



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ARAGON”

16

2 es,

**PRUEBAS EN CAMPO A INTERRUPTORES
DE POTENCIA**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Presenta:

JAIME MARCO ANTONIO JIMENEZ REYES

Asesor: Ing. Francisco Jorge Flores Trujillo

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

San Juan de Aragón, Edo. Méx Agosto de 1993



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PRUEBAS EN CAMPO A INTERRUPTORES DE POTENCIA

INDICE

		PAG
	INTRODUCCION	1
	CAPITULO 1	
	INTERRUPTORES	
1.1	Interruptores	4
1.1.1	Contactos fijos	4
1.1.2	Contactos móviles	5
1.1.3	Cámaras de arqueo	5
1.1.4	Medio de extinción	6
1.1.5	Contenedor principal	6
1.1.6	Boquillas	7
1.1.7	Terminales para conexión	8
1.1.8	Mecanismo de operación	8
1.2.	Interrupción en aire a la presión atmosférica	9
1.3	Interrupción en aceite	10
1.3.1	Interrupción en gran volumen de aceite	11
1.3.2	Interrupción en bajo volumen de aceite	12
1.4	Interrupción en aire comprimido	13
1.5	Interrupción en hexafluoruro de azufre	15
1.6	Interrupción en vacío	16
1.7	Proceso de interrupción de una corriente alterna	20
1.8	El arco eléctrico	23
	CAPITULO 2	
	MANTENIMIENTO	
2.1	Concepto de mantenimiento	25
2.2	Tipos de mantenimiento	26
2.2.1	Mantenimiento predictivo	26

	PAG	
2.2.2	Mantenimiento preventivo	28
2.2.3	Mantenimiento correctivo	30
2.2.3.1	Planeación	31
2.2.3.2	Programación	32
2.2.3.3	Organización	32
2.2.3.4	Integración	32
2.2.3.5	Ejecución	32
2.2.3.6	Control	33
2.3	Clasificación de las pruebas a equipo eléctrico	33
2.3.1	Pruebas en fabrica	34
2.3.2	Pruebas en campo	35

CAPITULO 3

PRUEBA EN CAMPO DE RESISTENCIA OHMICA DE AISLAMIENTOS

3.1	Objetivo	36
3.2	Concepto de la prueba	36
3.2.1.1	Corriente capacitiva	37
3.2.1.2	Corriente de absorción dieléctrico	37
3.2.1.3	Corriente de conducción irreversible	37
3.2.2	Corriente de fuga	37
3.2.3	Absorción dieléctrica	38
3.2.4	Indices de absorción y de polarización	38
3.3	Medición de la resistencia ohmica de aislamiento con el equipo Megger	39 39
3.3.1	Uso de la guarda	41
3.3.2	Métodos de medición de resistencia ohmica de aislamiento	41 41
3.3.2.1	Método de tiempo corto o lectura única	41
3.3.2.2	Método tiempo - resistencia o absorción dieléctrica	41 41
3.3.2.3	Método de voltajes múltiples	42
3.4	Preparación del interruptor para la prueba de resistencia ohmica de aislamientos	43 43

		PAG
3.5	Procedimiento de la prueba de resistencia ohmica de aislamiento con el equipo Megger	43
3.6	Interpretación de resultados de la prueba de resistencia ohmica de aislamientos	45
3.6.1	Resultados en interruptores de gran volumen de aceite	46
3.6.2	Resultados en interruptores de soplo magnético	46
3.6.3	Resultados en interruptores multicámara	46

CAPITULO 4

PRUEBA EN CAMPO DE FACTOR DE POTENCIA A LOS AISLAMIENTOS

4.1	Objetivo	50
4.2	Concepto de la prueba de factor de potencia de los aislamientos	50
4.3	Medición del factor de potencia de los aislamientos con el equipo MEU-2.5 kV	53
4.3.1	Diferentes mediciones de factor de potencia	56
4.3.1.1	Conexión Ground (tierra)	57
4.3.1.2	Conexión Guard	57
4.3.1.3	Conexión UST (Ungrounded - Specimen - Test)	58
4.4	Preparación del interruptor para la prueba de factor de potencia	59
4.5	Procedimiento de la prueba de factor de potencia con el equipo MEU 2.5 kV y MH 10 kV	59
4.6	Interpretación de resultados de la prueba de factor de potencia a interruptores	67
4.6.1	Interruptor abierto	67
4.6.2	Interruptor cerrado	68

CAPITULO 5

PRUEBA EN CAMPO DE RESISTENCIA OHMICA DE CONTACTOS

5.1	Objetivo	70
5.2	Concepto de la prueba de resistencia de contactos	70
5.3	Medición de la resistencia ohmica de contactos con el equipo de medición (Ducter)	71
5.4	Preparación del interruptor para la prueba de resistencia ohmica de contactos	73
5.5	Procedimiento de la prueba de resistencia ohmica de contactos con el equipo Ducter	73
5.6	Interpretación de resultados de la prueba de resistencia ohmica de contactos a interruptores	74

CAPITULO 6

PRUEBA EN CAMPO DE SINCRONISMO Y TIEMPO DE OPERACION DE INTERRUPTORES

6.1	Objetivo	80
6.2	Concepto de la prueba de sincronismo y tiempo de operación de interruptores	80
6.2.1	Cronógrafo	81
6.3	Medición de los tiempos de operación de cierre y apertura con el equipo cronógrafo	82
6.4	Preparación del interruptor para la prueba de sincronismo y tiempos de operación de cierre y apertura	84
6.5	Procedimiento de la prueba de sincronismo y tiempos de operación de cierre y apertura	84
6.5.1	Prueba del motor	84

		PAG
6.5.2	Disposición del cronógrafo para efectuar la prueba	85
6.6	Interpretación de resultados de la prueba de sincronismo y tiempos de operación	88

CAPITULO 7

PRUEBAS EN CAMPO AL ACEITE DIELECTRICO DE INTERRUPTORES

7.1	El aceite dieléctrico	92
7.2	Prueba en campo de rigidez dieléctrica al aceite aislante	93
7.2.1	Objetivo	93
7.2.2	Concepto de la prueba de rigidez dieléctrica al aceite aislante	93
7.2.3	Medición de la rigidez dieléctrica al aceite aislante	95
7.2.4	Procedimiento para el método (ASTM-D-877)	96
7.2.5	Método (ASTM - D - 1816)	98
7.2.6	Interpretación de resultados	98
7.3	Prueba en campo de factor de potencia al aceite aislante	98
7.3.1	Objetivo	98
7.3.2	Concepto de la prueba de factor de potencia al aceite aislante	100
7.3.3	Procedimientos de la prueba de factor de potencia al aceite aislante	100
7.3.4	Interpretación de resultados de la prueba de factor de potencia al aceite aislante	100
7.4	Prueba en campo de acidez al aceite aislante	100
7.4.1	Objetivo	100
7.4.2	Concepto de la prueba de acidez al aceite aislante	101

		PAG
7.4.3	Procedimiento de la prueba de acidez al aceite aislante	103
7.5	Prueba en campo del color del aceite aislante	104
7.5.1	Objetivo	104
7.5.2	Interpretación de resultados de la prueba de color del aceite aislante	104

CAPITULO 8

PRUEBAS EN CAMPO PARA EL CONTROL DEL GAS HEXAFLUORURO DE AZUFRE (SF6)

8.1	Objetivo	105
8.2	Conceptos generales relacionados con la humedad	106
8.2.1	Punto de rocío	106
8.2.2	Humedad	107
8.2.3	Humedad absoluta	107
8.2.4	Humedad relativa	107
8.2.5	Vapor saturado	107
8.2.6	Partes por millón	109
8.3	Prueba en campo de contenido de humedad (Punto de rocío) al gas SF6	112
8.3.1	Objetivo	112
8.3.2	Concepto de la prueba de contenido de humedad al gas SF6	112
8.3.3	Medición del contenido de humedad (punto de rocío) al gas SF6 con el instrumento panametrics.	114
8.3.4	Preparación del interruptor para la prueba	118
8.3.5	Procedimiento de la prueba en campo de contenido de humedad con el equipo panametrics 3A	119
8.3.6	Interpretación de resultados de la prueba de contenido de humedad (punto de rocío)	121

	PAG	
8.4	Prueba en campo de la concentración de productos de descomposición del gas SF6	123
8.4.1	Objetivo	123
8.4.2	Concepto de la prueba concentración de productos de descomposición del gas SF6	123
8.4.3	Medición de la concentración de productos de descomposición con el equipo 3-032-R-002 de la marca DILO	126
8.4.4	Preparación del interruptor para la prueba	128
8.4.5	Procedimiento en campo de la medición de concentración de productos de descomposición con el equipo 3-032-R-002 marca DILO	
8.4.6	Interpretación de resultados de la medición de concentración de productos de descomposición	130

CONCLUSIONES 132

REFERENCIAS 134

INTRODUCCION:

El objetivo del presente trabajo es, proporcionar al profesional relacionado con el mantenimiento de interruptores de alta tensión, un catálogo de pruebas de campo del mantenimiento preventivo, así como ayudar a unificar criterios y procedimientos de prueba de los interruptores, describiendo el objetivo de cada prueba, su principio de funcionamiento y su descripción.

Reuniendo de esta manera información de manuales, folletos de fabricación, textos y normas para hacerla más practica a su uso.

En la actualidad se hace necesario aplicar las técnicas de mantenimiento preventivo a los interruptores que permitan una buena planeación, evaluación y control de las revisiones rutinarias y el resultado del análisis de estas estadísticas servirá para corregir los defectos menores que al final hará posible evitar los problemas de mayores consecuencias.

Cuando ya se haya implementado en forma completa al mantenimiento preventivo y se tengan las estadísticas del mantenimiento correctivo, se podrán aplicar las técnicas de mantenimiento predictivo.

En la actualidad el crecimiento de las ciudades ha originado una demanda creciente de energía y por ende el crecimiento de los sistemas de potencia que satisfacen esa demanda siendo las subestaciones eléctricas transformadoras las encargadas de recibir la energía de las centrales generadoras transformarla y distribuirla, en las cuales el corazón de las subestaciones son los transformadores y el equipo que determina el nivel de confiabilidad de las subestaciones son precisamente los interruptores.

Gracias a los interruptores es posible conectar y desconectar líneas, bancos de transformadores, e inclusive desconectar los equipos al existir fallas en el sistema, con el objeto de protegerlos además de poder realizar maniobras con ellos para dar libranza a ciertos equipos con el objeto de darles mantenimiento.

Es así como el presente trabajo de tesis trata de las pruebas de campo del mantenimiento preventivo a los interruptores de potencia (23 kV. a 400 kV.) en corriente alterna y explica el funcionamiento del interruptor así como los diferentes tipos de interruptores que existen.

El principio de funcionamiento de las pruebas y algunos de los instrumentos con los cuales se realizan, describiendo su

Funcionamiento y la realización de la prueba.

Uno de los aspectos sobre los cuales tratan de detectar las pruebas son, principalmente el estado de los aislamientos ya que es una de las principales causas de falla debido a envejecimiento de los aislamientos, humedad, contaminación, fisuras, etc. que son posibles detectar a través de las pruebas, de resistencia de aislamientos y factor de potencia, así como también el estado de los contactos pudiendo detectarlo a través de las pruebas de resistencia de contactos además de poder saber el comportamiento del mecanismo, con las pruebas de sincronismo, tiempos de operación de cierre y apertura de los contactos.

Es también posible conocer el estado de los medios de extinción como el aceite aislante y el gas hexafluoruro de azufre (SF₆). Al aceite por medio de pruebas como factor de potencia, rigidez dieléctrica es posible saber si sus características son aún buenas para su operación.

Al gas hexafluoruro de azufre (SF₆) se le realizan pruebas de campo como contenido de humedad (punto de rocío), y concentración de productos de descomposición.

CAPITULO 1

1.1 INTERRUPTORES

El interruptor es un aparato destinado a establecer o interrumpir la continuidad de un circuito eléctrico bajo carga o falla, construido de tal modo que esta continuidad pueda ser mantenida después de cada maniobra de cierre o apertura. Tiene por objeto insertar en un sistema eléctrico o retirar de él, máquinas, equipos o líneas e interrumpir el circuito cuando se produce una sobreintensidad. La interrupción se realiza automáticamente para que el tiempo preciso a la misma sea breve y graduado a voluntad.

El interruptor es un dispositivo importante en una subestación, su comportamiento determina el nivel de confiabilidad que se puede tener en un sistema eléctrico de potencia.

Los interruptores guardan algunas diferencias de un tipo a otro sin embargo, en general se puede decir que están compuestos por las siguientes partes principales:

- Contactos fijos.
- Contactos móviles.
- Cámara de extinción del arco eléctrico.
- Medio de extinción (aceite, gas SF₆, aire comprimido y vacío).
- Contenedor principal.
- Boquillas.
- Terminales para conexión.
- Mecanismo de operación.

1.1.1 CONTACTOS FIJOS

Son masas metálicas diseñadas para recibir en acoplamiento a los contactos móviles que se encuentran conectados a los polos de un

Circuito eléctrico en forma permanente, los cuales son de muy baja resistencia eléctrica, y de un alto grado de fusión. Fig. 1.1

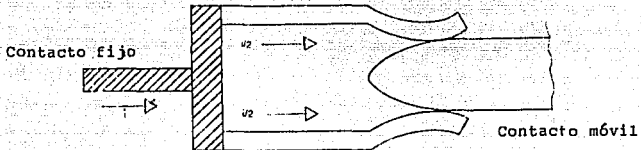


Fig. 1.1 Diagrama esquemático de contactos fijos y móviles.

1.1.2 CONTACTOS MOVILES

Son también masas metálicas que se acoplan a los contactos fijos, estableciendo un puente de contacto entre los polos del interruptor, ejerciendo presión unos a otros para asegurar un contacto uniforme y con ello una menor resistencia eléctrica al paso de la corriente.

1.1.3 CAMARAS DE ARQUEO

Es una cámara dispuesta de tal manera que al abrir los contactos se transforma en calor la energía que circula por el circuito de que se trate, lo cual ejerce fuertes presiones internas, (esfuerzos electrodinámicos de las corrientes de corto circuito), así como los esfuerzos dieléctricos de desconexión de bancos de reactores, capacitores, transformadores, etc. Para poder soportar estas presiones se desarrollan las cámaras de arqueo, en cuyo interior y bajo su diseño el arco eléctrico se extingue en un menor tiempo y con mayor eficiencia, logrando reducir gracias a estas cámaras de extinción una disminución considerable del tamaño de los interruptores. Fig. 1.2

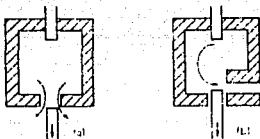


Fig. 1.2 Cámaras de control del arco a) cámara de soplado axial b) cámara de soplado cruzado.

1.1.4 MEDIO DE EXTINCION

Es el medio en el cual se extingue el arco eléctrico producto de la acción de interrupción del circuito eléctrico, el cual puede ser en aceite dieléctrico, gas hexafluoruro de azufre (SF6), en aire comprimido y en vacío.

1.1.5 CONTENEDOR PRINCIPAL

Es por así decirlo el recipiente en el cual se encuentran contenidos los contactos fijos y móviles, las cámaras de arqueo y el medio en el cual se extingue el arco. Fig. 1.3

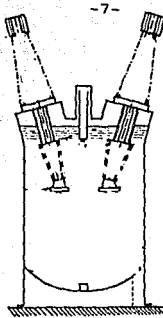


Fig. 1.3 Contenedor principal (tanque) de un interruptor en gran volumen de aceite.

1.1.6 BOQUILLAS

Son aisladores de porcelana normalmente, o en el caso de los interruptores en hexafluoruro de azufre (SF₆), la boquilla se encuentra encapsulada, y en cuyo interior se aloja el conductor que sirve para introducir la línea del circuito al interior del equipo hasta terminar en la conexión de alguno de los contactos ya sea el contacto fijo o por el otro extremo el contacto móvil. Fig. 1.4

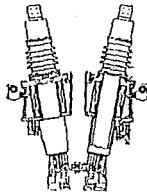


Fig. 1.4 Boquillas de un interruptor en gran volumen de aceite.

1.1.7 TERMINALES PARA CONEXION

Estas se encuentran en un extremo de las boquillas, y son precisamente para conectar los cables o barras, de la línea a los polos del interruptor. Fig. 1.5

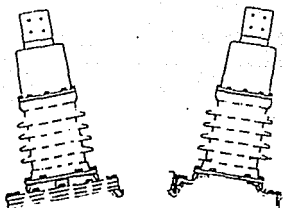


Fig. 1.5 Terminales para conexión de un interruptor en gran volumen de aceite.

1.1.8 MECANISMO DE OPERACION

Son el medio por el cual se consigue separar los contactos móviles de los fijos y dar la separación necesaria para romper el arco eléctrico. Los mecanismos varían mucho de un diseño a otro sin embargo, los podemos enmarcar por la forma de almacenar energía para conseguir la separación de los contactos y son: Resortes, Neumáticos, Hidráulicos y electromecánicos.

Podemos clasificar los interruptores de acuerdo con el medio en que se realiza la interrupción del arco eléctrico en:

Interrupción en aire a la presión atmosférica.

Interrupción en aceite.

Interrupción en aire comprimido.

Interrupción en Hexafluoruro de azufre (SF₆).

Interrupción en vacío.

1.2 INTERRUPCION EN AIRE A LA PRESION ATMOSFERICA

En este tipo de interruptores la corriente que se va a interrumpir se utiliza para crear un campo magnético que impulsa el arco contra un laberinto de celdas de material cerámico donde el arco se alarga y se enfría hasta apagarse. Sin embargo, la energía disipada en el arco es alta y esto limita la aplicación de la interrupción de alta resistencia a los interruptores de c.a. a bajas potencias de corte. Fig. 1.6

Para incrementar la resistencia del arco, se emplean los métodos siguientes:

a) Alargamiento del arco. La resistencia es aproximadamente proporcional a la longitud del arco.

b) Enfriamiento del arco. El voltaje requerido para mantener la ionización, aumenta cuando la temperatura disminuye, por lo que logrando un enfriamiento efectivo se aumenta la resistencia.

c) División del arco. Se absorbe un voltaje apreciable en las dos superficies de contacto, por lo que, si el arco puede dividirse en un número de pequeños arcos en serie, se reduce el voltaje disponible para la columna del arco.

d) Constricción del arco. Si puede contreñirse el arco en un canal muy angosto, se aumenta el voltaje necesario para mantenerlo.

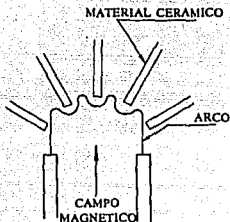


Fig. 1.6 Representación esquemática de un interruptor de gran resistencia de arco a la presión atmosférica.

1.3 INTERRUPCION EN ACEITE

Este tipo corresponde a los interruptores de pequeño y gran volumen de aceite. Al realizar la separación de los contactos en un baño de aceite en lugar de en aire a la presión atmosférica, la capacidad interruptiva se aumenta grandemente debido a dos razones principales: Primera, la rigidez dieléctrica del aceite es mayor que la del aire a la presión atmosférica; segunda, el arco descompone el aceite, generando hidrógeno y este gas es un medio refrigerante superior al aire.

Aún cuando se tiene un considerable número de interruptores de gran volumen de aceite instalados, este tipo de interruptores de gran volumen de aceite tiende a desaparecer, sus características son sin embargo en la mayoría de los aspectos, similares a los de los interruptores de bajo volumen de aceite, ya que las cámaras de extinción tienen diseños muy similares.

La principal razón por la cual un interruptor con gran volumen de aceite puede ser competitivo actualmente es el ahorro que se puede tener al no utilizar transformadores de corriente independientemente ya que se encuentran instalados sobre los bushings del interruptor. Fig. 1.7

1.3.1 INTERRUPCION EN GRAN VOLUMEN DE ACEITE

En este tipo de extinción el arco producido calienta el aceite dando lugar a una formación de gas muy intensa que aprovechando el diseño de la cámara empuja un chorro de aceite a través del arco, al pasar la onda de corriente por cero se extingue.

Para grandes tensiones y capacidades de ruptura cada polo del interruptor va dentro de un tanque separado, aunque el accionamiento de los tres polos es simultáneo, por medio de un mando común.

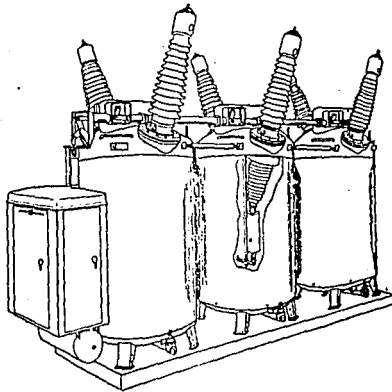


Fig. 1.7 Ilustración de un interruptor de gran volumen de aceite.

1.3.2 INTERRUPTOR EN BAJO VOLUMEN DE ACEITE

La mayoría de los interruptores de bajo volumen de aceite utilizan cámaras de extinción de sople cruzado, el principio del cual se muestra en la figura 1.8 Cuando el arco se presenta entre los contactos, el aceite se desintegra primeramente en gas de hidrógeno originando una presión alta en volúmen más o menos cerrado, la única salida que se presenta a esta presión es a través del canal del arco por medio de un número de ventanas que se van abriendo a medida que el contacto móvil se va desplazando, es en esta forma como el gas soplado a través del arco logra enfriarlo, la presión del sople es del orden de 100 atm. o más, lo cual junto con las propiedades térmicas del hidrógeno explica las propiedades extremadamente buenas del interruptor en bajo volumen de aceite.

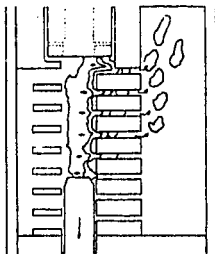


Fig. 1.8 Diseño básico de una cámara de extinción de un interruptor de pequeño volumen de aceite.

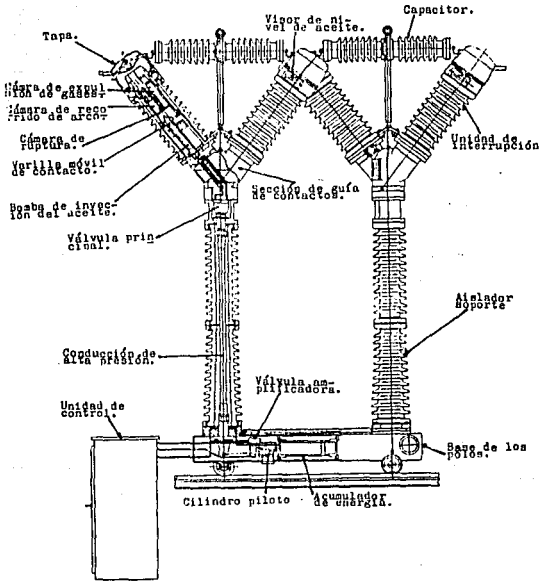


Fig. 1.9 Ilustración de un interruptor de pequeño volumen de aceite.

1.4 INTERRUPTOR EN AIRE COMPRIMIDO

En este tipo de interruptores, el poder de ruptura aumenta casi proporcionalmente a la presión del aire inyectado. Como ocurre en general con todos los gases a presión, el aire comprimido posee una rigidez dieléctrica y propiedades térmicas muy superiores al aire a la presión atmosférica.

Esto permite realizar la interrupción al pasar la corriente por cero con arcos eléctricos relativamente cortos.

Todos los interruptores de aire comprimido utilizan el flujo de aire a presión a través de toberas y su descarga a la atmosfera. El arco, centrado en la tobera y sometido a la corriente gaseosa, sufre un enfriamiento muy enérgico que contribuye a su desionización, que se facilita por los fenómenos de turbulencia.

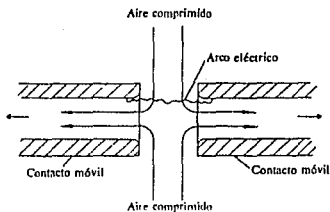


Fig. 1.10 Representación esquemática de un interruptor neumático.

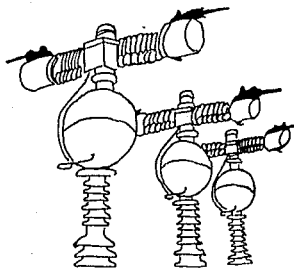


Fig. 1.11 Interruptor de soplo de aire marca Merlin Gerin.

1.5 INTERRUPCION EN HEXAFLUORURO DE AZUFRE (SF₆)

El hexafluoruro de azufre es un gas incoloro e inodoro, con una densidad cinco veces mayor que la del aire. Es sumamente estable hasta temperaturas de 500°C bajo cero.

Constituye un excelente dieléctrico alcanzando, una presión de 4.5 Kg/cm² y a 20°C, una rigidez dieléctrica igual a la del aceite y tres veces mayor que la del aire, a la misma presión.

La presencia de otro gas (aire o nitrógeno), por ejemplo en proporciones de 10 al 20% no reduce prácticamente su tensión disruptiva.

Estas propiedades se deben al gran tamaño de la molécula del gas SF₆ y a su capacidad de reducir la velocidad de los electrones libres, que el campo eléctrico tiende a acelerar y cuyo desplazamiento constituye el proceso inicial de la descarga.

Las propiedades térmicas del SF₆ son también notables. En general, un arco eléctrico está constituido por un núcleo central de temperatura más elevada y un plasma circundante de temperatura más baja.

La ventaja fundamental del SF₆ con respecto a otros gases reside en la mayor conductibilidad eléctrica del núcleo y a la menor conductibilidad térmica del plasma. La energía térmica transferida por plasma al medio circundante es menor y en consecuencia la temperatura del núcleo es más alta, su conductibilidad eléctrica mayor y correlativamente la caída de voltaje en el arco es menor.

A medida que disminuye la intensidad de la corriente al aproximarse a su paso por cero, la temperatura baja y el núcleo, que es la principal proporción conductora desaparece. En el SF₆ el plasma, a esta temperatura reducida, no conduce prácticamente corriente.

En los interruptores de hexafluoruro el SF₆ desempeña la función de dieléctrico y de medio de interrupción.

La cámara donde se contiene el SF₆ y donde se realiza la interrupción debe ser hermética, de manera que no se tenga ninguna pérdida de gas. Las magníficas cualidades del gas SF₆ reducen considerablemente el movimiento de los contactos del interruptor.

Fig. 1.12

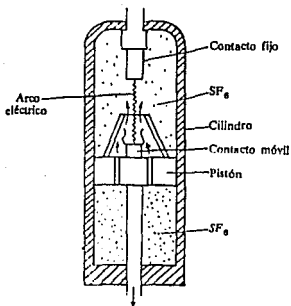


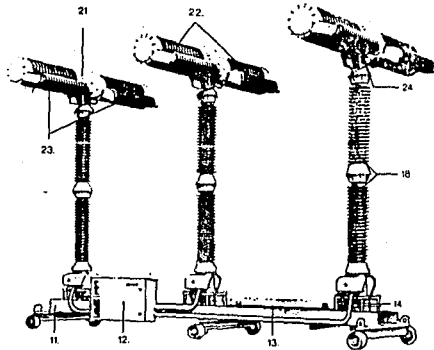
Fig. 1.12 Representación esquemática de un interruptor de hexafluoruro de azufre.

Los interruptores pueden ser de polos separados, cada fase en su tanque o trifásicos en que las tres fases utilizan una misma envoltente.

Las pérdidas de gas deben ser inferiores al 2% anual del volumen total del gas encerrado dentro del equipo.

En los interruptores trifásicos, la apertura de los contactos es simultánea, aunque conviene que haya dispersión de un milisegundo entre los tres polos; se entiende por dispersión a la diferencia en tiempo que existe entre el instante de cierre del primero y el instante de cierre del último polo del interruptor.

El uso de dispersión es importante, pues sirve para reducir las sobretensiones debidas a impulsos por maniobra.



- 11.- Base del interruptor
- 12.- Armario de mando
- 13.- Acumulador hidráulico
- 14.- Accionamiento hidráulico
- 15.- aislador soporte
- 16.- Transmisión intermedia
- 17.- Unidad ruptora
- 18.- Condensador de mando
- 19.- Condensador de mando
- 20.- Condensador de mando
- 21.- Transmisión intermedia
- 22.- Unidad ruptora
- 23.- Condensador de mando
- 24.- Barras conductoras

Fig. 1.13 Ilustración de un interruptor de potencia trifásico en gas SF6 Siemens.

1.6 INTERRUPCION EN VACIO

En los interruptores en vacío los contactos se separan en una cámara hermética donde se ha hecho el vacío. Fig. 1.14

Las notables cualidades dieléctricas del vacío se deben a que la ausencia de moléculas de gas elimina en principio la posibilidad de ionización. Sin embargo la imperfección del vacío que puede realmente realizarse y la producción de vapores metálicos en los contactos reduce en la práctica estas cualidades. De todas maneras en los interruptores en vacío se logra disminuir considerablemente la energía producida por el arco y la distancia que tienen que separarse los contactos para lograr la interrupción.

La formación de un arco eléctrico entre dos contactos que se separan en un vacío del orden de 10^{-6} mmHg, produce una vaporización inevitable de partículas metálicas de los contactos, lo que aumenta la presión hasta valores próximos a la presión atmosférica. Por lo tanto, inicialmente el arco de un interruptor en vacío es muy semejante al que se produce en los otros tipos de interruptores.

Cuando la intensidad de la corriente decrece al acercarse al paso por cero, la presión del vapor baja rápidamente, debido a la difusión del vapor a las zonas alejadas del arco, donde se condensa sobre pantallas metálicas dispuestas para ese efecto.

Al disminuir la intensidad de la corriente el arco eléctrico, que estaba concentrado en un punto del electrodo con polaridad negativa, se modifica, pasando de un estado de descarga concentrada a una descarga difusa, lo que disminuye la producción de vapores metálicos.

Cuando la corriente se anula, la rigidez dieléctrica crece rápidamente. Al aparecer entre los contactos el voltaje de recuperación, e invertirse la polaridad de los electrodos, el electrodo que en el proceso anterior constituía el ánodo está lo suficientemente frío para que no emita electrones y se mantenga así la interrupción de la corriente.

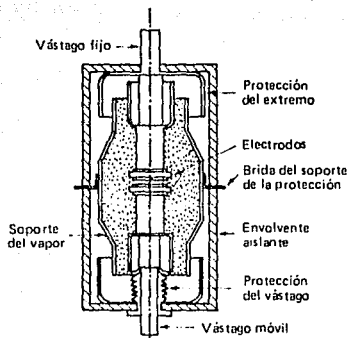


Fig. 1.14 Diagrama esquemático del interruptor en vacío.

1.7 PROCESO DE INTERRUPCION DE UNA CORRIENTE ALTERNA

Para ver como se realiza la interrupción de la corriente tenemos un circuito como el que se indica en la figura 1.15

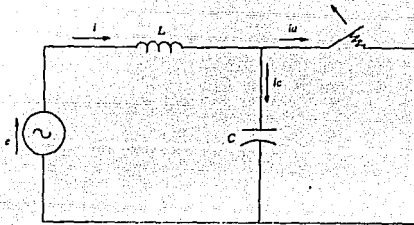


Fig. 1.15 Circuito equivalente para ilustrar la interrupción de una corriente alterna.

compuesto por una fuerza electromótriz, una inductancia en serie y una capacitancia en paralelo que nos puede representar, en forma muy simplificada, un circuito real, para los fines de analizar el proceso de interrupción de la corriente.

En la figura 1.16 el instante t_1 se inicia la separación de los contactos del interruptor, aparece un arco eléctrico entre los dos contactos, el cual mantiene la circulación de la corriente en el circuito.

La corriente total proporcionada por el generador se divide entre el arco y el condensador. En un principio la caída de voltaje a través del arco es muy pequeña, el voltaje aplicado al condensador es muy pequeño y éste toma muy poca corriente. A medida que la caída de voltaje a través del arco aumenta, la corriente que atraviesa el arco disminuye.

Al disminuir la corriente en el arco y bajo la acción de los agentes desionizantes llega un momento en que la potencia térmica producida por el efecto Joule resulta menor a la potencia térmica cedida por el arco al medio ambiente y el arco se enfría. Esto causa la recombinación de los iones y los electrones, de manera que la ionización del gas y su conductancia disminuyen y el arco se interrumpe un poco antes del paso natural de la corriente i por cero,

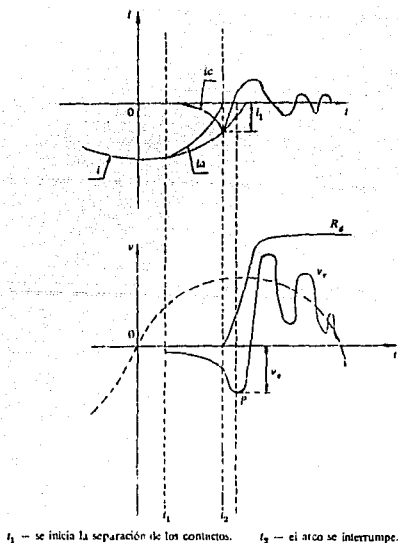


Fig. 1.16 Interrupción de una corriente alterna.

Toda la corriente pasa entonces por el condensador y el circuito oscila a su frecuencia natural, pasando la energía alternativamente de la inductancia al condensador, hasta que la oscilación se amortigua por las pérdidas en la resistencia que siempre existe en un circuito real.

El voltaje aplicado entre los contactos del interruptor, que durante la presencia del arco eléctrico era igual a la caída de voltaje en dicho arco, alcanza el valor (v_e) correspondiente al punto (p), llamado punto de extinción, en el intervalo comprendido entre la interrupción del arco y el paso natural por cero de la corriente; la magnitud de (v_e) depende de la energía electromagnética almacenada en el circuito en el momento de la extinción del arco y que será tanto mayor cuanto mayor sea la corriente que circula por la inductancia y el condensador en ese momento.

Partiendo de ese valor (v_e) el voltaje entre los contactos del interruptor tiende a ajustarse al voltaje de frecuencia fundamental del circuito, produciéndose el voltaje de recuperación.

Este voltaje transitorio resultante entre los contactos del interruptor, llamado como se dijo voltaje de recuperación o de restablecimiento, puede alcanzar un máximo teórico de dos veces el valor de cresta del voltaje de frecuencia fundamental. En un circuito real esta oscilación es amortiguada más o menos rápidamente de acuerdo con la magnitud de la resistencia existente en el circuito.

Si la rigidez dieléctrica (R_d) del medio que está entre los contactos que se están separando es mayor que el voltaje que aparece entre los contactos, el circuito queda abierto definitivamente. Si la rigidez dieléctrica no es suficiente para soportar el voltaje que aparece entre los contactos volverá a establecer el arco. Fig. 1.16

Por lo tanto vemos que el interruptor debe realizar dos funciones para poder interrumpir un circuito:

- 1) Debe ser capaz de disipar la energía producida por el arco.
- 2) Debe ser capaz de restablecer muy rápidamente la rigidez dieléctrica del medio comprendido entre los contactos, una vez que se ha extinguido el arco o sea, que la curva (Rd), que presenta la regeneración de la rigidez dieléctrica del medio entre los contactos en función del tiempo, quede en todo momento por encima del voltaje de recuperación.

1.8 EL ARCO ELECTRICO

Cuando se trata de abrir un circuito eléctrico, entre los dos contactos que se separan aparece un arco eléctrico que mantiene la continuidad del circuito y permite que siga circulando la corriente.

Este arco está constituido por gas ionizado a temperaturas muy altas (2500°C a 10000°C) y consiste por lo tanto en electrones libres, desprendidos de los átomos, que tienen carga negativa, y en iones o sea átomos que han perdido algún electrón y que tienen carga positiva.

Los electrones libres contribuyen en forma preponderante a la circulación de la corriente en el arco y mantienen el mecanismo de ionización. Los iones positivos contribuyen también a la circulación de corriente, pero en un grado menor que los electrones, ya que la movilidad de estos es muy superior por que su masa es mucho menor que la de los iones.

El arco es, por lo tanto un conductor gaseoso; al contrario que en los conductores metálicos ordinarios, la caída de potencial a través del arco varía en proporción inversa a la intensidad de la corriente.

Como se aprecia en la Fig. 1.16 del momento en que se produzca la interrupción dependerá el valor de la corriente de corto circuito

Que debe cortar el interruptor. Cuando más pronto se interrumpe el circuito, mayor será la amplitud de la corriente de ruptura.

CAPITULO 2.

MANTENIMIENTO

2.1 CONCEPTO DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento es la función que se encarga de la atención constante de los equipos, instalaciones, máquinas, etc. así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarias para garantizar el funcionamiento continuo y la calidad de servicio que prestan los mismos.

Se define el término calidad como el conjunto de requisitos que debe reunir un equipo o servicio que le den el carácter de satisfactorio dentro de un determinado marco de referencia.

Cuando empezaron a funcionar las máquinas primitivas, los técnicos las mantenían funcionando pero no dedicaban tiempo para un mantenimiento metódico.

La actitud de permitir que las instalaciones y equipos continuarán funcionando, sin prestarles atención hasta que una avería originará la disminución o suspensión del servicio, tenía su origen en las siguientes causas: indiferencia o rechazo de las técnicas de programación; falta de justificación económica para técnicas de programación; y demanda excesiva, temporal o permanente, de la capacidad de sus equipos.

El análisis de los múltiples problemas que se han presentado al personal de conservación de las instituciones e industrias, ha determinado la aplicación de los sistemas de mantenimiento clasificados en tres grupos: Correctivo, Preventivo y predictivo.

Las actividades de mantenimiento tienen dos aspectos: el técnico y

Económico: con el primero llegamos al objetivo inmediato y con el segundo al objeto básico.

El objetivo inmediato del mantenimiento es conservar en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y confiable las propiedades de la institución para no demorar ni interrumpir los servicios.

El objetivo básico del mantenimiento es contribuir por los medios disponibles a sostener lo más bajo posible el costo de operación de las propiedades de la institución.

2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Predictivo

Preventivo

Correctivo

2.2.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo es más una filosofía que un método de trabajo; se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicio al servicio; se usan para ello instrumentos de diagnóstico y pruebas no destructivas.

De hecho el mecánico experimentado que saca una gota de aceite de la caja de engranes y la palpa entre sus dedos, o el que revisa con la mano que tan caliente esta una chumacera o qué tan inclinado está un acoplamiento, está haciendo mantenimiento predictivo.

Otro de los aspectos de mantenimiento predictivo, es la obtención de la información más completa que se pueda usar para tomar

Decisiones. Además, permite el afinamiento de las técnicas usadas en el mantenimiento preventivo.

Un ejemplo del enorme desarrollo del mantenimiento es el surgimiento de instrumentos y sistemas de diagnóstico con los que se puede resolver los siguientes problemas :

a) Sustituir en forma rutinaria partes costosas, solo para estar del lado seguro.

b) Adivinar que tiempo les queda de vida a los aislamientos, contactos, tanques, motores, etc.

c) Preguntarse si un operario estará realmente siguiendo las instrucciones de operación.

d) Suspender el servicio, fuera de programa, por fallas imprevistas.

Ahora bien, antes de empezar el programa de mantenimiento predictivo, es necesario asegurarse de que la compañía está en condiciones de aprovechar al máximo sus ventajas, tomando en cuenta, sobre todo que representaría un paro inesperado en el servicio.

Otro factor importante para determinar las conveniencias de aplicar el sistema de mantenimiento predictivo es el estado de conservación del equipo, pues es evidente que resultaría un desperdicio de tiempo y dinero al aplicar las técnicas más modernas a equipos que deberían haber tenido una reparación general hace mucho tiempo.

A diferencia del mantenimiento preventivo, que debe aplicarse en conjunto, el mantenimiento predictivo puede aplicarse paso a paso. De hecho en muchas instituciones, se utilizan instrumentos de diagnóstico sin tener instaurado un sistema de mantenimiento predictivo y es muy conveniente ir adquiriendo esos instrumentos de

Diagnóstico, que se pueden justificar económicamente, para ir creando la base de un programa de mantenimiento predictivo.

En el mantenimiento preventivo, prácticamente son las acciones que se toman al analizar los resultados obtenidos en el mantenimiento predictivo.

2.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se entiende por mantenimiento preventivo a la inspección periódica programada y controlada de los equipos en las subestaciones, para diagnosticar las condiciones del mismo, que conducen a paros imprevistos en la continuidad del servicio y prevención de fallas o el descubrimiento de fallas incipientes, antes de que den lugar a un daño, como por ejemplo:

- 1) Inspeccionar, ajustar y calibrar partes o equipos.
- 2) Lubricar con aceite o grasa.
- 3) Sustituir partes desgastadas o estropeadas y efectuar reparaciones menores que resultan del mantenimiento preventivo.
- 4) Limpieza.

Además tienen por finalidad reducir la carga de trabajo de mantenimiento correctivo y para el buen control estadístico de los equipos revisados que también auxilian a evitarse sobremantenimiento, debe llevarse a cabo una supervisión en el trabajo de mantenimiento preventivo para determinar que partes físicas de cada pieza del equipo necesita atención; en conclusión aplicando el mantenimiento preventivo se evitan los pagos de tiempo extra en reparaciones y en paros imprevistos, también reduce el número de reparaciones repetitivas por lo tanto menor acumulación de la fuerza de trabajo de mantenimiento en los equipos; igualmente disminuye los costos de

Reparaciones de los desperfectos sencillos, realizados antes de los paros imprevistos .

La característica principal del mantenimiento preventivo es la de detectar fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno.

Para aplicar el mantenimiento preventivo se requiere un alto grado de conocimientos y organización eficiente. Una buena organización de conservación, que aplique el mantenimiento preventivo, lograr experiencia en determinar las causas de fallas respectivas o el tiempo de operación seguro de algunos componentes, o bien llegar a conocer puntos debiles de instalaciones, equipos máquinas, etc.

Estas posibilidades son las que han contribuido, en grado mayor al desarrollo del mantenimiento preventivo.

Sin embargo, una justificación económica para la implantación del mantenimiento preventivo es raramente factible y el impacto inicial refleja una elevación de los costos, por eso es de vital importancia la decisión de cómo y dónde empezar, pero más esencial es convencernos del valor del nuevo sistema.

Los resultados directos que se pueden prever son los siguientes:

- a) Los trabajos están señalados en la fecha debida.
- b) Da tiempo para programar y preparar las reparaciones.
- c) Da como resultado un funcionamiento más eficiente.
- d) Aumenta la productividad.

A continuación analizaremos otras ventajas del mantenimiento preventivo.

Tiene mayor confiabilidad ya que las propiedades sujetas a mantenimiento operan en mejores condiciones de seguridad puesto que se conoce su estado físico y sus condiciones de funcionamiento..

El tiempo que los equipos e instalaciones permanecen fuera de servicio llega a ser menor cuando se aplica el mantenimiento preventivo, en comparación con el correspondiente al mantenimiento correctivo.

Los equipos e instalaciones sujetos a mantenimiento preventivo tendrán una vida útil sensiblemente mayor que la que tendrían sujetos a mantenimiento correctivo.

2.2.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Se entiende por mantenimiento correctivo a la actividad de reparar después del paro no previsto por falla en los equipos; cabe mencionar que estos paros no previstos se les conoce como emergencias y se atienden de inmediato, según prioridades.

El mantenimiento correctivo es más lento, más caro y con menos control que el preventivo.

Consiste en corregir las fallas cuando se presentan, ya sea por síntomas claros y avanzados o por la falla total.

El empleo único del mantenimiento correctivo origina cargas de trabajo incontrolables que causan actividad intensa y lapsos sin trabajo; cuando las necesidades son imperiosas obligan al pago de horas extras; se introduce el servicio; hay que comprar todos los materiales en un momento dado, etc.. En resumen, son las consecuencias lógicas que se presentan cuando se sufre un accidente inesperado.

Esta forma de aplicar mantenimiento impide el diagnóstico exacto

De las causas que provocarán la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento de manejo, por tener que depender del reporte de una persona para proceder a la reparación, por desgaste natural, etc..

Son muchos los aspectos negativos que trae consigo este sistema y solo debe aplicarse como emergencia.

Sin embargo aún con un sistema de mantenimiento preventivo bien desarrollado, siempre existe la posibilidad de una acción correctiva, es por ello que constantemente se buscan las mejores técnicas, los mejores sistemas que contribuyen en la organización de mantenimiento, para alcanzar los mejores resultados y así garantizar a los equipos el logro de las metas fijadas; para ello nos auxiliamos de los siguientes conceptos:

Planeación.

Programación.

Organización.

Integración.

Ejecución.

Control.

2.2.3.1 PLANEACION

En esta actividad se analizarán cada una de las órdenes de trabajo observando cuál es la tarea específica a realizar, se define la secuencia o métodos de ejecución, tiempo empleado para realizarlo, materiales refacciones, aparatos de prueba y herramientas especiales que habrán de utilizarse y el número de hombres necesarios para

Llevar a cabo cada actividad.

2.2.3.2 PROGRAMACION

Consiste en listar los trabajos de acuerdo a la prioridad y a la cantidad de hombres disponibles.

El programa diario autorizado por mantenimiento se convierte en órden del día.

2.2.3.3 ORGANIZACION

Coordinación de los recursos técnicos y humanos con el propósito inmediato de obtener el máximo aprovechamiento posible de los elementos; coordinación de los recursos materiales, con esta actividad se obtienen los medios para llevar a cabo el trabajo, como son los materiales, refacciones, diagramas eléctricos, herramientas, etc., de acuerdo con lo estipulado en la planeación de las órdenes de trabajo y así cumplir en forma efectiva lo que se refiere al tiempo de ejecución y la calidad de la misma.

2.2.3.4 INTEGRACION

Es la adquisición y conservación de los elementos materiales, adquisición, conservación, desarrollo y capacitación de los elementos humanos.

2.2.3.5 EJECUCION

Es la acción de la unión de los esfuerzos de los recursos humanos para el desarrollo eficiente de las actividades de mantenimiento para satisfacer en forma adecuada las necesidades de los equipos para que se mantengan en condiciones de dar un buen servicio continuo a los

Usuarios, a través de la emisión correcta de las órdenes de trabajo.

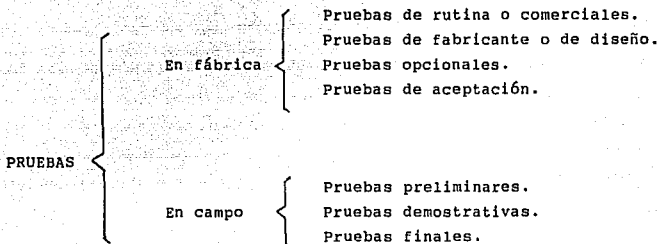
2.2.3.6 CONTROL

Las desviaciones entre lo planeado y lo logrado a través de la ejecución, requiere de un control para saber en que paso vamos de un grupo de procedimientos bien desarrollados y métodos y registros a través de los cuales podemos inteligentemente controlar y poder medir los resultados.

2.3 CLASIFICACION DE LAS PRUEBAS A EQUIPO ELECTRICO

Una parte fundamental de gran valor en el mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo es el diagnóstico del equipo eléctrico, ya que a través de un buen diagnostico se logrará resolver el problema que afecta el equipo. Por ésta razón las pruebas son un punto clave para determinar el diagnóstico del equipo y aplicar el tratamiento correcto al equipo, nos proporcionan además información que nos ayuda a llevar una estadística para conocer mejor el comportamiento del equipo durante su vida útil y establecer parámetros para el establecimiento más preciso del programa de mantenimiento.

Existen varios tipos de prueba y su clasificación depende principalmente del aparato o equipo a que se refiere, una breve clasificación generalizada se describe a continuación.



2.3.1 PRUEBAS EN FABRICA

a) Pruebas de rutina. Son las que obligatoriamente se deben de llevar a cabo en cada equipo y están especificadas en las normas, las cuales presentan el mínimo de requisitos para aceptar un equipo durante la producción.

b) Pruebas del fabricante. Son las pruebas que no son obligatorias, pero se realizan por conveniencia para mantener el nivel de calidad requerido para asegurar el buen funcionamiento de los accesorios y equipos, bajo un prototipo de nuevo diseño.

c) Pruebas opcionales. No son obligatorias, se realizan cuando se especifican en el contrato de compra - venta a solicitud del cliente y previa negociación de las mismas.

d) Pruebas de aceptación. Una prueba de aceptación es para demostrar al cliente el grado de similitud de un equipo, con lo especificado por el comprador.

2.3.2 PRUEBAS EN CAMPO

a) Pruebas preliminares. Son las pruebas que se realizan a los aislamientos para saber cuáles son las condiciones dieléctricas antes de su montaje.

b) Pruebas demostrativas. Son las pruebas necesarias para garantizar a los departamentos operativos y de mantenimiento, las condiciones eléctricas de un equipo antes de la puesta en servicio.

c) Pruebas finales. Son el conjunto de pruebas dieléctricas operativas y de simulación, que con operaciones reales demuestran completamente las condiciones del equipo, disparo-cierre antes de operación.

También podemos clasificar las pruebas en función de la severidad de las mismas, las cuales pueden ser:

a) Destructivas.

b) No destructivas.

a) Pruebas destructivas. Son aquellas, en las cuales se expone el equipo a sufrir la perforación de sus aislamientos por lo riguroso de las pruebas.

b) No destructivas. Son todas aquellas, en las cuales no se expone al equipo y solamente se miden las condiciones o características eléctricas de un equipo.

Es muy común designar a las pruebas de sobre tensión con el nombre de pruebas destructivas, la realidad es que no son destructivas sino que pueden ser destructivas cuando el diseño, manufactura o acondicionamiento de los aislamientos son incorrectos.

Las pruebas de sobretensión son realmente una garantía, de que los aislamientos fueron bien fabricados y bien diseñados.

CAPITULO 3.

PRUEBA EN CAMPO DE RESISTENCIA OHMICA DE AISLAMIENTOS

3.1 OBJETIVO

El objetivo de estas mediciones es el proporcionar los elementos necesarios para unificar criterios, en la determinación de las condiciones que guardan los materiales que integran los aislamientos, de los equipos eléctricos.

3.2 CONCEPTO DE LA PRUEBA

La resistencia ohmica de aislamiento es el término usado para definir el cociente del potencial aplicado con c.d. a un aislamiento, dividido entre la corriente que fluye a través del aislamiento, en un tiempo determinado después de iniciada la prueba.

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

Este tiempo tiene mucha importancia para la prueba pues se trata de medir sólo la corriente que fluye a través y sobre la superficie del aislamiento.

A la corriente que resulta de la aplicación del potencial de c.d. se le denomina corriente de aislamiento y está compuesta de dos partes:

La corriente que fluye dentro del volúmen de aislamiento y está compuesta por:

3.2.1.1 CORRIENTE CAPACITIVA

Es una corriente de magnitud comparativamente alta y de corta duración, decrece rápidamente (aprox. 15 segundos) a un valor despreciable conforme se carga el aislamiento y es debido a esta corriente, que se obtiene un bajo valor inicial de resistencia de aislamiento, su efecto es notorio en equipos de alta capacitancia, como generadores, cables de energía, etc.

3.2.1.2 CORRIENTE DE ABSORCION DIELECTRICA

Esta corriente decrece con el tiempo y se amortigua desde un valor alto hasta cero, siguiendo una función exponencial en un tiempo de 10 a 15 minutos dependiendo del tipo y volúmen del aislamiento.

3.2.1.3 CORRIENTE DE CONDUCCION IRREVERSIBLE

Es la corriente que fluye a través del aislamiento constantemente y predomina aún después que la corriente de absorción se hace insignificante.

3.2.2 CORRIENTE DE FUGA

La corriente que fluye sobre la superficie del aislamiento, es la corriente de fuga, y es al igual que la de conducción, constante y ambas constituyen el factor principal para juzgar realmente las condiciones de un aislamiento.

3.2.3 ABSORCION DIELECTRICA

La resistencia de aislamiento varía directamente con el espesor del aislamiento e inversamente al área del mismo, cuando repentinamente se aplica un voltaje de c.d. a un aislamiento, la resistencia se inicia con un valor bajo y gradualmente va aumentando con el tiempo hasta estabilizarse.

A la curva obtenida cuando se grafican valores de resistencia de aislamiento contra tiempo, se le denomina curva de absorción dieléctrica, y su pendiente indica el grado relativo de secado o suciedad del aislamiento, si el aislamiento está humedo o sucio, se alcanzará un valor estable en uno o dos minutos después de haber iniciado la prueba y se obtendrá una curva con baja pendiente.

3.2.4 INDICES DE ABSORCION Y DE POLARIZACION

La pendiente de la curva de absorción dieléctrica, se expresa mediante la relación de dos lecturas de resistencia de aislamiento, tomadas a diferentes intervalos de tiempo durante la misma prueba. A la relación de 60 segundos a 30 segundos se le conoce como índice de absorción.

$$I_{ad} = \frac{\text{resit. a 60 seg.}}{\text{resit. a 30 seg.}}$$

A la relación de 10 minutos a un minuto se le conoce como índice de polarización.

$$I_p = \frac{\text{resist. a 10 min.}}{\text{resist. a 1 min.}}$$

El índice de polarización es muy útil para la evaluación de estado del aislamiento bajo prueba.

3.3 MEDICION DE LA RESISTENCIA OHMICA DE AISLAMIENTO CON EL EQUIPO MEGGER

Básicamente existen cuatro formas de medir la resistencia de aislamiento:

- 1) Mediante un ohmímetro (marca Megger) de indicación directa.
- 2) Mediante un voltmetro y un microamperímetro, utilizando un potencial de corriente directa.
- 3) Mediante dos voltmetros y una fuente de potencial de c.d.
- 4) Mediante un puente de resistencias, con galvanómetro y batería autocontenido.

Solamente trataremos el instrumento de indicación directa conocido como Megger, figura 3.1, que constituye el instrumento más práctico y común para medir la resistencia ohmica de aislamiento.

Existen principalmente tres tipos de Megger:

- 1) Los accionados manualmente.
- 2) Los accionados por motor.
- 3) Los tipo rectificador.

El primer tipo se utiliza principalmente en pruebas de tiempo corto, pero no se recomienda para pruebas rutinarias de absorción dieléctrica, ya que es difícil mantener la velocidad adecuada durante los 10 minutos que dura la prueba.

Para pruebas de absorción dieléctrica, deberán usarse cualquiera de los otros dos tipos (motorizado o rectificador) además como el valor de la resistencia de aislamiento varía con el voltaje aplicado, es importante que el instrumento de prueba, tenga suficiente capacidad para mantener su voltaje constante a su valor nominal durante los 10 minutos de prueba; por esta razón algunos de los aparatos pequeños no son aptos para efectuar pruebas en equipos grandes, ya que toman una corriente de absorción grande.

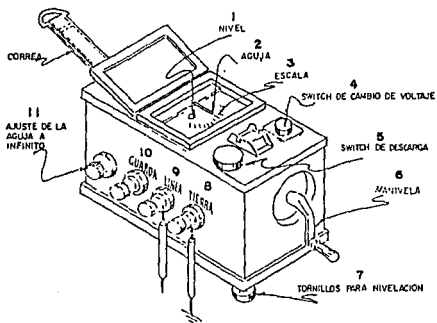


Fig. 3.1 Equipo de medición de resistencia ohmica de aislamientos (marca Megger).

3.3.1 USO DE LA GUARDA

Normalmente todos los equipos Megger con voltajes hasta 1000 Volts y mayores están equipados con terminal de guarda.

El propósito de esta terminal es el de contar con un medio para efectuar mediciones en mallas de tres terminales, en tal forma que puede determinarse directamente el valor de una de las dos trayectorias posibles.

Concretamente puede decirse que la corriente de fuga de toda componente de un sistema de aislamiento conectada a la terminal de la guarda, no interviene en la medición.

3.3.2 METODOS DE MEDICION DE RESISTENCIA OHMICA DE AISLAMIENTO

3.3.2.1 METODO DE TIEMPO CORTO O LECTURA UNICA

Consiste en conectar el aparato al aislamiento a probar, operarlo durante un tiempo corto y leer la lectura final.

Este método se aplica en pruebas de rutina rápida, para fines de normalización, se recomienda aplicar voltaje de prueba durante 60 segundos, con el objeto de poder efectuar comparaciones bajo la misma base, con los datos de prueba existentes y futuros.

Este método tiene su principal aplicación en equipos pequeños y en aquellos que no tienen una característica notable de absorción como los interruptores, bushings, apartarrays, etc.

3.3.2.2 METODO TIEMPO-RESISTENCIA O ABSORCION DIELECTRICA

Este método consiste en aplicar el voltaje de prueba durante un

Período de 10 minutos tomando lecturas a intervalos de un minuto; durante el primer minuto se toman lecturas a 15, 30 y 45 segundos donde las lecturas importantes serán a 30 y 60 segundos.

Su aplicación se basa en las características de absorción del aislamiento y proporciona una buena referencia para evaluar el estado de los aislamientos con características de absorción notable, como los grandes generadores y transformadores de potencia, sobre todo cuando no existe historial de pruebas anteriores.

3.3.2.3 METODO DE VOLTAJES MULTIPLES

Al igual que el método anterior, es un auxiliar para evaluar el estado de los aislamientos cuando se carece de historial.

Su aplicación requiere un instrumento (Megger) con varios voltajes para poder aplicar dos o más voltajes en pasos, por ejemplo con 500 volts y después con 1000 volts.

Su principio se basa en el hecho de que conforme se aumenta el voltaje de prueba, se aumentan los esfuerzos eléctricos sobre las condiciones de operación, la influencia de los puntos débiles del aislamiento en las lecturas de resistencia, adquirirá mayor importancia hasta hacerse decisiva al sobrepasar cierto límite, cuando esto ocurra, se tendrá una caída pronunciada en el valor de la resistencia de aislamiento que se aprecia claramente al graficar las lecturas obtenidas contra el voltaje aplicado.

De preferencia los voltajes aplicados, deben estar en relación de 1 a 5 ó mayor (por ejemplo 500 y 2500 volts.)

Según la experiencia a la fecha un cambio de 25% en el valor de la resistencia de aislamiento, para una relación de voltajes de 1 a 5 generalmente se debe a la presencia excesiva de humedad u otros

Contaminantes o también un aislamiento está en buenas condiciones si la relación entre la resistencia y voltaje permanece constante.

3.4 PREPARACION DEL INTERRUPTOR PARA LA PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE AISLAMIENTOS

Librar el interruptor completamente, asegurándose de que se encuentran abiertas las cuchillas seccionadoras correspondientes y desconectar todas las terminales de boquillas.

Asegúrese de que el tanque del interruptor este solidamente aterrizado.

Limpiar perfectamente la porcelana de las boquillas, quitando polvo, humedad o agentes contaminantes.

Conecte el tanque a la tierra del probador.

3.5 PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE AISLAMIENTO CON EL EQUIPO MEGGER

Use el probador adecuado en base al voltaje del equipo que va a probar.

Se sugieren los siguientes valores como seguros o normalmente permisibles:

VOLTAJE NOMINAL DEL
PROBADOR

VOLTAJE NOMINAL DE CORRIENTE
ALTERNA QUE SE VA A PROBAR

100 y 250 Volts

Hasta 100 Volts; incluye algunos tipos de equipo de señalización y control.

500 Volts

De 100 Volts en adelante.

1000 Volts

De 400 volts en adelante.

2500 Volts

De 1000 Volts en adelante.

Coloque el instrumento en una base firme bien nivelada, figura 3.1 en el caso de instrumentos equipados con nivel, nivélelos centrando la burbuja en aquel.

Evite las grandes masas de hierro y los campos magnéticos fuertes.

Si el aparato es de voltaje múltiple gire el selector de voltaje hasta que se requiere para efectuar la prueba.

Verifique el infinito del aparato operando manualmente la manivela 6 fig. 3.1 ó poniendo en operación el motor si lo tiene, o el rectificador en los de este tipo. Si se cuenta con swith de descarga, 5 fig. 3.1 colocarlo en la posición prueba mientras se verifica el infinito gire el ajustador del índice hacia uno u otro lado, hasta que la aguja indicadora se estacione sobre la marca del infinito (∞).

Con objeto de evitar errores introducidos por el aislamiento de los cables de prueba, cuando sea posible conviene usar alambre de cobre desnudo.

Verifique los cables de prueba, conectando estos al aparato y

operándolo; la aguja indicadora deberá alcanzar el infinito, enseguida conecte entre si las terminales de los cables de prueba (línea-tierra) la aguja indicadora deberá marcar cero.

Asegurese de que el equipo que se va a probar no este energizado, aterricelo durante 10 minutos para eliminar toda carga capacitiva que pueda afectar la medición.

Conecte adecuadamente las terminales de prueba al equipo que se va a probar, opere el aparato, gire el swith de descarga 5 fig. 3.1 a posición TEST, y tome las lecturas en los tiempos requeridos.

Al terminar la prueba, ponga fuera de servicio el instrumento, regrese el swith de descarga a su posición inicial y aterrice nuevamente el equipo probado durante un tiempo, cuando menos igual al de prueba.

3.6 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE AISLAMIENTOS

En los interruptores de gran volúmen de aceite se tienen elementos aislantes de materiales higroscópicos, como son el aceite, la barra de operación y algunos otros que intervienen en el soporte de las cámaras de arqueo; también la carbonización causada por las operaciones del interruptor ocasiona contaminación de estos elementos y por consiguiente una reducción en la resistencia de aislamiento.

En algunos interruptores que normalmente se usa porcelana como aislamiento a tierra como en los interruptores de pequeño volúmen de aceite y de sople de aire, la humedad no les afecta a menos que se tenga una fuerte contaminación exterior del aislamiento.

3.6.1 RESULTADOS EN INTERRUPTORES DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE

Si los valores de prueba, registran cifras de resistencia de

Aislamiento menores de 10,000 megohms a una temperatura de 20°C, se deberá efectuar una prueba de resistividad al aceite aislante para verificar si estos valores bajos no son ocasionados por estar húmedo o contaminado el aceite, en cuyo caso se deberá tratar el aceite aislante. Si después de corregir las condiciones aislantes del aceite sigue habiendo valores bajos (menores de 10,000 megohms a 20°C) se deberá retirar el aceite aislante y efectuar una inspección interna del interruptor para descubrir y corregir las causas que originan las altas pérdidas en el aislamiento.

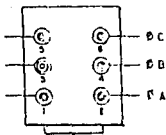
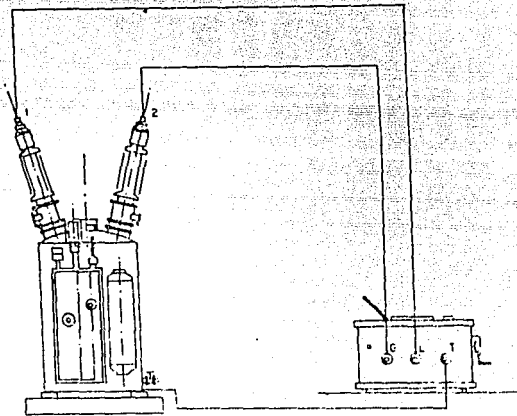
En el caso de que los valores de aislamiento de la prueba No. 1 fig. 3.2 sean menores de 50,000 megohms a 20°C, convendrá efectuar pruebas más frecuentes.

3.6.2 RESULTADOS EN INTERRUPTORES DE SOPLO MAGNETICO

Si los valores de las pruebas indicados en la tabla dan lecturas inferiores a 10,000 megohms a 20°C, se deberá proceder a efectuar una limpieza del aislamiento y secado del mismo, si en la prueba No. 3 fig. 3.3 de la misma tabla, se obtienen valores inferiores a 2,000 megohms, se deberá limpiar y secar el aislamiento, principalmente, las cámaras de arqueo.

3.6.3 RESULTADOS EN INTERRUPTORES MULTICAMARA

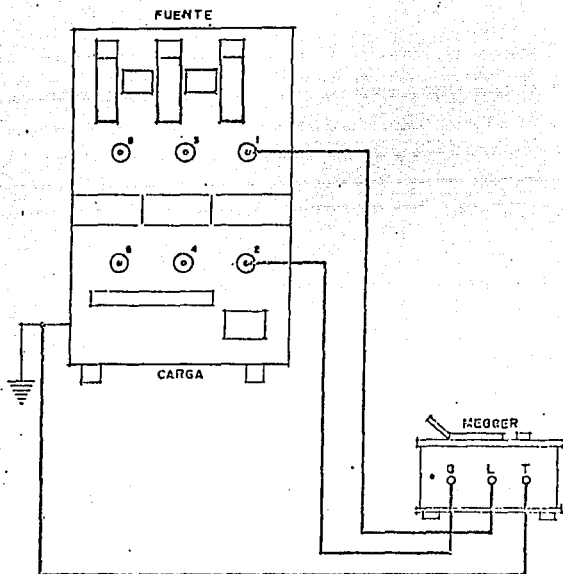
Este grupo de interruptores está constituido por aquellos formados por 2 ó más cámaras de interrupción dependiendo del medio usado y de la tensión de operación. Pueden ser hasta 10 cámaras en serie por fase, este tipo de construcción es muy empleado en interruptores en aceite, gas SF6 o poco volúmen de aceite.



VISTA DE PLANTA
DEL INTERRUPTOR

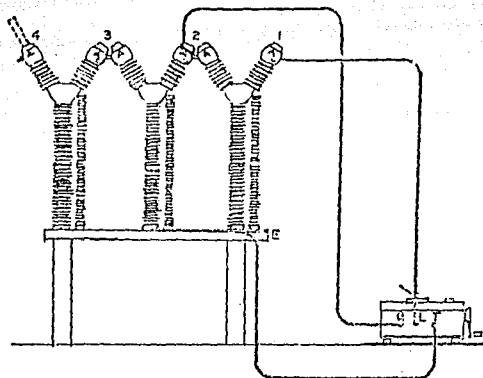
PRUEBA	POSICIÓN	CONEXIONES			MIDE
		L	T	E	
1	ABIERTO	1	TANGUE	3	BOG 1
2	"	2	"	1	" 2
3	"	3	"	4	" 3
4	"	4	"	3	" 4
5	"	5	"	6	" 5
6	"	6	"	5	" 6
7	CERRADO	1-2	"	—	FASE "A"
8	"	3-4	"	—	FASE "B"
9	"	5-6	"	—	FASE "C"

Fig. 3.2 Prueba de resistencia de aislamiento a interruptores de gran volúmen de aceite.



PRUEBA	POSICION	CONEXION DE PRUEBA			M I D E
		L	G	T	
1	ABIERTO	1	2	TANQUE	BOQ. 1
2	"	2	1	"	BOQ. 2
3	"	3	4	"	BOQ. 3
4	"	4	3	"	BOQ. 4
5	"	5	6	"	BOQ. 5
6	"	6	5	"	BOQ. 6

Fig. 3.3 Prueba de resistencia de aislamiento a interruptores de soplo magnético.



PRUEBA	POSICION	CONEXION DE PRUEBA			M I D E
		L	G	T	
1	ABIERTO	1	2	E	R 1
2	"	2	1, 3	E	R 2
3	"	3	2, 4	E	R 3
4	"	4	3	E	R 4

Fig. 3.4 Prueba de resistencia de aislamientos a interruptores multicámara.

CAPITULO 4.

PRUEBA EN CAMPO DE FACTOR DE POTENCIA A LOS AISLAMIENTOS

4.1 OBJETIVO

El objetivo de esta prueba es detectar fallas peligrosas en aislamientos, antes de que la falla ocurra.

Esta prueba es actualmente, la principal herramienta para juzgar con mayor criterio las condiciones de los aislamientos de los diferentes equipos eléctricos, siendo particularmente recomendada para la detección de degradación, envejecimiento y contaminación de los mismos, pudiéndose afirmar que por estas características es más reveladora que la prueba de resistencia de aislamiento.

4.2 CONCEPTO DE LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS

El factor de potencia de un aislamiento es una cantidad adimensional normalmente expresada en porcentaje que resulta de la corriente de carga que toma el dieléctrico al aplicarle un voltaje determinado es en si una característica del comportamiento de estos al ser sometidos a campos eléctricos.

Debido a la situación de no ser aislantes perfectos además de una corriente de carga puramente capacitiva, siempre los atravesará una corriente que está en fase con el voltaje aplicado, a esta corriente se le denomina de pérdidas dieléctricas, en estas condiciones, el comportamiento de los dieléctricos queda representado por el siguiente diagrama vectorial.

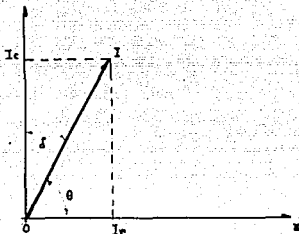


Fig. 4.1 Diagrama vectorial que muestra el comportamiento de un aislamiento al aplicarle un voltaje de alterna dado.

Para aislamientos con bajo factor de potencia I_c e I son substancialmente de la misma magnitud y la componente de pérdidas, I_r muy pequeña, en estas condiciones el ángulo δ es muy pequeño y el factor de potencia estará dado entonces por:

$$FP = \cos\theta = \text{sen } \delta \quad \text{y prácticamente} = \text{tang } \delta$$

De lo anterior se desprende que el factor de potencia siempre será la relación de los watts de pérdidas entre la carga en volts amperes del dieléctrico bajo prueba.

El principio básico de las pruebas es la detección de algunos cambios medibles en las características de un aislamiento, que pueden asociarse con los efectos de agentes destructivos como el agua, el calor y el efecto corona. Esto se logra por las características dieléctricas de los aislantes cuyos valores de sus factores se obtienen mediante el equipo de pruebas conocido como factor de potencia.

Con el conocimiento de los valores de la corriente de carga, el voltaje y la frecuencia de excitación de la prueba, la capacitancia del aislamiento puede ser determinada de la siguiente relación:

$$C = \frac{I \text{ sen } \theta}{V} = \frac{I}{V}$$

La capacitancia "normal" de los aislamientos debe permanecer constante. Cualquier cambio es indicativo de condiciones anormales, por ejemplo:

La capacitancia de aislamientos secos no es afectada apreciablemente por la temperatura, sin embargo en los casos de aislamientos húmedos esta tiende a incrementarse con la temperatura.

La interpretación de los datos de prueba de aislamientos implica el conocimiento de principios básicos de las condiciones dieléctricas de los aislantes, así como del uso de datos de prueba adquiridos por:

La experiencia o por comparación entre mediciones sucesivas sobre la misma unidad a través del tiempo.

Mediciones sobre unidades semejantes o partes similares de una misma unidad.

Pruebas realizadas bajo las mismas condiciones.

Mediciones hechas a diferentes voltajes de prueba.

Como una guía base experimental para la interpretación de los datos de prueba, a continuación se dan valores de factor de potencia y constante dieléctrica de algunos materiales aislantes típicos.

MATERIAL	% FP A 20°C	CONT. DIELEC.
Aire	0.0	1.0
Aceite	0.1	2.1
Papel	0.5	2.0
Porcelana	2.0	7.0
Hule	4.0	3.5
Barniz Cambray	4.0-8.0	4.5
Agua	100.0	51.0

Valores de factor de potencia de la estructura aislante de equipos considerados "normales" por esperiencia en campo y fábrica en miles de pruebas se dan a continuación.

EQUIPO	% FP A 20°C
Boquillas y condensadores en aceite.	0.5
Boquillas en coumpaund.	2.5
Transformadores en aceite.	1.0-2.0
Cables con aislamiento de papel.	0.3
Cables con aislamiento de barniz - Cambray.	4.0-5.0
Cables con aislamiento de hule.	4.0-5.0

4.3 MEDICION DEL FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS CON EL EQUIPO MEU - 2.5 kv.

Básicamente el método de medida se fundamenta en un circuito puente de resistencias y capacitores y se aplican en los dos equipos

De prueba comunmente usados en Compañía de Luz, uno marca James G. Biddle de 10 kV. y el otro de la marca Doble Engineering en sus dos tipos MEU - 2500 y el MH - 10 kV.

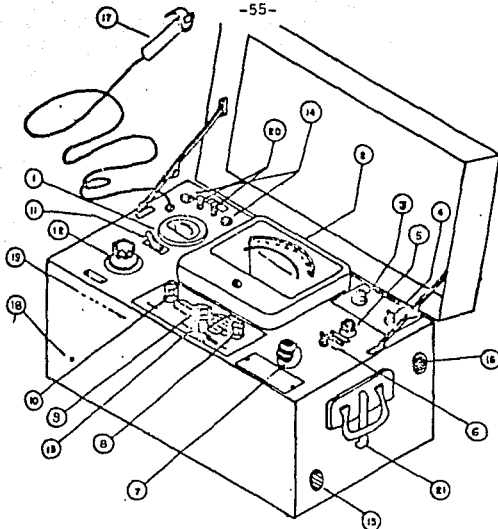
El primero de la marca James Biddle, presenta dificultades en cuanto a transportación, operación y aplicación en el campo, por lo que se normaliza el uso del segundo en sus dos tipos, teniendo en cuenta que la corriente máxima permisible del aparato, está limitada por su fuente de poder que es de 100 mA constantes, y de 200 mA por 15 minutos de uso.

El equipo MEU - 2.5 kV. es un instrumento de c.a. diseñado para pruebas de aislamiento mide los voltamperes y las pérdidas en Watts a un potencial de prueba hasta 2500 Volts Fig. 4.2

Tiene un rango máximo de 100,000 mVA (40 mA) a 2500 Volts. Su utilización es en pruebas a transformadores, generadores, boquillas, apartarrayos, líquidos aislantes, cables, transformadores de medición, capacitores, interruptores, etc..

El equipo completo consiste de probador o equipo de medición caja de accesorios con cables de alta tensión y extensiones, celda de prueba para líquidos aislantes.

El probador o equipo está montado en una caja que contiene los aparatos para controlar y suministrar el alto voltaje de acuerdo a los datos de placa del equipo bajo prueba, también contiene el circuito de medición, el amplificador y los medidores, así como otros componentes.



1.- VOLTMETRO

2.- INDICADOR DE mVA y mW.

3.- PERILLA PARA AJUSTE DE MEDICION

4.- L.V. SWITCH. (GROUND, GUARD Y UST)

5.- PERILLA DE POLARIDAD.

6.- REV. SWITCH PARA COMPROBACION DE LECTURAS (DIRECTA-FUERA-INVERSA)

7.- AJUSTE DE MILIWATTS (mW ADJ).

8.- PERILLA PARA RANGOS DE mW (MILI-WATTS).

9.- PERILLA PARA RANGOS DE mVA (MILI-VOLTAMPERES

10.- PERILLA PARA RANGOS DE MEDIDA (HIG, MED Y LOW)

11.- SWITCH DE ENCENDIDO (ON-OFF)

12.- PERILLA PARA RANGOS DE VOLTAJE

13.- SWITCH SELECTOR (mVA, CHECAR Y mW)

14.- FOCOS PILOTO VERDE Y ROJO.

15.- ENTRADA PARA CABLES DE PRUEBA DE ALTA TENSION

16.- ENTRADA PARA CABLES DE PRUEBA, GUARDA O BAJO VOLTAJE.

17.- SWITCH DE SEGURIDAD.

18.- ENTRADA PARA CONECTAR SWITCH DE SEGURIDAD.

19.- CLAVIJA PARA ALIMENTACION DE C.A

20.- FUSIBLES DE PROTECCION.

21.- PUNTO PARA CONEXION A TIERRA DEL APARATO.

Fig. 4.2 Partes principales del equipo MEU-2.5 KV.

El probador tipo MH, se diferencia aparte de su voltaje de prueba (10 kV) en su construcción tiene mayor capacidad de prueba (200 mA), realiza pruebas entre 2 y 12 kV. equipado con dispositivo para eliminar la inducción magnética, este equipo de medición permite leer directamente el voltaje de prueba, la corriente de carga, la pérdidas dieléctricas y la capacitancia.

Está formado por 4 componentes que son: caja con instrumentos de medición, caja con transformador elevador, caja de accesorios con cables de alta tensión, extensión y celda para prueba de aceites, aislantes.

4.3.1 DIFERENTES MEDICIONES DE FACTOR DE POTENCIA

Con los equipos MEU y MH se pueden seleccionar tres mediciones diferentes de factor de potencia de aislamientos por medio de la perilla seleccionadora No. 4 Fig. 4.2 y son las siguientes: GROUND, GUARD y UST (Ungrounded -Specimen-Test) prueba de muestra sin conexión a tierra.

Para hacer un análisis de cada una de estas mediciones, nos referimos a la Fig. 4.3 donde se representa el instrumento conectado a dos conductores aislados entre sí y del tanque que los contiene. Al energizarse el conductor "A" por medio del cable de prueba de alta tensión, se producen las corrientes de fuga hacia el conductor "B" y hacia el tanque, el cual esta aterrizado. Para cerrar el circuito, las corrientes fugadas del conductor "B" se conducen al aparato por medio del cable de guarda y las de tierra regresa por medio de la conexión correspondiente del instrumento.

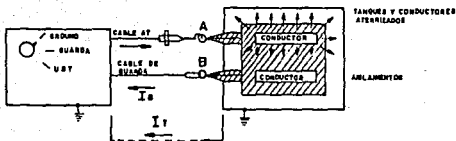


Fig. 4.3 Representación de la conducción de las corrientes de fuga.

Según la posición de la perilla 4 el circuito selector se modifica para permitir que una u otra corriente o ambas sean detectadas por el circuito de medición, lo que se puede observar en los siguientes diagramas simplificados, según Fig. 4.4

4.3.1.1 CONEXION GROUND (TIERRA)

En ground se mide la suma del total de las corrientes que se derivan por el cable de guarda y por tierra, es decir, $G + T$. La resistencia de rango R limita a un valor despreciable la corriente que no usa por el circuito de medición Fig. 4.4a

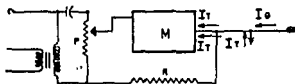
4.3.1.2 CONEXION GUARD (GUARDA)

En Guard la corriente del cable de guarda es discriminada al derivarse sin pasar por el circuito de medición y solamente es medida

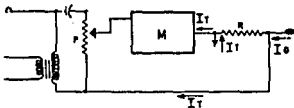
La corriente que regresa al aparato por su conexión a tierra. Sólo se mide en T. fig. 4.4b

4.3.1.3 CONEXION UST (Ungrounded-Specimen-Test)

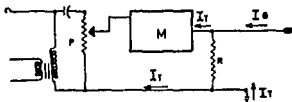
En UST, que quiere decir prueba de muestra sin conexión a tierra, se mide solamente la corriente que regresa al aparato por el cable de guarda y queda derivada sin pasar por el circuito de medición la corriente que regresa por tierra. Sólo se mide G. Fig. 4.4c



4.4 a) Perilla en posición de ground.



4.4 b) Perilla en posición de guard.



4.4 c) Perilla en posición de ust.

Fig. 4.4 Diagramas simplificados de la perilla selectora en las posiciones de ground, guard y UST.

4.4 PREPARACION DEL INTERRUPTOR PARA LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA

Librar completamente el interruptor asegurándose que las cuchillas seccionadoras correspondientes se encuentren en la posición de abierto.

Desconectar las terminales de los bushings de la línea.

Limpiar perfectamente los aislamientos de las boquillas.

Verificar la posición del interruptor (cerrado o abierto), según corresponda a la prueba.

4.5 PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA CON EL EQUIPO MEU-2.5 KV. Y MH 10 KV.

El procedimiento de prueba será el mismo para ambos equipos MEU-2.5 KV. y MH-10 KV.

El equipo de prueba se deberá primeramente aterrizar con cable de cobre desnudo, este cable viene en los accesorios con las terminales adecuadas en cada extremo. Fig. 4.2

Se deberá verificar también, que el equipo bajo prueba se encuentre firmemente aterrizado a la misma red de tierras, comprobando que la fuente de alimentación de 125 Volts c.a. para el equipo, tenga su neutro aterrizado a esta red de tierras.

Conectense todos los cables del MEU para efectuar la prueba y son:

Cable de alta tensión (gancho)

Cable de baja tensión (caimán)

Alimentación de 125 Volts c.a.

Tierra.

Switch de seguridad.

Una vez que están todos los cables conectados junto con la alimentación lámpara verde encendida, estará listo para conectarse al equipo a probar.

El cable de alta tensión o gancho se conecta a la terminal del equipo bajo prueba y el otro lado de dicho equipo es aterrizado a través del cable de baja tensión.

El control de voltaje 12 Fig. 4.2 se gira en contra de las manecillas del reloj hasta el tope, lo que corresponde a cero voltaje.

Se enciende el equipo de medición por medio del interruptor general No. 11 Fig. 4.2

El switch selector estará en la posición intermedia (check). No. 13 Fig. 4.2

El switch de rango en su posición más alta (high). No. 10 Fig. 4.2

El switch LV estará en la posición de aterrizado (GROUND).

El switch reversible 6 deberá estar en cualquiera de las dos posiciones de medición (extremos), ya que si está en la posición central, desconecta a la alimentación en el equipo de prueba.

El switch de seguridad de mano No. 17 Fig. 4.2 se cierra haciendo presión con el dedo pulgar, cambiando de lámpara piloto No. 14 Fig. 4.2 encendida de verde a la roja.

Se procederá a energizar el equipo bajo prueba, subiendo lentamente la tensión por medio del reostato No. 12 Fig. 4.2 hasta alcanzar el voltaje de prueba registrado en el vóltmetro de la misma figura No. 1

Una vez que fue ajustada la tensión estando el switch selector en su posición intermedia (check) No. 13 Fig. 4.2 se ajusta la aguja del aparato de medición a escala total (100 div.) No. 3 Fig. 4.2

Mueva el switch selector de la posición intermedia No. 13 Fig. 4.2 a mVA seleccionando el rango más adecuado para leer en el segundo tercio de la escala, No. 2 Fig. 4.2 anotando el valor marcado.

El valor obtenido se verifica cambiándolo al extremo contrario al switch No. 6 Fig. 4.2. Si se observa alguna diferencia en las lecturas, se deberá promediar las dos lecturas, el promedio será el valor de la prueba efectuado.

Deberá registrarse también el valor del multiplicador de mVA con el que se realizó la prueba.

Cambie el switch selector de mVA a la posición mW la perilla de ajuste de mW se gira hasta obtener el mínimo valor sin importar el sentido de giro de esta perilla.

El multiplicador mW se reduce sucesivamente (sin cambiar el rango inicial hasta que se obtenga la mínima lectura, los mW se leerán en el medidor, en la proximidad de la mitad de la escala. Obteniendo esta mínima lectura, se verifica su polaridad con la perilla (Polarity) No. 5 Fig. 4.2 que al girarla lentamente en el sentido de la manecillas del reloj se deberá fijar hacia donde se deflexiona la aguja indicadora de los mW si esta se mueve a la izquierda la lectura se considerará positiva, si se mueve a la derecha se considerará negativa.

Registrando el valor obtenido con su signo inmediatamente después se cambia el switch reversible No. 6 Fig 4.2 a su posición contraria, ajustando de nuevo a la mínima lectura, verificando polaridad. No. 5 Fig. 4.2 Si las dos lecturas obtenidas son positivas, súmelas y divídalas entre dos y este valor será el que se registre. Si de lo contrario una lectura es positiva y la otra negativa, haga la substracción y divida el valor obtenido entre dos y esa será la lectura que registre en su reporte de prueba.

Regrese todos los controles a la posición (check) No. 13 Fig. 4.2 posición intermedia.

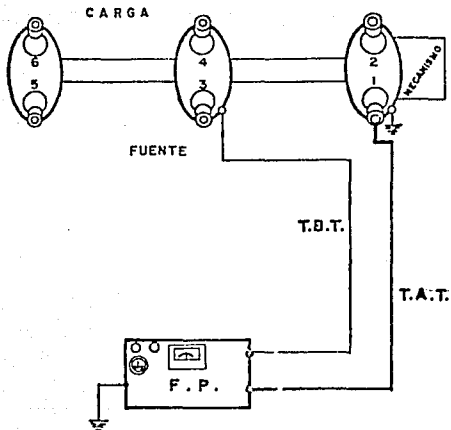
El control de voltaje No. 12 Fig. 4.2 se gira para regresar a cero el voltaje de prueba.

Los dos switch de seguridad No. 17 Fig. 4.2 se abren.

Los multiplicadores de los mVA No. 9 y mW No. 8 así como el switch de rango de la Fig. 4.2 pasan a sus posiciones de valores mas altos.

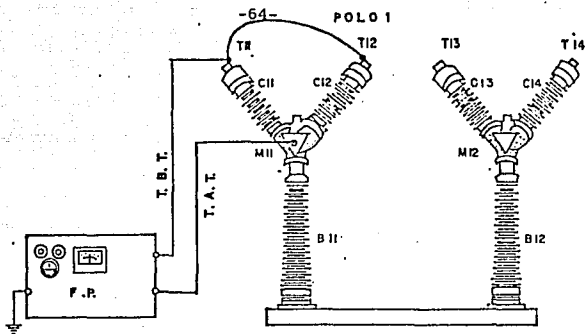
El factor de potencia se calcula por la fórmula siguiente:

$$\% \text{ FACTOR DE POTENCIA} = \frac{\text{mW}}{\text{mVA}} \times 100$$



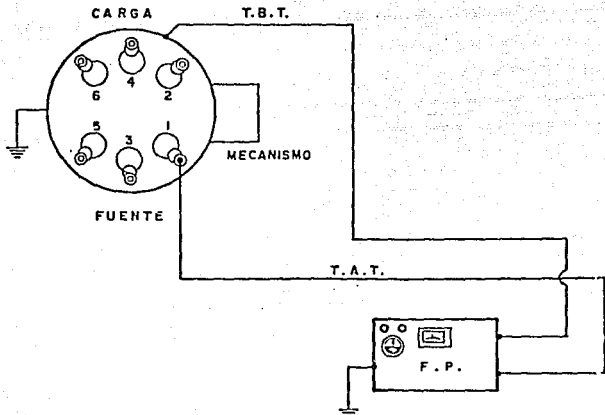
PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			POSICION	MIDE
	T.A.T	T.B.T	LECTOR	INTERRUPTOR	
1	1	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISL. P.1
2	2	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISL. P.2
3	3	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISL. P.3
4	4	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISL. P.4
5	5	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISL. P.5
6	6	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISL. P.6
7	1	TANQUE	GROUND	CERRADO	AISL. P.1y6
8	3	TANQUE	GROUND	CERRADO	AISL. P.3y4
9	5	TANQUE	GROUND	CERRADO	AISL. P.5y6

Fig. 4.5 Prueba de factor de potencia a interruptores de gran volúmen de aceite.



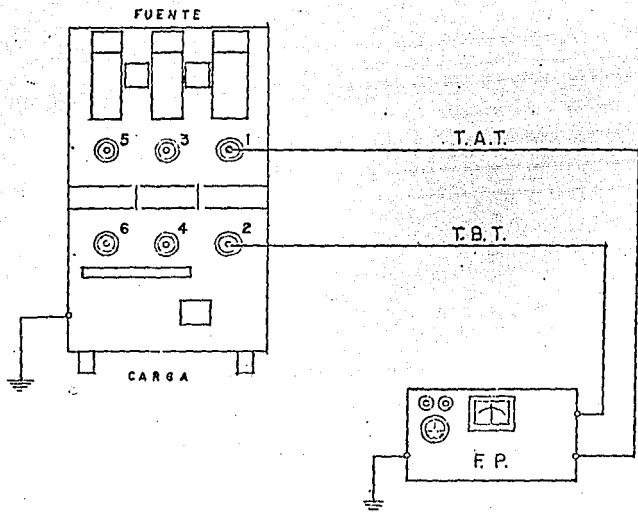
PRUEBA	POLO	CÓNEJIONES DE PRUEBA			MIDE
		T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
1	1	M 11	T11 - T12	GROUND	C11, C12, B11
2	1	M 11	T11 - T12	GUARDA	B11
3	1	M 11	T11 - T12	UST	C11, C12
4	1	M 12	T13 - T14	GROUND	C13, C14, B12
5	1	M 12	T13 - T14	GUARDA	B12
6	1	M 12	T13 - T14	UST	C13, C14
7	2	M 21	T21 - T22	GROUND	C21, C22, B21
8	2	M 21	T21 - T22	GUARDA	B21
9	2	M 21	T21 - T22	UST	C21, C22
10	2	M 22	T23 - T24	GROUND	C23, C24, B22
11	2	M 22	T23 - T24	GUARDA	B22
12	2	M 22	T23 - T24	UST	C23, C24
13	3	M 31	T31 - T32	GROUND	C31, C32, B31
14	3	M 31	T31 - T32	GUARDA	B31
15	3	M 31	T31 - T32	UST	C31, C32
16	3	M 32	T33 - T34	GROUND	C33, C34, B32
17	3	M 32	T33 - T34	GUARDA	B32
18	3	M 32	T33 - T34	UST	C33, C34

Fig. 4.6 Prueba de factor de potencia a interruptores de bajo volúmen de aceite.



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEGA			POSICION	M I D E
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	INTERRUPTOR	
1	1	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISLAMIENTO P1
2	2	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISLAMIENTO P2
3	3	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISLAMIENTO P3
4	4	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISLAMIENTO P4
5	5	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISLAMIENTO P5
6	6	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISLAMIENTO P6
7	1	2	U. S. T.	ABIERTO	AISLAMIENTO ÷ P1 y P2
8	3	4	U. S. T.	ABIERTO	AISLAMIENTO ÷ P3 y P4
9	5	6	U. S. T.	ABIERTO	AISLAMIENTO ÷ P5 y P6

Fig. 4.7 Prueba de factor de potencia a interruptores de vacio.



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
1	1	2	GUARDA	AISLAMIENTO P1
2	2	1	"	" P2
3	3	4	"	" P3
4	4	3	"	" P4
5	6	6	"	" P5
6	6	5	"	" P6
7	1	2	UST	AISLAM. \rightarrow P1 y P2
8	3	4	UST	AISLAM. \rightarrow P3 y P4
9	3	6	UST	AISLAM. \rightarrow P5 y P6

Fig. 4.8 Prueba de factor de potencia a interruptores de sople magnético.

4.6 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA A INTERRUPTORES

Al efectuar la prueba, el método a seguir es aplicar el potencial de prueba a cada uno de los seis contactores de los bushings del interruptor. Cuando se aplica el potencial de ésta manera el bushing, no solamente el aislamiento de éste, sino también el aceite y los aislamientos auxiliares dentro del tanque son estabilizados en el campo por el potencial de prueba.

En general se puede decir que las pérdidas en el tanque aislante con el interruptor cerrado, difieren de las pérdidas que ocurren cuando un bushing sencillo se prueba con el interruptor abierto, por lo siguiente: El dispositivo de conexión en la parte final de la barra de operación es energizado, alojando la barra en un campo fuerte e incrementando las pérdidas, el promedio de éste campo se va incrementando, ya que aumenta el número de partes energizadas. Esto tiende a incrementar las pérdidas de cualquier aislamiento, tal como el aceite, el tanque, etc.

La comparación de las pérdidas obtenidas en la prueba con el interruptor cerrado y la suma de las pérdidas del mismo tanque en la prueba con el interruptor abierto, pueden ser utilizadas para analizar las condiciones del aislamiento.

La base de comparación, será el historial y los datos de prueba de puesta en servicio, pero para los casos en que se carezca de valores anteriores se considerará como buena práctica general, efectuar comparaciones entre los valores obtenidos con interruptor abierto y cerrado, para analizar las condiciones del aislamiento.

4.6.1 INTERRUPTOR ABIERTO

Cuando el factor de potencia sea de 2% en cualquiera de las boquillas de un polo, la boquilla deberá ser investigada y en caso de

Ser posible, retirarla para una investigación más minuciosa.

4.6.2 INTERRUPTOR CERRADO

En estas condiciones pueden presentarse tres posibles resultados, que:

1) Los miliwatts de pérdidas sean similares a la suma de las pérdidas de boquillas 1 y 2 con interruptor abierto.

2) Los miliwatts de pérdidas sean más que la suma de pérdidas de la boquilla 1 y 2 con interruptor abierto.

3) Los miliwatts de pérdidas sean menos que la suma de pérdidas de las boquillas 1 y 2 con interruptor abierto.

La comparación de las pérdidas obtenidas nos indicarán el estado del aislamiento interno incluido en la prueba con interruptor cerrado, concluyéndose lo siguiente:

a) Diferencias de 0 a (+9) mW y de 0 a (-9)mW, se consideran normales.

b) Diferencias de (+9) a (+15) mW (mayor con interruptor cerrado), se deberá investigar en el próximo mantenimiento, las barras elevadoras, el aceite del tanque, el aislamiento del tanque y el contacto de los aislamientos auxiliares. Para diferencias mayores de (+15) mW, investigar lo antes posible las guías elevadoras, aceite del tanque y el auxiliar del tanque.

c) Para diferencias de (-9) a (-15) mW (menor con el interruptor cerrado), se deberán investigar en el próximo mantenimiento los ensambles guía y el contacto de ensamble del aislamiento.

Para diferencias mayores de (-15) mW, deberán investigarse lo

Antes posible el ensamble del aislamiento.

Estos límites establecidos son generalmente aplicables a la mayoría de los equipos interruptores.

Algunos tipos tienen éstos valores muy pequeños o muy grandes, ya que los elementos aislantes de madera, porcelana o cualquier otro material hacen que las diferencias de pérdidas entre el interruptor abierto y cerrado sean muy grandes o viceversa. Para efectos de pruebas de puesta en servicio y rutinarias, se considerará básico comparar con valores del fabricante, o de otros equipos similares en caso de no contarse con datos del fabricante.

CAPITULO 5.

PRUEBA EN CAMPO DE RESISTENCIA OHMICA DE CONTACTOS

5.1 OBJETIVO

Los puntos con alta resistencia en partes de conducción, son fuentes de problemas en los circuitos eléctricos, ya que originan caídas de voltaje, fuentes de calor, pérdidas de potencia, etc. ésta prueba nos detecta esos puntos.

En general, esta prueba se utiliza en todo circuito eléctrico en el que existen puntos de contacto a presión o deslizables, tales circuitos se encuentran en interruptores, restauradores, dedos de contacto de reguladores o de cambiadores de derivaciones; pero básicamente es aplicable a interruptores de potencia.

Las pruebas de resistencia de contactos, se realiza con la finalidad de comprobar que no existen falsos contactos en uniones fijas o deslizables a presión, buses en contactos de interruptores, cuchillas, juntas soldadas, etc. evitando puntos calientes o puntos de falla en equipos trabajando en condiciones normales.

5.2 CONCEPTO DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS

La resistencia, es la propiedad (escalar) de un circuito eléctrico que determina la proporción en que la energía eléctrica es convertida en calor y tiene un valor tal que, multiplicado por el cuadrado de la corriente, dá el coeficiente de conversión de energía.

$$P = RI^2$$

La relación física por la que puede ser calculada la resistencia de un material de sección uniforme es:

$$R = (\rho L) / A$$

Donde: R = Resistencia en ohms.

ρ = Resistividad específica del material en Ohm-cm.

L = Longitud en centímetros.

A = Area de la sección transversal en cm .

Puesto que la resistencia de un circuito es la razón de la diferencia de potencial aplicada entre sus extremos, a la intensidad de la corriente resultante, el método más inmediato para medir la resistencia de un circuito, es conectarlo a un generador de fem, tal como una batería y medir la fem y la intensidad de corriente por medio de un voltímetro y un amperímetro.

5.3 MEDICION DE LA RESISTENCIA OHMICA DE CONTACTOS CON EL EQUIPO DE MEDICION (DUCTER)

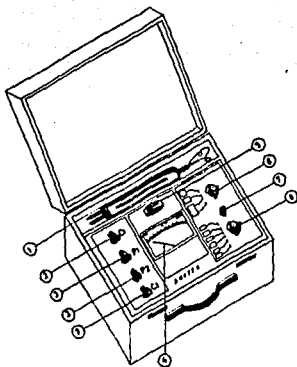
El aparato utilizado para medir la resistencia de contacto en el campo es el probador de baja resistencia ohmica marca (Ducter) es electrónico y portátil. El principio de funcionamiento del equipo se basa en la caída de tensión al aplicarle una corriente directa.

El Ducter es un aparato que da lecturas que se leen normalmente en microohms pero puede medir resistencias de 0 a 10 Ohms. Ya que cuenta con los dispositivos necesarios, en la Fig. 5.1 se muestran las partes que componen a este aparato.

Este opera con una batería interna que es su fuente de energía, está batería es recargable y tiene su propio eliminador o cargador de baterías cuando ésta es agotada.

Las terminales de potencial forman parte del circuito y tienen una

Resistencia de 0.02 Ohms por terminal como mínimo y la lectura no es afectada en más de 0.2%.



- 1.- Puntas de prueba duplex.
- 2.- Terminales de corriente (C1 y C2).
- 3.- terminales de potencial (P1 y P2).
- 4.- Carátula de medición.
- 5.- Vóltmetro de batería.
- 6.- Perilla de función. (fuera, indicador de cero, prueba).
- 7.- Perilla de ajuste en cero.
- 8.- Perilla de rangos (10 Δ Ω , 1 m Ω , 10 m Ω , 100 m Ω , 1 Ω y 10 Ω).

Fig. 5.1 Aparato de medición de resistencia ohmica marca (Ducter).

5.4 PREPARACION DEL INTERRUPTOR PARA LA PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE CONTACTOS

El equipo bajo prueba debe estar desenergizado y en la posición cerrado, la prueba se puede efectuar con los cables de llegada, conectados a las terminales de las boquillas.

Se deben limpiar las partes donde se va a realizar la conexión eléctrica del probador a fin de que cuando ésta se efectúe, se asegure un buen contacto.

5.5 PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE CONTACTOS CON EL EQUIPO DUCTER

Los circuitos deben de estar desenergizados y desconectados de la fuente de alimentación o de cualquier otro equipo.

Colocar el Ducter sobre una base nivelada impidiendo que el instrumento quede cerca de campos magnéticos.

Verificar que las puntas de prueba estan correctamente conectadas, las terminales negras a (C1 y C2) que son las terminales de corriente, y las terminales rojas a (P1 y P2) que son las terminales de potencial.

Verificar que la carga de la batería este en buen estado, esto se logra conectando las puntas de prueba C1 y C2 entre si; con esto el indicador de batería debe de encontrarse en la sección negra de la escala. No se deben mantener las puntas de prueba en corto circuito ya que esto provocaría que la batería se descargara rápidamente.

Cuando el indicador de la batería esté fuera de la sección negra o la lectura comience a caer, entonces debe ser recargado el aparato antes de efectuar cualquier otra prueba.

Una vez terminadas las o la prueba conectar el switch de función en posición de apagado off.

Ajustar a cero en la escala, esto se logra girando la perilla de función a set cero si la aguja no indica cero hacer este ajuste, con la perilla No. 7

Comenzar con la perilla selectora de 10 Ohms, si la lectura es menor es menor de 10 Ohms, ajustar la perilla para un rango menor. Para lograr lo anterior usar la perilla 8; comenzar por la escala de mayor valor a menor, a menos que se conozca el valor aproximado de la resistencia que este bajo prueba.

Colocar la perilla 6 en posición de prueba Test. y colocar las terminales de prueba a la resistencia que se requiere medir forzándola hacia abajo para tener un buen contacto.

Anotar las lecturas según las tablas de las figuras 5.2, 5.3 y 5.4 Cuando se haga la prueba con las terminales de corriente conectadas, regresar la perilla inmediatamente al ajuste de cero entre las lecturas que se estén tomando para evitar que la batería se descargue.

Una vez terminada la prueba la perilla debe ser colocada en posición de apagado.

5.6 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE CONTACTOS A INTERRUPTORES

Para decidir si los valores de prueba son aceptables o no, es necesario tener un circuito de aceptabilidad dependiendo del equipo que se trate, de la marca, de la tensión de operación, etc..

Uno de los criterios adoptados en la práctica, par decidir si es aceptable un valor obtenido de prueba cuando no se conocen los

Los valores obtenidos en fábrica es el de asignar un valor por punto de contacto.

La regla general adoptada es de 30 microOhms por punto de contacto, pero basados en las estadísticas obtenidas, se ha realizado una escala de valores de resistencias de contactos dependiendo de la tensión nominal del equipo, que a continuación se da.

<u>TENSION NOMINAL</u>	<u>RESISTENCIA POR PUNTO DE CONTACTO</u>
23 kv.	De 30 a 40 microOhms
85 kv.	De 25 a 35 microOhms
230 kv.	De 20 a 30 microOhms
400 kv.	De 20 a 25 microOhms

En ocasiones el fabricante proporciona datos para determinar el valor de resistencia ohmica de contactos en sus equipos, en base a una caída de voltaje y una corriente de prueba especificado, tal como se muestra a continuación.

<u>CAIDA DE VOLTAJE EN MILIVOLTS A 100 A.</u>	<u>DE C.D.</u>		
<u>CAMARA</u>	<u>NUMERO DE POLOS</u>		
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
1	2.9	3.5	3.0
2	3.0	3.1	3.2

Con esto tenemos que los valores de referencia de resistencia ohmica de contacto, serán en este caso de 29 a 35 microOhms por cámara, de acuerdo a la ley de Ohm, como se demuestra a continuación:

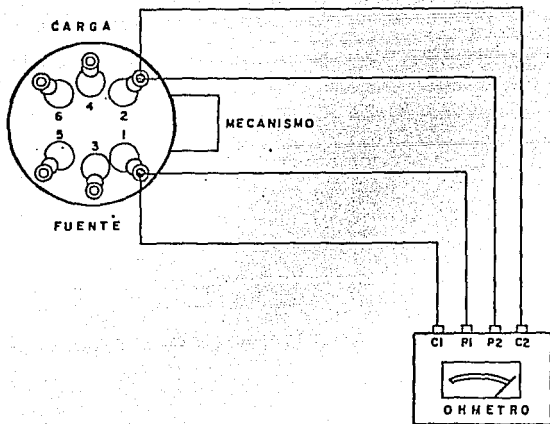
E = 2.9 a 3.5 milliwatts.

I = 100 Amperes

R = E/I

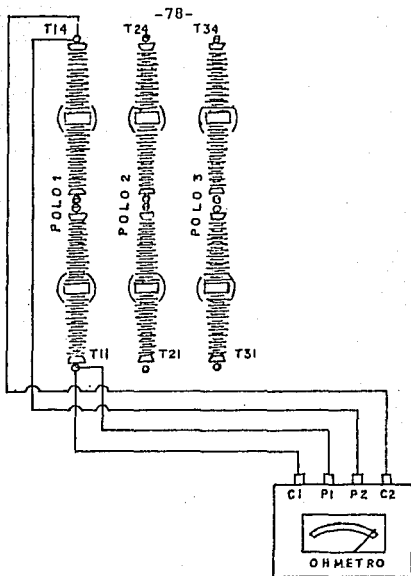
R1 = 0.0029/100 = 0.000029 Ohms = 29 microOhms.

R2 = 0.0035/100 = 0.000035 = 35 microOhms.



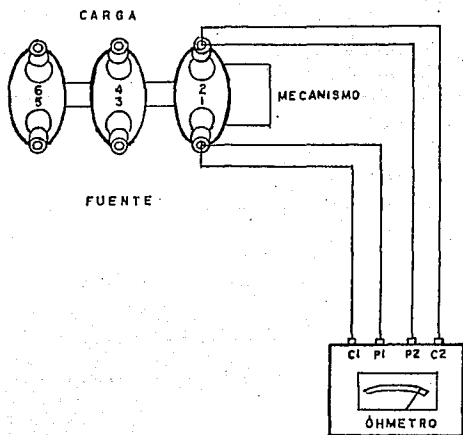
PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	C1	P1	P2	C2	
1	1	1	2	2	r1 - 2
2	3	3	4	4	r3 - 4
3	5	5	6	6	r5 - 6

Fig. 5.2 Prueba de resistencia ohmica de contactos a interruptores de vacío.



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	C1	P1	P2	C2	
1	T11	T11	T14	T14	r1
2	T21	T21	T24	T24	r2
3	T31	T31	T34	T34	r3

Fig. 5.3 Prueba de resistencia ohmica de contactos a interruptores de bajo volumen de aceite.



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	C1	P1	P2	C2	
1	1	1	2	2	r1-2
2	3	3	4	4	r3-4
3	5	5	6	6	r5-6

Fig. 5.4 Prueba de resistencia ohmica de contactos a interruptores de gran volúmen de aceite

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO 6.

PRUEBA EN CAMPO DE SINCRONISMO Y TIEMPO DE OPERACION DE INTERRUPTORES

6.1 OBJETIVO

El objeto de ésta prueba es la determinación de los tiempos de operación de interruptores de potencia, en sus diferentes formas de maniobra, así como la verificación del sincronismo de sus polos o fases.

Lo anterior permite comprobar si estas características se mantienen durante su operación, dentro de los límites permitidos o garantizados por el fabricante o bien, dentro de los establecidos por las normas correspondientes, de no ser así será posible entonces programar trabajos correctivos y efectuar ajustes al interruptor para recuperar sus valores o límites originales.

6.2 CONCEPTO DE LA PRUEBA DE SINCRONISMO Y TIEMPO DE OPERACION DE INTERRUPTORES

En base a una referencia conocida de tiempo trazada sobre el papel del equipo de prueba, se obtienen los trazos de los instantes en que los diferentes contactos de un interruptor se tocan o separán, a partir de las señales de apertura y cierre de los dispositivos de mando del interruptor, estas señales de mando también son registrados sobre la gráfica, la señal de referencia permite entonces medir en tiempo y secuencia los eventos anteriores.

Pueden distinguirse dos tipos básicos de instrumentos de prueba, los que utilizan dispositivos electromecánicos, en los cuales una señal eléctrica sobre una bobina, actúan mecánicamente sobre agujas

Que marcan un trazo sobre papel especialmente tratado en su superficie; y los que utilizan galvanómetros que al accionar varían el punto de incidencia de un rayo luminoso sobre papel fotosensible, en ambos tipos el movimiento de papel es efectuado por un motor de corriente directa a una velocidad constante, en algunos equipos la velocidad puede ser ajustada a distintos valores.

La señal de referencia puede ser en base a la frecuencia del sistema o bien puede ser tomada de la salida de un oscilador incluido en el equipo de prueba, de una frecuencia conocida.

El tiempo de operación de cierre comprende desde que la bobina de cierre del interruptor es energizada hasta el momento que se tiene el primer punto de contacto, y el tiempo de apertura desde que se energiza la bobina correspondiente hasta el momento en que los contactos se separan.

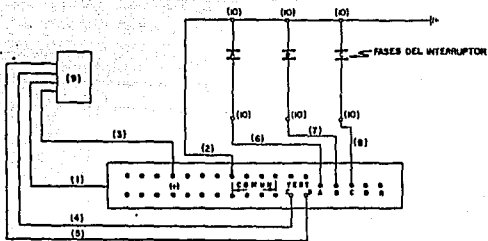
Se mencionan dos tipos de aparato para estas pruebas:

1) Cronógrafo.

2) Analizador de operación de interruptores modelo TR 1-A.

6.2.1 CRONOGRÁFO

El cronógrafo de operación electromecánica usado para medir tiempos de operación de interruptores es un aparato de prueba portátil y de fácil manejo, el cual es utilizado para realizar pruebas en campo para medir tiempos pequeños en forma gráfica de las operaciones de cierre, disparo y antibombeo de interruptores de potencia, Fig. 6.1



- 1- ALIMENTACION DE 110-120 V C. A.
- 2- CABLE COMUN O DE RASTREO
- 3- CABLE DE CONEXION DEL POSITIVO DE C. D.
- 4- CABLE DE CONEXION DE LA BOBINA DE CIERRE AL APARATO DE PRUEBA
- 5- CABLE DE CONEXION DE LA BOBINA DE DISPARO AL APARATO DE PRUEBA.
- 6- CABLE DE CONEXION DE PISTAS FASE A.
- 7- CABLE DE CONEXION DE PISTAS FASE B.
- 8- CABLE DE CONEXION DE PISTAS FASE C.
- 9- GABINETE DE CONTROL DEL INTERRUPTOR
- 10- CONEXION A BOQUILLAS DEL INTERRUPTOR

Fig. 6.1 Conexiones del equipo cronógrafo para pruebas de antibombeo.

6.3 MEDICION DE LOS TIEMPOS DE OPERACION DE CIERRE Y APERTURA CON EL EQUIPO CRONOGRAFO

Esta prueba es aplicable exclusivamente a interruptores de potencia y en particular a interruptores de alta tensión en todos sus tipos y diseños.

La prueba adquiere mayor importancia en el caso de equipo sofisticado, como es el de interruptores modulares con cámaras múltiples, con mecanismo de operación independiente por polo, dotados o no de resistencias de inserción, debido a que estos es más problema la pérdida de sincronismo entre polos o contactos de un polo, así como la variación en servicio de los tiempos de cierre o apertura de todas o cada una de las fases.

La prueba o mediciones que a continuación se indican son aquellas que se consideran normales, tanto para mantenimiento como para puesta en servicio de un interruptor.

- a) Determinación del tiempo de apertura.
- b) Determinación del tiempo de cierre.
- c) Determinación del tiempo de cierre-apertura en condición de disparo libre (trip-free) o sea el mando de una operación de cierre y una de apertura en forma simultánea, se verifica además el dispositivo de antibombeo.
- d) Determinación del sincronismo entre contactos de una misma fase, tanto en cierre como apertura.
- e) Determinación de la diferencia en tiempo entre los contactos
- f) principales y contactos auxiliares de resistencia de inserción, ya sean estos para apertura o cierre.
- g) Determinación de los tiempos de retraso en operación de recierre si el interruptor está previsto para este tipo de aplicación, ya sea recierre monofásico o trifásico.

Las tres primeras pruebas son aplicables a todo tipo de interruptor mientras que las tres últimas son aplicables a tipos específicos; la prueba d) a interruptores multicámaras, la e) a interruptores dotados de resistencias de inserción y la f) a equipos aplicados en recierre.

6.4 PREPARACION DEL INTERRUPTOR PARA LA PRUEBA DE SINCRONISMO Y TIEMPOS DE OPERACION DE CIERRE Y APERTURA

Librar el interruptor completamente, asegurándose que las cuchillas seccionadoras respectivas se encuentren en posición de abierto.

Limpiar la porcelana de las boquillas.

Si es posible, no tener al aparato de prueba cerca de grandes inducciones.

6.5 PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE SINCRONISMO Y TIEMPOS DE OPERACION DE CIERRE Y APERTURA

El equipo cronógrafo cuenta con los siguientes accesorios. Fig 6.1

Cable de alimentación 110-120 v. c.a.

Cable de conexión a las tres fases.

Cable de conexión común a las tres fases.

Se realizan las conexiones de los accesorios al aparato según lo muestra la Fig. 6.1

Se conecta la alimentación a la fuente de corriente alterna y el switch 6 de la Fig. 6.3 se coloca en posición dentro encendiéndose la lámpara (5).

6.5.1 PRUEBA DEL MOTOR

Se desconecta el positivo del cronógrafo.

El rodillo (3) se coloca en la posición (4) Fig. 6.2

Las ~~p~~umillas se colocan en la posición (1) Fig. 6.2

La cinta metálica, se coloca fuera de los rodillos Fig. 6.2
Se oprime el botón de encendido (7) a su primera posición y debe
trabajar el motor.

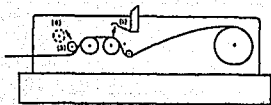
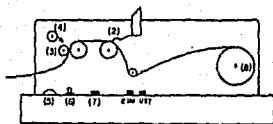


Fig. 6.2 Posición del cronógrafo para probar
el motor.

6.5.2 DISPOSICION DEL CRONOGRAFO PARA EFECTUAR LA PRUEBA

Para efectuar la prueba se colocarán las plumillas en la posición (2) como se muestra en la Fig. 6.3, no debe haber personas sobre el el interruptor bajo prueba y finalmente se conecta el positivo de corriente directa. A continuación se oprime el botón de encendido a media carrera dejando correr aproximadamente medio metro de cinta sin dejar de oprimir el botón, se presionará hasta el fondo y se obtendrá la operación del interruptor y un registro en la cinta de papel metálica.

Para realizar la prueba de cierre se conectará el cronógrafo al equipo bajo prueba como se indica en la Fig. 6.4. Así también, para la prueba de disparo como se indica en la Fig. 6.5 y el antibombeo (cierre con disparo presente) como lo indica la Fig. 6.1.



- 1) Plumillas en posición fuera.
- 2) Plumillas en posición de prueba.
- 3) Rodillos en posición de prueba.
- 4) Rodillos fuera de posición.
- 5) Lámpara verde.
- 6) Switch de encendido del aparato.
- 7) Botón de arranque del motor.
- 8) Rollo de cinta.

Fig. 6.3 Posición del cronógrafo para probar el interruptor.

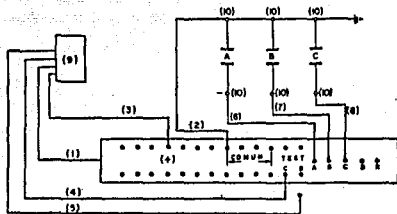


Fig. 6.4 Conexiones del cronógrafo para la prueba de cierre.

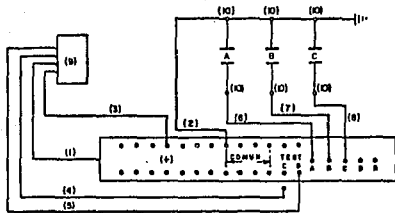


Fig. 6.5 Conexiones del cronógrafo para la prueba de apertura.

6.6 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SINCRONISMO Y TIEMPOS DE OPERACION

La velocidad con que corre la cinta del papel metálico a través del aparato durante la prueba es de 1000 mm/seg., por lo cual tenemos que cada milímetro nos representará 1 milisegundo para el análisis de las gráficas.

Para conocer los tiempos de operación del interruptor que se está probando, hay que medir las líneas marcadas sobre el papel durante la prueba tomando en cuenta la consideración anterior (1 mm = 1m seg.).

En la Fig. 6.6 se muestra una gráfica de cierre, en la cual, se mide la distancia entre el punto de la curva de rastreo hasta el inicio de las curvas supervisoras de contactos. Dándonos en esta forma el tiempo de operación ya que cada milímetro nos representa un milisegundo. Además, el asincronismo entre contactos lo tenemos al medir las distancias entre cada uno de los puntos iniciales de las curvas supervisoras de contacto, tenemos lo siguiente:

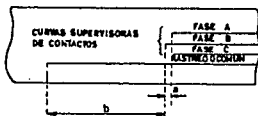


Fig. 6.6 Gráfica de cierre.

En un sistema de 60 ciclos:

$a = 2\text{mm} = 2 \text{ mseg.} = 0.12 \text{ ciclos (asincronismo).}$

$b = 92\text{mm} = 92 \text{ mseg.} = 5.52 \text{ ciclos (tiempo de cierre).}$

En la Fig. 6.7 se muestra una gráfica de apertura en donde se mide la distancia entre el primer punto donde aparecen las curvas de rastreo y supervisoras de contacto; hasta el último punto de las curvas supervisoras, dándonos con esto el tiempo de apertura. El tiempo de asincronismo entre contactos se tiene midiendo las distancias entre los últimos puntos de las curvas supervisoras de contactos. Teniendo lo siguiente:

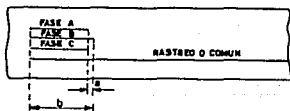


Fig. 6.7 Gráfica de disparo.

En un sistema de 60 ciclos:

$a = 2\text{mm} = 2 \text{ mseg.} = 0.12 \text{ ciclos (asincronismo).}$

$b = 28 \text{ mm} = 28 \text{ mseg.} = 1.68 \text{ ciclos (tiempo de apertura)}$

En la Fig. 6.8 se muestra una gráfica de antibombeo (cierre con disparo presente) en la cual mediremos tanto el tiempo de cierre como de disparo en la misma forma que para las gráficas de las Figs. 6.6 y 6.7. Los tiempos de asincronismo se medirán al cierre y a la apertura con el mismo procedimiento anterior.

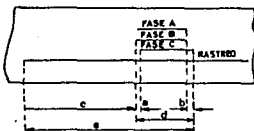


Fig. 6.8 Gráfica de disparo presente.

Para nuestro ejemplo tenemos los siguientes valores:

- a = 2mm = 2 mseg. = 0.120 ciclos (asincronismo al cierre).
- b = 2mm = 2 mseg. = 0.120 ciclos (asincronismo a la apertura).
- c = 92mm = 92 mseg. = 5.52 ciclos (tiempo de cierre).
- d = 28mm = 28 mseg. = 1.68 ciclos (tiempo de operación).
- e = 120mm = 120 mseg. = 7.2 ciclos (tiempo total del ciclo).

Los valores obtenidos en cada caso, deben ser comparados contra los datos del fabricante para poder emitir una opinión respecto al estado del interruptor.

Con los resultados obtenidos de esta prueba se observa que el alineamiento de 2 a 3 superficies de contacto (dependiendo del tipo de interruptor) sea simultáneo o exista rebote de contacto.

Una diferencia de 1/2 ciclo entre la operación de los contactos en el cierre o en la apertura es permitida, en caso contrario deberá investigarse en el próximo mantenimiento, el ajuste del mecanismo y alineación de contactos.

Al analizarse los tiempos en que se realizan las operaciones de apertura y cierre se deberán comparar los valores obtenidos con las pruebas de fábrica, pero en caso de carecer de datos tomar como guía los valores siguientes:

TENSION NOMINAL DEL INTERRUPTOR	TIEMPO DE OPERACION EN CICLOS	
	<u>CIERRE</u>	<u>APERTURA</u>
23 kV.	24.26	4.6
85 kV.	24.26	2.4
230 kV.	4.6	2.4

Mediciones obtenidas mayores a estos valores indican la necesidad de investigar las condiciones y ajustes de contactos auxiliares, relevadores auxiliares, microswitch, etc.

CAPITULO 7.

PRUEBAS EN CAMPO AL ACEITE DIELECTRICO DE INTERRUPTORES

7.1 EL ACEITE DIELECTRICO

Los aceites aislantes son productos de la destilación del petróleo crudo, obtenidos de tal forma que reúnen ciertas características físicas especiales y propiedades eléctricas que sean idóneas para su utilización adecuada en los diversos equipos.

Los aceites aislantes que se utilizan en interruptores de gran volumen de aceite o pequeño volumen de aceite cumplen varias funciones importantes. Además de ser parte del sistema de aislamiento, su principal funcionamiento es la de extinguir el arco durante la apertura de sus contactos.

Cuando hay una apertura del interruptor con carga se forma un arco a través del aceite, si este contiene oxígeno, primeramente se formarán agua y bióxido de carbono, Cuando el suministro de oxígeno se agota, comienzan a formarse hidrógeno y partículas de carbón. El hidrógeno se disipa como gas, en tanto que la presencia de partículas de carbón, cotamina el aceite mucho antes de que el deterioro por oxidación, llegue a ser significativo.

Existen pruebas para detectar las condiciones de servicio del aceite o del equipo asociado a él.

Las pruebas en campo de los aceites aislantes para interruptores deben ser:

Rigidez dieléctrica.	}	Aceite nuevo.	}	Aceite usado
Factor de potencia.				
Acidez.				
Color.				

7.2 PRUEBA EN CAMPO DE RIGIDEZ DIELECTRICA AL ACEITE AISLANTE

7.2.1 OBJETIVO

Una baja rigidez dieléctrica indica contaminación con agua, carbón o contaminantes extraños; aún cuando una alta rigidez dieléctrica no necesariamente indica que el aceite no contenga contaminantes.

Una prueba de rigidez es una de las que se efectúan con mayor frecuencia, además de ser de las más importantes. Esta prueba revela la resistencia momentánea de una muestra de aceite al paso de la corriente y la cantidad relativa de agua libre, suciedad o partículas conductoras presentes en la muestra.

7.2.2 CONCEPTO DE LA PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA AL ACEITE AISLANTE

La rigidez dieléctrica del aceite es el voltaje mínimo de corriente alterna al cual se produce un arco eléctrico entre dos electrodos metálicos e indica la habilidad de un aceite para soportar esfuerzos eléctricos sin falla.

El conocimiento del voltaje que un aceite soporta es muy valioso, ya que el aislamiento de algunos equipos depende hasta cierto punto de las propiedades aislantes del aceite. De acuerdo con la norma americana ASTM existen dos métodos para las pruebas de rigidez dieléctrica. El establecido por la norma D-877 y el D-1816.

El aparato que se utiliza para el método ASTM D-877, consiste de un transformador, un regulador de voltaje, un interruptor, un voltmetro y una copa de prueba. Esta copa de prueba tiene dos electrodos en forma de disco que se separan 1/10 de pulgada con las caras perfectamente paralelas. Fig. 7.1 Este método es aplicable para dos pruebas: De referencia.- Cuando se trata de determinar el valor

De determinar el valor de rigidez dieléctrica de un aceite nuevo o regenerado al iniciar o reiniciar su servicio; y de rutina, cuando se trate de determinar la rigidez dieléctrica de un aceite en operación como parte del programa de mantenimiento preventivo.

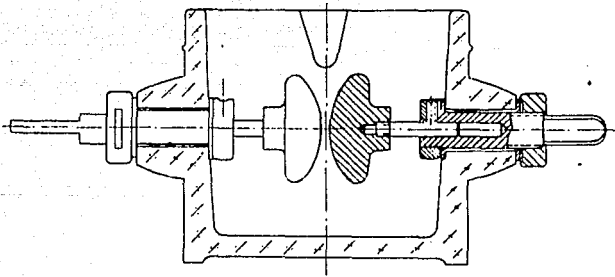


Fig. 7.1 Copa para prueba de rigidez dieléctrica
norma ASTM-1816.

7.2.3 MEDICION DE LA RIGIDEZ DIELECTRICA AL ACEITE AISLANTE

Usando la copa de la norma ASTM-D-1816 Fig. 7.1 o ASTM-D-877, tanto los electrodos como la copa deberán limpiarse frotando con papel sedoso seco y libre de peluza o gamuza limpia y seca, evitando tocar los electrodos y el calibrador con los dedos o con porciones de gamuza que han estado en contacto con las manos.

En caso de condensación de humedad en la copa, está se deberá calentar ligeramente para evaporar la humedad antes de usarla.

Al iniciar las pruebas de cada día deberán examinarse los electrodos asegurandose que no existan escoriaciones causadas por el arco o acumulación de contaminantes.

Si las escoriaciones son profundas se deben pulir, tanto el carbón como la suciedad deberán eliminarse frotando con papel sedoso o gamuza calibrando posteriormente la distancia entre los electrodos.

Después de efectuar la limpieza se debe enjuagar la copa con aceite nuevo y seco y efectuar una prueba de ruptura en una muestra del mismo.

Para obtener una muestra representativa del total del aceite deben tomarse las precauciones siguientes:

Que los recipientes de prueba estén limpios y secos .

Limpiar y drenar previamente la válvula de muestreo.

Enjuagar el recipiente de prueba cuando menos una vez con el aceite que se va a investigar.

Evitar el contacto del recipiente de prueba con la válvula de muestreo, los dedos y otros cuerpos extraños.

La temperatura del aceite al efectuar la prueba deberá ser la ambiente, pero en ningún caso deberá ser menor de 20°C.

El método ASTM-D-1816 es similar al ASTM-D-877 y sólo difiere en que los electrodos son semiesféricos en lugar de planos, separados 0.04 de pulgada y cuenta con un medio de agitación para proporcionar una circulación lenta de aceite. Este método de prueba es más representativo de las condiciones en que trabaja el aceite, aún cuando no está muy popularizado.

Se recomienda usar electrodos planos (ASTM-D-877), para aceites en operación (prueba de rutina) y electrodos semiesféricos (ASTM-D-1816), para aceites nuevos y regenerados, Por lo anterior es muy recomendable contar con un aparato con las siguientes características:

- a) Rango de voltaje de 0 a 60 kV.
- b) Electrodos intercambiables para cubrir las necesidades de las dos normas.
- c) Que el incremento del voltaje sea automático y cuente con dos velocidades de incremento de voltaje que marcan las normas, y además, deberán estar provisto de un agitador.
- d) Que sea portátil.

7.2.4 PROCEDIMIENTO PARA EL METODO (ASTM - D- 877)

La copa se debe llenar hasta un nivel no menor de 20 mm. sobre la parte superior de los electrodos. Con objeto de permitir que escape aire, deberá dejarse reposar duramente no menos de dos minutos y no más de tres minutos antes de aplicar el voltaje; después se aplica gradualmente el voltaje a una velocidad aproximada de 3 kV. por segundo, hasta que se produce el arco entre los discos, abriendo el

Interruptor; el operador lee el vóltmetro y registra la lectura en kv.

a) Para pruebas de referencia, cuando se desea determinar la rigidez dieléctrica de un aceite nuevo o regenerado para efectos de referencia, se debe efectuar una prueba de ruptura, en cada una de cinco copas llenadas sucesivamente.

Cada valor así obtenido deberá sujetarse al criterio estadístico indicado en el inciso (c). Si los cinco valores cumplen con ese criterio, se deberá promediar y el resultado se reportará con el valor de rigidez dieléctrica de la muestra. En caso de que no cumpla este criterio se efectuarán otras cinco pruebas de cinco llenados de copa diferentes y el promedio de las diez lecturas se reportará como la rigidez dieléctrica de la muestra. No se debe descartar ninguno de los valores de ruptura obtenidos.

b) Para pruebas de rutina. Se efectuará una prueba de ruptura en dos llenados diferentes, si ninguno de los dos valores es menor del valor mínimo aceptable, fijado en 26 kv., no se requerirán pruebas posteriores y el promedio de las dos lecturas se reportará como la rigidez dieléctrica de la muestra. Si cualquiera de los valores es menor que 26 kv., deberán efectuarse tres pruebas adicionales en tres llenados diferentes de la copa de prueba y analizar los resultados de acuerdo al inciso (a).

c) Criterio de consistencia- Calcule el rango de los cinco valores de ruptura (valor máximo - valor mínimo) y multiplíquelo por tres. Si el resultado es mayor que el inmediato superior al valor mínimo, es probable que la desviación estándar de los cinco valores de ruptura sea excesivo y en consecuencia, el error probable del promedio también será excesivo.

7.2.5 METODO (ASTM-D-1816)

las diferencias son las siguientes:

Se aplica el voltaje gradualmente a una velocidad de 500 Volts por segundo.

Débe haber un intervalo de por lo menos tres minutos entre entre el llenado de la copa y la aplicación de la tensión para la primera ruptura y por lo menos intervalos de un minuto entre la aplicación de la tensión en rupturas sucesivas.

Durante los intervalos mencionados como en el momento de la aplicación de la tensión; el propulsor debe hacer circular el aceite.

7.2.6 INTERPRETACION DE RESULTADOS

La prueba de rigidez o resistencia dieléctrica de aceite se debe efectuar para todo tipo de equipo eléctrico cuyos aislamientos se encuentren sumergidos en aceite, cundo menos una vez al año. llevando un registro actualizado de todos los resultados. En el momento que el voltaje de ruptura comience a bajar de 25 kV. indicando acumulación de humedad, se deberán efectuar pruebas más frecuentes para evitar cualquier falla, no se permitirá operar equipo con aceites que su voltaje de prueba sea menor de 18 kV.

7.3 PRUEBA EN CAMPO DE FACTOR DE POTENCIA AL ACEITE AISLANTE

7.3.1 OBJETIVO

Eléctricamente esta es la prueba más importante a efectuar, ya que proporciona una idea completa y clara respecto a las condiciones de

Contaminación y deterioro del aceite. Esta prueba se efectúa en una celda que se acopla al probador de factor de potencia como se muestra en la Fig. 7.2

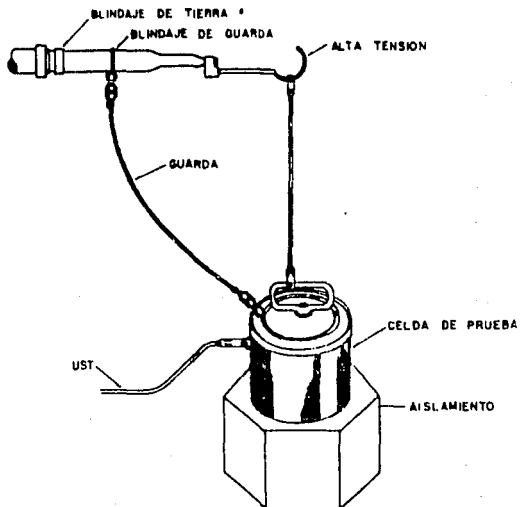


Fig. 7.2 Conexiones para la prueba de factor de potencia de líquidos aislantes.

7.3.2 CONCEPTO DE LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA AL ACEITE AISLANTE

El concepto de la prueba de Factor de potencia es el mismo descrito en el capítulo 4, con la diferencia que el aislante es ahora un aceite.

7.3.3 PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA AL ACEITE AISLANTE

Debe tenerse singular cuidado de que la muestra sea efectivamente la representativa, para lo cual debe purgarse suficiente líquido de la válvula de muestra del interruptor para que cualquier suciedad o agua acumulada en esta válvula sea drenada antes de llenar la celda. Las burbujas de aire, agua y materiales extraños son la causa usual de ruptura dentro de la celda, por lo tanto, después de obtener la muestra, está deberá dejarse reposar por un tiempo aproximado de 5 minutos, durante el cual el aire atrapado podrá escapar y las partículas de material extraño se asentarán en el fondo de la celda.

7.3.4 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA AL ACEITE AISLANTE

Se considera que un factor de potencia menor de 0.5% a 20°C es aceptable para operación.

7.4 PRUEBA EN CAMPO DE ACIDEZ AL ACEITE AISLANTE

7.4.1 OBJETIVO

La determinación del número de neutralización o índice de acidez

En aceites usados y su comparación contra valores de aceites nuevos o regenerados, es útil como una indicación de cambios químicos en el propio aceite o bien en sus aditivos, ocasionando que al aumentar la cantidad de oxígeno absorbido por él, se produzcan acciones corrosivas dentro de los aislamientos sólidos.

7.4.2 CONCEPTO DE LA PRUEBA DE ACIDEZ AL ACEITE AISLANTE

Esta prueba consiste en determinar los miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para neutralizar el ácido contenido en un gramo de aceite bajo prueba. Los aceites nuevos, prácticamente no contienen ácidos. La prueba de índice acidez mide el contenido de ácidos formados por la oxidación, los cuales son directamente responsables de la fabricación de polos.

Se ha adoptado un método apropiado para el campo, y éste básicamente corresponde a la norma ASTM-D-153464

Como se describe a continuación, el método tiene dos variantes:

a) Para determinar la acidez mayor o menor que el valor arbitrariamente seleccionado; se vacía una cierta cantidad de aceite a probar en un recipiente gaduado, se le añade una pequeña cantidad de indicador (Fenolftaleína) y la cantidad apropiada de solución estandard de hidróxido de potasio; se agita la mezcla y se pone en reposo para permitir que se separe. El color de la película acuosa que forma en el fondo del recipiente, nos indicará si la acidez es mayor o menor que el valor previamente seleccionado.

b) En el caso de que se requiera determinar la acidez total aproximada, el procedimiento empleado es similar al descrito en el párrafo anterior con la diferencia de que la solución de hidróxido de potasio se añade en pequeños incrementos, hasta que el valor de la película acuosa adquiere un tono rosa claro. El valor aproximado de

La acidez total, queda determinado por la cantidad de solución hidróxido de potasio añadido.

Cualquier recipiente cilíndrico graduado con capacidad de 50 ml. calibrando a intervalos de un milímetro y provisto de un tapón puede servir para efectuar la prueba, además se requiere de un gotero y una jeringa hipodérmica calibrada con graduaciones tales que se puedan apreciar con exactitud apropiada incrementos de 0.25 ml. o menos.

Las sustancias necesarias para efectuar la prueba son, alcohol desnaturalizado, una solución de hidróxido de potasio de normalidad conocida.

La concentración de la solución de hidróxido de potasio puede cambiar con el tiempo, por lo cual es conveniente que cada dos meses se sustituya por una recién preparada.

Para un aceite mineral, se calcula la acidez total aproximada como sigue:

$$\text{Valor de acidez total} = \frac{B - A}{10}, \text{ donde:}$$

A = Mililitros de líquido bajo prueba usados (en este caso 20 ml).

B = Mililitros de líquido en el depósito al terminar la prueba.

B-A = Mililitros que se añadieron de solución de (KOH).

Si se usa la fórmula anterior la normalidad de la solución de hidróxido de potasio deberá ser de 0.03

Puede adquirirse en el mercado ampollitas con volumen fijo de solución de hidróxido de potasio de normalidad conocida, la cual facilita el cálculo de la acidez.

Al efectuar la prueba utilizando una jeringa graduada, la solución de (KOH) deberá conservarse en un frasco color ambar y deshecharse cada dos meses..

7.4.3 PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE ACIDEZ AL ACEITE AISLANTE

Enjuague la botella donde se va a efectuar la prueba, con el alcohol desnaturalizado y en seguida, con una pequeña porción del líquido que se va a probar. Posteriormente llénese con el líquido que se va a probar hasta alcanzar la marca de 20 mililitros y añádase 2 gotas de solución indicadora con un gotero; después siga con el paso de 2 o 3 según requiera.

Para determinar si la acidez es mayor o menor que un valor fijado arbitrariamente, añada un volumen apropiado de solución de (KOH) (por ejemplo, 5 mililitros si el valor seleccionado es 0.5).

Agite vigorosamente por varios segundos, déjese en reposo para permitir que se asiente y observe la película acuosa. Si no tiene rasgos de coloración rosa, la acidez es mayor que el valor prefijado.

Para determinar la acidez total aproximada añádase la solución de (KOH) en pequeños incrementos, hasta que el color de la película acuosa después de agitarse y dejarse reposar, adquiera un tono rosa pálido; como norma usar incrementos de 0.25 mililitros.

7.4.4 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ACIDEZ AL ACEITE AISLANTE

Se ha encontrado, experimentalmente, que los lodos comienzan a formarse cuando el número de neutralización o índice de acidez llega a 0.40 o más. Los aceites nuevos deben tener un índice de acidez de 0.08 o menor, y en condiciones normales y dependiendo de los ciclos de temperatura a que se somete el interruptor este valor aumenta en 0.01 a 0.02 por año.

7.5 PRUEBA EN CAMPO DEL COLOR DEL ACEITE AISLANTE

7.5.1 OBJETIVO

El color de un aceite aislante se determina mediante la luz por el transmitida y es expresada por un valor numérico basado en la comparación con una serie de colores standard. El color de un aceite nuevo es generalmente como un índice del grado de refinamiento del mismo, es una prueba aproximada, de poco significado, pero un cambio marcado de color entre los períodos de prueba es importante.

En general un aceite nuevo es blanco azulado (el de Pemex es amarillento), tiene un color debajo de 0.5 (escala D-1500 ASME) usando una tabla de colores muy práctica para usarse en el campo, en combinación con un "exámen visual".

A medida que los aceites se deterioran en uso el color se hace gradualmente más obscuro. Hay muchas sustancias en los interruptores que oscurecen el aceite sin perjudicar su utilidad, lo cual se puede comprobar, efectuando las pruebas eléctricas y químicas adicionales.

7.5.2 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DEL COLOR DEL ACEITE AISLANTE

Un aceite nuevo es blanco como el agua y tiene un valor de 0.5 en la escala de D-1500. A medida que los aceites se deterioran, el color gradualmente se hace más obscuro hasta que lleva a un valor de 8 o más. El oscurecimiento puede ser provocado por sustancias internas de los propios equipos que no afectan su utilidad. En un aceite el color obscuro puede ser originado por carbón o contaminación de compuestos por fuga de una boquilla, el mismo arqueo del interruptor. etc.

CAPITULO 8.

PRUEBAS EN CAMPO PARA EL CONTROL DEL GAS HEXAFLUORURO DE AZUFRE (SF₆)

8.1 OBJETIVO

Las partes que determinan la vida útil del equipo eléctrico son sus aislamientos, por lo tanto juega un papel importantísimo poder evaluar el deterioro del hexafluoruro de azufre con el tiempo y determinar el momento en que es necesario regenerarlo o cambiarlo antes de que se dañe el equipo eléctrico.

Las pruebas para el control del hexafluoruro de azufre en servicio se realizan con la finalidad de detectar principalmente la presencia de humedad, y productos de arqueo, los cuales dañan al equipo eléctrico.

Es necesario tomar en cuenta que algunas impurezas se encuentran presentes, en el gas nuevo, como resultado del proceso de manufactura. Otras se generan por las descargas eléctricas durante la operación del equipo eléctrico. Su importancia varía considerablemente dependiendo de la naturaleza del equipo y de las medidas tomadas por el fabricante en el diseño del mismo.

No existen reglas precisas concerniente a los límites aceptables de impurezas en el gas SF₆ en servicio, ya que dependen del diseño y localización del equipo, distancia mínima de flameo, longitud de la trayectoria de fuga, la existencia de arcos eléctricos dentro del tanque, la naturaleza de los materiales que están en contacto con el gas, filtros absorbedores, etc. Sin embargo, la experiencia nos dará los límites promedio máximo aceptables para decidir en un momento dado, si el gas SF₆ es necesario regenerarlo o reemplazarlo.

Desde el punto de vista de investigación existen muchas pruebas

Que podrían realizarse para el control de SF6 en servicio pero el uso de muchas pruebas por lo general es impráctico.

Con respecto a la frecuencia de realización de las pruebas para el control del gas SF6 en servicio, se recomienda utilizar el criterio siguiente:

- a) Cada tres meses durante el primer año de servicio.
- b) Cada 6 meses durante el segundo año de servicio.
- c) Posteriormente deben realizarse anualmente.

Las pruebas en campo que se considerarán adecuadas para evaluar las características del gas SF6 en servicio son:

- 1) Contenido de humedad (punto de rocío).
- 2) Productos de descomposición del gas SF6.

Antes considerar la prueba de contenido de humedad, será conveniente recordar algunos conceptos generales relacionados con la aplicación de esta prueba.

8.2 CONCEPTOS GENERALES RELACIONADOS CON LA HUMEDAD

El conocimiento del punto de rocío de un sistema permite calcular otras unidades relacionadas con la humedad.

La relación que existe entre estas unidades y el punto de rocío es una y solo una, que equivale a la presión de vapor.

8.2.1 PUNTO DE ROCIO

El punto de rocío de un gas es por definición, la temperatura a la

Cual la humedad presente (vapor de agua contenido en el gas) comienza a condensarse sobre la superficie en contacto con el gas; en base a este valor se puede determinar sobre un volúmen conocido la cantidad de agua contenida en el, así como su humedad relativa.

8.2.2 HUMEDAD

La humedad es la propiedad que adquiere un cuerpo cuando se encuentra impregnado de agua o de un líquido, en el medio ambiente esta humedad se encuentra presente en forma de vapor de agua.

8.2.3 HUMEDAD ABSOLUTA

La humedad absoluta es la cantidad en masa de los vapores de agua que se encuentran en la unidad de volúmen del aire, dado en gr/cm^3 .

8.2.4 HUMEDAD RELATIVA

Se define como la humedad parcial del vapor del vapor de agua de la mezcla entre la presión de saturación del agua a la misma temperatura.

El porcentaje de humedad relativa, (%HR) es la relación de la presión de vapor de agua en el aire en el momento de la medición, y la presión del vapor de agua en el aire saturado a la misma temperatura.

8.2.5 VAPOR SATURADO

Se define vapor saturado al vapor que se encuentra en equilibrio con la fase líquida a la presión existente.

De la definición de humedad relativa se tiene que:

$$\%HR = \frac{P_w}{P_s} \times 100$$

Donde:

w = Vapor de agua.

s = Condición de vapor de agua.

P_w = Presión de vapor de agua en el aire saturado en la medición.

De aquí y de acuerdo a la ley de Dalton, que enuncia que cuando en un recipiente se introducen diferentes gases, estos se mezclan rápidamente; y si se le aplica una presión constante, la presión ejercida por esta mezcla es igual a la suma de las presiones individuales que cada gas ejercería si ocupase solo el volumen total, es decir:

$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3 + P_n$$

Donde: P₁, P₂, P₃ y P_n son las presiones parciales de los respectivos gases.

De la misma forma:

$$P_T = P_w + P_a$$

Donde:

P_w = Presión de vapor de agua.

P_a = Presión atmosférica.

8.2.6 PARTES POR MILLON

Las partes por millón en volumen (ppmv) se define como la relación que hay de la presión de vapor de agua (P_w) entre la presión total del sistema (P_T). El peso molecular del agua (M_w) entre el peso molecular del gas bajo prueba (M_T) por las (ppmv) nos determinan las partes por millón en peso (ppmw) como se ve en las siguientes ecuaciones:

$$\text{ppmv} = \frac{P_w}{P_T} \times 10^6$$

$$\text{ppmw} = \left(\frac{M_w}{M_T} \right) \text{ppmv}$$

Para convertir partes por millón de peso (ppmw) a partes por millón de volumen (ppmv), multiplicar por 8.1075

La explicación es la siguiente: el peso molecular de SF6 es 146.066 el peso molecular del vapor de agua es 18.016 a un volumen dado de gas SF6 los pesos son de 146/18 o tan grande como 8.1 veces el mismo volumen de agua. Contrariamente un gramo de vapor de agua ocupa 8.1 veces tanto volumen como un gramo de gas SF6 a la misma temperatura y presión.

Ejemplo: 300 ppmw son, $300 \times 8.1 = 2430$ ppmv

Para convertir de (ppmv) a (ppmw), dividir por 8.1

Ejemplo: 300 ppmv son, $300/8.1 = 37$ ppmw.

Para encontrar el punto de rocío en ($^{\circ}\text{C}$), calcular la presión del vapor de agua, multiplicando las (ppmv) por la presión absoluta en libras por pulgada cuadrada y por 51.7, entonces encontrando la temperatura de la tabla 8.1. Donde la presión de vapor calculado es

Igual que el vapor saturado de agua.

La explicación es la siguiente: el 51.7 es un multiplicador para convertir la presión de PSI. a mmHg.

$$(760 \text{ mmHg} = 14.7 \text{ PSI}, \quad \text{esto es } 1 \text{ PSI} = 760/14.7 = 51.7 \text{ mmHg}.$$

Ejemplo: Cuál es el punto de rocío teniendo un contenido de humedad de 300 ppmv a 22 PSI?

$$\text{Presión} = 300 \times 10^{-6} \times 51.7 \times (22 + 14.7) = 0.570 \text{ mmHg}.$$

De la tabla 8.1 el punto de rocío es aproximadamente -23°C

Para encontrar la humedad relativa en por ciento dividir la presión parcial de vapor como se calculo para encontrar el punto de rocío por la presión de vapor de saturación (100% humedad relativa) a la temperatura de el gas al tiempo de la medición.

Ejemplo: Asumamos que la medición de humedad de 300 ppmv en el ejemplo de punto de rocío fue hecho con el gas a 20°C . De la tabla 8.1 el gas a 20°C podría alcanzar el punto de rocío o iniciar la condensación de humedad, cuando la presión parcial del vapor de agua alcanza 17.5 mmHg. La presión parcial actual del vapor de agua como se calcula en ese mismo ejemplo, fue solo de 0.570 mmHg. La humedad relativa fue por lo tanto:

$$\text{RH} = \frac{0.570}{17.55} \times 100 = 3.25\%$$

Para encontrar el contenido de humedad en ppmv cuando la presión, la temperatura y la humedad relativa son conocidas, regresarse a los pasos de como encontrar punto de rocío y de humedad relativa mencionados anteriormente.

Ejemplo: Cuál es el contenido de humedad de un gas teniendo una humedad relativa de 3.25% a 2.2% PSI y 20°C ?

De la tabla 8.1 la presión de saturación a 20°C es de 17.55 mmHg, La presión en el punto de rocío son las ppmv (Y) multiplicado por el factor 51.7 y la presión absoluta en PSI.

$$3.25 = \frac{51.7 Y \times 10^{-6} (22 + 14.7)}{17.55} \times 100$$

$$Y = 300$$

Para encontrar las ppmv de un gas cuando el punto de rocío y presión son conocidos, dividir la presión de vapor de agua saturado (de la tabla 8.1) por el producto de la presión absoluta y 51.7

Ejemplo: Un gas a 30 PSI tiene un punto de rocío medido de -22°C, cuál es el contenido de humedad en ppmv? de la tabla 8.1 y la presión de vapor saturado es 0.646 mmHg.

$$\frac{0.646}{(30 + 14.7) 51.7} = 0.000278 \text{ o } 278 \text{ ppmv.}$$

La tabla 8.1 lista las partes por millón de volumen para gases a 0, 22, 30 y 45 PSI para puntos de -55 a +30°C y pasos de 5°C

$$1 \text{ PSI} = 0.0703 \text{ Kg/cm}^2$$

$$1 \text{ mmHg} = 1 \text{ Torr} = 1000 \text{ micrones} = 29.91 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ micrón} = 10^{-3} \text{ Torr} = 0.001 \text{ milimetro}$$

$$1 \text{ Atmósfera} = 14.7 \text{ lb/pulg}^2 = 1.0336 \text{ Kg/cm}^2$$

$$760 \text{ mmHg} = 1 \text{ bar.}$$

TABLA 8.1

TEMP.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-50°	0.029	0.026	0.023	0.020	0.017	0.015	0.013	0.012	0.010	0.009
-40°	0.096	0.086	0.076	0.068	0.060	0.054	0.048	0.042	0.037	0.033
-30°	0.288	0.259	0.233	0.209	0.188	0.169	0.151	0.135	0.121	0.108
-20°	0.783	0.712	0.646	0.585	0.530	0.480	0.434	0.392	0.354	0.319
-10°	1.964	1.798	1.644	1.503	1.373	1.252	1.142	1.041	0.947	0.861
0°	4.580	4.220	3.887	3.578	3.291	3.025	2.778	2.550	2.340	2.144
20°	17.55	18.66	19.84	21.09	22.40	23.78	25.24	26.77	28.38	30.08
30°	31.86	33.74	35.70	37.78	39.95	42.23	44.62	47.13	49.76	52.51
40°	55.40	58.42	61.58	64.89	68.35	71.97	75.75	79.70	83.83	88.14
50°	92.60	97.30	102.2	107.3	112.7	118.2	124.0	130.0	136.3	142.8
60°	149.6	156.6	164.0	171.0	179.5	187.8	196.3	205.2	214.4	224.0
70°	233.9	244.2	254.0	266.0	277.4	289.3	301.6	314.4	327.6	341.2
80°	355.4	370.3	385.2	400.8	417.0	433.7	451.0	468.8	487.3	506.3
90°	526.0	546.3	567.2	588.8	611.1	634.1	657.8	682.2	704.4	733.3
100°	760.0	787.5	815.9	845.0	875.1	906.0	937.8	970.5	1004.	1039.

Fig. 8.1 Tabla de humedad en sistemas aislados en gas SF₆. Presión de vapor de agua saturado en mmHg., para temperaturas de -59° a 109°C.

Para la ciudad de México a 2280 msnm se tiene una presión de $0.7958 \text{ Kg/cm}^2 = 585 \text{ mmHg}$.

8.3 PRUEBA EN CAMPO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (PUNTO DE ROCIO) AL GAS SF6

8.3.1 OBJETIVO

El objetivo de esta medición es como ya se menciono determinar el contenido de humedad ya que, excesivas cantidades de humedad pueden provocar una reducción sustancial del voltaje de disrupción de un sistema aislado con gas SF6. El 100% de humedad relativa del gas a cualquier temperatura dada produce condensación en las superficies internas y esta humedad condensada puede provocar chisporroteos a través de la superficie de un aislamiento sólido. Por lo tanto, el contenido de humedad del gas debe controlarse para evitar que se aproxime a una humedad relativa del 100%.

8.3.2 CONCEPTO DE LA PRUEBA DE CONTENIDO DE HUMEDAD AL GAS SF6

El higrómetro utilizado para esta prueba es el de la marca Panametrics modelo 3A, ya que resulta ser práctico para su uso en el campo y de fácil manejo. Este higrómetro trabaja bajo la técnica de medición del punto de rocío que se definio en el punto 8.2.1 . Para lograrlo, este equipo utiliza un sensor de lámina de aluminio anodizado y tiene una muy delgada capa porosa de oro. El vapor se deposita sobre una porción del aluminio. Los contactos eléctricos se encuentran en la base de la placa de aluminio y la placa de oro para formar en esencia un capacitor, siendo una placa de aluminio y la otra oro y el dieléctrico de óxido de aluminio.

Como el vapor de agua penetra los poros en el oro y el óxido de aluminio, la composición del dieléctrico es alterado lo cual crea un cambio en la impedancia del sensor.

Este cambio de impedancia es monitoreado por la etapa de electrónica y lo traduce a una lectura de rocío en °F ó °C, ppmv, ppmw.

8.3.3 MEDICION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (PUNTO DE ROCIO) AL GAS SF6 CON EL INSTRUMENTO PANAMETRICS

El higrómetro "Panametrics 3A" con sensores de óxido de aluminio ha sido diseñado para medir en forma confiable el contenido de humedad en gases y líquidos. El punto de rocío observado será el punto de rocío real del sistema en el lugar de medición y en ese momento.

Una de las mayores ventajas del higrómetro Panametrics 3A es el hecho de que se pueden usar en mediciones "in situ" es decir, el elemento esta diseñado para usarlo directamente en la localidad que se mide.

Este higrómetro es muy rápido, es insensible a los cambios de temperatura y flujo, mide únicamente la presión de vapor de agua.

Medirá el punto de rocío del sistema desde unos pocos micrones de mercurio al vacío, hasta 5000 PSI. Los datos suministrados con el sensor se aplican directamente sin corrección, lo que constituye una ventaja.

Es insensible a la temperatura. La única precaución que debe observarse es que se recomienda que la temperatura ambiente sea cuando menos 10°C mayor que el punto de rocío medido (hasta un máximo de 70°C).

Es insensible a la velocidad del flujo, responde solo a la presión de vapor de agua.

El higrómetro Panametrics 3A consiste de los siguientes elementos como se muestra en la Fig. 8.1

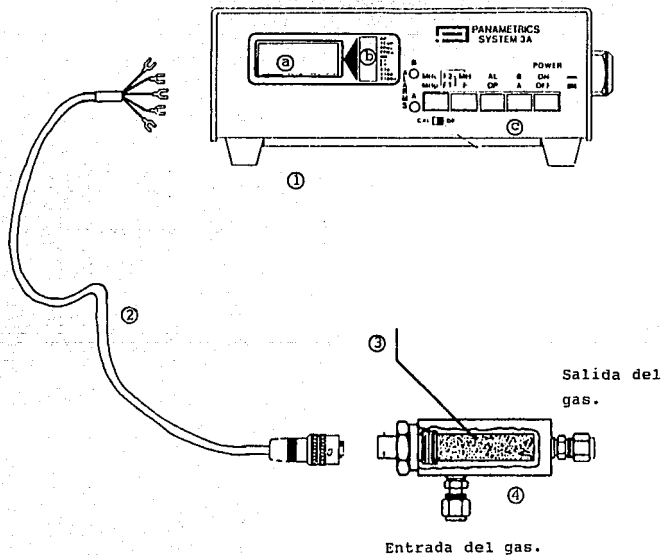


Fig. 8.1 Higrómetro "panametrics System 3A"

Elementos que componen el higrómetro Panametrics System 3A:

- 1) Módulo Panametrics 3A con la etapa de electrónica integrada.
- 2) Cable de conexión del sensor de medición al módulo Panametrics.
- 3) Sensor de humedad con una cubierta de acero inoxidable de constitución porosa.
- 4) Celda de medición con el sensor de humedad insertado.

A su vez el módulo Panametrics consta de los siguientes elementos:

- a) Display.
- b) Luces indicadoras del módulo de medición en °C, °F, ppmv y ppmw.
- c) Switches del frente del módulo Panametrics 3A.

De derecha a izquierda, los switches pushboton son ON/OFF, B/A, AL/OP, MH/F y MHC/MHp-F1/F2, y el switch de cursor CAL/OP, debajo de los pushbotons,

La tabla siguiente muestra cada switch, su función y una breve descripción:

SWITCH	FUNCION	DESCRIPCION
ON/OFF	POWER	Controlar la fuente de energía ON y OFF.
B/A	selección	Selecciona prueba simulada A ó B en el proceso de calibración, o coloca alarma A ó B en el modo alarma.
AL/OP	Selección	Selecciona modo de alarma ó modo operar.

SWITCH	FUNCIÓN	DESCRIPCION
MH/F	Selección	Selecciona MH ó F Función de medición.
MHC/MHp	Selección	Selecciona uno o dos de los modos MH o uno o dos de la función modo dependiendo sobre la posición de MH/F.
CAL/OP	Selección	Selecciona la función 2 como temperatura en la posición OP y Humedad en la posición CAL.

La conexión de los cables del sensor al panel del higrómetro, ubicado en la parte posterior del mismo. Fig. 8.2

TERMINAL	CABLE COLOR
1	Pantalla
2	H1=Verde
3	H2=Rojo
4	T1=Blanco
5	T2=Negro

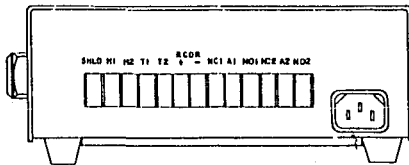


Fig. 8.2 Conexiones posteriores del módulo Panametrics

Los símbolos usados se enuncian a continuación:

Pw = Presión de vapor de agua al punto de rocío.

Pt = Presión total del sistema.

ppmv = Partes por millón por volúmen.

ppmw = Partes por millón por peso.

HR = Humedad relativa.

8.3.4 PREPARACION DEL INTERRUPTOR PARA LA PRUEBA

La prueba puede realizarse con el equipo en servicio, teniendo el cuidado de no perder mucho gas, ya que esto podría accionar las alarmas de baja presión.

Se deberá contar con por lo menos una botella de gas SF6 en buenas condiciones del gas, para rellenas si es necesario, el equipo, con objeto de restablecer la presión del gas y normalizar el equipo.

No se recomienda el utilizar mangueras de plástico, neopreno o materiales elaborados con elastómeros, ya que estos almacenan mucha humedad e inclusive puede llegar a penetrar la humedad a través de su pared. Se recomienda utilizar mangueras metálicas flexibles o de teflón.

8.3.5 PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA EN CAMPO DE CONTENIDO DE HUMEDAD CON EL EQUIPO PANAMETRICS 3A

Conectar el equipo Panametrics 3A a una fuente de 127 Volts, encenderlo y esperar 10 minutos para que el equipo alcance su calibración.

Seleccionar con los switches el modo de medición que se desea obtener °C, °F, ppmv, ppmw, en nuestro caso °C y la luz indicadora de esta señal se encenderá además se deberá seleccionar el botón del modo de selección Punto de rocío DP (Dew Point), con lo cual se encenderá la luz indicadora de este modo.

Se conectará el extremo de una manguera de tamaño apropiado (1/4 de pulgada de diámetro) al equipo y el otro extremo a un regulador de presión con manómetros de entrada y salida. Fig. 8.3

A la salida del regulador por el lado de baja presión conectar el extremo de otra manguera, el otro extremo se conectará a la entrada de la celda que contiene el sensor. Fig. 8.3

Esta celda cuenta con una entrada para insertar el sensor, el cual puede ser atornillado con facilidad a mano y sella gracias a un aro sello ("o" ring.) No. 4 Fig. 8.1

Esta celda cuenta también con 2 válvulas, una de entrada y otra de salida con el objeto de poder almacenar gas en el interior de la celda y realizar las mediciones o simplemente abriendo ambas para obtener una circulación del gas.

El sensor en su extremo cuenta con una salida especial a la cual se conecta el cable que conduce las variaciones de impedancia al módulo Panameric 3A.

Habiendo verificado que no haya fugas en las conexiones se procede de la siguiente manera:

1) Estando cerrado el paso de gas hacia el regulador, abrir la válvula del equipo y tomar la lectura de presión a la que se encuentra funcionando el equipo. Fig. 8.3 .

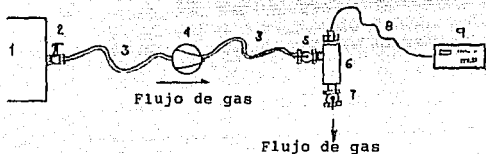


Fig. 8.3 Diagrama funcional de conexiones para la prueba de contenido de humedad con el equipo Panametrics 3A.

- 1 = Interruptor.
- 2 = Válvula de relleno de SF6 del interruptor.
- 3 = Manguera.
- 4 = Regulador.
- 5 = Válvula de entrada de la celda de medición.
- 6 = Celda de medición de acero inoxidable.
- 7 = Válvula de salida de la celda de medición.
- 8 = Cable acoplador del sensor de medición al módulo Panametrics
- 9 = Módulo Panametrics 3A.

2) Abrir el regulador para permitir el paso de gas a una presión a la salida de aproximadamente 0.2 Kg/cm².

3) Abrir las válvulas de la celda de medición para permitir el flujo de gas a una presión aproximadamente de 0.2 Kg/cm², esto con objeto de evitar tirar demasiado gas, y con ello una posible alerta

De la alarma por baja presión.

Se permitirá realizar un barrido por un espacio de 3 minutos, con ello se espera barrer la humedad que existe en el interior de las mangueras, regulador y la celda hasta antes de la prueba.

4) Se cierran las válvulas de salida de la celda por espacio de 5 minutos con el objeto de tomar una medición del gas en estado estático.

Nuevamente se abre la válvula de salida de la celda de medición permitiendo el flujo por espacio de aproximadamente 3 minutos, si al final de los tres minutos no hay variación de la medición se considerará esta como el punto de rocío del gas en prueba.

Si existiese una variación instantánea antes del tiempo de los 3 minutos se permitirá un minuto más de flujo y se considerará como el punto de rocío medido del gas.

Se cierran las válvulas de la celda de medición y se toma la lectura de la presión final con la que quedo el interruptor.

Se verificará si se disparó alguna alarma por baja presión de SF6 y si es el caso se procederá a rellenar con gas en buenas condiciones el interruptor, hasta reponer la presión nominal del interruptor y normalizarlo.

8.3.6 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CONTENIDO DE HUMEDAD (PUNTO DE ROCIO)

En base en las recomendaciones de los fabricantes de interruptores en hexafluoruro de azufre se han considerado los siguientes valores para determinar si es necesario realizar un tratamiento al gas SF6 o inclusive reemplazarlo.

PRIORIDAD	RECOMENDACIONES	CONTENIDO DE HUMEDAD
0	Reemplazo urgente	(-10°C & mayor)
1	Tratamiento inmediato	(-11°C a -25°C)
2	Tratamiento	(-26°C a -30°C)
3	Tratamiento	(-31°C a -35°C)
4	No requiere tratamiento	(menor de -35°C)

8.4 PRUEBA EN CAMPO DE LA CONCENTRACION DE PRODUCTOS DE DESCOMPOSICION DEL GAS SF6

8.4.1 OBJETIVO

El objetivo es determinar la concentración de productos de descomposición del gas SF6 en ppm, ya que algunos de estos residuos típicos de ruptura dieléctrica son indeseables debido a que afectan las características dieléctricas del gas SF6 e inclusive dañan los materiales aislantes sólidos del interruptor.

Es debido a esto que es importante conocer la concentración de productos de descomposición contenidos para determinar si es necesario recircularlo por filtros de alumina activada u otro material semejante con objeto de restituir sus características dieléctricas y eliminar los productos de descomposición.

8.4.2 CONCEPTO DE LA PRUEBA CONCENTRACION DE PRODUCTOS DE DESCOMPOSICION DEL GAS SF6

El hexafluoruro de azufre SF6 como otras moléculas poliatómica, pueden ser parcialmente descompuesto por arcos eléctricos. Estos productos de descomposición esencialmente consisten de fluoruros de azufre más pequeños, fluoruros de metal y sus productos de reacción secundaria. En la presencia de humedad, estos productos podrían hidrolizarse para producir Fluoruro de hidrógeno y oxifluoruros tales como SOF₂ .

Mientras que solo una ligera descomposición del gas SF6 ocurre en descargas por efecto corona, los productos por falla son similares a estos formados por disociación del arco inducido.

Bajo el principio del efecto corona los cambios químicos no pueden ser observados en un período de un año, aunque podrían ser

Encontrados indicios de fluoruros y sulfuros en los electrodos de una celda de prueba.

Los fluoruros de azufre más pequeños y muchos otros productos del SF6 arqueado podrían ser removidos por absorción en alumina activada, o tamiz molecular.

Estos materiales también ayudan para mantener la humedad a niveles bajos dentro del equipo, además de contribuir a la extensión de la vida del equipo.

A muy altas temperaturas o en la presencia de un arco eléctrico, el SF6 puede ser descompuesto lentamente. Los productos de descomposición incluyen fluoruros de azufre más pequeños, que son hidrolizables, produciendo SO₂ y HF.

La mayoría de los productos de descomposición formados en la presencia de un arco eléctrico a las muy altas temperaturas están directamente relacionadas a la temperatura, tiempo de arqueo, contaminantes (tales como humedad) y los componentes del equipo.

Generalmente, S₂F₂ y SF₄ están presentes pero rápidamente reaccionan con el agua para dar SOF₂. Muchas reacciones pueden ocurrir en unidades interrumpidas y algunos de los productos se listan a continuación:

Acido Fluorhídrico	HF
Bióxido de Carbono	CO ₂
Anhidrido Sulfuroso	SO ₂
Tetrafluoruro de Carbono	CF ₄
Tetrafluoruro de Silicio	SiF ₄
Fluoruro de Tionilo	SOF ₄
Fluoruro de Sulfurilo	SO ₂ F ₂
Tetrafluoruro de azufre	SF ₄
Agua	H ₂ O
Decafluoruro de Azufre	S ₂ F ₁₀

Fluoruro de Azufre
Fluoruros metálicos



Todos los productos deben ser considerados peligrosos. El HF producido puede reaccionar rápidamente con la pared de la unidad para formar fluoruros de metal que pueden ser extremadamente irritantes y peligrosos cuando entran en contacto con la piel o los ojos.

Los Fluoruros sólidos usualmente están presentes como un polvo fino o támara en las paredes y en el fondo de la unidad. Estos reaccionan rápidamente con la humedad para formar una mezcla de óxidos de metal y fluoruros de metal. Es necesario tener una fuente de agua, tales como una regadera de emergencia y/o equipo para lavado de ojos disponible para un abundante lavado de la piel expuesta a los ojos.

PRECAUCION no abra deliberadamente una unidad llenada con SF₆ que ha experimentado arqueado. Tomar las mediciones de seguridad adecuadas antes de intentar inspeccionar o reparar un equipo.

El H₂S y SO₂ ambos tienen un olor característico a huevos podridos y puede ser fácilmente detectados.

Sin embargo el personal nunca debe probar por inhalación posibles unidades con gas arqueado, ya que estas y otras impurezas que podrían estar presentes son muy ofensivas y tal vez ser tóxicas.

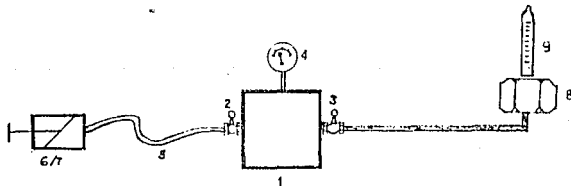
Los productos de descomposición de SF₆ pueden ser absorbidos en un tamiz de (50-50 de NaOH + CaO), o en alumina activada (especialmente secada Al₂O₃). El tamaño de granulo preferido para alumina activada esta entre una malla 8 y 12; sin embargo pueden ser usados otros tamaños. No es posible predeterminar la cantidad de productos de descomposición que podrían formarse, o la cantidad de absorbente requerido para absorber estos productos. Como una sugerencia usar un peso del absorbedor correspondiente para proveer un contacto máximo

Con el gas.

Si ambas fases líquido y gaseoso del gas SF₆ están presentes, ubicar el absorbedor de manera que este en contacto con ambas fases líquido y gaseoso. Si esto no es posible, ubicar este en la fase líquida.

8.4.3 MEDICION DE LA CONCENTRACION DE PRODUCTOS DE DESCOMPOSICION CON EL EQUIPO 3-032-R-002 DE LA MARCA DILO

Una muestra de gas se toma con el dispositivo de medición Fig. 8.4 para productos de descomposición, de una planta vía cilindro de medición. Rompiendo los extremos superiores de los tubos de prueba e insertando entonces el tubo de prueba en la pieza conectora. Después se deja fluir hacia afuera una cierta cantidad de gas desde el cilindro de medición a través del tubo de prueba.



- 1) Cilindro de medición.
- 2) Válvula de llenado.
- 3) Válvula de medición.
- 4) Medidor de presión $P_e = 0-6$ bar
- 5) Manguera de conexión.
- 6) Conector de acoplamiento DN/8.
- 7) Conector de acoplamiento DN/20.
- 8) Pieza conectora para el tubo de prueba.
- 9) Tubo de prueba con escala impresa.

Fig. 8.4 Diagrama de componentes del equipo de medición de productos de descomposición.

En el caso que el gas SF6 contenga productos de descomposición, una decoloración del indicador de masa ocurre en el tubo de prueba,

El principio de indicación del tubo de prueba ésta basado en el hecho que el indicador de masa café, en el tubo de prueba contiene Iodo libre está siendo reducido a Iodo incoloro por los productos de descomposición y no por el gas SF6.

La longitud de la copa decolorada se puede leer y analizarse en la escala impresa en el tubo de prueba.

DIVISIONES DE ESCALA EN EL TUBO DE PRUEBA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CONCENTRACION DE PRODUCTOS DE DESCOMPOSICION EN PPM	2	4	6	10	14	20	30	40	50

El dispositivo de medición para productos de descomposición prevee la existencia de productos de descomposición en el gas SF6, tomando aproximadamente 500 cm³ de gas SF6.

El dispositivo de medición para productos consiste de:

Un cilindro de medición con un manómetro, válvula y pieza conectora para los tubos de prueba, montados sobre un panel.

La manguera de conexión tiene aproximadamente 2 m. de longitud y se puede proveer con un conector de acoplamiento DN/8 ó DN/20.

Los conectores de acoplamiento DIL0 DN/8 y DN/20, están montados en un panel de transporte.

Un juego de tubos de prueba (10 piezas).

8.4.4 PREPARACION DEL INTERRUPTOR PARA LA PRUEBA

La prueba puede realizarse con el equipo en servicio teniendo el cuidado de no perder mucho gas, ya que esto podría accionar las alarmas de baja presión.

Se deberá contar con por lo menos con una botella de gas SF₆ en buenas condiciones del gas, para rellenar si es necesario el equipo, con objeto de reestablecer la presión del gas y normalizar el interruptor.

No se deberán utilizar mangueras de plástico, neopreno o materiales de elastómeros, ya que estos almacenan humedad e inclusive puede llegar a penetrar a través de su pared, se recomienda utilizar mangueras metálicas o de teflón.

8.4.5 PROCEDIMIENTO EN CAMPO DE LA MEDICION DE CONCENTRACION DE PRODUCTOS DE DESCOMPOSICION CON EL EQUIPO 3-032-R-002 MARCA DILO

Antes que la medición empiece, se deben observar los puntos siguientes:

Verifique si los tubos de prueba se pueden usar, debido a que tengan mucho tiempo almacenados o se hallan almacenado inadecuadamente. Se debe observar el dato de caducidad impreso en el compartimiento de los tubos de prueba.

Los tubos de prueba contienen químicos caústicos, por lo tanto, evitar el contacto de la piel con el material de llenado.

Antes de cada medición, el cilindro de medición del dispositivo de medición debe ser lavado.

El dispositivo de medición puede ser lavado con el gas SF₆ que se

Va a medir.

Ambas válvulas (2) y (3) Fig. 8.4 se cierran. No se permite insertar cualquier tubo de prueba. Entonces conecte el dispositivo de medición al compartimiento del gas, con el conector de acoplamiento (6) ó (7). Abra la válvula de llenado (2), llene el cilindro de medición (1) a aproximadamente $P_e = 1$ bar, después de esto cierre la válvula. Deje escapar del cilindro de medición abriendo la válvula de medición (3). Repita el mismo proceso.

Asegurese que el volúmen del gas previo en el cilindro de medición ha sido desplazado antes de la medición. Entonces el dispositivo está listo para medir.

Después de la preparación para la medición, la válvula de llenado (2) y la válvula de medición (3) deben permanecer cerradas. Si no se hace esto antes, conecte el dispositivo de medición a el compartimiento del gas, vía el conector de acoplamiento (6) y (7).

Abra cuidadosamente la válvula de llenado (2) y cierrela si el indicador de presión es $P_e = 2$ bar, así el cilindro de medición (1) es llenado.

Tome un tubo de prueba del compartimiento de los tubos de prueba. Rompa ambas cabezas del tubo de prueba, inserte el extremo superior del tubo de prueba en el orificio sobre la placa marcada por un anillo rojo y empuje el tubo de prueba a un lado.

Una flecha impresa en el tubo de prueba muestra la dirección del flujo. Ahora sostenga el tubo de prueba en la forma que la flecha indica alejada de la pieza conectora (8). Inserte el tubo de prueba dentro de la pieza conectora (8) para que la escala impresa se pueda leer. El sellado es hecho por un anillo de hule el cual es presionado al tubo de prueba, por la tuerca de sujeción de la pieza conectora. Apriete la tuerca con la mano hasta que el tubo de prueba quede fijo.

Deje que la presión del gas en el cilindro de medición (1) caiga desde $P_e = 2$ bars a $P_e = 1$ bar. Abriendo la válvula de medición (3). Entonces el gas a ser medido fluye a través del tubo de prueba.

Tan pronto como el proceso de escape haya sido terminado, se puede leer el tubo de prueba. En el caso que el gas SF₆ contenga productos de descomposición, una decoloración bien definida del indicador de masa, desde el café al blanco se puede reconocer claramente. Lea la escala en el tubo de prueba en el límite de decoloración desde el café al blanco, auxiliándose de la tabla de concentración de productos de descomposición.

Mediante este intervalo de escala mostrado en la tabla de productos de descomposición usted puede determinar la concentración correspondiente de los productos de descomposición en PPM.

Si no existen productos de descomposición en el gas SF₆, una aclaración gradual del indicador de masa en el tubo de prueba, desde el café a un café claro se observará .

Está relación es el resultado del esparcimiento del Iodo fuera del indicador de masa por el gas que fluye a través y no se debe tomar como indicación de medición.

Tal tubo de prueba que no dio indicación se puede usar para realizar otra medición, si esto se hace dentro de una hora después de la primera medición.

8.4.6 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA MEDICION DE CONCENTRACION DE PRODUCTOS DE DESCOMPOSICION

Se debe tomar en cuenta que mediante la medición de concentración de productos de descomposición con el equipo 3-032-R002 de la marca DILO, solamente se estima la concentración global de los productos de descomposición, no así la concentración de cada producto, sin embargo

Esta prueba es un indicativo para ayudar a determinar si el gas debe ser tratado o reemplazado como lo indica la siguiente tabla:

CONCENTRACION DE PRODUCTOS DE DESCOMPOSICION
DEL GAS SF6

AZUL	CAFE OBSCURO									CAFE CLARO									BLANCO									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		*									*						*								*			
NO REQUIERE		TRATAMIENTO									TRATAMIENTO						TRATAMIENTO											REEMPLAZO
TRATAMIENTO		‡									*						* INMEDIATO											PRIORIDAD
PRIORIDAD 4																												PRIORIDAD 1 URGENTE

Sin embargo si se desea analizar los productos de descomposición existentes se deberá tomar una muestra del gas y enviarse al laboratorio para su estudio.

CONCLUSIONES

En la vida diaria, el hombre se ha enfrentado a diversos problemas que van de acuerdo a su capacidad e ingenio para resolverlos. El trabajo presentado tiene como finalidad dar a conocer la importancia que tienen las pruebas aplicadas al equipo eléctrico en las subestaciones en este caso particular al interruptor que es después del transformador de potencia el equipo más importante en las subestaciones; las cuales se han clasificado de acuerdo a la función que desempeñan, por lo general las pruebas más conocidas son las que se realizan en fábrica y en campo, por lo que son llevadas a cabo de acuerdo a las normas que rigen a cada tipo de prueba.

Día a día se ha venido experimentando con diversos materiales, que cumplan con las características de un dieléctrico, así como también estudiar los fenómenos físicos y químicos que en ellos se presentan.

La teoría del estudio de los dieléctricos ha sido fundamental para el conocimiento del grado de eficiencia y degradación de dicho material que son los únicos que pueden determinar el tiempo de vida útil de los equipos eléctricos.

Como resultado del desarrollo de la presente tesis, se concluye que la realización de las pruebas en campo a los interruptores, es indispensable, para evitar retrasos en el servicio y para asegurar el buen funcionamiento del equipo; permitiendo con esto aumentar la confiabilidad y mantener la continuidad en el suministro de energía eléctrica.

Por tal motivo, es necesario tener conocimiento de los principios de operación y manejo de los equipos de prueba, ya que sin estos conocimientos no se pueden obtener resultados satisfactorios y la interpretación de éstos sería incorrecta.

En el desarrollo de las pruebas de campo, ya sea para recepción o

puesta en servicio y mantenimiento es necesario tener patrones de los fabricantes y noción de los resultados esperados, para poder hacer una interpretación de los resultados obtenidos y así reducir al mínimo los problemas en la operación de la subestación.

Durante el desarrollo de las pruebas es necesario prever razonablemente los posibles problemas a resolver y prepararse para ello, de lo contrario se puede caer en las improvisaciones que reflejan una mala imagen profesional.

Por lo tanto es necesario recibir opiniones de otros profesionales en relación al mismo asunto, no descuidando sus aportaciones y experiencias de las posibles soluciones al problema planteado.

REFERENCIAS

Fundamentos de sistemas de energía eléctrica,

Enriquez Harper Gilberto,
Editorial Limusa,
507 pp.

Sistemas eléctricos de gran potencia,

Weedy B. M.
Editorial Reverté,
525 pp.

Protección de sistemas de potencia e interruptores,

Ravindranath B.; Chander M.,
Editorial Limusa,
505 pp.

Redes eléctricas primera y segunda parte,

Viqueira Landa Jacinto,
Editorial Representaciones y servicios de Ingeniería S.A.
452 pp.

Teoría de pruebas en campo a equipo eléctrico de potencia en subestaciones y plantas,

Gerencia de construcción,
Compañía de Luz y Fuerza del Centro S.A.

Procedimiento de pruebas de campo para mantenimiento eléctrico de subestaciones,

Gerencia de Distribución,
Comisión Federal de Electricidad.

Estaciones transformadoras y de distribución,

Zoppetti G.,

Editorial Gustavo Gili,

567 pp.

Manual de mantenimiento ,

Compañía de Luz y Fuerza,

Subgerencia de mantenimiento y talleres.

Instructivos de operación de los equipos de medición,

Megger

Marca Megger

Ducter

Marca Biddle y Evershed

MEU 2.5 y MH

Marca Doble Engineering

Panametrics System 3A

Panametrics

3-032-R-002

Marca Dilo.

Teoría de Interruptores ,

Gerencia de construcción y transmisión,

Comisión Federal de Electricidad,

45 pp.