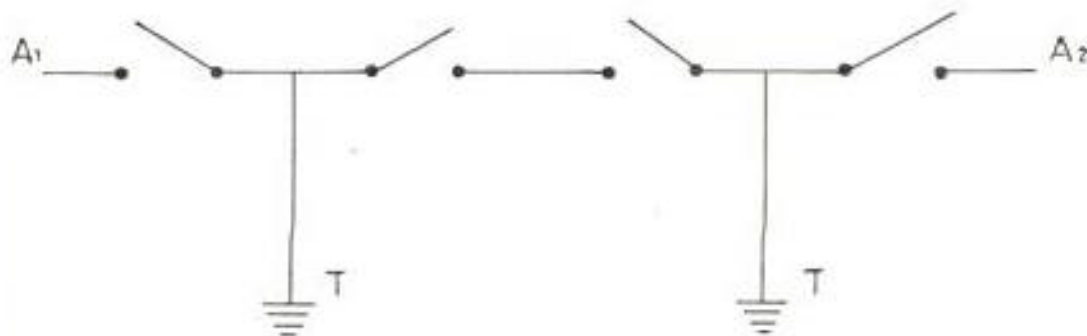
El ensayo N°4 a diferencia de los ensayos 2 y 3 - tiene la finalidad de observar la influencia de - la varilla de accionamiento de los contactos y de los soportes aislantes.

b) Disyuntores de pequeño volumen de aceite.

Para los disyuntores con apenas una cámara de extinción los ensayos son iguales a los realizados en disyuntores a gran volumen de aceite con tanques

separados.

Para los disyuntores con más de una cámara de extinción como se vé en la figura que a continuación se detalla:



Será necesario se realice una lectura por fase con los terminales del Megger conforme se indica a continuación:

TERMINALES DEL INSTRUMENTO			POSICION DEL DISYUNTOR	AISLACION MEDIDA
LINEA	TIERRA	GUARDA		
$A_1 \text{ o } A_2$	T	—	CERRADO	$A_1 \text{ o } A_2 - T$

Esta lectura deberá ser realizada para las demás fases.

Se recomienda en éste caso que sea ensayada individualmente cada cámara en caso de lecturas dudo-

sas cuando se realice el mantenimiento preventivo.

- c) Disyuntores de aire comprimido y hexafluoruro de azufre (SF_6).

Para éstos disyuntores se procede en forma similar a la de los disyuntores de pequeño volumen de aceite, con varias cámaras de extinción.

Sin embargo para ello se nota una tendencia a la utilización del ensayo de aislación con corriente alterna (factor de potencia) en lugar del ensayo con corriente continua (Megger).

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Para los disyuntores de gran volumen de aceite que posean en cualquiera de los ensayos descritos, valores de resistencia de aislamiento menores de 10.000 M Ω a una temperatura de 20°C será necesario realizarles el tratamiento del aceite aislante con el fin de extraerles la humedad o contaminación que hayan adquirido.

Si después de corregir las condiciones aislantes del aceite sigue habiendo valores bajos (menos de 10.000 M Ω a 20°C) se deberá retirar el aceite aislante y efectuar una inspección interna del disyuntor para descubrir y corregir las causas que originan las al-

tas pérdidas en el aislamiento.

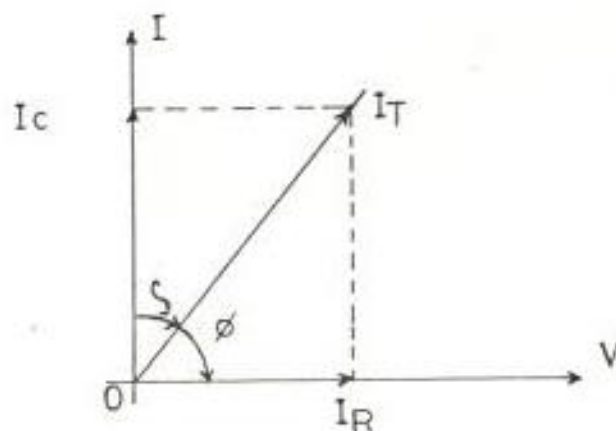
En el caso de los disyuntores de pequeño volumen de aceite, si los valores de los ensayos indicados dan valores inferiores a 10.000 MΩ a 20°C, se deberá proceder a efectuar una limpieza del aislamiento (porcelana) y secado del mismo.

5.1.2 PRUEBAS DE AISLAMIENTO CON CORRIENTE ALTERNA

CONSIDERACIONES GENERALES

Se basa en el control de la relación entre la corriente resistiva (corriente de fuga) que fluye a través de las imperfecciones de la aislación sometida a una tensión alterna y la corriente capacitiva absorbida por el capacitor formado por esa aislación. Esta relación es denominada "FACTOR DE PERDIDAS DIELECTRICAS" y viene expresada como se muestra en la figura.

$$\text{Por Tg. } \phi = \frac{I_R}{I_C}$$



En condiciones ideales debería haber solo una pequeña corriente capacitiva de modo que la relación entre am bas sería cero, no obstante como se indicó en párrafos anteriores existe una corriente " I_R " en fase con la tensión aplicada, que se manifiesta produciendo calentamiento por efecto joule.

Es así que la medida del "FACTOR DE PERDIDAS DIELECTRICAS" también conocida como "FACTOR DE DISIPACION" o "TANGENTE DELTA" nos permite verificar el desempeño del equipo durante su vida a través de las variaciones ocurridas en su aislamiento.

Algunos instrumentos utilizan el principio de las igualdades entre el seno y la tangente, cuando el ángulo δ es pequeño para relacionar al "FACTOR DE PERDIDAS DIELECTRICAS" con el "FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO" expresado por:

$$\text{Cos } \phi = \frac{I_R}{I_T}$$

Como se podrá demostrar trigonométricamente de la siguiente manera:

$$\text{Cos } \phi = \text{Sen } (90^\circ - \phi) = \text{Sen } \delta$$

$$\text{Siendo } \text{Sen } \delta \approx \text{Tg } \delta$$

$$\text{Cuando } \delta \leq 5^\circ$$

Por lo que $Tg\delta = \cos \phi$

Esto quiere decir que el "FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO" en éste caso es aproximadamente igual al "FACTOR DE PERDIDAS" pudiendo también ser utilizado para indicar las condiciones de aislamiento.

Normalmente los instrumentos de medición de $Tg\delta$ son sofisticados, siendo utilizados para ensayos en laboratorio o controles especiales, en cuanto que los instrumentos para medición del factor de potencia fueron desarrollados para facilitar el ensayo en el campo.

Los instrumentos más usados son:

El Puente Schering para medir la $Tg\delta$

El "Doble Test" para medir el factor de potencia existiendo varios tipos a saber:

MEU - 2.500 V

MHE -10.000 V

MH -10.000 V

Dichos tipos son utilizados para el control del aislamiento del equipo a través de la medición de los voltios-amperios (o amperios) y de las pérdidas en watios de la aislación, con una tensión de ensayo de

acuerdo con el modelo utilizado (no debe exceder de los 10 KV).

De ésta manera el factor de potencia del aislamiento es obtenido de manera indirecta por las siguientes ecuaciones:

$$F.P\% = \frac{mW}{mVA} \times 100 \text{ (TIPO MEU)}$$

$$F.P\% = \frac{W}{mA} \times 10 \text{ (TIPOS MH y MHE)}$$

La capacitancia (C) en caso de ser requerida podrá ser calculada por las siguientes ecuaciones:

$$C = 0.425 \times mVA \text{ (TIPO MEU) en picofaradios}$$

$$C = 0.000265 \times I \text{ (ma) (TIPO MH) en microfaradios}$$

Durante el análisis de los resultados de las medidas del factor de potencia es de gran importancia establecer una temperatura como base de cálculos, de modo de poder comparar los resultados obtenidos en diferentes ensayos bajo diferentes condiciones.

Así por ejemplo si el valor del factor de potencia - medido al bushing de un disyuntor marca Mcgraw Edison, clase 69 KV es de 2.5% medido a una temperatura

de 30°C, dicho valor sufrirá una variación al considerar qué valor tendrá éste a una temperatura de 20°C como se demuestra a continuación:

$$F_{P20^{\circ}C} = K \times F_{P30^{\circ}C}$$

En donde K es el coeficiente de corrección por temperatura (para éste caso es de 1.10).

$$\text{Por lo que } F_{P20^{\circ}C} = 1.10 \times 2.5\% = 2.75\%$$

DESCRIPCION DE LA PRUEBA

Esta prueba es utilizada en diferentes disyuntores - como a continuación se detalla:

a) Disyuntores de gran volumen de aceite.

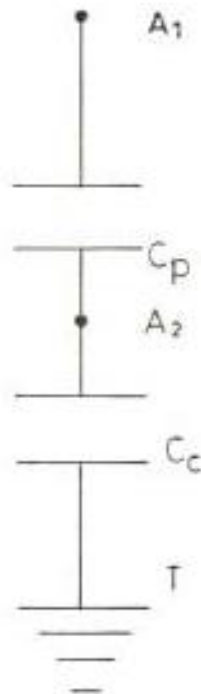
Deben realizarse los siguientes ensayos por fase.

ENSAYO	POSICION DEL DISYUNTOR	HV	LV
1	ABIERTO	BUSHING 1	TIERRA
2	ABIERTO	BUSHING 2	TIERRA
3	CERRADO	BUSHING 2	TIERRA
4	ABIERTO	BUSHING 2	BUSHING 1

HV y LV son los terminales del equipo de medición.

b) Disyuntores de pequeño volumen de aceite, aire comprimido y SF_6 .

Para el caso de disyuntores con apenas una cámara por fase como se muestra en el siguiente gráfico.



C_p : Capacitancia de la cámara de interrupción.

C_c : Capacitancia de la columna de soporte.

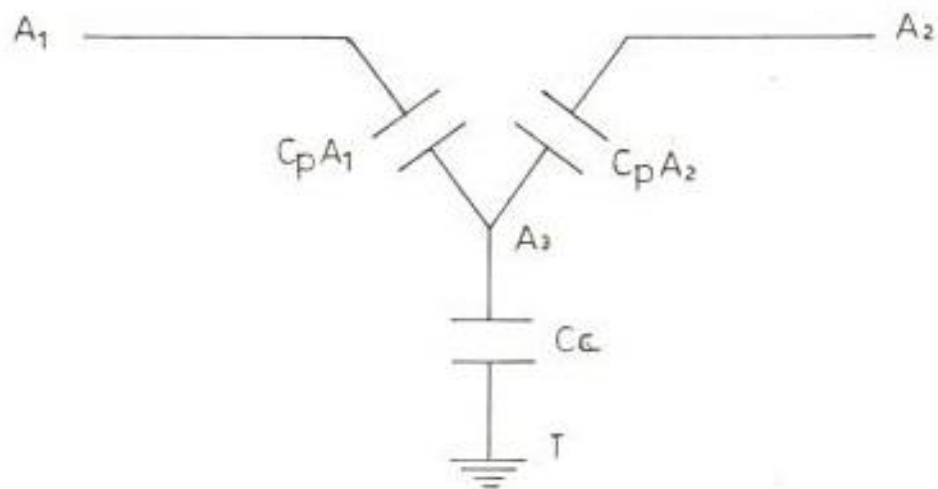
Efectuar los siguientes ensayos por fase.

ENSAYO	POSICION DEL DISYUNTOR	HV	LV	AISLACION MEDIDA
1	CERRADO	A_1	T	C_c
2	ABIERTO	A_1	T	C_p y C_c
3	ABIERTO	A_1	A_2	C_p
4	ABIERTO	A_2	T	C_c

Los resultados obtenidos en los ensayos 1 y 4 permiten determinar las condiciones de la parte inferior del polo la cual se ve principalmente influenciada por el estado en que se encuentra la varilla aislante. Dichas lecturas generalmente deben tener valores bien próximos entre sí.

En los ensayos 1 y 2 y 4 la llave selectora del equipo de medición deberá estar conectada a tierra con el fin de que la lectura represente solamente el valor deseado, no siendo afectada por fugas a través de caminos extraños al circuito de medida.

Para el caso de disyuntores con dos cámaras los ensayos a seguir serán los siguientes en cada fase.



C_p : Capacitancia de la cámara de interrupción.

C_c : Capacitancia de la columna de soporte.

ENSAYO	POSICION DEL DISYUNTOR	HV	LV	AISLACION MEDIDA
1	ABIERTO	A ₃	A ₂	$C_p A_2$
2	ABIERTO	A ₃	A ₁	$C_p A_1$
3	ABIERTO	A ₃	T	C_c

En el ensayo 3 la llave selectora del equipo de medición deberá estar conectada a tierra por las razones antes expuestas.

INTERPRETACION DE RESULTADOS

El análisis de los resultados obtenidos en los disyuntores se hace en función del índice de pérdidas del tanque obtenido de restar las pérdidas con el disyuntor cerrado menos las pérdidas con el disyuntor abierto.

La interpretación de los valores obtenidos del índice de pérdidas del tanque con los dos equipos de prueba más utilizados es mostrado en la tabla número VII.

Los ensayos ejecutados en disyuntores podrán dar una indicación del estado en que se encuentran los bushings sin precisar exactamente el lugar del daño. En la tabla número VIII están indicados los valores límites para varios tipos de bushings.

5.2

PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTO

OBJETIVO: Consiste en el control de la resistencia de contacto de los disyuntores con la finalidad de verificar existencia de problemas internos en los contactos sin necesidad que los mismos tengan que ser abiertos o desmontados.

CONSIDERACIONES GENERALES

El principio usado para medir la resistencia de con-

TABLA VII INTERPRETACION DE LOS INDICES DE PERDIDA

INDICE DE PERDIDA DEL TANQUE		PROCEDIMIENTO
DOBLE DE 2.5 KV	DOBLE DE 10 KV	
+ 9 a + 16 mW	+ 0.15 a + 0.25 W	Investigar en el próximo - mantenimiento regular; Varilla de accionamiento, aceite, revestimiento del tanque y cámara de interrup- ción.
Encima de + 16 mW	Encima de + 0.25 W	Investigar tan pronto sea posible: Varilla de accio- namiento, aceite, revesti- miento del tanque y aisla- miento auxiliar del tanque.
- 9 a - 16 mW	- 0.15 a - 0.25 W	Investigar en el próximo - mantenimiento regular la - cámara de interrupción.
Abajo de - 16 mW	Abajo de - 0.25 W	Investigar tan pronto sea posible guías y cámara de interrupción.

TABLA VIII

"FACTOR DE POTENCIA DE BUSHINGS A 20°C"

BUSHING	BUEN ESTADO	INVESTIGACION	PESIMO ESTADO
<u>BUSHINGS GE</u>			
Tipo A 7,5 a 15 KV	0 a 7 %	7 a 9 %	Encima de 9 %
Tipo B 7,5 a 24 KV	0 a 10 %	10 a 12 %	Encima de 12 %
Tipo F 115 a 161 KV	0 a 2,5%	2,5 a 4 %	Encima de 4 %
Tipo L, LI, LC, 15 a 73 KV	0 a 3,5%	3,5 a 5 %	Encima de 5 %
Tipos OF, OFI, OFM 46 a 69 KV	0 a 3,5%	3,5 a 6 %	Encima de 6 %
Tipos OF, OFI, OFM, 115 a 161 KV	0 a 3 %	3 a 3 %	Encima de 5 %
Tipos S, SI, SM, 15 a 37 KV	0 a 4 %	3,5 a 6 %	Encima de 6 %
Tipo U, 46 a 69 KV	0 a 2,5%	2,5 a 3,5%	Encima de 3,5%
Tipo U, 92 a 161 KV	0 a 2 %	2 a 3 %	Encima de 3 %
<u>BUSHING WESTINGHOUSE</u>			
De 15 a 25 KV Excepto tip. D, N, O	0 a 4 %	4 a 6,5%	Encima de 6,5%
De 46 a 69 KV	0 a 3,5%	3,5 a 6 %	Encima de 6 %
De 92 a 161 KV	0 a 3 %	3 a 5 %	Encima de 5 %
Tipo D 33 a 46 KV	0 a 5 %	5 a 7 %	Encima de 7 %
Tipo H 33 a 46 KV	0 a 10 %	10 a 12 %	Encima de 12 %
Tipo N 92 a 161 KV	0 a 2,5%	2,5 a 4 %	Encima de 4 %
Tipo O 92 a 161 KV	0 a 1,5%	1,5 a 2,5%	Encima de 2,5%

tacto está basado en la caída de tensión para lo -
cual es aplicado un ohmiómetro conocido con el nom-
bre de "DUCTER"

Dicho instrumento ha sido proyectado para medir bajas
resistencias (del orden de los microohms) pudiendo -
ser utilizado tanto en el campo como en la oficina.

En mantenimiento eléctrico el "DUCTER" es utilizado
para medir resistencias de conductores, conexiones,
contactos y en enrollamientos que posean baja resis-
tencia.

El conjunto rectificador "DUCTER" además de ser una
fuente de corriente continua mide la relación ten-
sión-corriente. El instrumento es alimentado por -
rectificadores o baterías.

La resistencia de contacto es medida entre termina-
les extremos de una misma fase con el disyuntor cerra-
do.

En el mantenimiento preventivo las mediciones deberán
ser realizadas por cámara, por módulo (doble cámara
en el caso de disyuntores con varias cámaras por fase)
y por fase, tomando la precaución de efectuar lectu-
ras antes y después del ensayo con el fin de verificar
si los contactos se encuentran en mejores condiciones.

En la realización del ensayo se recomienda seguir la siguiente secuencia:

- Colocar el instrumento sobre una superficie nivelada.
- Evitar que el instrumento se encuentre influenciado por campos magnéticos.
- Antes de conectar el instrumento de medición, éste debe tener su escala en OFF y tener sus polaridades correctamente conectadas.
- Colocar los terminales del Ducter en los puntos de contacto y hacer que la marca P de los cables estén frente a frente con el fin de mantener la adecuada polaridad.

Antes de hacer las conexiones se recomienda encerrar el equipo.

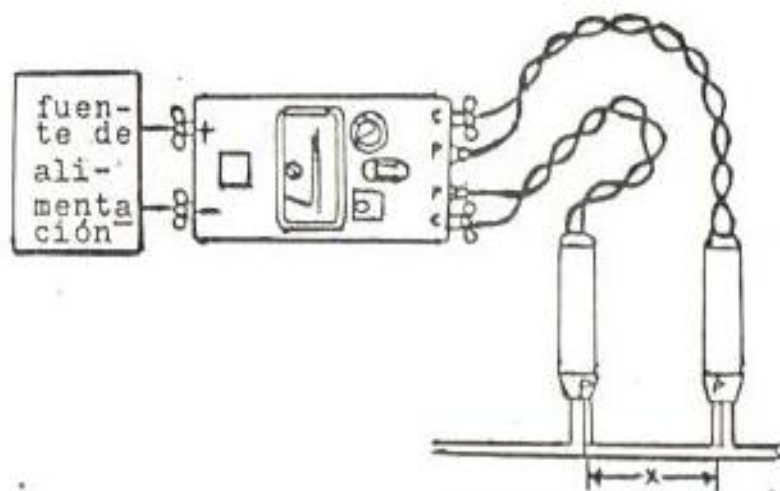
La resistencia de contacto debe ser siempre medida entre los puntos pertenecientes al circuito de corriente del disyuntor. En la figura N°19 se muestra el ensayo respectivo.

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Es muy importante recalcar que en la prueba con el "BUCTER" éste nos indica que si la resistencia es ce

FIG. N°19

FORMA DE CONEXION DEL "DUCTER"



ro o tiene un valor bastante bajo (generalmente entre 80 a 130 microohms) es porque sí existe buen contacto, mientras que para valores mayores deberá procederse a certificar la existencia de contactos dañados o existencia de conexiones flojas y sucias.

En las tablas número IX, X, XI, XII se muestran valores tipos encontrados en la prueba de la Resistencia de Contacto para diferentes disyuntores.

5.3 PRUEBA CON EL OSCILOGRAFO

OBJETIVO:

La simultaneidad que debe poseer un disyuntor en lo que respecta al tiempo de apertura y cierre de las camáras de una misma fase, así como también la simultaneidad de tiempos que debe poseer entre fases, ha hecho necesario se realice ésta prueba con el oscilógrafo con la finalidad de determinar los siguientes tiempos:

1) Tiempo de apertura de la cámara principal (TA)

Es el tiempo comprendido entre la energización de la bobina de apertura y la apertura del primer contacto (más rápido) de la cámara principal.

2) Tiempo de cierre de la cámara principal (TF)

TABLA IX VALORES TÍPICOS DE LA RESISTENCIA DE CONTACTO.- DISYUNTORES A GRAN VOLUMEN DE ACEITE

FABRICANTE	TIPO	RESISTENCIA POR CAMARA (μs)	RESISTENCIA POR FASE (μs)
ALLIS CHALMERS	FZO-151-69-D		450
	BZO-115-5000-2		350
	BZO-121-40-6		150
	FZO-69-1000-1500A		450
	FZO-69-1500-P		300
	FZO-69-2500		450
	BZO-130-10.000		300
	BZO-138-5.000-P		400
	BZO-160-138-J		500
	TDO-69-2500		250
BZO-138-10.000-2		300	
B.T.H.	OW-209-WH-1		500
C.E.	FK-145-37.000		350
	FK-115-5000-2	800	2000
	FK-439-115-3500-2	800	2000
	FK-439-115-3500-2	800	2000
	FK-138	800	2000
	FK-145-18.000-2		2000
	FK-145-20.000-2	500	800
	FK-139-69-1000-2	500	
	FK-139-69-1000-4	500	
	FK-69-1500-2	500	
	FHXO-339-48A	500	
	FK-439-161-3500-1	1000	
	FK-69-1000-2		450
	FK-69-1000-3		450
	FK-439-69-1000-4		450
	KSO-115-3500	800	2000
	KSO-115-5000	800	2000
	KSO-115-7500	800	2000
EK-439-115-3500	800	2000	
BKSO	250		
HITACHI	LYGB-500		200
	DSYGB-250		150

TABLA IX CONTINUACION

FABRICANTE	TIPO	RESISTENCIA POR CAMARA (μA)	RESISTENCIA POR MODULO (μA)	RESISTENCIA POR FASE (μA)
I.T.E	121-KM-40-60			220
Mc CRAW EDSON	AKJ-60-138-10.000 AKK-48-115-5000 RME-84-230-10.000 AKE-54		150 150 150	200
MITSUBISHI	705TE-250 100-GM-500 100-GTR-50 100-GM-500K 200-GW-1000 120-GTR-1000 120-GM-500			250 150 150 500 150 450 250
PACIFIC ELECTRIC	JE-42-E JE-42-D			450 1000
WESTINGHOUSE	2380GW 10.000 GM-3 690-G 1000 690-G-1500 GMB4 G0-38 G0-2 121 GMA-40 G0-25 GM-35 GM-5A 1380-GW-10000 G0-2A GM-50 GM-5AS GM-4A	500 500 500 200 120 100		600 150 250 600 300 300 600 350 600 450

TABLA X VALORES TIPICOS DE LA RESISTENCIA DE CONTACTO "DISYUNTORES A PEQUEÑO VOL-
LUMEN DE ACEITE"

FABRICANTE	TIPO	RESISTENCIA POR CAMARA (μΩ)	RESISTENCIA POR MODULO (μΩ)	RESISTENCIA POR FASE (μΩ)	RESISTENCIA DE INTERCONEXION DE MODULO (μΩ)
ASEA	HL 145/1250 R			100	
CKD	VEZL-132	50			
	VMM-110	50			
DELLE-ALSTHOM	HPGE-10-14-S			70	
	OR2R	100			
	OR2H	100			
	HPGE-11-15A	95			
	HPGE-11-15E	95			
	HPGE-9-12E	60			
	HPGE-12-15E	90			
GALILEO	OCERD	370			
	OCERD-150/150PL	270			
	OCERD-220			200	
	IORM 4245	100	200	500	100
MAGRINI	MFA 150	200			
	145 MH	120			
	72MI-1500	90			
OERLIKON	TOFQ 150-12			150	
	FR 4 CI			50	
SKODA	8VEZL-132	50			
	2VEZL-132	50			
	2VEK-66	50			
	VEK -66	50			
SPRECHER SCHUM	HPF-514P/4BS	60		70	
	HPFW-311-L(65)			70	
	HPFW-311-N(65)			70	
	HPF-311			70	
	HPF 309H	85			
	HPF 8H	100			

TABLA XI VALORES TIPICOS DE LA RESISTENCIA DE CONTACTOS "DISYUNTORES DE AIRE
COMPRESIMIDO

FABRICANTE	TIPO	RESISTENCIA POR CAMARA ($\mu\Omega$)	RESISTENCIA POR MODULO ($\mu\Omega$)	RESISTENCIA POR FASE ($\mu\Omega$)	RESISTENCIA DE INTERCONEXION DE MODULO ($\mu\Omega$)
ASEA	MVH	20	40	150	25
B. BOVERI	DCVF MC 600	25	50	200	25
	DHVF N8B	30	60	250	25
	DHVF N8 BV	30	60	250	25
	DCF 170 N4	25	50	100	20
	DCF 80 N2	25	50	50	
	DLF-420-NC8	150	300	600	
	DCF-150K4	25	50	100	
	DCF-80-K2	25	50	50	
	DLF 362	25	50	100	
	DCF-110-K2000			200	
DELLE-ALSTROM	PK4	75	150	300	40
	PK6	75	150	450	40
	PK4A	75	150	300	
GALILEO	IAC 420	50			
	IAC 245	50			
G.E.	ATS	100	200	700	
RITACRI	OPG-500C		60	60	
	OPG-250-A		60	60	
MERLIN-GERIN	PPTY-9	40	80	180	30
NISSIN	PFM-X74	20	40	40	
	PP-96	20	40	80	20

TABLA XII VALORES TIPICOS DE RESISTENCIA DE CONTACTO PARA DISYUNTORES
A GAS SF₆

FABRICANTE	TIPO	RESISTENCIA POR CAMARA (μR)	RESISTENCIA POR MODULO (μR)	RESISTENCIA POR FASE (μR)
MAGRINI	245-MHM-15000	80	160	160
	145-MHM-6500 JP			
	100-MHM-3500			100
MITSUBISHI	120-SFM-40			50
	120-SFL-20			30
SIEMENS	H 912	80	160	160
WESTINGHOUSE	2300-SF-15000			200

Es el tiempo comprendido entre la energización de la bobina de cierre y el cierre del último contacto (más retardado) de la cámara principal.

3) Tiempo de apertura de la cámara auxiliar (TAA)

Es el tiempo comprendido entre la energización de la bobina de apertura hasta la separación de los contactos de la cámara auxiliar. (1)

4) Tiempo de cierre de la cámara auxiliar (TFA)

Es el tiempo comprendido entre la energización de la bobina de cierre hasta el cierre del contacto de la cámara auxiliar.

5) Tiempo de inserción (TI)

Es el tiempo en que la resistencia de la cámara - auxiliar se conecta.

Por lo tanto: $TI = TFA - TAA$

6) Tiempo de energización de la bobina de cierre o de apertura (TEF o TEA)

(1) La cámara auxiliar está formada por la resistencia de inserción y los contactos auxiliares los cuales son los responsables de efectuar la inserción en el momento requerido.

Es el tiempo comprendido entre su energización y desenergización.

7) Tiempo de operación "OC" (TOC)

Es el tiempo comprendido entre la separación de los contactos en todos los polos en el momento de la operación de apertura y el primer cierre de cualquier polo en la operación subsiguiente.

Este ensayo tiene la finalidad de verificar el tiempo que el disyuntor debe permanecer fuera de operación después de una operación de apertura para comparar con el valor especificado por el fabricante.

Ciclo completo de reconexión:

En el registro completo de la primera reconexión del disyuntor donde se observan dos tiempos característicos. El primero es el tiempo desde la apertura de los contactos principales hasta el cierre motivado por la reconexión (TOC). El segundo va desde el cierre hasta la apertura final de los contactos (TCOR).

Para realizar la temporización necesaria generalmente es usado un temporizador externo incorpora-

do al dispositivo de comando y que debe ser ajustado de acuerdo con los valores nominales del ciclo de reconexión del disyuntor (comúnmente entre 0 a 0.3 seg.).

8) Tiempo de cortocircuito (TC)

Es el tiempo que el disyuntor permanece cerrado - en un ciclo "CO" también conocido como el tiempo que el disyuntor permanece cerrado con la presencia de una falla sin sobrepasar la capacidad térmica de los contactos.

Simultaneidad de los contactos.

Es importante que en un disyuntor todas las cámaras de un polo (de una fase) abran o cierren iguales ya que si bien es cierto la corriente que atraviesa las cámaras es la misma para todas, no obstante, el potencial que se distribuye entre ellas no se va a repartir equitativamente en el momento que se abran desiguales.

El problema se ahonda más en el caso de la apertura de cámara con falta de simultaneidad (tiempo - de discordancia mayor que el tiempo del arco) ya que las cámaras que abrirán primero están en fun-

ción directa de la tensión de restablecimiento - transitoria que va a parecer en los terminales de las cámaras abiertas.

En lo que respecta a la no simultaneidad de apertura o cierre entre las fases de un disyuntor se puede afirmar que para el disyuntor propiamente - dicho no habrá ningún problema pudiendo entre tan to ocurrir inestabilidad momentánea del sistema - que puede traer consigo el disparo de las protecciones si el tiempo de desfase fuera significativo.

Existen tiempos característicos que son:

TDA, TDB o TDC: tiempos de discordancia entre cá maras de una misma fase, ya sea ésta A, B o C res pectivamente.

Tda: Tiempo de discordancia entre polos de distin ta fase en la apertura.

Tdf: Tiempo de discordancia entre polos de distin ta fase en el cierre.

CONSIDERACIONES GENERALES:

Generalmente se hace la prueba con el oscilógrafo en

disyuntores a partir de 69 KV con más de una cámara por fase cuando éstas se encuentran en el proceso de montaje o que en su efecto sea necesario porque las condiciones de mantenimiento así lo exigiera.

El oscilógrafo debe poseer los canales suficientes - para oscilografear totalmente el disyuntor ya que en caso contrario el ensayo deberá ser ejecutado en forma parcial tomando en cuenta la disponibilidad de los canales (son utilizados oscilógrafos de: 4 - 6 - 12 - 16 - 24 - 30 - 36 canales) y el número de contactos del disyuntor

Es muy importante considerar en ésta prueba la velocidad del papel ya que ésta debe ser tal que permita leer la onda graficada con la precisión deseada. En la mayoría de los casos dicha velocidad vendría dada por la frecuencia del oscilógrafo que servirá como base para el contaje de los tiempos requeridos.

En la práctica los ensayos con oscilógrafos es realizada teniendo una fuente de alimentación ya sea de corriente alterna o continua.

El ensayo en corriente continua a diferencia de la alterna no requiere desconectar la resistencia de preinserción conectada en paralelo con cada cámara, sin -

embargo se debe colocar en paralelo con los canales del oscilógrafo externamente resistencias del valor igual o próximo a la resistencia de preinserción. - Esto es necesario para provocar un escalamiento de la amplitud del trazo del oscilógrafo.

En los disyuntores con un gran número de cámaras la prueba del oscilógrafo debe ser hecha con corriente continua ya que requieren no solo de una menor cantidad de canales sino que además ofrecen la posibilidad de verificar el valor de la resistencia de preinserción.

En la tabla número XIII se muestran valores tipos encontrados en la prueba del oscilógrafo para diferentes disyuntores.

5.4

PRUEBA CON EL ANALIZADOR DE CAMINO

OBJETIVO:

Analizar las características eléctricas y mecánicas del disyuntor a través del recorrido y velocidad de su contacto móvil (o de la varilla de accionamiento) con el fin de ser comparadas con las dadas por el fabricante y poder determinar así los defectos existentes del equipo.

TABLA XIII VALORES TÍPICOS EN ENSAYOS CON EL OSCILOGRAFO.

FABRICANTE	TIPO	TA (ms)	TF (ms)	TAA (ms)	TFA (ms)	TEA (ms)	TEF (ms)	TOC (ms)	TC (ms)	TI (ms)	SIMULTAN ADERTURA			SIMULTAN CERRAMIENTO		
											1	2	3	4	5	6
AEA	HVH	450	4100	480	4120	--	--	0,25	--	--	--	45	410	--	45	45
B. BOVERI	DCVF	35	90	--	25	20	30	--	70	50	--	--	--	--	--	--
B. BOVERI	DIIVF	30	80	--	23	23	32	--	70	60	--	--	--	--	--	--
B. BOVERI	DLF.420	25	55	--	--	--	--	--	--	--	--	42	45	--	42	45
B. BOVERI	DCF.170	450	4100	--	25	20	30	--	70	50	--	45	410	--	45	45
DELLE ALSTHOM	PK4	20/23	28/35	35/50	--	20/23	21/37	1300	135	--	42	43	44	42	44	44
DELLE ALSTHOM	PK6	20/23	28/35	35/50	--	20/23	21/37	1300	135	--	42	43	44	42	44	44
GALILEO	IAC.420	50	160	--	--	--	--	--	--	--	--	42	45	--	--	--
G. E.	ATB	15/20	108	--	--	--	--	--	23	--	--	43	45	--	44	47
HITACHI	OPG.500	28/33	85/94	--	--	50	104	250	1	--	42	--	42	--	--	45
HITACHI	OPG.250	28/33	85/94	--	--	50	104	250	1	--	42	--	42	--	--	45
MAGRINI	EPN 200	35/40	85/90	--	--	55/65	70/80	1300	--	--	44	--	44	44	--	44
MAGRINI	ZPI 255	20/25	135/140	--	--	50/55	85/100	1300	--	--	44	--	44	44	--	44
MAGRINI	MIM.245	40	430	--	--	--	--	--	--	--	--	43	45	--	--	--
MAGRINI	MIM.100	40	430	--	--	--	--	--	--	--	--	43	45	--	--	--
M. GERTH	PPTY 9	430	480	--	72	413	432	1190	442	9/11	--	42	42	--	43	43
NISSIN	PPM-X74	460	4100	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
NISSIN	PP 96	430	60	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
SIEMENS	H.912	25/35	90/110	--	--	50	50	1300	--	--	44	--	44	44	--	44

CONSIDERACIONES GENERALES

Existen dos medios para realizar ésta prueba que son:

a) Analizador gráfico.

El analizador de camino permite la obtención de curvas representativas de la trayectoria que tienen los contactos del disyuntor.

La varilla de operación del analizador es entornillada a la punta del contacto móvil o a la varilla de accionamiento del disyuntor. Este aparato de ésta manera podrá proporcionar curvas representativas de las operaciones de apertura y cierre, apertura libre y reconexión. Las cuales serán comparadas con los valores dados por los catálogos de los fabricantes.

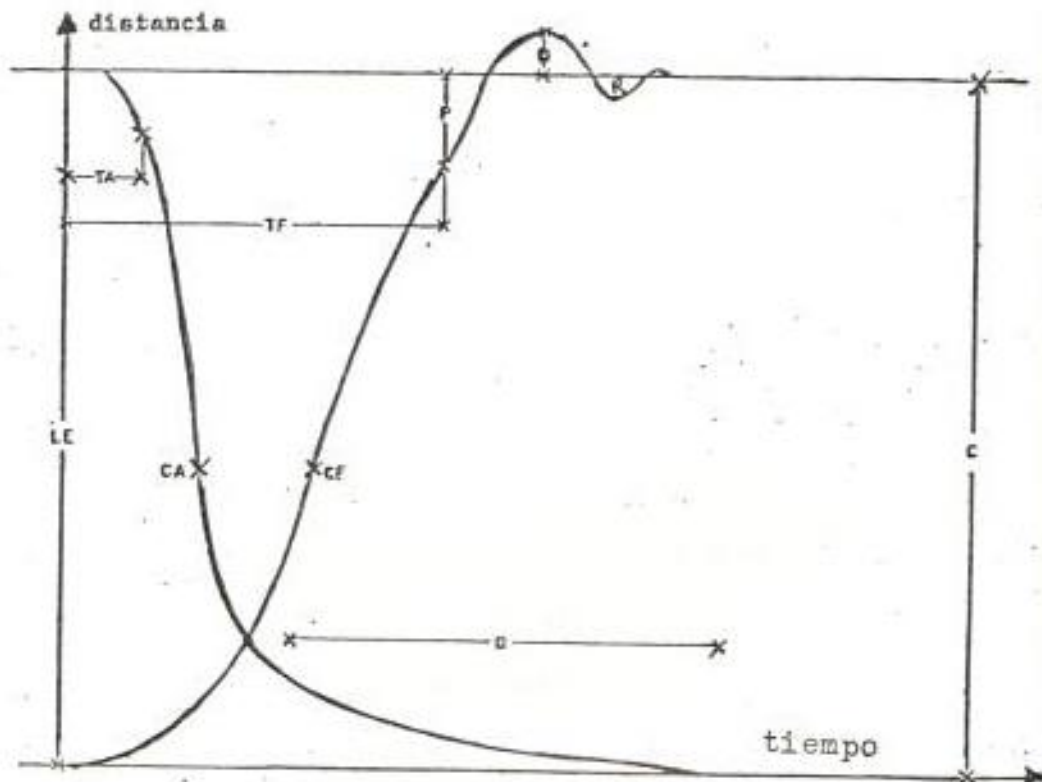
Para el análisis completo se identifican las curvas de apertura de cierre en la figura N°20 que han sido obtenidas con el analizador de camino.

La curva de apertura libre es obtenida con el disyuntor completo y consiste en dar al disyuntor estando en posición abierta una orden de disparo la cual debe mantenerse hasta que se de la orden

FIG. N°20

REGISTROS OBTENIDOS CON EL ANALIZADOR DE CAMINO

- C.A: CURVA DE ABERTURA
- C.F: CURVA DE CIERRE
- C: RECORRIDO DEL CONTACTO MOVIL
- a: ZONA DE AMORTIGUAMIENTO
- LE: LINEA DE ENERGIZACION DE LAS BOBINAS DE OPE-
RACION
- P: PENETRACION O PRESION
- O: SOBRECORRIDO
- R: SUBRECORRIDO
- TA: TIEMPO DE APERTURA
- TF: TIEMPO DE CIERRE



de cierre. El disyuntor en éstas condiciones de
be responder a la orden de cierre e inmediatamen
te abrir otra vez obedeciendo a la orden de dis-
paro y permaneciendo en ésta posición, de la cual
no podrá moverse aunque la señal de cierre persist
ta, a menos que ésta última se interrumpa y vuell
va a darse nuevamente.

Por medio de ésta prueba podrán ser registrados
los siguientes datos, siendo los cuatro primeros
normalmente utilizados en disyuntores de gran vol
lumen de aceite.

- 1) Tiempo desde la energización de la bobina de a
pertura hasta la apertura de contactos.
- 2) Tiempo desde la energización de la bobina de
cierre hasta el cierre de los contactos.
- 3) Tiempo desde la energización de la bobina de a
pertura hasta el cierre de los contactos (recon
nexión).
- 4) Presión o penetración de los contactos (P), es
tá dada por la distancia medida entre el ini-
cio del cierre de los contactos y el cierre to
tal de los contactos. Depende del tiempo del
disyuntor.

- 5) Recorrido de los contactos móviles (C). Es definida por la distancia entre la línea de posición totalmente abierta y por la línea de posición totalmente cerrada del disyuntor.
- 6) Sobrerecorrido (O). Es el espacio recorrido por los contactos móviles además del que realizan normalmente para mantener ya sea el disyuntor totalmente cerrado o abierto.
- 7) Velocidad de apertura (VA). Es la velocidad de los contactos móviles entre dos puntos del recorrido en la apertura del disyuntor.
- 8) Velocidad de cierre. Es la velocidad de los contactos móviles entre dos puntos del recorrido en el cierre del disyuntor.
- 9) Subrecorrido (R). Es la distancia entre la línea de cierre o apertura total del disyuntor y el retorno de los contactos se efectúa el cierre o apertura.
- 10) Amortiguamiento (a). Es representada por el área situada en la parte inferior de la curva de apertura del disyuntor, mostrando el comportamiento adecuado de los amortiguadores.

De esta manera analizando los gráficos de las curvas se puede obtener un medio eficiente con precisión para registrar defectos, al ser comparados los resultados con los valores dados en las especificaciones de los fabricantes obteniendo de esta manera una mayor vida útil de los disyuntores utilizados.

b) Analizador oscilográfico "DOBLE TR - 1A"

El analizador de recorrido, "Doble" tipo TR - 1A, es utilizado para registrar y analizar operaciones eléctricas y mecánicas de los disyuntores siempre y cuando éstos permitan el acoplamiento mecánico de su varilla de accionamiento con el transductor.

El analizador está constituido de: oscilógrafo, cables de interconexión, transductor electromecánico y varilla de acoplamiento.

Con este instrumento se puede verificar las siguientes características de un disyuntor:

- Velocidad instantánea de la varilla de accionamiento.
- Recorrido total de la varilla de accionamiento.

- Apertura o cierre de los contactos del disyuntor.
- Simultaneidad de los contactos.
- Tiempo de apertura.
- Tiempo de cierre.
- Penetración o presión de los contactos (conforme el tipo del disyuntor).
- Sobrerecorrido.
- Amortiguamiento.
- Subrecorrido.

Las curvas de apertura, cierre y reconexión podrán ser hechas con este aparato sin ningún otro equipo adicional.

5.5 PRUEBA EN LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE DE LOS BUSHINGS

A los transformadores de corriente que se encuentran colocados en los bushings de los disyuntores se les realizan las pruebas que a continuación se detallan:

5.5.1 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Esta prueba de aislamiento es realizada con corriente continua, para lo cual normalmente es utilizado un Megger.

El aislamiento entre el primario y el secundario de transformador de corriente fue verificado ya, con el ensayo de la resistencia de aislamiento del disyuntor.

Razón por la cual en esta prueba se utilizará un megger tan sólo de 500 voltios para medir el aislamiento entre los terminales del secundario y de ellos a tierra.

5.5.2 DETERMINACION DE LA CURVA DE SATURACION

Se la obtiene aplicando en el secundario del transformador de corriente (con el primario abierto) una tensión variable que para cada valor de ella corresponderá una corriente de excitación como se muestra en la figura # 21.

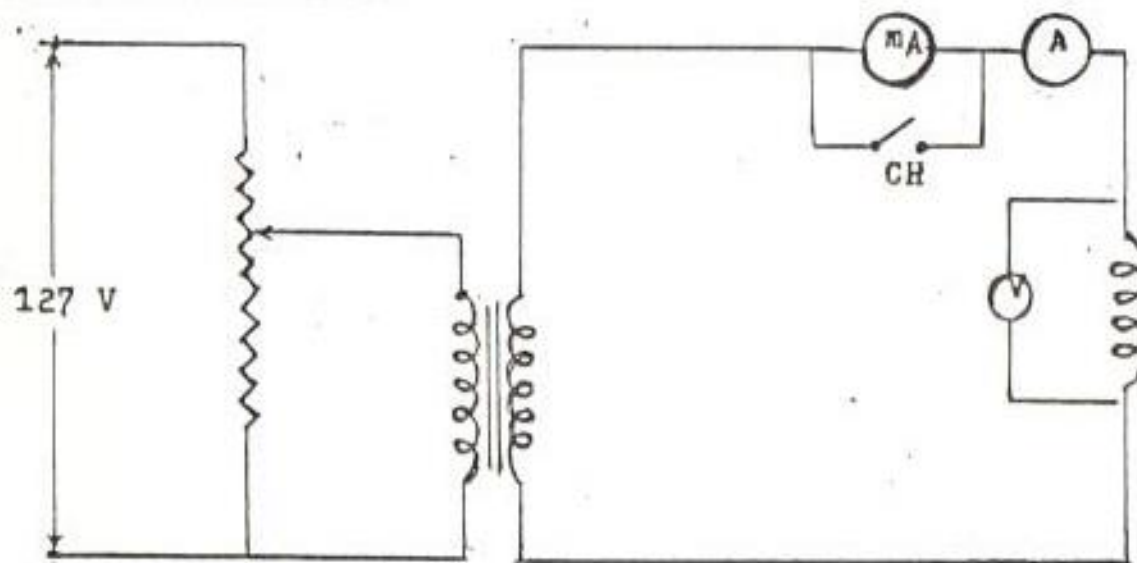
Todos los transformadores de corriente de los bushings que no estuvieren siendo ensayados deberán permanecer con los secundarios abiertos.

FIG. N°21

CIRCUITO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA CURVA DE SATURACION DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.-

LEYENDA:

- TA: TRANSFORMADOR AUXILIAR DE RELACION 100/100 V
V: VOLTIMETRO
mA: MILIAMPERIMETRO AC
A: AMPERIMETRO AC
 I_{EXC} : CORRIENTE DE EXITACION



CH: INTERRUPCION (600 VOLTIOS)

El ensayo deberá ser efectuado hasta que la variación de corriente haya obtenido la saturación del transformador de corriente.

Con los resultados obtenidos se deberá levantar la curva de: $V_{sec} = F(I_{EXC})$.

5.5.3 RELACION DE TRANSFORMACION

El proceso más comúnmente utilizado por las empresas consiste en aplicar corriente en el primario y medir la corriente secundaria.

5.5.4 RESISTENCIA OHMICA DEL ENROLLAMIENTO

La resistencia óhmica de los enrollamientos secundarios del transformador de corriente debe ser medida en todas las derivaciones (taps) debiéndose del valor medido sustraer la resistencia del cable utilizado.

5.5.5 POLARIDAD

Tiene como objeto verificar que las marcaciones de las polaridades del transformador de corriente estén de acuerdo con las indicadas por el fabricante de manera de poder censar cualquier cambio que por equivocación haya sido realizado durante el montaje.

El ensayo es mostrado en la figura # 22 y consiste en el hecho de que al cerrar el interruptor CH, se deberá verificar la deflexión de la aguja del voltímetro D.C. Si esta deflexión es para la derecha la polarización será sustractiva y si es a la izquierda será aditiva.

5.6 PRUEBA DE LOS RESISTORES DIVISORES DE TENSION EN LOS DISYUNTORES A GRAN VOLUMEN DE ACEITE

OBJETIVO:

Comprobar el valor de los resistores divisores de tensión instalados en los disyuntores a gran volumen de aceite con el fin de minimizar los efectos de las sobretensiones y facilitar la extinción del arco.

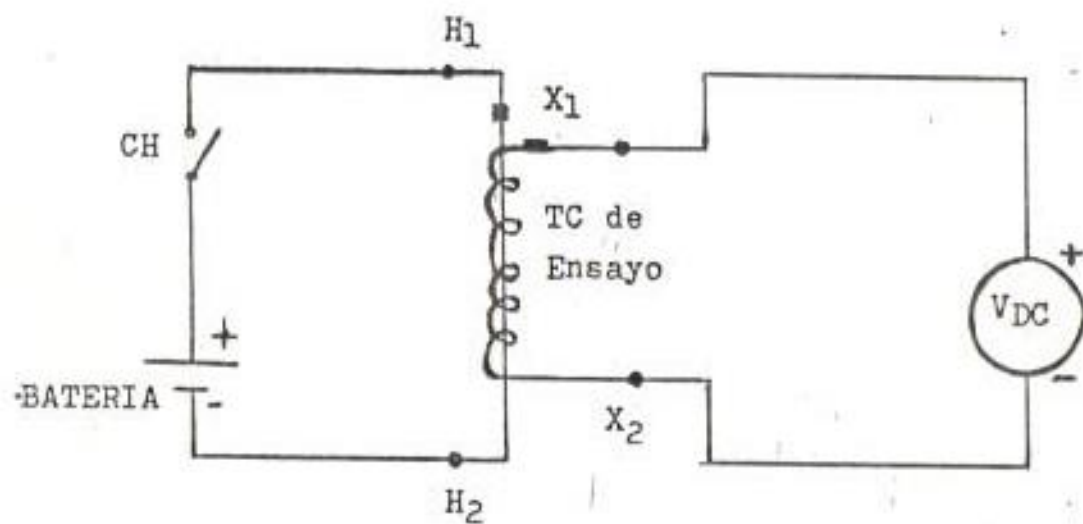
CONSIDERACIONES GENERALES

El resistor divisor de tensión está conectado en paralelo con los puntos de interrupción de las cámaras de los interruptores. De tal manera que cuando el disyuntor está cerrado, el divisor está cortocircuitado por los contactos de las cámaras de interrupción mientras que cuando está abierto se encuentra fuera del circuito.

La medición de los valores de los resistores diviso-

FIG. Nº22

CIRCUITO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA POLARIDAD DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE



res de tensión sólo podrá ser ejecutada en una posición intermedia de los contactos principales del disyuntor para lo cual es necesario realizar los siguientes pasos:

- 1) Con el disyuntor en la posición cerrado iniciar el ensayo.
- 2) Conectar los cables del ohmiómetro entre los terminales de los bushings de cada polo del disyuntor.
- 3) Abrir lentamente el disyuntor y observar en el ohmiómetro el momento en que el instrumento indica una variación brusca de resistencia.
- 4) Realizar en éste instante la medición de la resistencia del resistor divisor de tensión de la fase en referencia y de las otras dos.
- 5) Realizar la apertura del disyuntor.

En la tabla N°XIV se muestran valores obtenidos en los ensayos para diferentes tipos de disyuntores.

5.7 PRUEBA DEL ACEITE AISLANTE

La continua utilización del aceite como medio aislante y de extinción del arco en disyuntores de gran

TABLA XIV VALORES TÍPICOS DE LOS RESISTORES DIVISORES DE TENSION

FABRICANTE	TENSION	TIPO	CAPACIDAD (KVA)	CORRIENTE NOMINAL (A)	VALOR MEDIDO DEL RESISTOR (OHM)	TOLERANCIA ACEPTABLE
ALLIS CHALMERS	138	BZO-138-10.000	10.000	1.600	168.000	+10%
ALLIS CHALMERS	138	BZO-138- 5.000	5.000	1.600	168.000	+10%
ALLIS CHALMERS	138	BZO-115- 5.000	5.000	1.600	168.000	+10%
ALLIS CHALMERS	115	BZO-115- 5.000-2	5.000	1.200	750	
CGE	115	KS6-115- 5.000	5.000	1.200	1.620	
GE	138	FX145-37.000-5	10.000	1.600	2.700	+5%-10%
GE	115	FX115-5.000	5.000	1.200	1.350	
Mc GRAW EDISON	115	AHE-48-115-5000	5.000	1.200	284	
MITSUBISHI	230	200GW 1.000	7.500	1.200	480.000	+15%
MITSUBISHI	138	120GIR 1.000	7.500	1.200	990.000	+15%
MITSUBISHI	115	100-GM-500K	5.000	1.200	1.350	
MITSUBISHI	115	100-GTR-50	5.000	1.200	495.000	
WESTINGHOUSE	230	2.300-GW-7.500	7.500	1.200	770.000	+15%
WESTINGHOUSE	230	2.300GW 10.000	10.000	1.600	1'000.000	+15%
WESTINGHOUSE	230	2.300GW 15.000	15.000	1.600	3'300.000	+15%
WESTINGHOUSE	138	GM 4A	3.500	1.200	500.000	+15%
WESTINGHOUSE	138	GM 5C	5.000	1.200	500.000	+15%
WESTINGHOUSE	115	1.150- BR-5000	5.000	1.200	250.000	

volumen de aceite y en disyuntores de pequeño volumen de aceite como el medio que extingue el arco, ha hecho necesario la realización de las siguientes pruebas:

- Rigidez dieléctrica.
- Pérdidas dieléctricas (Factor de potencia).
- Acidez.
- Tensión interfacial.
- Color.
- Contenido de agua.

Las cuales censan el estado en que se encuentra con el fin de conseguir no sólo el buen funcionamiento del equipo sino también obtener un mayor tiempo de utilización del mismo.

Es así que con la operación de un disyuntor se tiene que una cierta cantidad de aceite se quema por acción del arco produciendo partículas de carbono y una mezcla de gases. Parte del carbono se deposita formando una capa parcialmente conductora sobre las superficies aislantes mientras que la otra parte permanece en suspensión disminuyendo las propiedades aislantes del aceite.

Generalmente las pruebas del aceite son llevadas a cabo en laboratorio debiendo tener cuidado en el re tiro de la muestra con el fin de que ésta no tenga influencia de humedad y contaminación del medio am biente.

5.7.1 PRUEBA DE LA RIGIDEZ DIELECTRICA

La rigidez dieléctrica está dada por el voltaje que es capaz de producir una descarga entre dos electrodos que se encuentran sumergidos dentro del aceite aislante.

La prueba de la rigidez dieléctrica sirve para determinar la presencia de agentes contaminantes tales como: agua, carbono y partículas conductoras las cuales estarán presentes cuando encontramos ba jos valores de rigidez dieléctrica.

De ésta manera la rigidez dieléctrica de un aceite aislante nos da la capacidad que éste tiene en soportar sollicitaciones eléctricas sin sufrir daños.

Se recomienda que en aceites nuevos la rigidez ten ga un valor mayor de 40 KV para disyuntores de gran y pequeño volumen de aceite.

Mientras que para aceites usados deben presentar ya

lores mayores a 22 KV.

En caso de que este último no se cumpla deberá ser el aceite reacondicionado en los disyuntores de gran volumen de aceite y substituido en los disyuntores de pequeño volumen de aceite.

5.7.2 PRUEBAS DE PERDIDAS DIELECTRICAS

Consiste en la determinación del factor de pérdidas dieléctricas (factor de disipación) o del factor de potencia a una temperatura base de conexión de 20°C.

El valor límite del factor de potencia a 20°C del aceite nuevo debe ser menor que 0.05% para disyuntores de pequeño y gran volumen de aceite. El aceite en uso deberá presentar valores abajo de 0.5% en disyuntores de gran volumen de aceite ya que en caso contrario hay que reacondicionarlo.

Un alto valor del factor de pérdidas dieléctricas es una indicación de la presencia de productos deteriorados tales como: agua, productos de oxidación, sales metálicas, etc.

Los aparatos de uso más general utilizados hasta el momento para esta prueba son: Los de la compañía "Doble" en sus diferentes tipos y modelos, los cua-

les traen consigo una celda especial que es esencialmente un capacitor en donde el aceite colocado es el dieléctrico. Luego de que se ha colocado el aceite se realiza la conexión de la celda conectando el gancho del cable de alta tensión a la manija de la celda, el terminal de tierra se conecta al cilindro metálico de la celda y el anillo de "Guarda" del cable de alta tensión al tornillo de guarda de la celda como se muestra en la figura # 23.

5.7.3 PRUEBA DE ACIDEZ O DEL NUMERO DE NEUTRALIZACIONES

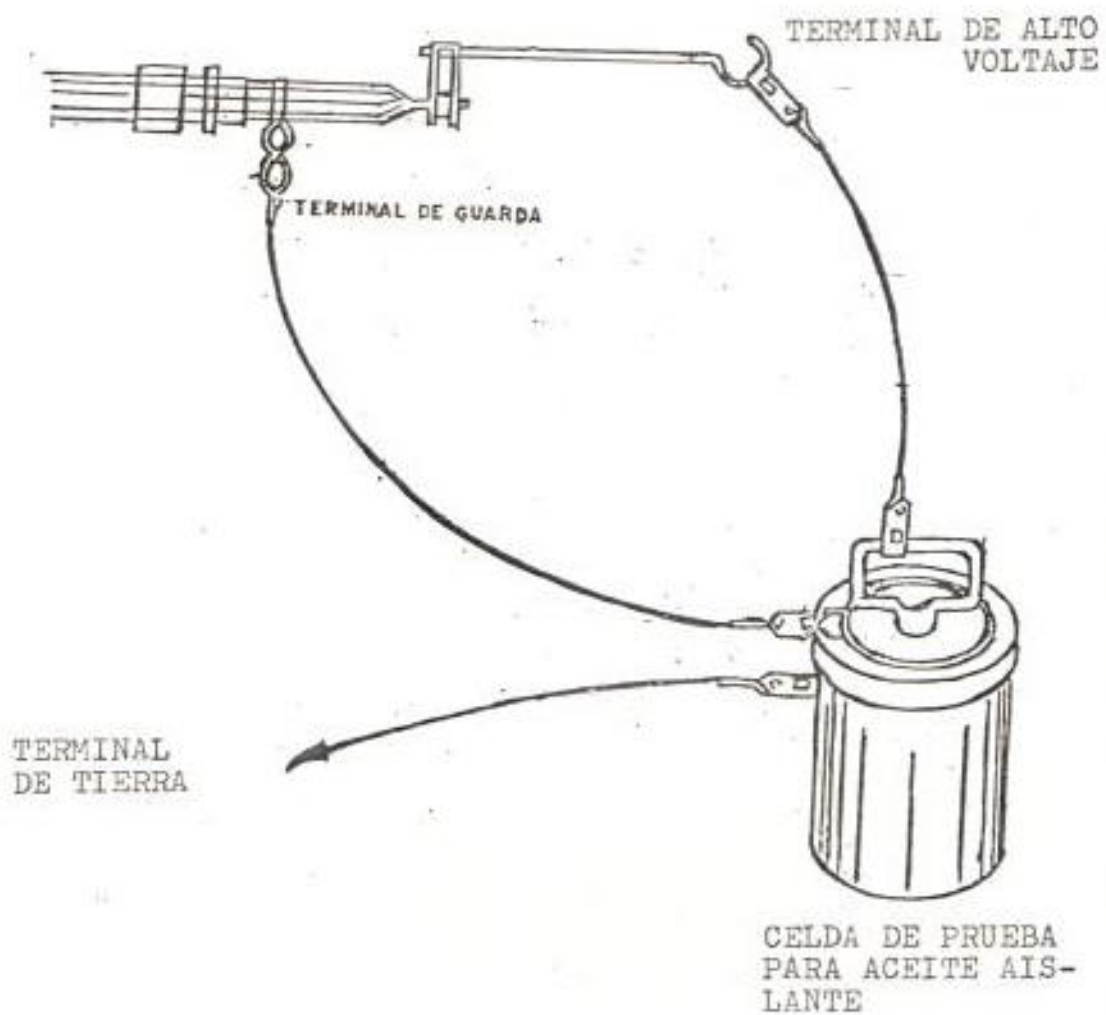
La prueba de acidez de un aceite también conocida como la prueba del número de neutralizaciones, consiste en sacar una muestra de aceite y encontrar la cantidad necesaria de hidróxido de potasio (KOH) que se requiere para neutralizar los ácidos que posee el aceite.

Algunas pruebas han indicado que la acidez es proporcional a la cantidad de oxígeno absorbida por el aceite habiéndose estimado que 5.6 litros de oxígeno absorbidos por 4,54 litros de aceite causarían una acidez equivalente de 0.4 miligramos de KOH/g.

El valor límite de acidez que deberá presentar un aceite nuevo deberá ser menor que 0.05 mg.KOH/g. mientras que el usado deberá tener un valor menor

FIG. N°23

CONEXIONES DE PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA EN ACEITES
AISLANTES UTILIZANDO LA COPA DOBLE



a 0.2 mg.KOH/g de aceite.

En caso de presentarse en un aceite valores de acidez mayores a los especificados se tendrá que éste disminuirá su rigidez dieléctrica debido a la presencia de oxidación que origina la formación de ácidos minerales.

5.7.4 PRUEBA DE LA TENSION INTERFACIAL

La tensión interfacial entre el aceite aislante y el agua está dada por la fuerza de atracción de sus diferentes moléculas situadas en la interfase.

Esta prueba establece un medio de detectar contaminaciones solubles polares y productos en deterioración que en general disminuyen el valor de la tensión interfacial.

El valor de tensión interfacial que deberá presentar un aceite nuevo deberá ser mayor que 40 dinas/cm. mientras que el usado deberá tener un valor entre 25 a 30 dinas/cm.

La medición de ésta prueba es realizada usando una bureta micrométrica llena de agua destilada y un recipiente de cristal donde la muestra es colocada hasta que alcance una altura por lo menos de una -

pulgada. Tanto la bureta como el recipiente están sostenidos por un soporte que permite el movimiento vertical del recipiente el cual es deslizado hasta alcanzar que la bureta haya penetrado en el mismo una distancia de 1/2". Luego de lo cual se expulsa una gota de agua realizándose la determinación de la tensión interfacial en dinas por centímetro a través de la siguiente fórmula:

$$\text{TENSION INTERFACIAL} = R_1(D-d)(s/R_2)$$

donde:

R_1 = Lectura del micrómetro del agua en aceite.

R_2 = Lectura del micrómetro del agua en el aire.

d = Densidad del aceite a la temperatura a la que se efectúa la medición.

D = Densidad del agua a la temperatura de medición.

s = Tensión superficial del agua en el aire.

En la figura # 24 se muestra el equipo utilizado en este ensayo.

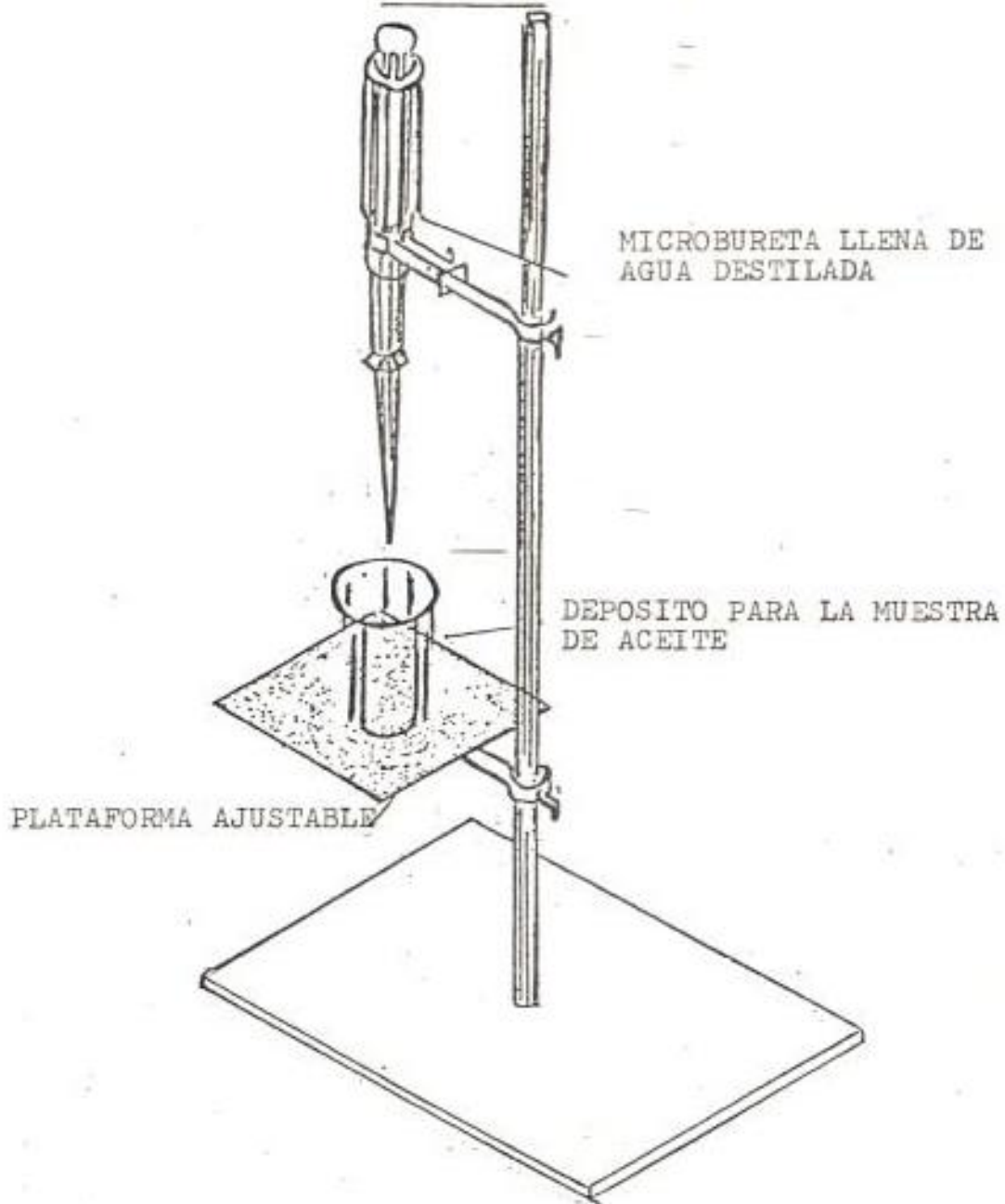
5.7.5 PRUEBA DEL COLOR

El color de un aceite aislante es determinado por

FIG. N°24

MEDIDOR DE TENSION INTERFACIAL DE ACEITES

AISLANTES



medio de la luz transmitida y es expresado por un valor numérico basado en la comparación con una serie de colores patrones.

El valor límite del color del aceite nuevo será máximo de 0.5 mientras que un aceite usado tendrá un valor máximo de 3.

Esta prueba indica el estado de deterioración y contaminación del aceite, sin embargo no es decisiva - para evaluar las condiciones del disyuntor, ya que sus resultados no son siempre precisos.

5.7.6 PRUEBA DE CONTENIDO DE AGUA (p.p.m.)

El contenido de agua es expresado en partes por millón (p.p.m.).

El agua está presente en el aceite aislante de tres formas:

- a) LIBRE: de ésta manera puede ser detectada visualmente. Este tipo de agua produce una disminución de la rigidez dieléctrica que puede ser recuperada por filtraje u otros métodos adecuados.
- b) DISUELTA O EN SOLUCION: de ésta manera no puede ser detectada visualmente, debiendo normalmente -

ser determinada por análisis físico-químico. Es te tipo de agua no influye acentuadamente en el valor de la rigidez dieléctrica.

- c) EN EMULSION: está constituida de pequeñas gotas mezcladas con aceite aislante. Una pequeña cantidad de éste tipo de agua tiene una influencia marcada en el valor de la rigidez dieléctrica.

El aceite nuevo debe presentar valores de contenido de agua inferiores a 20 ppm. mientras que - el aceite usado presentará valores entre 40 a 50 ppm. ambos valores considerando una temperatura ambiente de 23°C.

Así por ejemplo un aceite marca Texaco Oil 55 nue vo presenta un contenido de agua de 20 ppm. a - 25°C observándose que a la misma temperatura lue go de haber sido utilizado en un disyuntor de - gran volumen de aceite GEC SWITCH GEAR Ltda. mode lo WL-35 de 69 Kv-800 A por un tiempo aproximado de 18 meses presenta valores de 45 ppm.

Con lo expuesto se ha logrado en éste capítulo deta llar las pruebas más importantes que deben ser rea lizadas en disyuntores con el fin de precautelar su buen desenvolvimiento y su adecuada operación.

CAPITULO VI

PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS DE RECEPCION DE DISYUNTORES

6.1 CONSIDERACIONES GENERALES

En la recepción de disyuntores es menester llevar a cabo los siguientes procedimientos y técnicas con el fin de verificar y precautelar el buen funcionamiento de los mismos.

- Verificaciones y ensayos preliminares.
- Montaje del disyuntor.
- Verificación del montaje.
- Ajuste del disyuntor.
- Ensayos.
- Análisis de los resultados.
- Técnicas de secado.
- Energización del equipo.

De ésta manera se logrará detectar eventuales proble

mas ocasionados durante el transporte o el montaje, así como también obtener valores iniciales que sirvan de referencia durante la vida útil del equipo.

6.2 VERIFICACIONES Y ENSAYOS PRELIMINARES

6.2.1 VERIFICACIONES PRELIMINARES

Antes de proceder con el montaje del disyuntor deberá realizarse una inspección visual al mismo con el fin de certificar el estado físico en que se encuentra y poder de ésta manera censar ya sea los daños ocasionados en el transporte, o en su efecto las fallas producidas en la pintura o la identificación de presencia de corrosión en el equipo.

Paralelamente con lo expuesto deberá verificarse si el embalaje del equipo con sus diferentes partes tuvieron un embalaje adecuado y sino falta componente alguno del mismo.

Una vez que se ha cumplido cada uno de los requerimientos anotados, deberá realizarse las instrucciones técnicas siguientes:

- Certificación de que las partes que deben ser protegidas contra posible penetración de humedad (en especial la cámara de interrupción) estén cubier-

tas debidamente para el efecto.

- Poseer las herramientas especiales necesarias para el montaje del disyuntor.
- En caso de disyuntores en aceite deberá certificarse que el nivel de éste sea el adecuado.
- En caso de disyuntores con nitrógeno o SF₆ se deberá certificar las presiones de acuerdo a las instrucciones dadas por el fabricante.
- Certificación de que se haya cumplido con las conexiones y dimensiones dadas por el instructivo - del fabricante.

6.2.2 ENSAYOS PRELIMINARES

Previa a la instalación de ciertos elementos del disyuntor, se recomienda ejecutar individualmente las siguientes pruebas preliminares con el fin de detectar en cada uno de ellos existencia de bajo aislamiento.

- Ensayos del factor de potencia y de la resistencia de aislamiento de los bushings antes de ser éstos montados.
- Ensayos de rigidez dieléctrica y acidez para el aceite almacenado en tambores (debiéndose escoger - la muestra del que se encuentre en peores condiciones de bodegaje).

- Ensayo de la resistencia de aislamiento de la varilla de accionamiento.
- Determinación de los valores de las resistencias - de preinserción y de los utilizados como divisores de tensión y confirmación con los valores dados - por el fabricante.
- Determinación de los valores de los capacitores divisores de tensión y confirmación con los valores de placa dados por los fabricantes.

6.3 MONTAJE, VERIFICACION Y AJUSTE DE LOS DISYUNTORES

6.3.1 DISYUNTORES A GRAN VOLUMEN DE ACEITE

MONTAJE

Los disyuntores a gran volumen de aceite son normalmente transportados sin aceite, siendo éste último - traslado ya sea en camiones o en tanques con capacidad de 200 litros.

Antes de ser colocado el aceite en el disyuntor deberá ser ensayado en cuanto a rigidez dieléctrica, número de neutralizaciones, factor de potencia y color.

Dicho montaje deberá ser ejecutado solamente en días claros y secos (a una humedad relativa del aire inferior al 70%) a fin de evitar la absorción de humedad

de las partes aislantes, debiendo además tener la precaución de que el tanque se encuentre absolutamente limpio y seco para evitar contaminación alguna del aceite.

El aceite es colocado en el disyuntor utilizando un filtro prensa con el objetivo de forzar al aceite bajo presión atravesar los papeles filtrantes y conseguir de ésta manera el lavado del mismo.

El montaje del disyuntor de manera general deberá seguir las siguientes instrucciones:

1) En el tanque:

Normalmente el mecanismo y el conjunto de varillas de accionamiento son enviados por el fabricante ya debidamente instalados y fijados en los tanques.

2) Los bushings:

Antes del montaje deberán cumplir las recomendaciones dadas en 6.2.2.

Estos deberán ser montados uno por uno tomándose la precaución de evitar que éstos se rasguen o se quiebren. Las uniones deberán ser cuidadosamente colocadas y apretadas de modo de conseguir la po-

sición recomendada del mismo sobre el tanque.

3) Parte Interna:

En el montaje de las cámaras de interrupción debe
rán asegurarse que ésta se encuentre en su adecua
da posición. Deberá además realizarse los ajustes
correctos de los contactos móviles y guías.

VERIFICACIONES

Luego de haberse realizado el montaje del disyuntor
y ejecutado los ajustes necesarios se deberá reali-
zar una inspección general en cuanto a:

- Presencia de herramientas u otros objetos olvida-
dos en el interior del tanque.
- Presión y calentamiento de los contactos.
- Funcionamiento del contador de operaciones.
- Medición de la resistencia de aislamiento de los
cables utilizando un megger de 500 voltios para -
certificar el estado de los mismos.
- Existencias de piezas rasgadas o quebradas.
- Lubricación de las partes móviles.
- Existencia de posibles fugas de aire comprimido (
cuando fuera el caso).
- Condiciones de funcionamiento del conjunto motor-
compresor (cuando fuera el caso).

- Corrección del nivel de aceite de los bushings y del tanque.
- Existencia de fugas de aceite en general (después del llenado).
- Estado de las conexiones a tierra del disyuntor.
- Funcionamiento de las resistencias de calentamiento.
- Funcionamiento de las lámparas de señalización e iluminación.
- Limpieza y funcionamiento de los contactos auxiliares.
- Condiciones de los fusibles y de los portafusibles.
- Certificación de que la tapa de los tanques de los disyuntores se encuentran hermeticamente selladas.
- Existencia de cualquier freno colocado en el mecanismo para el transporte o montaje del disyuntor.
- Limpieza de los enrollamientos.
- Fijación de los tornillos, tuercas, frenos y conexiones terminales.
- Estado de la pintura.
- Estado de los picaportes, bisagras y compartimientos de los armarios.
- Funcionamiento correcto del indicador de posición.

AJUSTES

Los ajustes dependen del tipo de disyuntor sin embargo los más comunes son:

- Ajuste de los amortiguadores.
- Presión de los contactos.
- Swich de chequeo de que el interruptor está cerrado.
- Recorrido de la varilla de accionamiento.
- Relés de presión (en caso de utilizarse aire comprimido).

Así por ejemplo se tiene que para un disyuntor de gran volumen de aceite marca Mitsubishi, tipo GTR a 69 KV es necesario realizar los siguientes ajustes:

- Debe existir un espacio libre no menor de 1.5 mm entre la varilla de accionamiento y su tope superior con el fin de permitir la sobrecarrera del mecanismo de operación y asegurar que el movimiento del cierre esté bloqueado por el mecanismo de operación.
- Se deberá ajustar el recorrido del pistón para el cierre del interruptor en $305 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ teniendo en cuenta que los amortiguadores de cada polo operan en un recorrido de 32 mm para limitar el recorrido del pistón de cierre del interruptor.
- El ajuste de la compresión del resorte puede ser realizado mediante el ajuste de la longitud de la

varilla de accionamiento.

- En el ajuste de los contactos deberá considerarse un espacio libre de 4 a 6 mm entre la cruceta y la guía de los contactos. Dicho ajuste es obtenido mediante el entornillamiento de la varilla de accionamiento en uno de los toques de la misma.

6.3.2 DISYUNTORES DE PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE

MONTAJE

Los disyuntores de pequeño volumen de aceite son normalmente transportados en la posición vertical y con aceite, para que de ésta manera sus partes aislantes no sean contaminadas. Luego del montaje deberá verificarse su nivel, aumentando si fuera necesario una pequeña cantidad de aceite para alcanzar el nivel deseado.

En los disyuntores que son recibidos sin aceite deberán utilizar para su llenado una bomba manual o filtro prensa, mangueras y dispositivos de acoplamiento siguiendo con los mismos criterios adoptados por los disyuntores a gran volumen de aceite.

El montaje de los disyuntores debe ser ejecutado solamente en días en que la humedad relativa del aire es inferior de 70% a fin de que se evite la absor-

ción de humedad de las partes aislantes.

El montaje de los disyuntores de manera general debe
rán seguir las siguientes instrucciones:

- 1) Durante el montaje final deberá obedecerse las -
marcas que en el montaje realizado en la fábrica
fueron dadas a cada una de las piezas del disyun-
tor las cuales fueron luego desmontadas parcial-
mente para realizar el transporte.
- 2) Los sistemas de comando generalmente son provistos
por separado.
- 3) Bases y soportes.

Antes del montaje del disyuntor deberá verificar-
se que las bases se encuentren bien niveladas, co
locadas y aplomadas debido a que las piezas de in
terconexión entre los polos son predimensionadas
por el fabricante con pequeñas tolerancias.

- 4) Polos.

Antes del montaje de los polos debe certificarse
que las porcelanas deban estar perfectamente lim-
pias y secas. Debe ser montado un polo o un módu
lo de uno en uno observando el alineamiento y la
verticalidad del conjunto.

VERIFICACIONES

Luego de haberse realizado el montaje del disyuntor y realizado los ajustes internos necesarios se debe realizar una verificación general en lo referente a:

- Estado general del mecanismo de comando determinando las piezas que se encuentran rasgadas o quebradas.
- Lubricación de las partes móviles.
- Existencia de posibles fugas de aire comprimido (cuando fuera el caso).
- Nivel de aceite de los polos.
- Condiciones de funcionamiento del conjunto motor-compresor (cuando fuera el caso).
- Existencia de fugas de aceite en general (después del llenado).
- Limpiezas generales necesarias.
- Estado de la conexión a tierra del disyuntor.
- Medición de la resistencia de aislamiento de los cables utilizando un megger de 500 voltios para certificar el estado de los mismos.
- Funcionamiento de las lámparas de señalización e iluminación.
- Limpieza de los contactos auxiliares.
- Estado de los fusibles y portafusibles.

- Tiempo de llenado del reservorio de aire (cuando fuera el caso).
- Retiro de cualquier freno colocado en el mecanismo durante el transporte o montaje.
- Funcionamiento del contado de operaciones.
- Limpieza de todos los enrollamientos.
- Estado de los picaportes, bisagras y compartimiento de los armarios.
- Fijación de los tornillos, tuercas, arandelas, pernos, contrapernos y conexiones terminales.
- Funcionamiento correcto del indicador de posición.
- Estado de la pintura.

AJUSTES

Los ajustes normalmente ejecutados en la fábrica deben ser ejecutados durante el montaje.

Durante el ajuste de un polo se debe tomar siempre como referencia el polo anteriormente ajustado.

A continuación se detallan algunos de los ajustes principales que normalmente son realizados.

- Ajuste de los amortiguadores.
- Recorrido de la varilla de accionamiento.
- Determinación de la presión de los contactos.
- Relés de presión de comando.

6.3.3 DISYUNTORES DE AIRE COMPRIMIDO

MONTAJE

En el montaje de un disyuntor de aire comprimido es menester observar los siguientes puntos principales:

- No desmontar piezas con el fin de facilitar su montaje.
- El responsable por el montaje deberá estar poseído del catálogo y diseño del montaje del disyuntor.
- Tener cuidado en el retiro del embalaje utilizado para el transporte de los reservorios de aire comprimido, cámara de interrupción, válvulas y tuberías.
- Verificar el perfecto ajuste de los tornillos de fijación de las cámaras de interrupción, conforme el torque recomendado por el fabricante.
- Tener cuidado de utilizar en las conexiones eléctricas, grasas y pastas apropiadas recomendadas por el fabricante o similar.
- Tomar cuidado suficiente en el montaje de las tuberías y conexiones de aire comprimido procurando evitar futuras fugas, para lo cual se recomienda en el montaje limpiar con un chorro de aire comprimido para remover cualquier residuo.

- Evitar dislocamientos de las porcelanas con el fin de evitar que éstas se rajen o quiebren.
- Poner a tierra el disyuntor en los puntos prefijados.
- En los disyuntores de accionamiento hidráulico el llenado del circuito debe ser hecho con los dispositivos adecuados para evitar la entrada del aire al mismo.
- Efectuar la limpieza del disyuntor quitándole los residuos de polvo, grasas y aceite que contenga.

Los disyuntores de aire comprimido son normalmente transportados sin el aire requerido para su funcionamiento.

De modo general es utilizada la siguiente rutina para llevar a efecto el llenado completo de aire comprimido del disyuntor: inicialmente se debe llenar el disyuntor hasta una determinada presión, inferior a la presión de trabajo verificando en los manómetros las diferencias de presión que se han sucedido durante un período de 24 horas con el fin de verificar la no existencia de fuga alguna de aire.

A continuación se evacúa dicho gas y se vuelve a llenar a la misma presión anterior el disyuntor, procedimiento que debe ser repetido varias veces a fin de

retirar la humedad que pueda haber penetrado en el disyuntor durante el transporte, montaje y desmontaje. Finalmente se procede a llenar el disyuntor a su presión de trabajo.

VERIFICACIONES

Después de haber realizado el montaje del disyuntor con los ajustes internos necesarios, se debe realizar una inspección general verificando los siguientes puntos:

- Estado de las posiciones de los contactos auxiliares limpiándolos si fuera necesario.
- Verificar el funcionamiento de las lámparas de señalización e iluminación.
- Medir los tiempos de llenado del reservorio de aire.
- Verificar el estado de aislación de los cables utilizando un "megger" de 500 voltios.
- Verificar el estado de los filtros de aire y secadores. De ser necesario regenerarlos o substituirlos.
- Verificar el correcto funcionamiento de las válvulas unidireccionales (después del llenado).
- Verificar el correcto funcionamiento de las resis-

tencias de calentamiento.

- Verificar el estado general de la pintura.
- Procurar que los armarios, tanques y polos estén exentos de polvo, cuerpos extraños, humedad y corrosión.
- Verificar que para las presiones de 15 a 16 Kg.F/cm² a temperaturas entre 15 y 35°, el valor normal de la humedad del aire comprimido sea de 800 ppm. o como máximo de 100 ppm.
- Verificar el estado de los picaportes, bisagras y compartimientos de los armarios.
- Verificar si el indicador de posición del disyuntor está indicando la posición correcta para lo cual será necesario que la posición de los contactos estén de acuerdo con el indicador de posición.
- Verificar las condiciones de los fusibles y potafusibles.
- Verificar si la llave de comando y control funciona correctamente.
- Verificar si las conexiones de los cables a tierra se encuentran bien ajustados.
- Verificar las condiciones de las conexiones de entrada y salida.

AJUSTES

Los ajustes son inherentes a cada tipo de disyuntor. Los ajustes normalmente ejecutados en la fábrica deberán ser verificados durante el montaje.

Los principales ajustes necesarios son los de las varillas: de control de la cámara, de accionamiento (aislante), de conexión y de operación, así como también el ajuste llevado a cabo en el presostato.

6.3.4 DISYUNTORES DE HEXAFLUORURO DE AZUFRE

MONTAJE

En el montaje de un disyuntor de hexafluoruro de azufre es menester proceder de la siguiente manera:

- Tener cuidado en el retiro del embalaje utilizado para el transporte del disyuntor con sus accesorios.
- Separar las piezas componentes de cada polo.
- Montar la estructura o soporte verificando las dimensiones, niveles y fijación que posee.
- Aterrizar la estructura o soporte a la malla de tierra de la subestación.
- Montar las varillas de operación (astas de operación). Verificando su ajuste de acuerdo a las especificaciones dadas por el fabricante según el tipo de disyuntor.
- Montar las columnas soportes, columnas de gas y co

lumnas de accionamiento verificando sus niveles y ajustes.

- Montar las cámaras de interrupción.
- Montar los capacitores.
- Montar el mecanismo de operación.
- Montar los compresores.
- Montar el armario de comando.
- Preparar y montar las tuberías para el gas SF₆ y - aire comprimido.
- Realizar las conexiones de las válvulas de control (sellos).
- Ejecutar los ajustes mecánicos necesarios para el buen funcionamiento del disyuntor.
- Llenar las partes de SF₆ con el nivel de presión - mínima para evitar la penetración de humedad.
- Ejecutar las conexiones de los circuitos de operación, control y protección utilizando el material entregado por el fabricante.
- Limpiar y retocar la pintura del disyuntor.
- Hacer las conexiones eléctricas utilizando el mate rial indicado por el fabricante.

VERIFICACIONES

Después de haberse realizado el montaje del disyuntor y la ejecución de los ajustes internos necesarios

se debe realizar una inspección verificando los siguientes puntos:

- Estado de los picaportes, bisagras y compartimiento de los armarios.
- Verificar el estado de los filtros y secadores.
- Verificar la correcta actuación de los relés auxiliares.
- Verificar el correcto funcionamiento de las resistiencias de calentamiento.
- Verificar las condiciones de los fusibles y portafusibles.
- Procurar que los armarios y polos estén exentos - de polvo, cuerpos extraños, humedad y corrosión.
- Verificar si la llave de comando y de control funciona correctamente.
- Certificar que el contador de operaciones está - funcionando bien.
- Verificar las posiciones de los contactos auxiliares y su limpieza.
- Verificar el estado de aislamiento de los cables utilizando un megger de 500 voltios.
- Verificar el correcto funcionamiento de las válvulas de registro (durante y después del llenado de SF₆).

- Verificar si el indicador de posición del disyuntor está indicando la posición correcta.
- Verificar si hay fuga de gas SF₆ con agua jabonosa. La presencia de espuma nos indicará que hay fuga de este gas.
- Verificar el estado general de la pintura.
- Verificar las condiciones en que se encuentran las conexiones de entrada y salida.
- Verificar el estado de las conexiones de los cables a tierra.
- Controlar las condiciones de actuación de los prestatos.
- Verificar si hay fuga de aire comprimido.
- verificar el funcionamiento de las lámparas de señalización.

AJUSTES

Los ajustes son propios de cada tipo de disyuntor. Para la realización de éstos deben ser observados los valores estipulados por el fabricante así como también el proceso de ejecución recomendado.

De manera general los ajustes necesarios son:

- Presión de los contactos.
- Ajuste de los amortiguadores.

- Mecanismo de maniobra.
- Mecanismo de accionamiento.
- Presostatos.

CONSIDERACIONES EN EL LLENADO DEL DISYUNTOR CON HEXA FLUORURO DE AZUFRE

En el llenado del disyuntor con SF₆ se recomienda - proceder de la siguiente manera:

- Antes del llenado verificar el contenido de humedad del SF₆ rechazando para el efecto las botellas de gas que a una temperatura de 20°C y a una presión de 5 Kg-F/cm² posean contenido de agua mayor de 200 ppm. Comúnmente un valor normal de humedad para - el SF₆ nuevo deberá ser no mayor de 150 ppm.
- Montar el regulador de presión conectado con tubos de cobre o plástico resistente.
- Efectuar un ligero drenaje del gas invirtiendo la botella. Se acostumbra a inclinar la botella que posee el gas de 45° a 90° (vertical) para el drenaje del SF₆ en estado líquido.
- Para disyuntores de SF₆ cuyo transporte es hecho - con nitrógeno, tendrán la necesidad de que se les haga el vacío.

El proceso a seguirse para el efecto es el siguien

te:

- a) Vacíe el interior del disyuntor utilizando una bomba de vacío la cual es conectada al mismo a través de una manguera.
 - b) Cierre la válvula de parada de la bomba de vacío y la válvula de parada del orificio de alimentación de gas por un tiempo aproximado de 4 horas.
 - c) Luego abra la válvula de parada de la bomba de vacío para realizar vacío dentro de la manguera por uno o dos minutos aproximadamente.
 - d) A continuación se desconecta la manguera de parada del disyuntor certificando con el manómetro conectado a la misma la realización del vacío (presión cero).
- Para disyuntores cuyo transporte es hecho con el SF_6 colocado, no habrá necesidad de realizar el vacío, salvo el caso que se detecte fuga del gas.

Después de que el gas se ha colocado se debe verificar la estabilización de la temperatura del gas y del ambiente, pues el nivel de presión del disyuntor puede variar en función de la diferencia de condiciones existentes entre el disyuntor y la bo-

tella de gas siendo a veces necesario un nuevo ajuste del nivel.

En el manipuleo del gas de hexafluoruro de azufre cuando el disyuntor ya está en operación es necesario tener ciertos cuidados en vista de que el SF_6 con la acción de un arco eléctrico se descompone parcialmente en productos gaseosos (fluoratos de azufre) y productos sólidos (fluoratos metálicos en forma de polvo) los cuales son altamente irritantes en presencia de la humedad.

Dichos productos gaseosos originan también una disminución de la densidad del SF_6 causando un decremento del voltaje de descarga del aislamiento.

Dichos productos poseen fuerte y desagradable olor que les permite ser percibidos fácilmente en niveles de concentración bajos.

En caso de irritación de los ojos debido a los productos en descomposición del gas se recomienda utilizar agua para el lavado respectivo.

El SF_6 retirado del equipo en operación, generalmente es trasladado a una unidad de tratamiento donde se efectúa una recirculación del gas a través -

de una serie de filtros con el fin de extraerle - sus impurezas y absorber su humedad.

En el supuesto caso de no poseerse ésta unidad, el SF_6 utilizado debe ser descargado al aire libre, - fuera de las edificaciones y sobre el nivel del suelo para facilitar su dispersión en la atmósfera.

Para detectar la presencia del SF_6 acumulado en canaletas se puede usar una llama (vela, encendedor, fósforo) teniendo en consideración que ésta no se prenderá en los lugares donde el gas se encuentre. Esta prueba debe ser realizada con mucho cuidado con el fin de evitar daño en los conductores y e-quipos existentes en las instalaciones eléctricas. Las manos deben ser lavadas después de terminado - el manipuleo con éste gas para evitar cualquier tipo de contaminación o infección.

Para los disyuntores que utilizan el SF_6 apenas como elemento aislante y no para extinguir el arco, el criterio del llenado es idéntico a los disyuntores de SF_6 .

6.4 ENSAYOS DE RECEPCION DE LOS DISYUNTORES

En los disyuntores a gran volumen de aceite deberán

realizarse las siguientes pruebas de recepción:

- 1) Prueba de aislamiento con corriente continua.
- 2) Prueba de aislamiento con corriente alterna.
- 3) Prueba de la resistencia de contacto con el "Ducter".
- 4) Prueba con el Oxilógrafo.
- 5) Prueba con el analizador de camino.
- 6) Prueba en los transformadores de corriente de los bushings.
- 7) Prueba de los resistores divisores de tensión.
- 8) Prueba del aceite aislante.

En los disyuntores de pequeño volumen de aceite deberán realizarse las siguientes pruebas de recepción:

- 1) Prueba de aislamiento con corriente continua.
- 2) Prueba de aislamiento con corriente alterna.
- 3) Prueba de la resistencia de contacto con el "Ducter".
- 4) Prueba con el Oxilógrafo.
- 5) Prueba con el analizador de camino.
- 6) Prueba en los transformadores de corriente de los bushings.
- 7) Prueba del aceite aislante.

En los disyuntores de aire comprimido deberán reali-

zarse las siguientes pruebas de recepción:

- 1) Prueba de aislamiento con corriente continua.
- 2) Prueba de aislamiento con corriente alterna.
- 3) Prueba de la resistencia de contacto con el "Ducter".
- 4) Prueba con el Oxilógrafo.
- 5) Verificación del estado del aire comprimido como son: presiones, contenido de humedad y fugas del mismo.

En los disyuntores de hexafluoruro de azufre deberán realizarse las siguientes pruebas de recepción:

- 1) Prueba de aislamiento con corriente continua.
- 2) Prueba de aislamiento con corriente alterna.
- 3) Prueba de la resistencia de contacto con el "Ducter".
- 4) Prueba con el Oxilógrafo.
- 5) Verificación del estado del hexafluoruro de azufre como son: presiones, contenido de humedad y fugas del mismo.

6.5 ANALISIS DE LOS RESULTADOS, TECNICAS DE SECAGE Y ENERGIZACION

6.5.1 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados de los ensayos son comparados con los dados por los fabricantes y con los obtenidos en otros disyuntores del mismo tipo existentes en el sistema o en proceso de recepción.

6.5.2 TECNICAS DE SECADO

Las técnicas de secado en cada uno de los disyuntores es llevada a cabo de la siguiente manera:

En los disyuntores a gran volumen de aceite:

La varilla de accionamiento de los contactos, guías y demás piezas aislantes pueden absorber humedad a pesar de que se haya tomado precauciones durante el montaje.

Un recurso utilizado en el campo para el secado de éstas piezas consiste en calentar el aire que se encuentra dentro del tanque hasta que la prueba de aislamiento con corriente continua sea satisfactoria - luego de lo cual se procederá a llenar de inmediato con el aceite tratado.

Cuando los valores de aislación obtenidos son bastante bajos, las partes aislantes deben ser retiradas y colocadas en estufas.

En los disyuntores de pequeño volumen de aceite no -

es factible el secado en el campo por lo que una vez constatada la contaminación, su recuperación debe ser hecha en un local apropiado para el retiro de la humedad.

En los disyuntores de aire comprimido normalmente no es hecho el secado ya que durante el llenado del disyuntor es eliminada la humedad del aire. Para los disyuntores que posean varillas aislantes de accionamiento, en caso de contaminación, éstas deben ser retiradas y colocadas en estufas.

El secado en los disyuntores de hexafluoruro de azufre cuando es necesario es hecho a través de vacío.

Esta operación tiene la finalidad de retirar la humedad existente en todos los componentes del circuito a gas.

6.5.3 ENERGIZACION

Después de ejecutadas todas las pruebas recomendadas y analizados los resultados obtenidos, deberán ser tomados los siguientes cuidados antes de energizar el disyuntor.

- 1) Realizar una inspección visual general de los equipos.

- 2) Verificar todas las conexiones de alta tensión.
- 3) Verificar los circuitos secundarios de los transformadores de corriente instalados en los bushings debiendo ser cortocircuitados o conectados a tierra los que no estuvieren siendo utilizados.
- 4) Verificar si todos los interruptores (llaves) de los circuitos de alimentación de DC y AC para control y protección estén cerrados.
- 5) Ejecutar los ensayos de abertura y cerramiento por control local y a distancia (con las llaves seccionadoras del disyuntor abiertas)
- 6) Verificar la presión de los gases.
- 7) Verificar el nivel de aceite.
- 8) Ejecutar el ensayo de abertura del disyuntor por relé.
- 9) Retirar los cables que para precaución hayan servido para conectar a tierra.

Después de éstas verificaciones el disyuntor podrá ser energizado.

CAPITULO VII

PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

7.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Conocemos con el nombre de mantenimiento preventivo - todo servicio programado de control, conservación y - restauración de los equipos, obras o instalaciones ejecutados con la finalidad de mantenerlos en condiciones satisfactorias de operación y de prevenirlos contra posibles situaciones que causarían su indisponibilidad.

El hecho de realizar un buen mantenimiento trae consigo el obtener:

- 1) Reducción en la falla de los equipos.
- 2) Reducción de los daños y costos de reparación de los equipos.
- 3) Reducción de las pérdidas que causan la interrup -

ción de energía de un sistema.

4) Aumento de la capacidad productiva del equipo.

5) Mayor vida útil del equipo.

Frente a éstas consideraciones es necesario que en todo sistema eléctrico se elaboren programas de mantenimiento preventivo que cubran la realización de las siguientes inspecciones:

- Inspecciones Operacionales.
- Inspecciones Visuales.
- Inspecciones con el Termovisor.

Las cuales serán utilizadas para detectar las anomalías existentes en los equipos y lograr así establecer los procedimientos que se deberán seguir en el mantenimiento preventivo de la instalación en referencia.

7.2 INSPECCIONES

7.2.1 INSPECCIONES OPERACIONALES

Estas inspecciones son realizadas por el operador de la subestación cada determinado tiempo con el fin de registrar alguna situación especial del disyuntor o - que en su efecto logre detectar fallas que tengan relación con la operación física y características del equipo.

Esta información es enviada periódicamente a la sección de mantenimiento y se manda acompañada de los siguientes datos:

- Nombre de la subestación donde está instalado el disyuntor.
- Ubicación del disyuntor en la subestación.
- Número y tipo de operación indicando si el defecto fue por maniobra o sobrecarga.
- Lectura de los manómetros y número de horas trabajadas por el compresor.

En algunas empresas además de los registros citados los mismos operadores realizan:

- Drenaje del reservorio de aire comprimido para retirar la humedad condensada.
- Verificación de los fusibles.
- Control de la operación de los compresores.

7.2.2 INSPECCIONES VISUALES

Estas inspecciones tienen por finalidad detectar anomalías de un disyuntor sin que sea necesario la retirada del mismo de operación.

En la realización de ésta inspección se recomienda realizar las siguientes verificaciones cada 6 meses:

- Verificar eventuales existencias de fugas de aceite, aire comprimido o SF₆.
- Verificar los niveles de aceite.
- Verificar la existencia de rasgaduras o partes -
quebradas.
- Verificar las condiciones del espinterómetro. (me-
didor de descargas a tierra).
- Verificar la limpieza y el estado de los cables.
- Verificar el funcionamiento de las lámparas de señalización y de iluminación de los armarios de -
control.
- Verificar el estado de la pintura.
- Verificar las conexiones a tierra.
- Verificar las bases (fijación y nivel).
- Verificar si el indicador de presión está indi-
cando la posición correcta.
- Verificar la existencia de ruidos anormales.
- Verificar si los armarios de control, tanques y -
polos están libres de polvo, cuerpos extraños, humedad o corrosión.
- Verificar el estado de los picaportes y maniguetas
del armario de control.
- Verificar las resistencias de calentamiento.
- Verificar las condiciones en que se encuentran las
piezas del mecanismo de accionamiento.

Todas las anomalías encontradas en ésta inspección deberán ser corregidas dentro del programa normal de mantenimiento que se tenga proyectado.

7.2.3 INSPECCIONES CON EL TERMOVISOR

En algunas de las subestaciones a parte de las inspecciones operacionales y visuales que se realizan periódicamente, se posee un equipo llamado termovisor que sirve para verificar la existencia de diferencia de temperaturas entre dos puntos adyacentes.

Dicho equipo de termovisión consiste en un sistema infrarojo con una cámara que enfoca el objeto a ser estudiado y que convierte el calor emitido en una señal electrónica produciendo una imagen instantánea a tipo T.V. en un video.

La diferencia de temperatura es detectada porque una área caliente aparece más clara que una fría pudiéndose observar en el mismo aparato las temperaturas a las que éstas áreas se encuentran.

Los objetivos principales en la realización de inspecciones con termovisor es de localizar puntos calientes en el cuerpo del disyuntor así como también detectar el aumento de temperatura anormal de los conectores, que fijan las entradas y salidas del e-

quipo y que sin lugar a duda diagnosticará alguna avería del mismo.

Se recomienda que éstas inspecciones en subestaciones a voltajes menores de 230 KV sean realizadas cada ocho meses mientras que para las de voltajes iguales o mayores a 230 KV sean hechas cada cuatro meses.

7.3 CONDICIONES DE FALLA

Una vez que han sido detectadas las condiciones de falla por medio de las inspecciones periódicas realizadas es necesario proceder a indicar las prioridades de la emergencia que se posee con el fin de determinar la necesidad de realizar una desconexión ya sea inmediata o en su efecto programada.

7.3.1 CONDICIONES DE FALLA QUE EXIGEN UNA DESCONEXION INMEDIATA

Las condiciones de falla que exigen una desconexión inmediata son aquellas que colocan al equipo y a las instalaciones en riesgo eminente, encontrándose entre las comunes las siguientes:

- Fuga de aceite, aire comprimido o SF₆.
- Rasgadura o quebradura de la porcelana.

- Rasgadura o quebradura del mecanismo de operación.
- Bushings con averías.
- Calentamiento excesivo de los conectores.
- Nivel bajo de aceite del mecanismo de accionamiento.
- Ruido interno anormal.

7.3.2 CONDICIONES DE FALLA QUE EXIGEN UNA DESCONEXION PROGRAMADA

Las condiciones de falla que exigen una desconexión programada son aquellas que no ofrecen riesgos inmediatos pero que en un corto tiempo deberán ser atendidos con el fin de proceder a la reparación de las mismas, notándose entre las más comunes las siguientes:

- Pequeñas fugas de aire y aceite.
- Pequeños problemas del motor, compresor y correas.
- Sobre calentamiento leve del equipo.

7.4 CRITERIO DE PERIODICIDAD EN LA REALIZACION DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para determinar la frecuencia con que debe realizarse el mantenimiento preventivo es necesario se consideren los siguientes factores:

- Tiempo máximo que deberá haber entre mantenimientos.
- Número máximo de aberturas ocasionadas por los relés de protección.
- Potencia de interrupción nominal del disyuntor (P_n).
- Potencia máxima de interrupción en el lugar donde está instalado el disyuntor (P_o).

Normalmente los fabricantes de disyuntores entregan información sobre la realización del mantenimiento preventivo del equipo, indicando el número de aberturas que el disyuntor puede hacer a la corriente nominal de interrupción y a la corriente nominal, a sí como también el tiempo máximo para verificación del medio aislante.

Una vez realizado el análisis de los datos descritos en párrafos anteriores se ha llegado a la conclusión de que el mantenimiento preventivo de los disyuntores debe ser llevado a cabo una vez que se cumpla primero una de las siguientes condiciones:

- a) Cuando el número acumulado de aberturas por cortocircuito desde el último mantenimiento tiende al valor "N" dado por la expresión:

$$N=K \frac{P_n}{P_o} 1.3$$

Donde:

K: Límite de operaciones al 100% de la potencia nominal de interrupción y cuyo valor está establecido para los diferentes disyuntores como a continuación se detalla:

- Para disyuntores a gran volumen de aceite
K=16
- Para disyuntores de pequeño volumen de aceite K=8
- Para disyuntores de aire comprimido o SF₆
K=20

Dichos valores son de manera general, debiéndose por lo tanto utilizar el dado por el fabricante.

b) Cuando los disyuntores posean determinado número permisible de aberturas a su corriente nominal o un tiempo de operación determinado como a continuación se detalla:

- Para disyuntores de gran volumen de aceite se tendrán 2.000 operaciones o un tiempo de 5 años.
- Para disyuntores de pequeño volumen de aceite se tendrán 2.000 operaciones o un tiempo de 4 a

ños.

- Para disyuntores de aire comprimido y hexafluoruro de azufre se tendrán 3.000 o un tiempo de 5 años.

7.5 TECNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

7.5.1 PRUEBAS, VERIFICACIONES, AJUSTES Y LUBRICACION REALIZADAS EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En los disyuntores éstas se encuentran divididas de la siguiente manera:

a) Disyuntores a voltajes inferiores a 69 KV.

En éstos tipos de disyuntores se efectúan las siguientes pruebas:

- 1) Prueba de la resistencia de aislamiento con el "Megger".
- 2) Prueba de la resistencia de contacto con el "Ducter".

b) Disyuntores a voltajes iguales o mayores a 69 KV.

b-1) Disyuntores de gran y pequeño volumen de aceite.

Las pruebas realizadas antes del mantenimiento son:

- 1) Prueba de la resistencia de aislamiento con

el "Megger".

- 2) Prueba del factor de potencia con el "Doble MEU-2.500".
- 3) Prueba de la resistencia de contacto con el "Ducter".
- 4) Prueba con el Oscilógrafo.
- 5) Prueba de la rigidez dieléctrica del aceite.

Las pruebas y ajustes realizados después del -
mantenimiento son:

- 1) Prueba de la resistencia de aislamiento con el "Megger".
- 2) Prueba del factor de potencia con el "Doble MEU-2.500".
- 3) Prueba de la resistencia de contacto con el "Ducter".
- 4) Prueba con el Oscilógrafo.
- 5) Prueba de la rigidez dieléctrica del aceite.
- 6) Ajuste del presostato.
- 7) Verificación de la conexión a tierra del disyuntor.

Referente al aceite es necesario recalcar que si el disyuntor se encuentra en el número límite de operaciones de acuerdo con el criterio - de periodicidad antes mencionado, deberá éste

ser cambiado. En la substitución del aceite - luego de que el disyuntor ha salido fuera de - servicio deberá evitarse que éste permanezca - sin aceite por un periodo mayor de dos horas - con el fin de preveer posibles contaminaciones por humedad de las partes aislantes.

En lo que respecta a la lubricación en general de los disyuntores que se realiza durante el - mantenimiento es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1) Para pistones, roscas sin fin y bushings se utiliza normalmente el aceite SAE 20 a 30.
 - 2) Para válvulas de descarga, superficies deslizantes, resortes y engranajes se utilizan grasas a base de jabón de litio.
 - 3) Para casos específicos donde existen condiciones de operación tales como altas temperaturas, ciclos frecuentes de operación y - presencia de agentes corrosivos se utilizan grasas de silicone en lugar de las de litio.
- b-2) Disyuntores de aire comprimido y hexafluoruro de azufre.

Es necesario recalcar que en éste grupo se encuentran los disyuntores a 138 y 230 KV considerados para el Sistema Nacional Interconectado.

Pruebas realizadas antes del mantenimiento.

- 1) Prueba del factor de potencia con el "Doble MEU-2.500".
- 2) Prueba de la resistencia de contacto con el "Ducter".
- 3) Prueba con el Oscilógrafo.

Pruebas, verificaciones y ajustes después del mantenimiento.

- 1) Prueba del factor de potencia con el "Doble MEU-2.500".
- 2) Prueba de la resistencia de contacto con el "Ducter".
- 3) Prueba con el Oscilógrafo.
- 4) Verificaciones del sistema de aire comprimido.
- 5) Verificación del sistema de hexafluoruro de azufre.
- 6) Ajuste del presostato.
- 7) Verificación de la conexión a tierra del -

disyuntores.

En lo que respecta a la lubricación en general de éstos disyuntores se deberá observar el uso de vaselina neutra en las cámaras de interrupción cuando se realice el mantenimiento.

7.5.2 PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para la realización de las pruebas, verificaciones, ajustes y lubricación realizadas en el mantenimiento preventivo se poseen programas para cada uno de los disyuntores en referencia donde se indican los intervalos de tiempo en que éstas deben ser efectuadas.

Dichos intervalos de tiempo pueden ser semanales (S), mensuales (M), bimensuales (BM), trimestrales (TM), semestrales (SM), anuales (A) y cuando se los requieran (CR), así como se muestra en los programas que a continuación se detallan:

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA DISYUNTORES DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE.

DESCRIPCION

INTERVALO DE
TIEMPO

1.- Verificar accionamiento de cale-

factores.	S
2.- Verificar ausencia de fuga de aceite.	S
3.- Chequeo de nivel de aceite.	S
4.- Verificar grietas o manchas en la porcelana.	S
5.- Verificar recalentamiento y cambio de color de los terminales principales.	CR
6.- Verificar ruidos anormales.	S
7.- Verificar la característica del aceite.	CR
8.- Medición de resistencia de aislamiento de los secundarios TC.	SM
9.- Medición de resistencia de los circuitos de control respectivos.	SM
10.- Medición de la resistencia de <u>con</u> tactos.	SM
11.- Verificar el estado de la bobina de disparo y de cierre.	SM
12.- Inspección y engrase del mecanismo de trabajo neumático.	SM
13.- Pruebas de F.p de los bushings.	SM

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA DISYUNTO-
RES DE PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE.

<u>DESCRIPCION</u>	<u>INTERVALO DE</u> <u>TIEMPO</u>
1.- Verificar accionamiento de calefactores.	S
2.- Verificar ausencia de fuga de aceite.	S
3.- Chequeo de nivel de aceite.	S
4.- Verificar grietas o manchas en la porcelana.	S
5.- Verificar recalentamiento y cambio de color de los terminales principales.	CR
6.- Verificar ruidos anormales.	S
7.- Medición de resistencia de aislamiento de los circuitos de control respectivos.	SM
8.- Medición de la resistencia de contactos.	SM
9.- Verificar el estado de la bobina de disparo y de cierre.	SM
10.- Inspección y engrase del mecanismo de trabajo neumático.	SM

11.- Prueba de F.p de los bushings.

SM

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA DISYUNTORES DE AIRE COMPRIMIDO.

<u>DESCRIPCION</u>	<u>INTERVALO DE TIEMPO</u>
1.- Verificar accionamiento de calefactores.	S
2.- Verificar ausencia de fuga de aire comprimido.	S
3.- Drenar la condensación del cilindro de aire.	S
4.- Chequeo nivel de aceite, compresor.	S
5.- Verificar grietas o manchas en la porcelana.	S
6.- Verificar recalentamiento y cambio de color de los terminales principales.	CR
7.- Verificar el estado de los filtros de aire.	SM
8.- Verificar ruidos anormales.	S
9.- Llevar registros de la presión del aire comprimido.	S
10.- Verificar consumo de aire en aper	

turas	SM
11.- Medición de resistencia de aislamiento de los secundarios de los TC.	SM
12.- Medición de resistencia de aislamiento de los circuitos de control respectivos.	SM
13.- Medición de la resistencia de contactos.	SM
14.- Verificar los contactos auxiliares.	SM
15.- Verificar el estado de la bobina de disparo y de cierre.	SM
16.- Inspección y engrase del mecanismo de trabajo neumático.	SM
17.- Medición de la resistencia del motor del compresor.	SM
18.- Pruebas de protección, por baja presión de aire comprimido.	SM
19.- Pruebas de la F.p de los bushings.	SM

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA DISYUNTORES DE HEXAFLUORURO DE AZUFRE.

DESCRIPCION

INTERVALO DE
TIEMPO

- 1.- Verificar accionamiento de calefactores. S
- 2.- Verificar ausencia de fuga del SF₆. S
- 3.- Chequeo nivel aceite, compresor. S
- 4.- Verificar grietas o manchas en la porcelana. S
- 5.- Verificar recalentamiento y cambio de color de los terminales principales. CR
- 6.- Verificar ruidos anormales. S
- 7.- Llevar registros de la presión de gas SF₆. S
- 8.- Verificar consumo de aire en aperturas. SM
- 9.- Medición de resistencia de aislamiento de los secundarios de los TC. SM
- 10.- Medición de resistencia de aislamiento de los circuitos de control respectivos. SM
- 11.- Medición de la resistencia de contactos. SM
- 12.- Verificar los contactos auxiliares. SM

- | | |
|---|----|
| 13.- Verificar el estado de la bobina de disparo y de cierre. | SM |
| 14.- Inspección y engrase del mecanismo de trabajo neumático. | SM |
| 15.- Medición de la resistencia del motor del compresor. | SM |
| 16.- Pruebas de protección, por baja presión de SF ₆ . | SM |
| 17.- Pruebas de F.p de los bushings. | SM |

7.6 REPUESTOS Y ACCESORIOS DE RESERVA.

Paralelamente con la elaboración de los programas de mantenimiento deberá mantenerse un stock de repuestos que permita el cumplimiento de los programas antes mencionados.

Sin embargo debido a la gran dificultad de previsión de los repuestos de reserva de los diferentes tipos y marcas de disyuntores se deberá observar para la cantidad del pedido los siguientes factores:

- 1) Cantidad de disyuntores existentes.
- 2) Cantidad de piezas sugeridas por el fabricante.
- 3) Procedencia del equipo.
- 4) Experiencia de la empresa (consumo medio).
- 5) Listado de partes componentes de los disyuntores.

En lo que respecta en sí a los repuestos de reserva éstos pueden ser clasificados en:

1) Repuestos sujetos a desgaste normal. Por ejemplo:

- Anillos.
- Resortes.
- Puntas de los contactos.
- Dedos de los contactos.

2) Repuestos sujetos a defectos. Por ejemplo:

- Bushings.
- Bobinas.
- Electroválvulas, contactores, relés.
- Varilla de accionamiento.
- Aislador soporte.
- Aislador tirante.
- Columna rotativa.
- Visor de aceite.
- Bobinas de abertura y de cierre.

3) Componentes modulares. Por ejemplo:

- Contacto fijo completo.
- Polo completo.
- Cámara de interrupción completa.

Se recomienda también mantener entre los repuestos de reserva los componentes que normalmente son substituidos en el desmontaje del equipo, ya sea para mantenimiento preventivo o inspecciones internas tales como:

- Tornillos.
- Uniones.
- Empaques, etc...

De ésta manera se ha logrado determinar en éste capítulo los procedimientos y técnicas que deben ser tomadas en cuenta en la realización del mantenimiento preventivo de los disyuntores de gran volumen de aceite, pequeño volumen de aceite, aire comprimido y hexafluoruro de azufre.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Toda vez que se ha logrado desarrollar cada uno de los capítulos que forman parte de ésta tesis, se llegan a las siguientes conclusiones:

- Se ha visto que uno de los factores que ayuda a tener un sistema de potencia económico y confiable es el disponer de disyuntores de larga vida útil y que raramente fallen, es así que para adquirir éstos tipos de disyuntores, es necesario tener criterios correctos y claros en la aplicación, operación y mantenimiento de los mismos.
- Previo a cualquier decisión de compra o trabajo a realizar se en los disyuntores, es necesario conocer los fenómenos físicos que se producen durante la interrupción de corriente con las consideraciones que tienden o no a reactivar el arco así como también el de conocer las características de los diferentes tipos de disyuntores existentes.

- En la elección del tipo de disyuntor a utilizarse se tiene que las normas IEC son más rigurosas que las normas ANSI, pero en términos generales las normas son equivalentes. - Por ésta razón a pesar de que para la adquisición de los disyuntores del Sistema Nacional Interconectado se basó en las normas ANSI, su comportamiento se lo puede analizar también con las normas IEC.

- Los disyuntores deben poseer en lo posible el mínimo tiempo de interrupción de la corriente con el fin de obtener el mínimo desgaste de su mecanismo de operación y de su medio aislante.

- En la aplicación de todo disyuntor deberán tomarse en cuenta los factores de corrección que por sus condiciones atmosféricas y climáticas se tienen con el fin de determinar su adecuada corriente de interrupción y nivel de aislamiento necesarios para la buena operación del mismo. Para el caso de los disyuntores del Sistema Nacional Interconectado el BIL, corregido ha sido aplicado únicamente a los bushings de los disyuntores, ya que se ha considerado que la parte interna del mismo por su hermeticidad, no se ve afectada por el enrarecimiento del aire y por tanto no disminuye su valor dieléctrico.

- Para tensiones mayores a 230 KV y potencia de interrupción mayores a 10.000 MVA es necesario se utilice ya sea disyuntores de aire comprimido o de hexafluoruro de azufre, debido a las mejores características dieléctricas que éstos poseen.
- En la elección de la capacidad de interrupción nominal de cortocircuito de los disyuntores del Sistema Nacional Interconectado, se ha observado que los valores de corriente de cortocircuito en las peores condiciones de falla no pasan de 26.252 A a 230 KV y de 35.841 A a 138 KV.
- Se ha observado que para disyuntores a un voltaje mayor a 69 KV los valores de las pruebas de resistencia de aislamiento obtenidos por medio del método de factor de potencia, son más exactos y confiables que los realizados con el equipo del "Megger".
- En la instalación de todo disyuntor deberán tomarse muy en cuenta las condiciones de montaje, verificación y ajustes dados por el fabricante, con el fin de obtener una correcta operación del disyuntor.
- Los disyuntores de aire comprimido y hexafluoruro de azufre requieren de un mantenimiento menor que los disyuntores de gran y pequeño volumen de aceite.

FINALMENTE ES NECESARIO MENCIONAR LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES

- La prueba de aislamiento para disyuntores a voltajes mayores a 69 KV., deberá ser efectuada con corriente alterna utilizando el equipo que mide el factor de potencia del aislamiento.
- Se recomienda que el mantenimiento preventivo en los diferentes tipos de disyuntores sea realizado cuando hayan alcanzado determinado número permisible de aperturas a su corriente nominal o un tiempo de operación determinado como a continuación se detalla:
 - a) Para disyuntores de gran volumen de aceite se tendrán 2.000 operaciones o un tiempo de 5 años.
 - b) Para disyuntores de pequeño volumen de aceite se tendrán 2.000 operaciones o un tiempo de 4 años.
 - c) Para disyuntores de aire comprimido y hexafluoruro de azufre se tendrán 3.000 operaciones o un tiempo de 5 años.
- El aceite una vez que el disyuntor se encuentre en el número límite de operación especificado en el párrafo anterior deberá ser cambiado.
- Todo disyuntor que presenta ya sea fuga de aceite, aire comprimido o SF₆ deberá ser desconectado inmediatamente -

con el fin de proceder a su revisión inmediata.

- Todo Sistema Eléctrico en lo posible deberá poseer disyuntores de un solo tipo con el fin de que su mantenimiento y sus repuestos sean más económicos.
- Los programas de mantenimiento preventivo elaborados en ésta tesis para cada tipo de disyuntor consideramos deben ser tomados como guía para el buen desenvolvimiento de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

1. FILOSOFIA Y CRITERIOS DE MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES (CESP-BRAZIL).
2. MANUAL PARA EQUIPOS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA DE LA - SPRECHER-SCHUH (BRAZIL).
3. TECNICAS Y CRITERIOS DE RECEPCION Y DE MANTENIMIENTO - PREVENTIVO DE DISYUNTORES A VOLTAJES MAYORES A 69 KV - (CESP-BRAZIL).
4. CENTRALES Y REDES ELECTRICAS T.H. BUCHHOLD-H. HAPPOLDT
5. ESTACIONES DE TRANSFORMACION Y DISTRIBUCION (CEAC).
6. ESTUDIO DE SOBRETENSIONES TRANSITORIAS EN SISTEMAS ELEC TRICOS Y COORDINACION DE AISLAMIENTO VOLUMEN II G.E. - HARPER.
7. NORMAS ANSI.
8. NORMAS IEC.
9. ANALISIS DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA W.D. STEVEN SON.
10. FUNDAMENTOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE MEDIANA Y - ALTA TENSION G.E. HARPER.
11. SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA B.M. WEEDY.
12. INSTRUCTIVO DE DISYUNTORES EN ACEITE TIPO "GTR" (MITSU BISHI).
13. INSTRUCTIVO DE DISYUNTORES EN GAS SF₆ DEL TIPO "SFMT" (MITSUBISHI).

14. ESTABILIDAD DE SISTEMAS DE POTENCIA VOLUMEN II KIM-
BARK.