CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno del Instructor

Módulo 3: “Mantención de interruptores y desconectadores”.

PFMEI-3-02/V.1[PE01-M03/v.1]

Una iniciativa de:

CONSEJO MINERO

Con la asesoría experta de:

Innovum | FCH FUNDACIÓN CHILE

Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente del Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

Equipo Innovum Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Jefe de Proyecto Empresas
Susana Gallardo S., Especialista de Formación
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Ignacio Riffo C., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material es propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero. Está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE. © Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; FreeportMcMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.
Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: www.ccm.cl

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

Contribución del CCM

Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.

Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

Para las instituciones educacionales:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.

Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

Índice

Descripción del documento 7
Módulo III: Mantenimiento Interruptores y Desconectadores 8
1. Comprobación de Interrupción 9
1.1 Procedimientos y normas de seguridad 9
2. Interruptores 28
2.1 operación de interruptores 28
2.2 Comprobaciones de instalación y pruebas funcionales 53
2.3 Interruptores automáticos de tipo GMSG-GCB para aplicaciones con generadores 61
3. Muestras de Aceite 76
3.1 Características comparativas de los Interruptores 78
3.2 Las propiedades del aceite aislante y su degradación 92
4. Desconectadores 98
4.1 interruptores 98
4.2 Restauradores y Seccionadores 113
Actividad N°5 121

Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del programa de formación de **Mantenedor Eléctrico Avanzado Equipos Móviles.**

El documento está dividido en módulos, los cuales están organizados en secciones de temas y contenidos específicos.

El instructor, podrá, además, sugerir actividades como las que se indican a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los objetivos planteados para la actividad.

Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido, favoreciendo también el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.

Respecto de las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos

La evaluación de los módulos y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del documento de evaluación de proceso. Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10.La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas correctas.

La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75% de aciertos.

Módulo III: Mantenimiento Interruptores y Desconectadores

1. Comprobación de Interrupción

1.1 Procedimientos y normas de seguridad

1. Objeto

Este procedimiento establece normas para realización de trabajos que se ejecuten sobre equipos de instalaciones eléctricas en Media Tensión (MT) a fin de realizar los mismos con los requerimientos de seguridad asociados.

2. Alcance

Este procedimiento se aplica a todas las instalaciones de más de 1 Kv, de las compañías que realicen trabajos de mantenimiento en MT

- Se incluye a sus empleados y contratistas.
- Describe los procedimientos a seguir para realizar trabajos de mantenimiento sin tensión en equipos y/o instalaciones de más de 1 KV.

3. Áreas Afectadas

Todas las áreas y equipos que trabajan con tensión mayor de 1 KV. A 66 KV. (MT)

4. Responsabilidades

Supervisores y operarios del área eléctrica de las compañías que realicen trabajos de mantenimiento en MT

5. Desarrollo

Trabajos sin tensión

Las 5 reglas de oro de la seguridad.

Estas reglas o preceptos básicos de seguridad conciernen a los casos en que el trabajo en aquella parte de la instalación puede realizarse sin haber tensión en la misma.

De esta manera es posible tener bajo control el Riesgo Eléctrico, definido como:

- Riesgo originado por la presencia de energía eléctrica.

Quedan específicamente incluidos los riesgos de:

- Choque eléctrico por contacto con elementos bajo tensión (contacto eléctrico directo) o por contacto con masas puestas accidentalmente bajo tensión (contacto eléctrico indirecto).
- Quemaduras por choque eléctrico, o por arco voltaico.
- Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- Incendio / Explosión originados por la electricidad.

En efecto, hay casos en que el trabajo debe llevarse a cabo habiendo tensión en aquel punto de la línea o de la instalación. Se denomina entonces «Trabajos En Tensión» (TET) y para el mismo rigen otras reglas de procedimiento que no se incluyen en este Procedimiento General Operativo (PGO).

Estas denominadas «Cinco Reglas de Oro» de la seguridad pueden enunciarse como sigue:

1ª regla:

- Abrir en corte visible o en «corte efectivo», todas las posibles fuentes de tensión, mediante seccionadoras, interruptor-seccionador, interruptores enchufables u otros medios.

2ª regla:

- Enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos que han realizado el corte visible o efectivo, y señalización en el mando de los mismos.

3ª regla:

- Comprobación de la ausencia de tensión.

4ª regla:

- Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión.

5ª regla:

- Colocar las señalizaciones de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.

En forma resumida:

1ª: Corte visible o efectivo.

2ª: Enclavamiento o bloqueo.

3ª: Comprobación de la ausencia de tensión.

4ª: Puesta a tierra y en cortocircuito.

5ª: Delimitación y señalización.

Las operaciones y/o maniobras necesarias para el cumplimiento de estos preceptos, deben realizarse siempre y en su totalidad antes de iniciar el trabajo en aquella parte de la instalación, y deben llevarse a cabo en el mismo orden según están enunciadas, o sea, primero establecer el corte visible, o efectivo después de realizar los enclavamientos y bloqueos, seguidamente comprobar la ausencia de tensión, luego hacer las puestas a tierra y en cortocircuito y finalmente colocar las señalizaciones de delimitación.

1ª regla de oro de la seguridad

Corte visible o efectivo de todas las posibles fuentes de tensión

Se entiende por «corte visible» la separación entre dos puntos de la línea o trayectoria de la corriente (de forma que ésta no pueda circular), comprobable ocularmente.

Se entiende por «corte efectivo» la apertura de un circuito que no permite su comprobación visual, pero su posición «abierto» es comprobable y señalada por un medio seguro.

Este caso se da en ciertos tipos de interruptores-seccionadores ubicados dentro de un recinto cerrado conteniendo un gas diferente del aire ambiente, por ejemplo, nitrógeno o hexafluoruro de azufre (SF6) éste último muy frecuente en la actualidad.

Bases

La disposición del contacto o contactos fijos, del contacto móvil y del de conexión a tierra es tal, que para conectar el interruptor-seccionador a tierra, antes ha de tener que pasar forzosamente por la posición abierto.

En la Figura 1 se muestran dos ejemplos de esta disposición, uno para movimiento lineal y otro giratorio del contacto móvil.

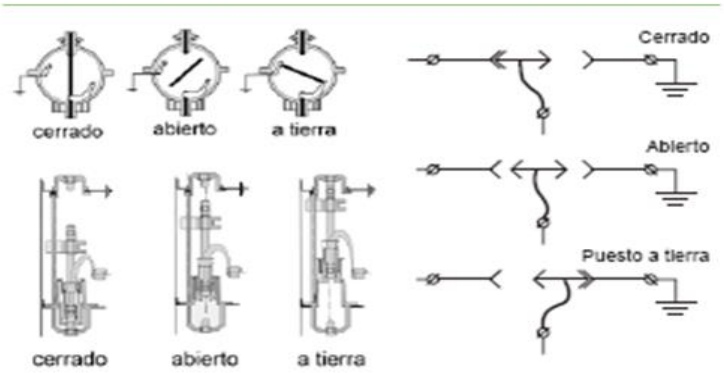


Figura 1

En algunos modelos, una mirilla permite verla posición «conectado a tierra» del contacto móvil, con lo cual queda comprobada la posición abierto.

Para facilitar el entendimiento de esta primera regla, conviene exponer lo siguiente
Cualquier circuito eléctrico puede encontrarse en una de las siguientes situaciones:

- Cuando está en tensión y circula por él una corriente, se dice que está con tensión y con carga.
- Cuando no circula corriente pero hay tensión en el circuito, se dice que está con tensión y sin carga.
- Cuando en el mismo no hay tensión y no circula corriente, se dice que está sin tensión y sin carga («circuito fuera de servicio»).

En la Figura 2 se representan estas tres posibles situaciones.
Según la «1ª regla de oro» el circuito debe estar sin carga y sin tensión.

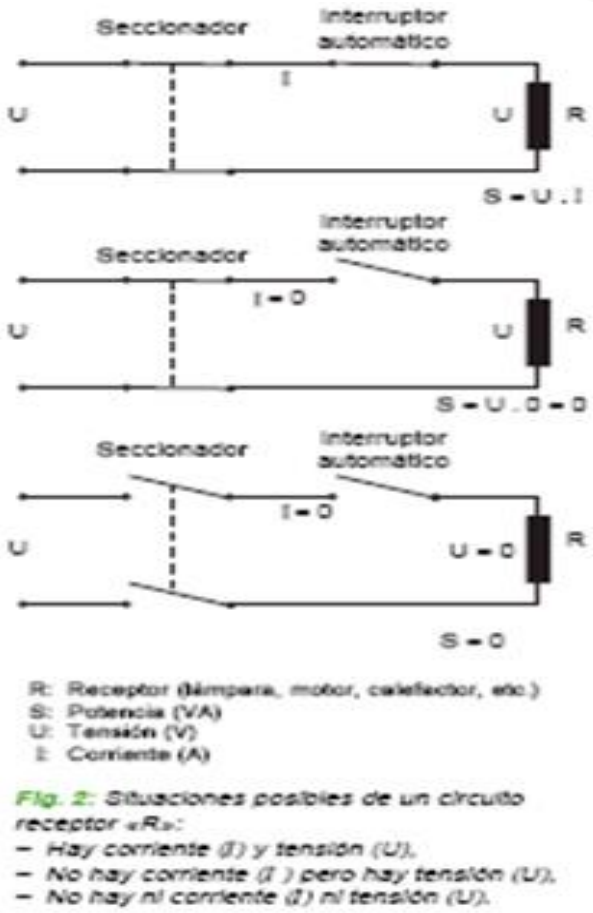


Fig. 2: Situaciones posibles de un circuito receptor «R»:
- *Hay corriente (I) y tensión (U).*
- *No hay corriente (I) pero hay tensión (U).*
- *No hay ni corriente (I) ni tensión (U).*

Figura 2

Equipamiento

Para pasar de la situación con tensión y carga a la de tensión y sin carga, debe pues interrumpirse el paso de la corriente. Esta maniobra la realizan los aparatos denominados interruptores. Éstos son aptos para cortar el paso de la corriente al separarse sus contactos (apertura, desconexión) o inversamente establecer la circulación de la corriente, al tocarse sus contactos (cierre, conexión). Se les denomina también «interruptores de potencia» porque al cortar el paso de corriente, la potencia eléctrica S = U×I del circuito se hace cero.

En este aspecto, hay que distinguir entre los interruptores automáticos, capaces de cortar corrientes de cortocircuito y los interruptores-seccionadores que sólo pueden interrumpir su corriente nominal y con factor de potencia igual o superior a 0,7 inductivo. La gran mayoría de los interruptores automáticos de MT tienen sus contactos dentro de cámaras cerradas por lo cual su posición no es visible.

Desde el punto de vista de esta 1ª regla de seguridad, no establecen pues «corte visible». En general, tampoco están diseñados para establecer «corte efectivo».
El corte visible lo realizan en primer lugar los seccionadores. También los interruptores-seccionadores (cuando no están dentro de recintos cerrados, según lo antes explicado),

pues están diseñados de forma que al abrir establecen una separación de contactos visible.

Los interruptores automáticos en ejecución enchufable, realizan también corte visible, o por lo menos efectivo, pues en esta ejecución, asumen la doble función de interruptor y de seccionador, ya que su posición desenchufada equivale a seccionador abierto.
En cuanto a los seccionadores, hay que recordar, que, en estos casos, sólo pueden maniobrarse (cerrar, abrir) sin paso de corriente, puesto que al abrir o cerrar, la tensión entre sus contactos, antes o después de la maniobra varía en gran medida, no están preparados para abrir bajo carga.

Por tanto, antes de abrir un seccionador para establecer corte visible, debe abrirse primero el correspondiente interruptor en serie con el seccionador.
Los seccionadores deben abrirse totalmente, de forma que la separación entre contactos sea la máxima que permita el aparato.

Cuando no hay ninguno de los aparatos de seccionamiento antes indicados, el corte visible puede obtenerse también:

- Extrayendo los cartuchos fusibles de sus bases.
- En líneas aéreas, mediante aperturas de puentes de conexión entre los tramos de línea que concurren en un poste de amarre.

En ambos casos, la maniobra, debe realizarse con el circuito sin tensión. En resumen, el corte visible y/o el corte efectivo deben establecer una separación segura entre la parte con tensión y la parte que queda sin tensión.

Entrada y salida
En este aspecto no hay que discriminar entre líneas de llegada de alimentación y líneas de salida, pues cabe siempre la posibilidad de un retorno de tensión por una línea de salida.

Por su naturaleza, los transformadores son de funcionamiento reversible, por tanto: Si la parte de la instalación de MT que se desea dejar sin tensión contiene transformadores de potencia reductores (transformadores MT/BT), hay que establecer corte visible o efectivo en el lado secundario (BT).Asimismo, si contiene transformadores de medida de tensión, debe establecerse corte visible en la línea de salida del secundario(normalmente de 380 V) hacia el exterior de la zona que se desea sin tensión. En efecto, en ambos casos, si llegara tensión de retorno al secundario, el transformado relevaría esta tensión a valores del ámbito de la MT, que aparecería en sus bornes primarios.

2ª regla de oro de la seguridad
Enclavamiento o bloqueo de los aparatos de corte y señalización en el mando de los mismos

Bases
El objetivo de esta segunda regla, es impedir que las aperturas en corte visible o en corte efectivo de las posibles fuentes de alimentación establecidas según la primera regla, queden anuladas por cierre intempestivo del aparato de corte.

Se trata pues de asegurar que no puedan producirse cierres intempestivos en los seccionadores, interruptores-seccionadores, etc., bien sea por un fallo técnico, error humano o causas imprevistas.

Tipos de enclavamiento
Este bloqueo o enclavamiento puede ser de varios tipos: mecánico, eléctrico, neumático o físico.

El bloqueo mecánico, consiste en inmovilizar el mando del aparato mediante candados, cerraduras, cadenas, bulones, pasadores, etc.

El bloqueo eléctrico consiste en impedir el funcionamiento del aparato mediante la apertura del circuito de mando y accionamiento eléctrico.

El bloqueo neumático consiste en impedir el accionamiento del aparato actuando sobre la alimentación de aire comprimido y vaciando el acumulador de aire a presión.

El bloqueo físico consiste en colocar entre los contactos del aparato un elemento aislante que impida físicamente el cierre de dichos contactos. Por ejemplo colocar una placa aislante entre las cuchillas del seccionador y los contactos fijos del mismo.

Esta 2ª regla indica que además de los bloqueos o enclavamientos establecidos en los aparatos de corte, deben colocarse en los mandos de los mismos carteles, placas u otros elementos de señal, que indiquen la prohibición de maniobrar. Estos carteles o placas son de tipo y/o simbologías normalizadas.

En muchas ocasiones los interruptores y los seccionadores, en especial los primeros, además del mando de accionamiento en el propio aparato («mando local») tienen también mando de accionamiento a distancia (eléctrico o neumático) por ejemplo en el centro («cuadro») de control o en el de telemando.

En estos casos, la señalización de prohibición de maniobrar debe colocarse en todos los posibles puntos de mando (local, distancia, telemando, etc.).

En algunos casos en especial en seccionadores e interruptores-seccionadores, la maniobra se efectúa accionando con una pértiga aislante directamente sobre el eje del aparato, incluso sobre las mismas cuchillas de contacto. En estos casos, la señalización

de prohibición de maniobrar debe colocarse en el mismo aparato lo más cerca posible del punto de ataque con la pértiga.

Cuando no sea posible realizar el bloqueo de un aparato de corte, por ejemplo en el caso anterior de accionamiento por pértiga, esta segunda regla de seguridad, queda limitada exclusivamente a la señalización. En este sentido se considera que la señalización es la protección mínima cuando no se pueden bloquear los aparatos de corte.
En los transformadores de medida de tensión, la línea de salida de su secundario, acostumbra a estar protegida con un interruptor termomagnético. Aunque sea del tipo apto para establecer corte efectivo (debe estar indicado en el mismo) en general no es posible bloquear su palanca de maniobra.

Es pues preferible a efectos de seguridad, desconectarlo de la línea, estableciendo así un corte visible.
Si en la línea hay fusibles, se extraen de su base y se obtiene así un corte visible.
Desde luego, en ambos casos hay que colocar la correspondiente señalización en dichos puntos.

3ª regla de oro de la seguridad
Comprobación de la ausencia de tensión
El reconocimiento de la ausencia de tensión, se realiza mediante instrumentos especiales, para comprobar que no hay tensión en aquella parte de la instalación eléctrica.

Tensiones no procedentes de la fuente
Lo anterior se refiere a la tensión de funcionamiento normal (tensión de servicio) de la instalación. Con esta comprobación se tiene la seguridad de que todas las posibles fuentes de tensión han sido abiertas (1ª regla de oro). Ahora bien, a pesar de ello, pueden aparecer tensiones en aquellas partes de la instalación, en general inferiores a la de servicio pero también peligrosas y por tanto inadmisibles desde el punto de vista de la seguridad.

Estas tensiones no procedentes de las fuentes de alimentación del sistema (abiertas con corte visible o efectivo), pueden ser debidas a varias causas, entre ellas:

a) Los cables de Media Tensión tienen una capacidad eléctrica no despreciable, proporcional a su longitud. También las líneas aéreas MT tienen una cierta capacidad, aunque menor que los cables (a igualdad de longitud). En este aspecto, ambos se comportan como un condensador.

Cuando se interrumpe la alimentación a un condensador, o el paso de corriente por un cable o una línea aérea, estos elementos quedan cargados con una cierta energía eléctrica, por lo cual retienen una tensión continua (no alterna) que en los primeros momentos después de la interrupción es de aproximadamente el 80% de la tensión de servicio a 50 Hz (valor eficaz entre fases), la cual, debido a las corrientes de fuga va disminuyendo, aunque con mucha lentitud desde el punto de vista de la seguridad.

b) Efectos de inducción magnéticas de una línea en servicio con tensión y carga (corriente) sobre otra fuera de servicio (sin tensión ni corriente) que discurra paralelamente. Toda corriente alterna crea a su alrededor un campo magnético, también alterno, el cual a su vez crea («induce») una tensión en otro conductor que se encuentre dentro de dicho campo magnético. Este efecto de inducción es tanto mayor cuanto más próximos estén ambos conductores (el recorrido por la corriente y el fuera de servicio) y cuanto más largo sea el tramo en que discurren paralelamente.

c) Descarga atmosférica (rayo) que caiga directamente en la línea, o lo más frecuente, en su proximidad. Puede generar tensiones que si bien son en general de muy corta duración (del orden de microsegundos) pueden llegar a ser muy superiores a la de funcionamiento normal y por tanto especialmente peligrosas para las personas.

Los riesgos debidos a estas tensiones debidas a la capacidad e inducción se solucionan con la 4ª regla (puesta a tierra y en cortocircuito), según se verá más adelante.

Puntos de comprobación

La comprobación de la ausencia de tensión debe realizarse:

En el lugar donde se han de realizar los trabajos, y en todos los puntos donde se han abierto las posibles fuentes de tensión.

Esta comprobación ha de efectuarse siempre bajo el supuesto de que hay tensión. Por tanto, deben tomarse las siguientes precauciones:

- Usar el equipo de protección adecuado,
- Mantener las distancias de seguridad,
- Comprobar la ausencia de tensión en todos los conductores y aparatos. Por tanto en las tres fases del sistema trifásico.

En efecto, por razones de seguridad, hay que considerar que: «Todo conductor o aparato está con tensión mientras no se demuestre lo contrario».

El equipo de protección consistirá, según los casos en la pértiga aislante con el detector de tensión, guantes aislantes, casco de protección, gafas y si es posible, banqueta o alfombra aislantes.

Instrumentos detectores

Los instrumentos para comprobar la ausencia de tensión, se denominan “Detectores, o Verificadores de Ausencia de Tensión (V.A.T.)”.

Consisten básicamente en una pértiga aislante de longitud adecuada a la tensión y a la instalación, en cuyo extremo está montado el detector de tensión.

Este detector cuando entra en contacto o en la proximidad inmediata del elemento en tensión, da una señal óptica (lámpara), o acústica o ambas a la vez (señal óptico acústica).

Hay pues, detectores ópticos, detectores acústicos y detectores ópticos acústicos.

Existen detectores ópticos u óptico-acústicos que tienen dos lámparas, una roja para indicar presencia de tensión y otra verde que indica ausencia de tensión.

Cada detector tiene un campo de utilización definido por una tensión inferior y una superior (por ejemplo 66 kV a 132 kV, 6 kV a 25 kV, 25 kV a 110 kV etc.) fuera del cuál no debe ser utilizado.

Inmediatamente antes y después de su utilización debe comprobarse el correcto funcionamiento del detector.

Esta comprobación puede efectuarse:

- Tocando con el detector una parte de la instalación que se sabe con certeza que está en tensión, en el cuál caso el detector debe actuar,
- Empleando un comprobador que genera una alta tensión. Al tocarlo el detector, éste debe actuar.

Algunos tipos de detectores, por ejemplo los ópticos de dos lámparas (roja y verde) y los óptico-acústicos llevan ya incorporado un dispositivo de comprobación (batería y pulsador), son pues auto-comprobables.

Los detectores acústicos y óptico-acústicos para exterior emiten señal sonora audible hasta 50 m de distancia.

Estos verificadores de ausencia de tensión (V.A.T.) sólo detectan tensiones de carácter alterno. Por tanto, no detectan tensiones de carácter continuo, que, según antes explicado, quedan retenidas en los condensadores, cables y líneas aéreas.

En efecto, dichos aparatos no deben detectar estas tensiones continuas o unidireccionales pues su misión es comprobar que no haya quedado sin abrir ninguna de las posibles fuentes de tensión. Piénsese que, los circuitos eléctricos pueden ser en ocasiones bastante complejos. Si detectaran esta tensión continua debida a la capacidad, se crearía una situación de confusión y duda.

La cuestión se resuelve con la 4ª regla de seguridad, según se explicará más adelante.

Además de los detectores de tensión antes explicados existen otros dos dispositivos utilizados para la comprobación de ausencia o presencia de tensión:

- Para líneas aéreas de hasta 30 m de altura, el «fusil lanza cables»,
- Para cables subterráneos hasta 72,5 kV la «sierra cortacable».

El fusil lanza cables es un método consistente en lanzar una flecha, por medio de un fusil adecuado.

Esta flecha lleva fijado el extremo de un hilo fusible cuyo extremo ha sido previamente puesto a tierra por medio de una Barra clavada en el terreno.

Esta flecha con el hilo fusible se dispara en dirección rodeando por encima los conductores de la línea de forma que el hilo fusible caiga sobre los mismos conectándolos así en cortocircuito y a tierra.

Si la línea está en tensión, se producirá un cortocircuito de los tres conductores entre sí, y a tierra, con lo cual el hilo fusible se fundirá produciendo resplandor y humo. Dada la delgadez y características del hilo fusible, este pequeño cortocircuito provocado, no produce ninguna alteración significativa en el normal funcionamiento de la línea.

Si se trata de una línea doble y una de ellas está en servicio (con tensión) este sistema desde luego no puede utilizarse.

La sierra cortacables consiste en un pértiga aislante en cuyo extremo lleva acoplada una sierra con un cable de puesta a tierra. El otro extremo de este cable se conecta a tierra bien sea con una pica auxiliar de toma de tierra que se clava en el terreno o bien a la pantalla metálica de puesta a tierra del propio cable. Al cerrar el conductor, si éste está con tensión, se produce un cortocircuito a tierra a través de la hoja de sierra, lo cual indica presencia de tensión.

Recientemente han aparecido unos detectores de ausencia o presencia de tensión denominados «Teledetectores» (TELEVAT) porque actúan a distancia superior a la de seguridad sin necesidad de contacto o proximidad inmediata al punto a comprobar. Se utilizan para líneas aéreas e instalaciones de alta tensión, a partir de 110 kV en las cuales las grandes alturas y distancias hacen difícil la comprobación mediante detectores normales de contacto o inmediata proximidad dada la gran longitud que debe tener la pértiga aislante.

Se utilizan orientando el detector hacia la línea o elemento a comprobar. En lo demás, rige para estos teledetectores lo antes explicado para los VAT o sea comprobación de funcionamiento inmediatamente antes y después de su utilización (son autocomprobantes) ajuste al valor de la tensión a comprobar etc. Pueden ser también ópticos, acústicos u óptico-acústicos.

4ª Regla de oro de la seguridad

Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión

Una vez se han llevado a cabo las 1ª, 2ª y 3ª reglas de seguridad y por el orden indicado, se procede a conectar a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión que, según la 1ª regla, han sido abiertas con corte visible o efectivo, después, según la 2ª regla, se ha bloqueado su cierre y/o señalizado su mando, y luego, según la 3ª regla, se ha comprobado la ausencia de tensión.

Bases

a) Se dice que una instalación eléctrica está «puesta a tierra» cuando está directamente conectada a tierra mediante elementos conductores, continuos, sin soldaduras ni ningún dispositivo que dificulte o pueda interrumpir esta conexión (por ejemplo un fusible).

b) Se dice que una instalación eléctrica está «en cortocircuito», cuando todos sus elementos conductores están directamente unidos (conectados) entre sí por conductores de resistencia (impedancia) despreciables.

En consecuencia todos estos elementos cortocircuitados están a igual tensión (son equipotenciales).

Según esta 4ª regla, todas las posibles fuentes de tensión deben conectarse a tierra y en cortocircuito ambas cosas a la vez.

Esta conexión a tierra y en cortocircuito es pues una operación conjunta que se realiza con un mismo aparato o elemento. A cada lado del punto o zona donde se vaya a trabajar se efectúan dos puestas a tierra y en cortocircuito:

- Una en la proximidad del punto de corte visible o efectivo.
- La otra en la proximidad más inmediata posible del lugar donde se va a realizar el trabajo.

La parte de instalación comprendida entre las puestas a tierra y en cortocircuito situadas en las proximidades de los puntos de corte se denomina «zona protegida».

La parte de instalación comprendida entre las puestas a tierra y en cortocircuito más próximas al lugar donde se va a trabajar se denomina «zona de trabajo» ésta es pues la zona de máxima seguridad.

«La zona de trabajo» queda pues contenida dentro de la «zona protegida».

En algunas ocasiones, cuando la distancia entre las tomas de tierra y cortocircuito que delimitan la zona protegida y las que delimitan la zona de trabajo, es pequeña, se puede prescindir de estas últimas. En este caso la zona protegida es a la vez zona de trabajo.

Puesta a tierra y en cortocircuito fija

En las instalaciones eléctricas puede haber dos tipos de puesta a tierra y en cortocircuito.

Puesta a tierra y en cortocircuito de montaje fijo. Se trata de un conductor conectado eléctricamente a tierra (al electrodo o malla de toma de tierra) por un extremo, y por el otro conectado a un seccionador denominado «seccionador de puesta a tierra» que al cerrarse conecta la instalación a dicho conductor de tierra. Se trata pues de unos elementos de montaje fijo, que forman parte de la instalación. Es muy frecuente que los seccionadores y los interruptores-seccionadores, estén equipados con unas cuchillas

auxiliares de conexión a tierra, de manera que el «seccionador de puesta a tierra» forme parte constructiva del seccionador en sí (cuchillas principales).

Desde luego estos «seccionadores de puesta a tierra» al cerrarse conectan también en cortocircuitos los tres conductores (fases) del sistema trifásico. Son pues seccionadores de puesta a tierra y en cortocircuito

Puesta a tierra y en cortocircuito portátil de montaje temporal

Puesta a tierra y en cortocircuito portátiles de montaje temporal. Consisten en un equipo formado por:

- Tres pinzas de conexión a los elementos a cortocircuitar y conectar a tierra (una para cada fase)
- Juego de tres conductores unidos los tres por un extremo y por el otro a las citadas pinzas de conexión. Realizan pues la conexión en cortocircuito.
- Conductor de puesta a tierra que se une al punto común de los tres conductores anteriores. Por el otro extremo tiene una pinza para conectar o bien a los electrodos o malla de toma de tierra existentes, o, si no lo hay, a una pica de toma de tierra portátil que forma parte del equipo.

Los conductores de cortocircuito y el de tierra son flexibles, de cobre, recubiertos de plástico transparente para facilitar la comprobación de su continuidad y como protección mecánica.

La pica es de acero galvanizada en caliente, o bien de cobre.

La puesta a tierra y en cortocircuito temporal con este equipo portátil, se realiza con la secuencia de operaciones y con las precauciones siguientes:

a) En el caso de no haber electrodos o malla de toma de tierra: clavar bien en el suelo la pica de toma de tierra del equipo portátil. Hundirla bien en el suelo. Para mayor efectividad el terreno ha de estar húmedo. Si está seco debe humedecerse previamente.

b) Conectar el cable de puesta a tierra a dicha pica, o bien a los electrodos o red de tierra existentes. Apretar bien el tornillo de conexión procurando que las superficies de contacto estén limpias. Desenrollar totalmente este cable de su tambor aunque no parezca necesario en cuanto a longitud. Debe hacerse así para poder comprobar su continuidad (que no esté interrumpido en ningún punto) y para reducir su reactancia.

c) Conectar este cable a los conductores de cortocircuito en su punto común.

d) Conectar las tres pinzas a los conductores de la instalación a cortocircuitar y poner a tierra (una en cada fase del sistema trifásico).

La conexión de estas pinzas y su apriete se realiza con una pértiga aislante («pértiga de puesta a tierra») empezando por el conductor más cercano al operario y acabando por el más alejado.

Este orden de operaciones debe respetarse siempre y escrupulosamente.

Para la desconexión de esta puesta a tierra y en cortocircuito temporal se procede en el orden de operaciones inverso al especificado para la conexión, o sea, desconectar primero las pinzas empezando por el conductor más alejado del operador, desconectar el cable de tierra de las pinzas, luego de la pica o de la red existente y finalmente desclavar la pica.

Precauciones común tanto para la conexión como para la desconexión de las pinzas (operación ítem d):

- La pértiga aislante debe ser de longitud adecuada a la tensión de servicio de la instalación.
- Se debe procurar que el cable de tierra no toque el cuerpo del operario.
- Deben respetarse las distancias de seguridad anteriormente mencionadas (3ª regla) como si la instalación estuviera en tensión.
- El operario debe estar equipado con los elementos de protección personal necesarios: guantes aislantes de alta tensión, casco, cinturón de seguridad si procede y si es posible, usar banqueta o alfombra aislantes.

Con la puesta a tierra y a la vez en cortocircuito, se evita la posibilidad de tensión en el punto de trabajo por:

- En un cruce de líneas, rotura y caída de un conductor sobre la línea donde se trabaja.
- Las eventuales energías de carácter capacitivo retenidas en los condensadores, líneas y cables, se descargan a través de las conexiones de cortocircuito, con lo cual las tensiones de carácter continuo se anulan rápidamente.
- Tensiones inducidas según lo explicado en a 3ª regla.
- Maniobra errónea desde el centro de mando.
- Tensiones de retorno (realimentación inversa).
- En caso de tormenta eléctrica cercana, han de interrumpirse los trabajos, ya que a pesar de la puesta a tierra y en cortocircuito no se puede tener la plena seguridad frente a tensiones producidas por rayos.

5ª regla de oro de la seguridad

Colocar las señales de seguridad adecuadas delimitando la zona de trabajo o bien la zona de peligro (zona de tensión)

Esta 5ª y última regla se cumplimentará después de haberlo sido las anteriores 1ª a 4ª.

Consiste en señalizar y delimitar la zona de trabajo o bien la zona de peligro (zona en tensión), según los casos, con los elementos adecuados.

La delimitación de la zona de trabajo o de peligro consiste en marcar sus límites mediante vallas, cintas o cadenas. Estos elementos son de color rojo reflectantes o fosforescentes.

Durante la noche se complementan con luces autónomas e intermitentes como señal de atención. Suelen acompañarse también de banderolas y/o carteles de señalización con indicaciones expresas.

Según el tamaño respecto al total de la instalación, se señaliza y delimita o bien la zona de trabajo o bien la zona de peligro o sea, zona en tensión. Así, cuando la zona de trabajo es muy extensa se delimita y señaliza únicamente la zona de peligro (zona con tensión). En los otros casos se señaliza y delimita la zona de trabajo, la cual según antes explicado viene determinada por los puntos de puesta a tierra y en cortocircuito más cercanos al punto donde se realizarán los trabajos.

Esta zona de trabajo, una vez señalizada y delimitada, se convierte y denomina «zona de seguridad».

Esta zona de seguridad debe disponer de un pasillo de acceso para los operarios y materiales. No así la zona de peligro por cuanto se trata de que nadie penetre en ella.

En el caso de instalaciones eléctricas a distinto nivel deben delimitarse y señalizarse no sólo las superficies sino también las alturas, o sea, en las tres dimensiones.

En el caso de trabajos a realizar con distancias a partes en tensión, inferiores a las mínimas de seguridad antes indicadas en las reglas 3ª y 4ª se deben interponer pantallas de material aislante entre el punto de trabajo y las partes en tensión.

Una vez cumplidas estas cinco «reglas de oro» de la seguridad pueden iniciarse los trabajos, sin riesgo de tipo eléctrico.

Retroalimentaciones: Finalización de trabajos

Una vez realizados los trabajos, se procede a devolver la instalación a sus condiciones iniciales. Para ello se procede en el orden inverso al de las cinco reglas de seguridad, o sea:

- Retirar las señalizaciones de seguridad y delimitación.
- Retirar las puestas a tierra y en cortocircuito portátiles y abrir los seccionadores de puesta a tierra.
- Retirar los enclavamientos y bloqueos en los mandos de los aparatos de maniobra, así como las correspondientes señalizaciones.
- Si procede, reponer los fusibles que se hubieran extraído para obtener distancias de seccionamiento así como conectar de nuevo los puentes de conexión entre tramos de línea aérea.

Previamente a todo ello, se deben retirar todas las herramientas y otros elementos de trabajo (escaleras, tablones, andamios, etc.) así como los materiales sobrantes.

Distancias de seguridad

En todo momento y/o circunstancia, deben de respetarse unas distancias mínimas de seguridad para los trabajos a efectuar en la proximidad de instalaciones o partes de las mismas, que estén en tensión, y no estén protegidas. Estas distancias mínimas están especificadas en la tabla 1.

Tensión entre fases		Distancias de seguridad
Hasta	1 kV	0,40 m
Hasta	10 kV	0,80 m
Hasta	15 kV	0,90 m
Hasta	20 kV	0,95 m
Hasta	25 kV	1,00 m
Hasta	30 kV	1,10 m
Hasta	45 kV	1,20 m
Hasta	68 kV	1,40 m
Hasta	110 kV	1,80 m
Hasta	132 kV	2,00 m
Hasta	220 kV	3,00 m
Hasta	380 kV	4,00 m

Fig.3: Distancias de Seguridad

Tabla 1

Estas distancias mínimas se miden entre el punto más próximo en tensión, y cualquier parte extrema del operario, herramientas o elementos que pueda manipular en movimientos voluntarios o accidentales.

Para personal no especialista eléctrico, o que desconozca las instalaciones eléctricas, o sea de otras calificaciones o especialidades profesionales es prudente aumentar estas distancias mínimas de seguridad.

Concretamente, algunas compañías eléctricas establecen, para tensiones entre fases de 1 kV a 66 kV (o sea MT) una distancia mínima de 3 m.

Para trabajos que deban efectuarse a distancias inferiores a las de la tabla, deben adoptarse medidas complementarias que garanticen la seguridad en la realización de los trabajos, tales como interposición de pantallas aislantes protectoras, y asimismo vigilancia constante del Jefe de Trabajo.

En el caso de que estas medidas no puedan realizarse, deberán dejarse sin tensión estas partes próximas al punto o zona de trabajo.

Maniobras normales de explotación

En una instalación de MT, las maniobras normales de explotación consisten básicamente en el cierre y la apertura de los interruptores automáticos y los interruptores-seccionadores. Para todas las Operaciones de Mantención, Reparación de Sistemas Eléctricos de Media y Alta Tensión se deben aplicar los Procedimientos Autorizados por las empresas mandantes, legislación nacional e internacional.

Equipamiento

a) Los interruptores-automáticos son capaces de conectar y de interrumpir corrientes de cortocircuito. Se trata de intensidades de valor elevado, y muy desfasadas con respecto a la tensión. En los sistemas de MT están habitualmente entre 8 y 25 kA y con factor de potencia del orden de 0,1 a 0,15.

Este acusado desfase hace más difícil su interrupción.

En ellos, la maniobra (cierre, apertura) está casi siempre motorizada (motor de tensado de muelles y electroimanes de cierre y de apertura), además del mando manual, y la posibilidad de tensar los muelles a mano, caso de fallo de la corriente auxiliar.

b) Los interruptores-seccionadores sólo pueden conectar corrientes de cortocircuito pero no pueden interrumpirlas. Su poder de corte es solamente hasta su intensidad nominal (normalmente 400 A), y con factor de potencia igual o superior a 0,7 inductivo, o sea, corrientes de servicio.

En ellos, la maniobra es mayoritariamente manual, o sea, tensado de muelles a mano, y mando mecánico manual de cierre y apertura.

c) Los interruptores-seccionadores con fusibles («ruptofusibles») para maniobra y protección de transformadores MT/BT, están equipados en muchas ocasiones con electroimán de apertura, además del mando manual.

En las estaciones receptoras, AT/MT, subestaciones, centros de maniobra y distribución MT, etc., hay interruptores automáticos MT en las llegadas de las líneas de alimentación («entradas») y en el arranque de las líneas de salida («salidas»).

También en los CT de abonado, debe haber como mínimo un interruptor automático general de entrada. En muchos casos los hay también en las salidas a los transformadores, en especial cuando éstos son de potencia igual o superior a 1 250 kVA.

Conexión/desconexión. Precauciones

Desde el punto de vista de la seguridad, cabe siempre la posibilidad de tener que efectuar la apertura de emergencia de un interruptor (incendio, accidente, etc.). Por tanto, en el interruptor debe haber siempre un mando mecánico manual de disparo para que la apertura se realice aún sin corriente de servicios auxiliares, pues se trata de una maniobra de emergencia que debe ser lo más directa y segura posible.

En cambio, la maniobra de conexión (cierre) deber ser siempre una maniobra pensada y planeada, que requiere unas acciones previas de seguridad, aún a costa de retrasar algo su realización. Antes de efectuar el cierre conviene:

- Avisar al otro extremo de la línea («aguas abajo») que se va a dar tensión, para que se puedan preparar a recibirla.
- Verificar que los seccionadores de puesta a tierra, si los hay, estén abiertos, y las eventuales puestas a tierra portátiles estén quitadas.
- Verificar que no hay ninguna persona en la instalación, que pueda entrar en contacto con la tensión al cerrar el interruptor.
- Medir la resistencia de aislación del sistema a dar tensión a través de la inyección de la tensión correspondiente

Es recomendable también, que al cerrar el interruptor en el origen de la línea, el del otro extremo (aguas abajo) esté abierto. En efecto, conviene ir poniendo «paso a paso» el sistema en tensión. Así, por ejemplo, en un transformador MT/BT, primero cerrar el interruptor de MT (primario) y luego el, o los de salida en BT.

A fin de evitar la posibilidad de un cierre intempestivo por error humano, es práctica corriente en las instalaciones de las compañías eléctricas, el anular en los interruptores automáticos el mando mecánico manual de conexión, dejando sólo el mando eléctrico, en el circuito del cual se han introducido disposiciones de seguridad contra falsas maniobras.

Es una precaución de seguridad recomendable también para las instalaciones industriales y terciarias.

Cuando el interruptor está abierto, la parte del gabinete correspondiente a los bornes de salida del interruptor está sin tensión. Al cerrar el interruptor, éste comunica tensión a esta parte que estaba sin ella.

Puede suceder que en dicha parte haya un defecto de aislamiento (defecto latente) que se pone de manifiesto al recibir tensión. En lo que concierne a la seguridad, no puede descartarse ninguna posibilidad, aunque parezca remota. Si esto sucediera se produciría en cortocircuito, y, casi siempre un arco eléctrico en el interior del gabinete, la energía del cual se traduciría en una sobre temperatura y una sobrepresión interiores que podrían alcanzar valores peligrosos para las personas que se encontraran en aquel momento delante de la cabina (salida de gases calientes y a veces tóxicos, proyección de partes sólidas, etc.). Este riesgo se minimiza al ensayar la instalación a través de la medición de aislación (con el instrumento Megger).

Es aconsejable pues y así lo recomienda la norma UNE, desplazar el mando eléctrico de conexión del interruptor (pulsador, interruptor, etc.) del frente de la celda a un punto suficientemente alejado de forma que los efectos de un eventual arco interno en la cabina no alcancen al operador, por ejemplo detrás de una pared de separación. No se trata propiamente de un mando a distancia sino sólo alejarse lo suficiente del gabinete a efectos de seguridad.

Desde luego, se supone que el mando mecánico de cierre ha sido anulado según antes explicado.

En las instalaciones de MT, es preceptivo prever dispositivos de enclavamiento que impidan realizar falsas maniobras. Los básicos son:

- Entre seccionador o interruptor-seccionador, y seccionador de puesta a tierra: no pueden estar los dos simultáneamente cerrados.
- Entre interruptor automático y seccionador: con el interruptor cerrado, no puede maniobrarse el seccionador (abrir, cerrar), si con ello se produce una variación significativa de la tensión entre sus bornes de entrada y salida. Este es el caso con mucho el más frecuente, por tanto, este enclavamiento es necesario en la mayoría de los casos.
- Si se trata de un interruptor en ejecución enchufable, éste asume la doble función de interruptor y de seccionador. Su posición enchufado corresponde a seccionador cerrado y en posición desenchufado a seccionador abierto. Rigen pues los mismos bloqueos antes indicados entre seccionador y seccionador de puesta a tierra, y entre interruptor y seccionador. Por lo tanto:
  - El interruptor no puede enchufarse ni desenchufarse si está en posición cerrado.
  - Con el interruptor enchufado, el seccionador de puesta a tierra no puede cerrarse.
  - Recíprocamente, con el seccionador de puesta a tierra en posición cerrado, el interruptor no puede enchufarse.

Además los interruptores enchufables deben tener un bloqueo que les impida enchufarse si su conector de los circuitos auxiliares no está enchufado. Recíprocamente este conector no puede desenchufarse cuando el interruptor esta enchufado. Este enclavamiento tiene por objeto asegurar que el interruptor pueda recibir en todo momento, las órdenes de maniobra, por ejemplo la orden de disparo procedente de los relés de protección.

En las instalaciones de MT puede haber además otros dispositivos de enclavamiento que respondan a circunstancias específicas de cada instalación, por ejemplo, si se da el caso, para evitar maniobras incorrectas de conmutación y/o de acoplamiento.

La concepción y diseño de los dispositivos de enclavamiento se basa en los siguientes principios generales:

- Se prefieren siempre enclavamientos de tipo mecánico antes que los eléctricos, pues se consideran más seguros y fiables.

- El enclavamiento debe impedir la falsa maniobra pero sin provocar por ello el disparo de un interruptor, pues la consiguiente interrupción de servicio es siempre perjudicial en mayor o menor medida. En bastantes ocasiones sería inadmisible.
- Dentro de los dispositivos de enclavamiento de tipo mecánico, son preferibles los denominados «pasivos» o de «obstrucción». Son los que no sólo impiden la falsa maniobra, sino que no permiten ni intentarla. Se evita con ello que el dispositivo pueda quedar sometido a esfuerzos mecánicos improcedentes.

Por ejemplo, si se trata de una palanca de maniobra extraíble, que ésta no pueda ni introducirse cuando la maniobra está bloqueada.

Desde luego, siempre que sea posible, se preferirán aquellas disposiciones constructivas, que de una manera natural impidan realizar una falsa maniobra, sin necesidad de ningún dispositivo o mecanismo.

Las señalizaciones en las instalaciones eléctricas

El objetivo de las señalizaciones, es el de avisar para provocar una reacción inmediata de la persona, que evite el accidente.

La señalización es eficaz como técnica o recurso de seguridad, pero no elimina el riesgo (peligro). Es pues una ayuda o apoyo pero no puede sustituir las medidas de prevención y/o protección que deben ser prioritarias. Así pues, una buena señalización no eximirá de la adopción de medidas de prevención y/o protección.

Tan solo, cuando no es posible eliminar el peligro con medidas de protección y/o prevención, la señalización pasa a ser el único recurso de seguridad posible.

2. Interruptores

2.1 operación de interruptores

Conceptos generales

Los interruptores son aparatos de corte que permiten efectuar maniobras voluntarias de apertura y cierre de circuitos en condiciones de carga. Los interruptores se diferencian de los disyuntores, o interruptores de potencia, en que sus contactos están previstos para abrir y cerrar circuitos eléctricos con intensidades nominales y con sobrecargas pero no están preparados para abrir y cerrar sus contactos sobre cortocircuitos, ya que su capacidad de ruptura es menor que la de los disyuntores; por lo general esta capacidad de ruptura es de dos a tres veces mayor que la correspondiente a la intensidad nominal del interruptor. Se distinguen entre otros los siguientes tipos de interruptores:

1. **Interruptores generales:** destinados al corte en carga y sobrecarga de las redes y transformadores, así como el corte en vacío de transformadores.
2. **Interruptores de corte en vacío de transformadores**: que no pueden cortar corrientes de carga como los anteriores.
3. **Interruptores de corte de baterías de condensadores:** que tienen características especiales.
4. **Interruptores de motores**: destinados a abrir y cerrar los circuitos de alimentación de motores de alta tensión.
5. **Interruptores Seccionadores**: para uso general y cuya principal característica es que tienen el mismo poder de corte de los interruptores, pero las posiciones de abierto y cerrado de los contactos son visibles a simple vista, como sucede con los seccionadores, por lo que es posible ver si una línea está abierta a simple vista.
6. **Interruptores con fusibles:** es decir aparatos de corte combinados en los que el interruptor está encargado de la apertura y cierre del circuito en condiciones normales de carga y en condiciones de sobrecarga, mientras los fusibles protegen a la instalación contra cortocircuitos.

Seccionadores.

Se llaman también desconectadores y separadores. Se utilizan para unir o separar de forma bien visible, diferentes elementos de una instalación, de forma que no se interrumpa el funcionamiento del resto de la instalación. Las características más importantes que los distingue de los interruptores y disyuntores, es que sus maniobras de conexión y desconexión a la red, deben hacerse en VACÍO, es decir sin carga.

- **Interruptores de Corriente Alterna para Tensiones Mayores a 1KV**

Norma IRAM 2251

Características de funcionamiento normal.

A. Normas a Consultar

A-1. Las especificaciones relativas a diversos aspectos se establecen en las normas siguientes:

a) calentamiento, en la norma IRAM 2208.

b) aislación, en la norma IRAM 2209.

c) c) condiciones de cortocircuito, en la norma IRAM 2210

d) selección del interruptor según servicio, en la norma IRAM 2216

e) clases de aislación, en la norma IRAM 2180

f) intensidad de corriente, en la norma IRAM 2013

A-2. Las características del aceite aislante se establecen en la norma IRAM 2026.

A-3. La forma de realizar los ensayos dieléctricos con tensiones de impulso se establecen en la norma IRAM 2069.

A-4. Las especificaciones relativas a la coordinación de la aislación se establecen en la norma IRAM 2211.

B.-Alcance de esta norma

B-1. Esta norma se aplica a interruptores de corriente alterna a la frecuencia nominal de 50 c/s, para tensiones mayores a 1 KV, en servicios en instalaciones fijas o que pueden ser consideradas como tales, para ser utilizados en condiciones de uso especificadas en esta norma.

B-2. Esta norma establece las especificaciones relativas a las características nominales y su coordinación, condiciones normales del ambiente de instalación, niveles de aislación, calentamiento y mecanismo de maniobra de los interruptores.

B-3. Esta norma considera específicamente el caso de los interruptores tripolares, por ser el más frecuente, debiendo modificarse caso por caso, donde sea necesario, para aplicar la norma a interruptores con distinto número de polos.

C- Definiciones

C-1. Interruptor: es el aparato destinado a establecer, soportar e interrumpir corrientes en un circuito en condiciones normales, como anormales, por ejemplo en un corto-circuito. Está caracterizado por dos posiciones en las cuales puede permanecer en ausencia de acción externa. Estas posiciones corresponden, respectivamente, a la apertura y al cierre del circuito.

C-2. Interruptor para interior: es un interruptor previsto para montarlo en el interior de un edificio o de otro abrigo, que lo proteja del polvo, la lluvia, la nieve y la condensación anormal, comprendiendo el rocío y la escarcha.

C-3. Interruptor para exterior: es el interruptor proyectado para instalación a la intemperie y construido de modo tal, que pueda soportar efectos de la lluvia, nieve, depósitos de polvo y condensación, comprendidos el rocío y la escarcha.

C-4. Interruptor a elementos separados: es el interruptor previsto de o más elementos de apertura o cierre, separados, conectados en serie, idénticos entre sí (salvo eventuales dispositivos de repartición de la tensión), actuantes simultáneamente. Los elementos de apertura pueden ser distintos de los de cierre.

C-5. Contactos principales: son los contactos a través de los cuales pasa normalmente toda o la mayor parte de la corriente del circuito principal.

C-6. Contactos de arco: son los elementos entre los cuales se produce al arco.

C-7. Polo del interruptor: es la parte del interruptor, excluido el dispositivo de maniobra, que interesa a una sola fase del circuito en el cual está conectado.

C-8. Número de interrupciones por polo: es el número de intervalos en serie por polo, destinados a la interrupción.

C-9. Operación de cierre y operación de apertura: son las operaciones mediante las cuales la posición de los contactos del interruptor es modificada de la posición de la plena apertura a la posición de cierre total y viceversa.

C-10. Operación de cierre dependiente a mano: en una operación de cierre que se efectúa a mano, sin recurrir a otra fuente de energía, o a una acumulación previa de energía y que, por consecuencia, depende únicamente del operador.

C-11. Operación de cierre independiente a mano: es un cierre efectuado a mano, en una sola operación, en la cual la energía acumulada durante la primera parte de la misma, es utilizada a continuación para operar el cierre total, independiente del operador.

C-12. Operación de cierre mediante fuente de energía: es el cierre efectuado con la ayuda de una energía no suministrada por el operador durante el curso de la operación; por ejemplo: energía eléctrica o neumática o energía previamente acumulada en un resorte o contrapeso. Un cierre mediante fuente de energía es independiente si la operación completa se efectúa independientemente del operador, una vez comenzada. Si la operación de cierre se efectúa mediante una fuente externa la independencia implica la continuidad de esa fuente durante toda la operación.

C-13. Duración de la operación de cierre: es el tiempo que transcurre entre el instante en que se da la orden de operación de cierre y el momento en que se tocan los contactos estableciendo el cierre del circuito principal. Ese tiempo comprende el de funcionamiento de los dispositivos auxiliares necesarios al cierre del interruptor.

C-14. Operación de apertura voluntaria: es la operación de apertura efectuada por el operador.

C-15. Operación de apertura automática: es la operación consecuente de circunstancias predeterminadas, sin la intervención del operador.

C-16. Desenganche libre: un interruptor es a desenganche libre cuando su comando de apertura prevalece sobre su comando de cierre, si los contactos están en posición de establecer el circuito principal, sea porque los contactos se tocan, porque hay arco entre ellos.

C-17. Desenganche fijo: un interruptor es a desenganche fijo cuando no puede ser abierto sino cuando está completamente cerrado.

C-18. Desenganchador: es un dispositivo mecánicamente vinculado al interruptor, que libera sus órganos de retención y permite su apertura o su cierre.

C-19. Desenganchador de cierre: es un desenganchador que libera mecánicamente la energía almacenada en un resorte, un contrapeso o todo otro sistema análogo, para el cierre del interruptor.

C-20. Desenganchador de apertura: es un desenganchador que libera mecánicamente la energía almacenada en un resorte, o un contrapeso o todo otro sistema análogo para la apertura de un intervalo.

C**-21. Desenganchador a falta de tensión**: es un desenganchador que permite la apertura automática del interruptor, si la tensión en los bornes de un circuito principal es suprimida o reducida.

C-22. Desenganchador a sobre-corriente: es un desenganchador que permite la apertura automática del interruptor, si la corriente en uno de los polos de su circuito principal pasa un valor predeterminado.

C-23. Desenganchador a sobre-corriente con temporización independiente: es un desenganchador a sobre-corriente que funciona después de un tiempo predeterminado, que puede ser regulable pero que es independiente de la magnitud de la corriente.

C-24. Desenganchador a sobre-corriente con temporización inversa: es un desenganchador a sobre-corriente, que funciona después de un tiempo que depende inversamente de la magnitud de la corriente, este desenganchador puede ser construido de tal modo, que el retardo se acerque a un valor mínimo definido para valores elevados de corriente.

C-25. Desenganchador serie: es un desenganchador a sobre-corriente alimentado por la corriente que circula por el interruptor o por el devanado secundario de un transformador de corriente, cuando el devanado primario del mismo es recorrido por la corriente que circula por el interruptor.

C-26. Desenganchador serie directo o serie primario: es un desenganchador alimentado directamente por la corriente que pasa por el interruptor.

C-27. Desenganchador serie por transformador de corriente o serie secundario: es una desenganchadora serie alimentada por el secundario de un transformador de corriente, cuando el primario es recorrido por la corriente que pasa por el interruptor.

C-28. Desenganchador derivación: es un desenganchador alimentado por una fuente de tensión, que puede o no se independiente de la tensión del circuito en el cual el interruptor está conectado.

C-29. Dispositivo antibombeo: es un dispositivo que impide a un interruptor con cierre por fuente de energía, cerrarse nuevamente luego de una apertura automática, si el comando de cierre se mantiene.

C-30. Contactos auxiliares: son dispositivos cuyo funcionamiento está ligado al interruptor, que provocan el cierre o la apertura de contacto para el comando de

circuitos conteniendo aparatos auxiliares como bobinas, lámpara, señales de alarma, etc.

C-31. Nivel de aislación: es la combinación de los calores de la tensión nomina máxima de u interruptor y las tensiones sin descargas a impulso y la frecuencia industrial correspondientes, que caracteriza en su conjunto la aislación desde el punto de vista de su aptitud para soportar las solicitaciones eléctricas. Para simplificar, el nivel de aislación de un interruptor se expresa por su tensión nominal máxima u por su tensión sin descargas a impulso.

C-32. Tensión sin descargas a frecuencia industrial: es el valor eficaz de la tensión alterna sinusoidal a la frecuencia de 50 c/s, que la aislación del interruptor debe soportar sin que se produzcan descargas en condiciones de ensayo especificadas en la norma IRAM 2209.

C-33. Tensión sin descargas a impulso: es el valor de amplitud de onda de impulso normalizado, que la aislación del interruptor debe soportar sin que se produzcan descargas en condiciones de ensayo especificadas en la norma IRAM 2209.

C-34. Valores nominales: son los valores indicados por el fabricante, y a los cuales se refieren las características de empleo y funcionamiento.

C-35. Tensión nominal de un interruptor: es el valor eficaz de la tensión a la cual se refieren sus condiciones de empleo y funcionamiento.

C-36. Tensión nominal máxima de un interruptor: es el valor eficaz de la tensión más elevada para el cual está previsto su uso.

C-37. Corriente en servicio continuo de un interruptor: es el valor eficaz de la corriente que debe ser capaz de soportal el interruptor en forma permanente a su frecuencia nomina, en las condiciones de ensayo especificadas en la norma IRAM 2208, sin que el calentamiento de sus diferentes partes excedan los valores establecidos en la presente norma siempre que, si el interruptor está dotado de desenganchadores serie directos, de transformadores de corriente, etc., estos aparatos tengan la misma corriente nominal que aquel.

C-38. Corriente en servicio continuo de un accesorio conectado en serie con el interruptor: la corriente en servicio continuo de un accesorio conectado en serie con el interruptor, tal como un desenganchador serie directo, transformador de corriente, etc., es el valor eficaz de corriente que dicho accesorio es capaz de soportar indefinidamente a la frecuencia nominal, en las condiciones d ensayo especificadas en la norma IRAM 2208, sin que el calentamiento de las diferentes partes exceda los valores establecidos en la presente norma.

C-39. Frecuencia de un interruptor: es la frecuencia a la cual se refieren sus condiciones de empleo y funcionamiento.

C-40. Poder de interrupción: son los que indican en los aparatos a) y b) de este párrafo, que corresponden a la tensión nominal y tensión nominal máxima definida, y en las condiciones especificadas en las normas IRAM 2210:

a) poder de ininterrupción simétrico nominal es la corriente simétrica que cada polo del interruptor es capaz de interrumpir.

b) poder de interrupción asimétrico nominal es la corriente asimétrica que cualquier polo del interruptor puede interrumpir.

Nota:

Cada poder de interrupción, puede por comodidad, expresarse en MVA. Es entonces igual al producto del poder de interrupción nominal expresado en kilo ampere (kA) por la tensión nominal expresada en kilovolt (kV) por el coeficiente relativo al tipo de circuito para el cual está previsto.

El coeficiente es igual a:

1 para circuitos monofásicos

1,73 para circuitos trifásicos (raíz cuadrada de tres)

2 para circuitos bifásicos

En ausencia de otra convención deben ser satisfechas las condiciones siguientes:

1) El poder de interrupción expresado en ampere (o kA) es inversamente proporcional a la tensión para todas las tensiones comprendidas entre la tensión nominal y la tensión nominal máxima (que están indicadas en la placa de características), es decir, que entre esas dos tensiones el poder de interrupción expresado en MVA permanece constante.

2) Para tensiones inferiores a la tensión nominal, el poder de interrupción expresado en ampere (o kA), permanece constante y es el que corresponde a tensión nominal.

3) Para tensiones superiores a la tensión nominal máxima, no se garantizaran ningún poder de interrupción.

Nota:

Cuando está indicando un solo poder de interrupción simétrico nominal (en ampere o kA) y un solo poder de interrupción asimétrico nominal (en ampere o kA) se entiende que esos valores corresponden a la tensión nominal máxima, indicada en la placa de características.

C-41. Tensión nominal de alimentación de un circuito auxiliar: es el valor de la tensión para el cual están determinadas las condiciones de funcionamiento, calentamiento y aislación de ese circuito. Nota: por la tensión de alimentación de un circuito auxiliar debe entenderse la medida en los bornes de ese circuito, durante el funcionamiento del mismo, comprendiendo las resistencias auxiliares si existen o cualquier accesorio, entregado o no por el fabricante, que debe ser conectado en serie con ese circuito, no así los conductores de la canalización eléctrica de alimentación.

C-42. Frecuencia nominal de alimentación de un circuito auxiliar: es la frecuencia para la cual están determinadas las condiciones de funcionamiento y de calentamiento de ese circuito.

C-43. Presión nominal de alimentación de aire comprimido: es, en interruptores con soplado de los arcos de aire, bajo presión, o con un órgano de comando neumático, la presión para la cual están determinadas las condiciones del soplado de los arcos o del

funcionamiento del órgano comando. Nota: para los interruptores dotados de un recipiente de aire es necesario entender por presión de alimentación la presión medida en el recipiente, inmediatamente antes del funcionamiento del interruptor.

C-44. Corriente nominal de un desenganchador a sobrecorriente: es en un desenganchador a sobrecorriente, el valor de corriente que se utiliza para designarlo y para el cual están determinados las condiciones de funcionamiento y calentamiento del desenganchador.

C-45 Elevación de la Temperatura: es, en un elemento del interruptor la diferencia de entre su temperatura y la temperatura ambiente, estando las dos medidas en las condiciones de la norma IRAM 2208.

D. Característica Nomínales

Tensión Nominal:

D-1 La tensión nominal deberá ser elegida entre los valores normalizados de la columna uno de la tabla que a continuación se describe.

Tensión Nominal Máxima:

D-2 La tensión nominal máxima correspondiente a cada tensión nominal, se tomara de acuerdo a los valores de la columna dos de la tabla que a continuación se describe:

Tensión Nominal (KV.)	Tensión Nominal Máxima (KV.)
3,3	3,6
6,6	7,2
13,2	15
33	36
66	72,5
132	145

Tabla 2

Corriente Nominal:

D-3 La corriente nominal en servicio continuo deberá elegirse preferentemente entre los siguientes valores:

400	630	800	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000

Tabla 3

Cuando es necesario emplear valores mayores de corriente nominal en servicio continuo, se seguirá la Norma IRAM 2013 Intensidades Normales de Corriente.

Frecuencia Nominal

D-4 El valor de la frecuencia nominal será de 50 ciclos por segundo.

Poder de Interrupción Nominal

D-5 El poder de interrupción simétrico nominal expresado en MVA., deberá ser elegido preferentemente entre los siguientes valores.

50	100	150	250	350	500	750	1.000
1.500	2.500	3.500	5.000	7.500	10.000	15.000	25.000

Tabla 4

D-6 Valores Nominales y Coordinación entre los Valores Nominales. Los valores nominales y la coordinación entre los valores nominales se tomarán de acuerdo a los valores indicados en la siguiente Tabla 5.

VALORES NOMINALES								
Tensiones		Poder de Interrup	Corrientes Nominales en Servicio Continuo					
Tensión Nominal	Tensión Nominal Máxima							
Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4					
3,3	3,6	50	400	600	800 (1)		1600	2500
		150				1250		
		250				1250		
6,6	7,2	100	400					2500
		150	400	630	(800)	1250		
		250		630	(800)	1250		
		350		630	(800)	1250	1600	
		500				1250	1600	
13,2	15	150	400	630	(800)			
		250	400	630	(800)	1250		
		350		630	(800)	1250		
		500		630	(800)	1250		
		750		630	(800)	1250		
		1000				1250	1600	
33	36	350	400	630	(800)			2500
		500	(400)	630	(800)			
		(750)	400		(800)	1250		
		1000		630	(800)	1250		
		1500				1250	1600	
		2500				1250	1600	
66	75,5	750		630	(800)			
		1000		630	(800)			
		1500		630	(800)	1250		
		2500				1250	1600	
132	145	1500		630				
		2500		630				
		3500			800	1250		
		5000			800	1250		
		7500				1250	1600	
		10000					1600	

Tabla 5

1.- Los valores (800) y (400) Amperes escritos entre paréntesis son alternativos a 630 A.

2.- El valor 750 escrito entre paréntesis es una alternativa de 1000.

Circuitos Auxiliares

La tensión de alimentación en vacío de un circuito auxiliar no deberá superar el 120 % de la tensión nominal de alimentación de este circuito.

D-36 Todos los interruptores a maniobra mediante fuente de energía, excluidos los de aire comprimido, deberán ser provistos de un dispositivo de maniobra auxiliar, para realizar las operaciones de apertura y de cierre en ausencia de la fuente de energía prevista normalmente. Para tal dispositivo auxiliar, no se requiere ningún poder de cierre.

Dispositivo de Apertura

D-37 Todos los dispositivos de apertura deberán poder provocar la apertura del interruptor, aun cuando al fin de la carrera de cierre permanezca al comando de cierre.

Indicador de Posición

D- 38 Todo interruptor deberá tener un indicador de su posición (abierta o cerrada) bien visible y conectada mecánicamente al interruptor.

Placa de Característica

D-39 En la placa de característica del interruptor deberán indicarse los siguientes datos:

- La marca registrada o nombre y apellido o razón social del fabricante o del responsable de la comercialización del producto, (representante, fraccionador, vendedor, importador etc.)
- Tipo constructivo (interior o exterior)
- Número de serie
- Frecuencia Nominal
- Tensiones nominales
- Nivel de aislamiento nominal
- Corriente nominal
- Poder de interrupción Nominal
- Poderes de cierre nominales, si es distinto a 2, 5 veces los poderes de interrupción nominal Norma IRAM 2210
- Corriente de corta duración nominal, si es distinta de un segundo, Norma IRAM 2210
- Ciclo de operación nominal, Norma IRAM 2210
- Indicar que responde a la Norma IRAM 2051

- Frecuencia nominal de los dispositivos eléctricos
- Tensión nominal de los dispositivos eléctricos
- Corriente nominal de los dispositivos eléctricos
- Presión nominal de los dispositivos eléctricos

Ensayo de Seccionadores de Corriente Alterna y de Seccionadores de Puesta a Tierra

Intensidad de Sobrecarga: Los Seccionadores deberán soportar durante un segundo, sin sufrir deformaciones permanentes, una intensidad de sobrecarga igual a 2,5 veces la intensidad nominal.

Cuando no se disponga de esa intensidad se podrá realizar el ensayo de mayor duración, pero no mayor a diez segundos, empleando una intensidad de sobrecarga de menor valora I = 2,5 In/ t

Intensidad de Limite dinámico: El seccionador deberá soportar una intensidad de valor cresta igual a 2,5 veces el valor eficaz de la intensidad de sobrecarga, sin que se produzcan deformaciones permanentes ni disminuya la capacidad de conducir corriente nominal.

Ensayo de Calentamiento: Este se realiza haciendo circular corriente nominal por el seccionador cerrado, el tiempo necesario para que se estabilice la temperatura del circuito, este se considera estable cuando la variación de la misma no es mayor de 2 ºC. por hora.

Ensayos Dieléctricos

Los ensayos que describiremos a continuación se realizan con tensiones de impulso de polaridad negativa y positiva en un número igual a 15 ondas como así también tensiones de frecuencia industrial bajo lluvia y en seco durante sesenta segundos.

Aislación a Masa: El seccionador deberá soportar sin lugar a descargas las tensiones indicadas por la Norma 2209. Los ensayos se realizan con el seccionador cerrado aplicando la tensión entre un borne y masa y también con el seccionador completamente abierto aplicando sucesivamente la tensión entre los bornes de entrada como los de salida y masa.

Aislación entre Polos: El seccionador deberá soportar, sin que se produzcan descargas la tensión de la norma IRAM 2209 entre polos contiguos con el seccionador abierto.

Aislación del Seccionador: Se dispondrá del seccionador con la cuchilla o brazo móvil de contacto dispuesto de modo que la suma de distancia entre los contactos fijos y móviles sea 8/10 de la posición de apertura normal. Se conectará uno de los bornes a tierra y se aplicará sobre el otro borne la tensión especificada por Norma IRAM no debiendo producirse ninguna descarga. A continuación se procederá a aumentar gradualmente la tensión hasta que se produzca la descarga, la que nunca deberá producirse entre los bornes de entrada y salida ni sobre la distancia del

- **Interruptores para Corriente Alterna para Tensiones superiores a 1 KV.**

Norma IRAM 2208

Especificaciones relativas al calentamiento

A-1 Las definiciones y especificaciones relativas al funcionamiento en condiciones normales se especifican en la Norma IRAM 2051.

A-2 Las especificaciones relativas a la aislación se establecen en la Norma IRAM 2209.

A-3 Las especificaciones relativas a las condiciones de cortocircuito se establecen en la Norma IRAM 2210.

A-4 Las especificaciones correspondientes a la selección y al mantenimiento del interruptor según el servicio se establecen en la Norma IRAM 2219.

Alcance de la Norma

B-1 Esta norma se aplica a los interruptores de corriente alterna para tensiones mayores a 1 Kv. , frecuencias de 50 ciclo, diseñados para funcionar bajo condiciones normales de servicio, o sea a temperaturas ambientes que no excedan los 40 ºC., y cuyo valor medio, en un período de 24 horas no exceda los 35 ºC. y alturas no superiores a los 1000 metros sobre el nivel del mar.

B-2 La presente norma no detalla las condiciones de servicio temporario o intermitente concerniente a los circuiros principales de los interruptores.

Requisitos Especiales

E-1 El calentamiento de cualquier parte del interruptor ensayado según G-1 a G-16 no deberá exceder los valores especificados en la tabla.

E-2 Si la aislación de una bobina está constituida por varias capas de material aislante, el calentamiento de la bobina deberá ser tomado como el del material aislante con el límite más bajo de calentamiento.

E-3 La resistencia medida en el ensayo de rutina no deberá exceder el más bajo de los dos valores 1,5 Ru y Ru T/Tu. Ru resistencia medida durante el ensayo del tipo correspondiente.

Tu: calentamiento medido en el lugar más caliente del circuito principal durante el ensayo de tipo.

T: El calentamiento máximo en el punto más caliente del circuito principal según lo especifica la tabla.

G. Métodos de Ensayo

Ensayos de Calentamiento

G-1 Los ensayos de calentamiento realizados para verificar el calentamiento de cualquier parte del interruptor se clasifican en ensayos de tipo y ensayos de rutina, según se indican a continuación.

Ensayos de Tipo

- Ensayo de calentamiento del circuito principal
- Ensayo de calentamiento en los circuitos auxiliares
- Medida de la resistencia del circuito principal.

Ensayos de Rutina

Medida de la resistencia del circuito principal.

Ensayos de Tipo

Ensayos de Calentamiento de los Circuitos Principales

G-1 El ensayo de calentamiento de los circuitos principales se realiza sobre un interruptor nuevo.

G- 2 El interruptor y sus órganos auxiliares se montan aproximadamente, como en condiciones normales de servicio y se protegen contra los calentamientos o enfriamientos externos.

G- 3 Las conexiones provisorias de los circuitos principales se realizan de forma tal, que ninguna cantidad apreciable de calor sea intercambiada desde o hacia el interruptor durante el ensayo. En caso de duda se mide el calentamiento a los bornes del circuito principal y en la conexión provisoria, a una distancia de un metro; la diferencia de temperatura no debe ser mayor a 5 ºC.

G- 4 Para un interruptor no instalado con accesorios conectados en serie, de la misma intensidad de corriente que la del interruptor, el ensayo se realiza con la intensidad nominal del interruptor.

G- 5 Para un interruptor instalado con accesorios conectados en serie, de una intensidad de corriente nominal menor que la del interruptor, se realizan los dos ensayos que a continuación se detallan:

- Un ensayo del interruptor conectado con accesorios en serie, de la misma intensidad de corriente nominal del interruptor, realizado con la intensidad de corriente nominal del interruptor.
- Un ensayo del interruptor conectado con accesorios previstos de instalación, realizado con la intensidad de los accesorios.

Ambos ensayos se realizan a frecuencia nominal del interruptor. Si los accesorios pueden ser separados del interruptor y si el calentamiento del interruptor y de los accesorios no tiene una influencia mutua apreciable, el ensayo puede ser reemplazado por uno realizado en el accesorio solo.

G- 6 Cada ensayo se realiza durante un intervalo de tiempo suficiente como para que el calentamiento alcance un valor constante, para los propósitos prácticos, esta condición se cumple cuando la variación de temperatura no exceda de 1 ºC / hora.

G- 7 Los ensayos de calentamiento deben ser realizados antes de efectuar los ensayos de capacidad de ruptura y de cierre especificados por la Norma IRAM 2210. Ensayos de Calentamiento de los Circuitos Auxiliares conectados en Paralelo

G- 8 Los ensayos se realizan con la fuente natural de alimentación de corriente continua o alterna a su frecuencia nominal.

G- 9 Los circuitos y aparatos auxiliares con fuente independiente de alimentación deben ser ensayados a una tensión igual a la tensión nominal de alimentación.

G- 10 Los circuitos y aparatos auxiliares con fuente dependiente de alimentación deben ser ensayados a una tensión que corresponda a la tensión nominal máxima del interruptor, indicada en la placa característica.

G- 11 Los circuitos previstos para un funcionamiento continuo se ensaya en un periodo de tiempo suficiente para que el calentamiento alcance un valor constante. Esta condición se obtiene prácticamente cuando la variación de temperatura no exceda de 1 ºC. / Hora.

G- 12 Para los circuitos de enganche y desenganche energizados únicamente durante las operaciones de apertura y cierre, los ensayos se realizan bajo las siguientes condiciones:

- Cuando el interruptor tiene un dispositivo automático de interrupción del circuito al final de la operación, el circuito se energiza diez veces y el intervalo de tiempo entre cada energización debe ser de dos segundos.
- Cuando el interruptor no tiene un dispositivo automático de interrupción del circuito al final de la operación, el circuito se energiza diez veces y el intervalo de tiempo entre cada energización debe ser de dos segundos, siendo la duración de cada energización de 1 segundo y luego del enfriamiento completo se lo energiza un vez durante 15 segundos.

Medida de la Temperatura de las partes del Interruptor bajo Ensayo

G- 13 Para las bobinas se emplea el método de medida del calentamiento por variación de temperatura.

G- 14 Para medir el calentamiento de los conductores se utiliza termocuplas o termómetros de tipo conveniente, ubicados accesible de mayor temperatura.

G- 15 La temperatura del aceite o agua, en interruptores que lo utilicen, se mide en la parte superior del líquido.

G- 16 Al realizar las mediciones con termocupla o termómetros deben tenerse las siguientes consideraciones:

- El bulbo de los termómetros debe ser protegido contra enfriamiento exterior con lana limpia y seca, debiendo el área protegida ser despreciable comparada con el área de enfriamiento de los aparatos en ensayo.

- Debe asegurarse una buena conductividad térmica entre el termómetro, la termocupla y la superficie de la parte bajo ensayo.

Medida de la Temperatura Ambiente

G- 17 La temperatura ambiente considerada como la temperatura media que rodea al aparato completo, para interruptores cerrados se considera la temperatura del aire exterior a la cubierta, se mide durante el último cuarto de hora del periodo de ensayo mediante tres termómetros, igualmente distribuidos alrededor del interruptor a la distancia de un metro y a la mitad de altura.

G- 18 Los termómetros deben estar protegidos contra corrientes de aire y radiación del calor.

G- 19 La temperatura ambiente durante el ensayo, debe ser mayor de 10 ºC. y menor de 40 º C. No debe realizarse ninguna corrección para temperaturas ambientes comprendidas entre estos valores.

G- 20 La medición se realiza comparativamente entre el interruptor empleado en el ensayo de tipo que se destina al ensayo de calentamiento y cualquier otro interruptor del mismo tipo.

G- 21 La medición puede ser realizada con corriente continua, determinando la caída de tensión o midiendo la resistencia a través de los terminales de cada polo.

G- 22 Si la intensidad nominal de corriente en servicio es mayor de 100 Amper, durante el ensayo el valor de la intensidad debe estar comprendido entre 100 Amper y la intensidad nominal.

G- 23 La medición de la caída de tensión con corriente continua o de resistencia se realiza antes del ensayo de calentamiento.

G- 24 El valor hallado de la caída de tensión de corriente continua o de resistencia debe suministrarse en el informe del ensayo de tipo, lo mismo que las condiciones generales durante el ensayo, intensidad de corriente, temperatura ambiente, etc.

Naturaleza de la Parte o del Líquido		Temperatura	
		Máxima ° C.	Calentamiento a una Temperatura ambiente que no exceda los 40 ° C
1	Contactos de cobre en aire plateados	105	65 (I)
2	Contactos de cobre en aire no plateados	75	35
3	Contactos de cobre en aceite plateados	90	50
4	Contactos de cobre en aceite no plateados	75	35
5	Terminales de los interruptores destinados a ser conectados a conductores externos por tornillos o bulones	85	45
6	Partes metálicas que actúan como resortes	75 (II)	35
7	Partes metálicas en contacto con aislación para Clase A, materiales sumergidos en aceite o impregnados	100	60
8	Clase B en aire	130	90
9	Clase B en aceite	100	60
10	Pintura esmalte a base de aceite sintético en aire	120	80
11	Pintura esmalte a base de aceite sintético en aceite	100	60
12	Aceite para interruptores en Aceite	80	40
13	Agua para cámara de extinción en interruptores con corte de agua	70	30

Tabla 6

(I) Cuando se utiliza esta temperatura debe cuidarse de no dañar los materiales aislantes de los alrededores.

(II) La temperatura no debe alcanzar un valor tal que la elasticidad del material sea modificable para el cobre puro, lo anterior implica una temperatura máxima de 75 ºC,

- **Interruptores para Corriente Alterna para Tensiones superiores a 1 KV.**

  A. Norma IRAM 2209

Especificaciones relativas a la aislación

A-1 Las definiciones y especificaciones relativas al funcionamiento en condiciones normales se especifican en la Norma IRAM 2051.

A-2 Las especificaciones relativas al calentamiento se establecen en la Norma IRAM 2208.

A-3 Las especificaciones relativas a las condiciones de cortocircuito se establecen en la Norma IRAM 2210.

A-4 Los valores de las tensiones e prueba se establecen en la norma IRAM 2211.

A- 5 La medición de las altas tensiones alternas se establecen en la norma IRAM 2044.

A- 6 Las características del explosor de esferas se establece en la norma IRAM 2018.

A-7 Las recomendaciones para la selección y al mantenimiento del interruptor según el servicio se establecen en la Norma IRAM 2216.

B. Alcance de la Norma

B-1 Esta norma se aplica a los interruptores de corriente alterna, de frecuencias de 50 ciclos, destinados a ser utilizados en instalaciones de tensiones mayores a 1 Kv. en condiciones normales de servicio.

B-2 La presente norma es aplicable a los interruptores a ser utilizados en instalaciones expuestas a sobre tensiones.

B- 3 La presente norma se aplica a los interruptores destinados a ser utilizados en altitudes que no excedan los 1000 metros de altura sobre el nivel del mar, y en regiones con climas templados. Los interruptores destinados a ser utilizados en altitudes mayores o en clima tropical, se encuentran sujetos a requerimientos especiales que pueden ser objeto de convenios previos.

B- 4 La presente norma establece:

- Las características de aislación de los interruptores.
- Los niveles de aislación.
- Los ensayos destinados a verificar los niveles de aislación y las condiciones bajo las cuales deben realizarse dichos ensayos.
- Las indicaciones que deben poseer las placas de características indicando su nivel de aislación.

C. Definiciones

C- 1 Nivel de aislación: Es, en un interruptor la combinación de valores de su tensión nominal máxima y las tensiones correspondientes sin descargas a impulso y a frecuencia industrial, que caracterizan en su conjunto a la aislación del interruptor desde el punto de vista de su aptitud a soportar las solicitaciones eléctricas. Para simplificar el nivel de aislación de un interruptor se expresa por su tensión nominal máxima y por su tensión sin descargas a impulso.

C- 2 Tensión sin descarga de Impulso: Es el valor de la amplitud de la onda de impulso normalizado que la aislación del interruptor debe soportar sin que se produzca descarga en las condiciones de ensayo especificadas en esta norma.

C- 3 Tensión sin descarga a frecuencia industrial: Es el valor eficaz de la tensión alterna sinusoidal a la frecuencia de 50 ciclos por segundo que la aislación del interruptor debe soportar sin que se produzca descarga en las condiciones de ensayo especificadas en esta norma.

C- 4 Interruptor para Interiores: Es el interruptor previsto para el montaje en el interior de un edificio o de un lugar cubierto, donde la aislación se encuentra protegida de la lluvia, nieve, depósitos anormales de polvo y condensación anormal incluyendo rocío y escarcha.

C- 5 Interruptor para exteriores: Es el interruptor previsto para instalación al aire libre y cuya aislación externa es capaz de soportar los efectos de la lluvia, nieve, depósitos anormales de polvo y condensación anormal incluyendo rocío y escarcha.

C- 6 Instalación expuesta a sobretensiones: Es la instalación en la cual los aparatos están sujetos a sobretensiones de origen atmosféricas.

C- 7 Instalaciones no expuesta a sobretensiones: Es una instalación en la cual el material y /o los equipos no están sujetos a sobretensiones de origen atmosféricas.

C- 8 Sistema con neutro aislado: Es un sistema cuyo neutro no tiene ninguna conexión intencional a tierra, salvo las que se puedan establecer a través de los aparatos de señalización, medición, protección de gran impedancia.

C- 9 Sistema con neutro conectado a tierra a través de bobina de extinción: Es un sistema cuyo neutro está unido a tierra a través de una bobina cuya reactancia es de valor tal que, en caso de una falla entre una fase y tierra, la corriente inductiva a frecuencia industrial que circula entre la falla y la bobina compensa la componente capacitiva de la frecuencia fundamental de la corriente de falla.

C- 10 Sistema con el punto neutro a tierra: Es un sistema cuyo punto neutro está unido a tierra ya sea directamente o mediante una resistencia o una reactancia de valor suficientemente pequeño para reducir las oscilaciones transitorias y dejar pasar una intensidad de corriente suficiente para la protección selectiva de tierra. Se clasifican en Sistemas con neutro puesto efectivamente a tierra y Sistemas con neutro no puesto efectivamente a tierra.

C- 11 Sistema con neutro efectivamente a tierra: Es un sistema caracterizado en un lugar determinado por un coeficiente de puesta a tierra en ese punto, que no puede sobrepasar el 80 %. Esta condición se cumple aproximadamente cuando la relación de la reactancia homo polar a la reactancia directa es inferior a 3 y la relación de la reactancia homo polar a la resistencia directa de uno para todas las configuraciones del sistema.

C- 12 Sistema con neutro no puesto efectivamente a tierra: Es un sistema caracterizado en un lugar determinado de una red por un coeficiente de puesta a tierra en ese punto que puede sobrepasar el 80 %.

C- 13 Coeficiente de puesta a tierra: Es la relación expresada en por ciento de la tensión más elevada a la frecuencia del sistema entre una fase sin falla y tierra en un lugar determinado durante un defecto a tierra que afecte a una o varias fases, son respecto a la tensión eficaz entre fases a la frecuencia del sistema que se obtendría en el mismo lugar si se eliminara la falla.

D. Condiciones Generales

Coeficiente de Puesta Tierra

D- 1 En general se supondrá que la falla se producen un lugar para la cual se calcula el coeficiente, pero en ciertos casos particulares, que se encontrarán sobre todo cuando el coeficiente de puesta a tierra sobrepase el 100 % se deberá determinar el efecto de otras ubicaciones de falla, sobre la tensión más elevada que puede aparecer con respecto a tierra.

D- 2 Se utilizará el más elevado de los coeficientes correspondientes a las diferentes configuraciones del sistema que se presentan en la práctica. Para algunos sistemas determinados podrá bastar un único coeficiente para caracterizarlo. Generalmente se calculará el coeficiente en función de la impedancia de las diferentes series de redes empleando para los generadores las reactancias subtransitorias.

Especificaciones de la aislación

D- 3 Los valores característicos que deberán ser utilizados para especificar el nivel de aislación de un interruptor serán los siguientes:

- La tensión más elevada
- La tensión de impulso que debe soportar sin descargas
- La tensión de ensayo a frecuencia industrial.

Estos valores serán incluidos en la placa ce características indicando también si el interruptor es para interior o para exterior.

Nivel de Aislación Nominal

D- 4 El nivel de aislación nominal de un interruptor deberá ser elegido de la tabla que indica también el correspondiente ensayo de tensión a frecuencia industrial:

Tensión Nominal entre Fases	Tensión máxima entre fase	Tensión de Ensato a Impulso ONDA positiva y Negativa. Ensayo de tipo y de Rutina Cresta	Tensión de Ensayo a Frecuencia Industrial	
Un (Kv)	Um (Kv)	(Kv)	Ensayo Tipo	Ensayo Rutina
3,3	3,6	45	21	16
6,6,	7,2	60	27	22
13,2	14,5	95	39	34
33	36	175	75	70
66	72,5	125	140	140
132	145	(a)650 (b) 550	(a) 275	(b)230

Tabla 7

(a) A plena aislación; (b) a aislación reducida

Los valores correspondientes a plena aislación se aplicaran a los aparatos instalados con neutro aislados o sistemas con neutro a tierra a través de una bobina de extinción o sistema con neutro no puesto efectivamente a tierra.

Los valores correspondientes a la aislación reducida pueden ser utilizados únicamente si las condiciones son de neutro efectivamente puesto a tierra y equipo de protección adecuado.

E. Requisitos Especiales

E- 1 Realizado el ensayo según G 9 a G 14 aplicando cinco ondas consecutivas no se debe observar perforación ni descargas disruptivas.

E- 2 Realizado el ensayo según G 9 a G 14, si ocurre perforación disruptiva, o si en dos o más ondas aplicadas suceden descargas disruptivas se considera que el interruptor no ha soportado la prueba.

E- 3 Si en una o más de las ondas aplicadas según G 9 a G 14 ocurre descarga disruptiva, se aplicarán diez ondas adicionales, no debiéndose observar en ninguna de las pruebas, descargas o perforación Tensión de Frecuencia Industrial

E- 4 Realizado el Ensayo según G 15 a G 24 no se observará perforación ni descargas disruptivas. Circuitos Auxiliares

E- 5 Realizado el Ensayo según G 25 a G 27 no se observará perforación ni descargas disruptivas.

F. Inspección y Recepción

General

F- 1 El nivel de aislación de los interruptores se verificará mediante los ensayos de tipo y de rutina realizados según G 1 a G 27.

Ensayos de Tipo

F- 2 Los ensayos de tipo se realizan sobre un prototipo de la fabricación e incluyen los siguientes:

- Ensayo de Tensión de Impulso en seco (G 9/14)
- Ensayo de un minuto con tensión a frecuencia industrial en seco (G 15/18)
- Ensayo con tensión a frecuencia industrial, mojado 1 minuto (realizarlos solo a interruptores para exteriores (G 19/24)

Ensayos de Rutina

F- 3 Los ensayos de rutina se realizan a todos los interruptores de una orden y comprenden el ensayo de un minuto con tensión a frecuencia industrial en seco (G 15/18)

G. Métodos de Ensayos

G- 1 Los ensayos deben ser realizados a temperatura ambiente lo más cercano a los 20 º C. y a una presión barométrica tan cercano en lo posible a los 780 mm. de mercurio.

G- 2 Cuando la densidad del aire ambiente, al realizar los ensayos, es menor que la resultante de los valores indicados en G- 1 y existe por lo tanto el riesgo de descargas disruptivas extremas, la tensión especificada para el ensayo se multiplica por un coeficiente f dado por la siguiente expresión f = 0,386 x b 273 + t b = presión del aire, en milímetros de mercurio t = temperatura del aire en º C.

G-3 Los ensayos en seco deben ser realizados en una atmósfera que tenga una humedad absoluta tan cerca como sea posible de los 11 gramos de vapor de agua por metro cúbico.

G- 4 Cuando la humedad absoluta de la atmósfera difiera del valor establecido en G- 3 y exista por lo tanto riesgo de descargas disruptivas extremas, las tensiones de ensayo deben ser corregidas multiplicando los valores especificados por un factor de corrección obtenidos de las curvas de corrección.

G- 5 La humedad debe ser medida por medio de un psicrómetro, Termómetro de Bulbos húmedo y seco.

Estado del interruptor durante el Ensayo

G- 7 Los ensayos para verificar los niveles de aislación se realizan sobre interruptores nuevos.

G- 8 Cuando el fabricante especifique que es necesaria una aislación suplementaria, tal como cintas separadores para ser utilizadas en servicios, esta aislación suplementaria debe ser utilizada en el ensayo. Ensayo con Tensión de Impulso

G- 9 Todo interruptor interior o exterior para ser utilizados en instalaciones expuestas a sobretensiones se somete a la prueba con tensiones de impulso con la tensión establecida en D- 2. Estos ensayos se realizan como ensayos de tipo en seco.

G- 10 La forma de la tensión de ensayo a aplicarse se especifica en la Norma IRAM 2069.

G- 11 Durante el ensayo un terminal del generador de tensión de impulso debe ser conectado a tierra y a la carcasa del interruptor.

G- 12 Se aplican cinco ondas consecutivas. Si no ocurre perforación o descargas disruptivas se considera que el aparato ha pasado la prueba. Si ocurre perforación o si en dos o más de los ensayos ocurren descargas disruptivas, se considera que el aparato no ha pasado la prueba. Si en uno de los ensayos ocurren descargas disruptivas, se aplicaran 10 ondas de choque adicional.

G- 13 Se realiza el ensayo según G- 12 aplicando las ondas positivas y negativas. Cuando una polaridad tiene menor tensión de ruptura, es suficiente realizar el ensayo con esta polaridad.

G- 14 Se registra el valor de cresta y la forma de onda de la tensión aplicada mediante un osciloscopio de rayos catódicos calibrado con un divisor de tensión.

Ensayo con Tensión a Frecuencia Industrial en Seco

G- 15 Se realiza el ensayo con una forma de onda sinusoidal, cuyo valor de cresta es igual a la raíz cuadrada de dos veces el valor especificado en D- 2 y a la frecuencia de 50 ciclos por segundos.

G- 16 La tensión de ensayo se mide directamente por medio de un explosor de esferas según norma IRAM 2038, o mediante un instrumento de medición calibrado con un explosor de esferas.

G- 17 La tensión de ensayo se incrementa rápidamente hasta el 25 % de la tensión especificada y luego se incrementa durante 5 segundos hasta el valor pleno de la tensión. La tensión especificada en D- 2 se mantiene durante un minuto y luego se desconecta.

G- 18 Durante el ensayo, un terminal del transformador de prueba se conecta a tierra y a la carcasa del interruptor. El circuito de ensayo, transformador con aparato regulador de tensión, debe tener una corriente de corto circuito d por lo menos 0,2 Amper. Se permite controlar la amplitud de la corriente con una tolerancia de alrededor de una décimo de la tensión aplicada. Ensayo con Tensión a Frecuencia Industrial Bajo Lluvia

G- 19 Los interruptores para exterior se someten a ensayo de tipo con tensión a industrial bajo lluvia en las mismas condiciones de ensayo que las especificadas en G 15 / 18.

G- 20 Durante el ensayo, el interruptor debe estar sujeto además a una lluvia artificial formando un ángulo de 45º con la vertical y con una intensidad de 3 mm. +/- 0,1 por minuto.

G- 21 La temperatura del agua debe ser prácticamente la misma que la del ambiente y en ningún momento menor a 10 º C. La resistividad volumétrica del agua debe estar comprendida entre 9000 y 11000 ohm por centímetro cúbico medida a temperatura del agua usada durante el ensayo.

G- 22 La lluvia artificial debe ser finamente dividida y de un pulverizado razonablemente uniforme.

G- 23 Antes de aplicar la tensión de ensayo, el interruptor debe estar sujeto a la lluvia artificial durante un tiempo suficiente, por lo menos un minuto, hasta obtener condiciones estables.

G- 24 Debe cuidarse que la totalidad de la aislación del interruptor bajo ensayo se encuentre uniformemente rociada de agua y las condiciones de rociado permanezcan durante el ensayo.

Ensayo de los Circuitos Auxiliares

G- 25 Los circuitos auxiliares de todos los interruptores se someten al ensayo de prueba con tensión a frecuencia industrial realizado según se indica a continuación Entre los circuitos auxiliares conectados juntos en su totalidad a la carcasa del interruptor. Si es aplicable, pueden realizarse entre cada parte del circuito auxiliar que está aislada en el uso normal de las otras partes conectadas juntas a la carcasa.

G- 26 Para todos los circuitos auxiliares excepto aquellos conectados a los bobinados secundario de los transformadores de corriente, el valor eficaz de la tensión de ensayo debe ser igual a dos veces la tensión nominal de alimentación más 1000 voltios con un mínimo de 1500 voltios.

G- 27 Para los circuitos auxiliares conectados al bobinado secundario de transformadores de corriente la tensión de ensayo debe ser de 2500 voltios.

1. Gama Competitiva Internacionalmente

Ensayados conforme a las Normas IEC 60947-1 y -3, otras normas relacionadas: IEC 60664, 60269 y 60204.

Las series OT, OT_C y OS cumplen con las principales normas internacionales y disponen de una amplia gama de homologaciones.

Cumplen también con la Directiva Europea de Maquinas "European Machine Directives" IEC 60204 (EN 60204).

Respeto al medio ambiente

Los productos están diseñados en conformidad con la directiva Europea 2002/95/EC sobre la restricción de uso de sustancias peligrosas en equipos eléctricos y electrónicos (RoHS), aplicando los últimos conocimientos de materiales respetuosos con el medio ambiente (por ejemplo no se utilizan metales pesados como el cadmio en los contactos).

Los materiales plásticos utilizados en los interruptores así como los materiales de los embalajes son totalmente reciclables.

Los interruptores OT han sido diseñados en base al LCA "Life cycle assessment", que describe el impacto ambiental en cada etapa del ciclo de vida del producto, desde la producción de la materia prima hasta la destrucción, reciclado y tratamiento de los residuos. LCA sirve como base para EPDs (Environmental Product Declaration) y es una herramienta para "Design For Environment".

Categorías de utilización

Las categorías de utilización en interruptores-seccionadores definen las condiciones de utilización de acuerdo a la norma UNE/EN 60947-3. Estas categorías se representan por dos letras que indican el tipo de circuito en el cual el aparato puede instalarse (AC: corriente alterna y DC: corriente continua), un numero de dos cifras para el tipo de carga que se debe maniobrar y una última letra (A o B) que representa la frecuencia de uso. Con referencia a la categoría de utilización, la norma de producto define los

valores de corriente asignada de empleo que el interruptor-seccionador puede interrumpir y establecer.

Naturaleza de la corriente	Categorías de utilización		
	Categorías de utilización		Aplicaciones típicas
	Maniobra frecuente	Maniobra no frecuente	
Corriente alterna	AC-20A	AC-20B	Conexión y desconexión en vacío.
	AC-21A	AC-21B	Maniobra de cargas resistivas con sobrecargas de moderada magnitud.
	AC-22A	AC-22B	Maniobra de cargas mixtas resistivas e inductivas con sobrecargas de moderada magnitud.
	AC-23A	AC-23B	Maniobra de motores u otras cargas altamente inductivas.
Corriente continua	DC-20A	DC-20B	Conexión y desconexión en vacío.
	DC-21A	DC-21B	Maniobra de cargas resistivas con sobrecargas de moderada magnitud.
	DC-22A	DC-22B	Maniobra de cargas mixtas resistivas e inductivas con sobrecargas de moderada magnitud (ej. motores en derivación)
	DC-23A	DC-23B	Maniobra de motores u otras cargas altamente inductivas

Tabla 8

La interrupción de corrientes presenta mayores problemas con redes en corriente continua que en corriente alterna.

En la corriente alterna existe un paso natural de la corriente por el cero en cada semiperíodo, al cual corresponde un apagado espontáneo del arco que se forma cuando se abre el circuito. En la corriente continua esto no sucede y, para extinguir el arco, es preciso que la corriente disminuya hasta anularse. Es necesario que la interrupción se realice gradualmente, sin bruscas anulaciones de la corriente que darían lugar a elevadas sobretensiones.

Los fenómenos de naturaleza energética que se desarrollan en el circuito dependen de la tensión de servicio de la instalación y obligan a instalar los interruptores-seccionadores según esquemas de conexión en los cuales los polos del interruptor se conectan en serie.

Esto significa también que si aumenta la tensión de servicio de la instalación, también hay que aumentar el número de las interrupciones de corriente y, por consiguiente, el número de polos conectados en serie.

Desde el punto de vista del interruptor no existe ningún requisito para que la carga esté conectada en la polaridad positiva, en la negativa o entre los polos, mientras el número de polos en serie cumpla con los requisitos indicados en la tabla 15 de características técnicas. Por ejemplo situar la carga entre L1 y L2 (ejemplo A) es lo mismo que entre L2y L3 (ejemplo B) o entre L3 y L4 (ejemplo C). Sin embargo para garantizar la función de seccionamiento se sugiere cortar ambas polaridades, independientemente de si la instalación está conectada a tierra o no.

Generalmente, la ubicación de la carga se selecciona según la conveniencia del cableado. Por ejemplo: Si se requieren cuatro polos en serie, la carga se puede conectar entre L1 y L2 o entre L2 y L3.

Cuando se utilizan interruptores de más polos de los que se precisa seriar, los polos innecesarios se pueden dejar sin conectar (ver ejemplo A) o se pueden conectar en serie (ver ejemplo B).

Cuando además del seccionamiento del circuito se requiera la protección del mismo, se tendrán que utilizar seccionadores-fusible para poder garantizar así la protección del circuito.

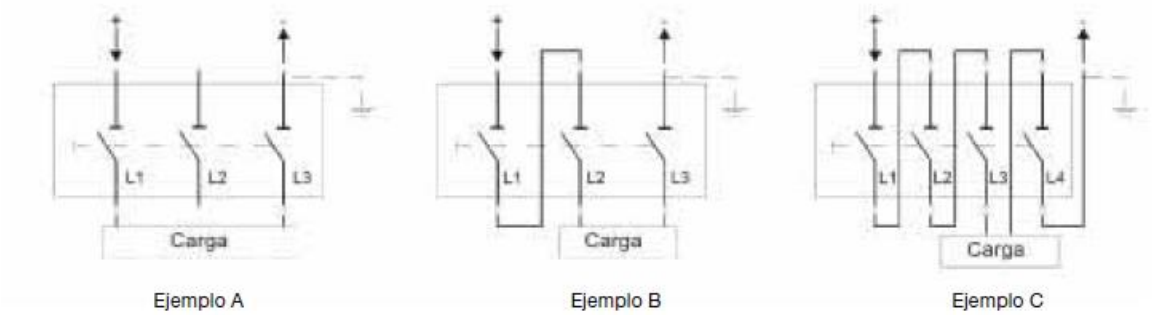


Figura 3

Ejemplo de selección de un Interruptor-Seccionador

Se necesita un interruptor-seccionador para 300A a 660V en corriente continua para una categoría de utilizaciónDC-21A. Consultando la tablas de datos técnicos, se puede ver que en la categoría DC-21A y para una tensión de 660V, hay que utilizar un interruptor de 315A con 4 polos en serie (el inmediato superior). La nomenclatura utilizada es 315/4 (315A con 4 polos en serie). Por tanto el interruptor-seccionador que cumple con las características deseadas sería un OT315_ en versión tetrapolar.

	Tamaño Tipo	A	315 OT315_
Corriente asignada de empleo / polos en serie, DC-21A...23A	≤ 110 V	A	315/1
	220 V	A	315/2
	440 V	A	315/3
	660 V	A	315/4

Figura 4

2.2 Comprobaciones de instalación y pruebas funcionales

Introducción

En esta sección se proporciona una descripción de las inspecciones, comprobaciones y pruebas que se deben realizar a los interruptores automáticos antes de su funcionamiento en la celda blindada.

Inspecciones, comprobaciones y pruebas sin alimentación de control

Los interruptores automáticos al vacío se suministran normalmente con sus contactos primarios abiertos y sus resortes destensados. No obstante, resulta crucial verificar en primer lugar que los mecanismos de resorte estén destensados después de desconectar la alimentación de control.

Desconexión de la alimentación de control en la celda

Cuando el interruptor automático esté montado en una celda, abra el seccionador de la alimentación de control en la celda blindada.

El seccionador de la alimentación de control se encuentra normalmente en el panel del dispositivo secundario en la celda del medio de la sección vertical. El seccionador de la alimentación de control normal es un portafusibles de tipo extraíble. Al quitar el portafusibles se desconecta la alimentación de control al interruptor automático en la celda asociada. En algunos conjuntos de celdas, se utiliza un interruptor automático en caja moldeada o un seccionador de cuchillas en lugar del portafusibles de tipo extraíble. Al abrir este interruptor automático o conmutador se consigue el mismo resultado: se desconecta la alimentación de control.

Comprobación del destensado de los resortes

1	Puerto de acceso para el tensado de resorte manual
2	Botón de cierre manual
3	Indicador de tensado/destensado
4	Indicador de abierto/cerrado
5	Contador de operaciones
6	Botón de apertura/disparo manual

Figura 5

Consulte la Figura 5: Controles del panel frontal del interruptor automático al vacío de tipo GMSG

Compruebe que los resortes estén destensados antes de retirar el interruptor automático del pallet o de la celda.

Esta comprobación se debe realizar después de desconectar la alimentación de control. Esta comprobación garantiza que los resortes de desconexión y conexión están completamente destensados.

Nota: No realice la comprobación del destensado de los resortes si el interruptor automático está en la posición de CONEXIÓN. Abra el interruptor automático y póngalo en la posición SECCIONADO, y luego realice la comprobación del destensado de los resortes.

1. Pulse el pulsador de disparo rojo.
2. Accione el pulsador de cierre negro.
3. Vuelva a pulsar el pulsador de disparo rojo.

4. Verifique que el indicador de estado del resorte muestre DESTENSADO.

5. Verifique que el indicador de estado del contacto principal muestre ABIERTO.

Extracción de la celda interior si no se encuentra sobre una plataforma elevada y de la celda exterior blindada.

Después de comprobar que los resortes estén destensados (con la alimentación de control desconectada), retire el interruptor automático de la celda.

1. Inserte la manivela de inserción en el tornillo de inserción en la parte frontal de la celda del interruptor automático y empújela hacia adentro (consulte "Procedimiento de enganche de la manivela de inserción"). De este modo se acciona el gatillo de enclavamiento de inserción. Figura 6: Inserción del interruptor automático al vacío de tipo GMSG de la página 57se muestra la inserción del interruptor automático.

Figura 6

Inserción del interruptor automático al vacío de tipo GMSG

Para las celdas de tipo GM-SG-AR resistentes al arco, gire la cubierta de acceso de inserción para permitir la inserción de la manivela de inserción.

2. Gire la manivela de inserción en sentido anti horario hasta que el interruptor automático esté en la posición SECCIONADO, tal como se indica en el mecanismo de inserción.

Abra la puerta de la celda del interruptor automático. Para las celdas de tipo GM-SG-AR resistentes al arco, deslice las cubiertas al lado que permita sacar el interruptor automático de la celda.

3. Presione y mantenga presionada la maneta de liberación del mecanismo de inserción del interruptor automático y saque el interruptor automático de la posición SECCIONADO. Ahora, el interruptor automático se puede retirar de la celda.

4. El interruptor automático queda libre para hacerlo rodar hasta quedar sobre el suelo utilizando los tiradores de la parte frontal. Las ruedas del interruptor automático quedan

a nivel del suelo (a menos que la celda esté instalada sobre una plataforma elevada) y una sola persona puede manejar la unidad.

Extracción de la celda en cajas exteriores sin acceso a nivel o para celdas interiores sobre una plataforma elevada.

La extracción del interruptor automático de un conjunto de celdas exterior sin acceso a nivel es similar a la extracción de un interruptor automático a nivel del suelo con varios pasos adicionales.

El procedimiento para la extracción de un interruptor automático que no esté a nivel del suelo es el siguiente:

1. Si el interruptor automático está en la posición SECCIONADO, vaya al paso 4. Cierre la puerta de la celda del interruptor automático y todos los cerrojos.

2. Inserte la manivela de inserción en el tornillo de inserción en la parte frontal de la celda del interruptor automático y empújela hacia adentro (consulte "Procedimiento de enganche de la manivela de inserción" en la página57). De este modo se acciona el gatillo de enclavamiento de inserción.

Para las celdas de tipo GM-SG-AR resistentes al arco, gire la cubierta de acceso de inserción para permitir la inserción de la manivela de inserción.

3. Gire la manivela de inserción en sentido anti horario hasta que el interruptor automático esté en posición SECCIONADO.

4. Abra la puerta de la celda del interruptor automático, deslice las cubiertas al lado que permita sacar el interruptor automático de la celda e inserte los dos rieles de extensión en los rieles fijos. Asegúrese de que los rieles de extensión estén debidamente sujetos en su lugar.

Figura 8. Uso de rieles de extensión para la extracción del interruptor automático cuando no se encuentra a nivel del suelo se muestra los dos rieles de extensión insertados en los rieles fijos en la celda. Los rieles enganchan pasadores de seguridad en los rieles fijos para fijarlos en suposición. En la imagen se muestra el uso de los rieles de extensión en una celda inferior instalada sobre el nivel del suelo. El procedimiento es similar para una celda de interruptor automático superior.

Figura 7

Uso de rieles de extensión para la extracción de un interruptor automático que no esté a nivel del suelo

5. Presione y mantenga presionada la maneta de liberación del mecanismo de inserción del interruptor automático y saque el interruptor automático de la posición SECCIONADO. Ahora el interruptor automático se puede retirar de la celda y se pueden hacer rodar sobre los dos rieles de extensión.

6. Retire el interruptor automático de los dos rieles de extensión utilizando el dispositivo de izado para interruptores automáticos aprobado de Siemens o una eslinga de izado de Siemens y una grúa adecuada.

7. Levante los dos raíles de extensión y retírelos de la celda

8. Para las celdas de tipo GM-SG-A R resistentes al arco, vuelva a poner las cubiertas que permiten sacar el interruptor automático de la celda en su posición original. Cierre la puerta de la celda del interruptor automático y todos los cerrojos.

Los interruptores automáticos al vacío de tipo GMSG pesan entre 430 y 930 lbs (195y 422 kg), según los valores nominales. El interruptor automático se puede mover utilizando una grúa adecuada y una eslinga de izado. Se puede enganchar una eslinga de izado al interruptor automático y luego se puede utilizar para izar el interruptor automático verticalmente para separarlo de los rieles de extensión. Cuando lo haya hecho, retire los rieles y baje el interruptor automático al suelo.

Procedimiento de enganche de la manivela de inserción

Se proporciona una manivela para la inserción del interruptor automático como accesorio de serie. La inserción de un interruptor automático se puede realizar con la puerta frontal de la celda de extracción abierta (para celdas de tipo GMSG no resistentes al arco) o a través de una pequeña abertura (o ventanilla) de la puerta frontal, con la puerta cerrada.

La manivela de inserción consta de una maneta acodada con una copa especial soldada en su extremo. El extremo de la copa de la manivela está diseñado para

enganchar el anclaje del eje del mecanismo de inserción durante la inserción con vástagos de resorte. Los vástagos funcionan de modo similar a los retenes de una llave de vaso de mecánico ordinaria.

La parte del eje del mecanismo de inserción visible es cilíndrica, y el anclaje del eje del mecanismo de inserción queda oculto por una cubierta hasta que se inicia el procedimiento de enganche. El extremo de la copa cuadrado de la manivela sólo se enganchará con el anclaje del eje si está alineado correctamente.

El procedimiento recomendado para enganchar el mecanismo de inserción es el siguiente:

1. El interruptor automático debe estar ABIERTO (la cubierta de inserción no se debe mover si el interruptor automático está CERRADO).

Nota: Para las celdas de tipo GM-SG-AR resistentes al arco, si la alimentación de control no está disponible y la puerta de la celda del interruptor automático está cerrada, el interruptor automático se puede abrir manualmente. Para abrir el interruptor automático manualmente con la puerta cerrada, inserte la barra de empuje en la apertura (receptáculo) de la puerta frontal para abrir el interruptor automático. Empuje la barra contra el pulsador de apertura del interruptor automático. El interruptor automático debe abrirse. El indicador de posición del interruptor automático cambiará de CERRADO a ABIERTO, y este cambio se puede observar a través de la ventana incluida en la puerta de la celda del interruptor automático.

2. Sostenga el extremo de la copa de la manivela en una mano y la maneta de la manivela en la otra mano.

Para las celdas de tipo GM-SG-AR resistentes al arco, gire la cubierta de acceso de inserción para permitir la inserción de la manivela de inserción.

3. Coloque la copa sobre el extremo deleje del mecanismo de inserción. Alinéela copa con el anclaje del eje del mecanismo de inserción.

Nota: Si la copa no está alineada, no se podrá enganchar en el anclaje del eje del mecanismo de inserción.

4. Cuando se haya conseguido la alineación, empuje firmemente el conjunto de manivela y copa hacia el mecanismo de inserción.

5. Cuando esté correctamente enganchada, la manivela debe permanecer conectada al mecanismo de inserción. Si la manivela no permanece en su posición, ajuste los vástagos de resorte media vuelta en sentido horario. Esto aumentará la presión de contacto del vástago de resorte.

6. Para quitar la manivela, tire del conjunto para sacarlo del eje del mecanismo de inserción.

Nota: Si el esfuerzo necesario para insertar el interruptor automático aumenta considerablemente o si se necesita mucha fuerza para girar la manivela de inserción, detenga la inserción inmediatamente. No intente forzar la manivela de inserción para que gire ya que se podrían dañar piezas del interruptor automático o del mecanismo de

inserción. Determine el origen del problema y corríjalo antes de continuar con la inserción.

Inspecciones físicas

1. Verifique que el valor nominal del interruptor automático sea compatible con el sistema y con la celda.

2. Realice una comprobación visual para descartar la presencia de daños. Limpie el interruptor automático para eliminar todo el polvo, suciedad y material es extraños que pueda haber.

Comprobación del tensado del resorte manual

1. Inserte la manivela de tensado del resorte manual en la copa de la maneta de tensado manual tal como se muestra en la Figura 8: Tensado manual del resorte de conexión. Gire la manivela en sentido horario (unas 48vueltas) hasta que el indicador de estado del resorte muestre que el resorte de conexión está TENSADO.

Figura 8

Tensado manual de los resortes de conexión

2. Repita la comprobación para ver si los resortes están destensados.

3. Verifique que los resortes estén DESTENSADOS y que los contactos primarios del interruptor automático estén ABIERTOS mediante las posiciones del indicador.

Pruebas as-found y de comprobación de la integridad del vacío

Realice las pruebas del aislamiento y de integridad del vacío as-found (dieléctrica) y registre los resultados. Los procedimientos para estas pruebas se describen en la sección Mantenimiento de este manual de instrucciones.

Inspecciones mecánicas finales sin alimentación de control

1. Realice una inspección mecánica final del interruptor automático. Verifique que los contactos estén en la posición ABIERTO y los resortes de conexión estén DESTENSADOS.

2. Compruebe las barras de contacto y los contactos primarios superiores e inferiores que se muestran en la Figura 9:

Seccionador primario del interruptor automático. Verifique el estado mecánico de los resortes de los dedos y los contactos de seccionador, compruebe si hay piezas flojas o si faltan dedos de contacto del seccionador primario o están dañados y si hay contactos de seccionador estropeados.

3. Revista las barras de contacto primarios móviles (consulte la Figura 9: Seccionador primario del interruptor automático) y los contactos del seccionador secundario con una capa fina de lubricante para contactos Siemens número15-172-791-233.

Figura 9

Seccionadores primarios del interruptor automático

4. El interruptor automático al vacío de tipo GMSG está listo para la instalación en su ubicación asignada de la celda blindada.

Consulte los procedimientos de extracción e instale el interruptor automático en la celda.

5. Consulte el manual de instrucciones de la celda para obtener información adicional sobre pruebas funcionales de un interruptor automático instalado.

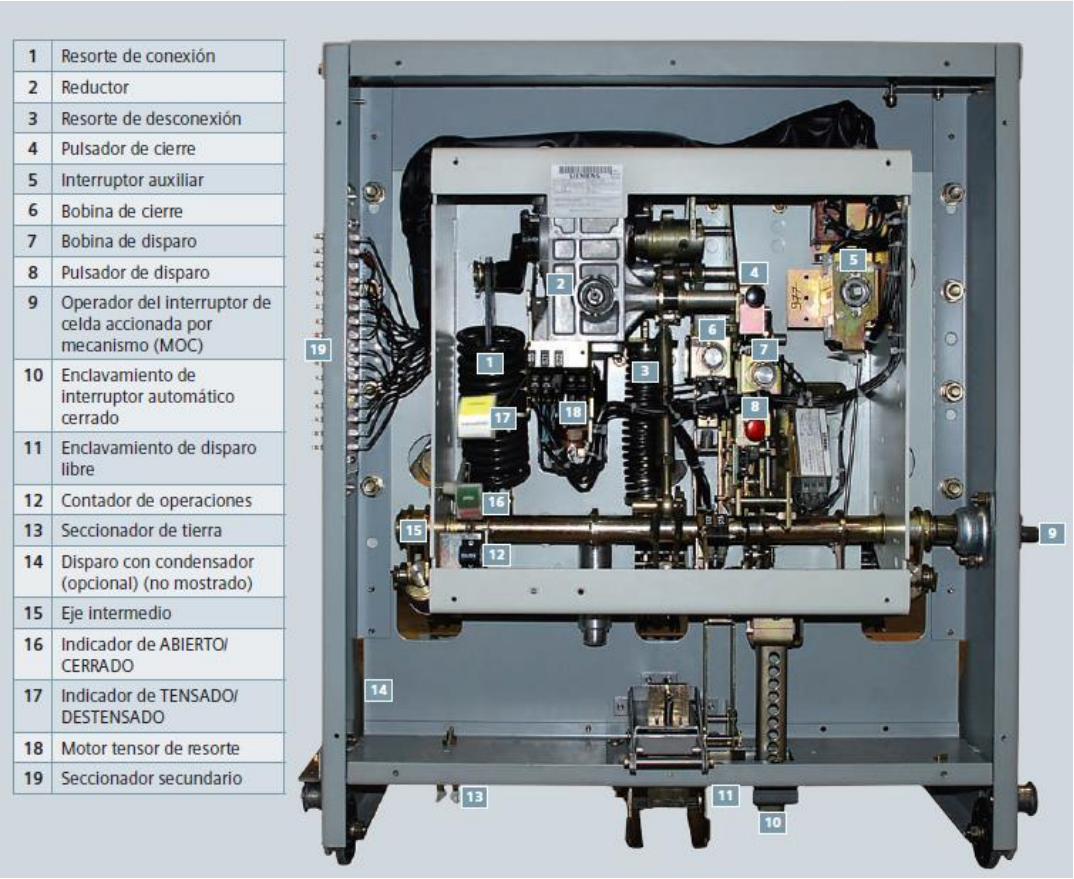


Figura 10

Vista frontal del interruptor automático al vacío de tipo GMSG con el panel frontal retirado

2.3 Interruptores automáticos de tipo GMSG-GCB para aplicaciones con generadores

Introducción

Los interruptores automáticos al vacío de tipo GMSG y GMSG-GCB están construidos de modo que pueden extraerse y están diseñados para utilizarlos en celdas blindadas de media tensión. El interruptor automático GMSG (no el GMSG-GCB) cumple los requisitos de las normas ANSI el EEE, incluyendo C37.20.2, C37.04, C37.06, C37.09 y C37.010. El GMSG-GCB cumple los requisitos de las normas ANSI el EEE, incluyendo C37.20.2 y C37.013.

Un interruptor automático al vacío de tipo GMSG consta de tres tubos de maniobra al vacío, un mecanismo de accionamiento por acumulación de energía, los controles eléctricos y dispositivos de enclavamientos necesarios, seccionadores para conectar el interruptor automático a alimentación primaria y de control y una carcasa del operador.

A lo largo de las caras exteriores hay barreras de aislamiento, tal como se muestra en la Figura 10

En esta sección se describe el funcionamiento de cada uno de los subconjuntos principales, como ayuda para el uso, la instalación, el mantenimiento y la reparación del interruptor automático al vacío de tipo GMSG.

El interruptor automático del tipo GMSGGCB para aplicaciones con generadores es una variante especial de la gama GMSG. El diseño, construcción, uso y operación del interruptor para generador se describen en este manual de instrucciones. Las variaciones importantes se indican en el texto donde corresponda.

Tubos de maniobra al vacío

1	Conexión de corriente de contacto fija
2	Aislador cerámico
3	Protección del arco
4	Contacto fijo
5	Contacto móvil
6	Aislador cerámico
7	Fuelle metálico
8	Guía
9	Conexión de corriente de contacto móvil

Figura 11

Vista en corte del tubo de maniobra al vacío

El principio de funcionamiento del tubo de maniobra al vacío es sencillo. La vista en corte del tubo de maniobra al vacío es una vista transversal de un tubo de maniobra al vacío típico. Todo el conjunto se sella después de crear el vacío.

El contacto estático del tubo de maniobra al vacío está conectado al contacto de seccionador superior del interruptor automático. El contacto móvil del tubo de maniobra al vacío está conectado al contacto de seccionador inferior y al mecanismo de accionamiento del interruptor automático. Los fuelles metálicos proporcionan una junta segura alrededor del contacto móvil, que evita la pérdida del vacío y, a la vez, permite el movimiento vertical del contacto móvil.

Cuando los dos contactos se separan, se inicia un arco que continúa la conducción hasta la siguiente corriente cero. Al llegar a la corriente cero, el arco se apaga y cualquier vapor de metal conductor creado y soportado por el arco se condensa en los contactos y en la protección del arco circundante.

Los materiales de contacto y la configuración están optimizados para conseguir un movimiento de arco, ofrecer resistencia frente a la soldadura y minimizar las perturbaciones en la conmutación.

Seccionadores primarios

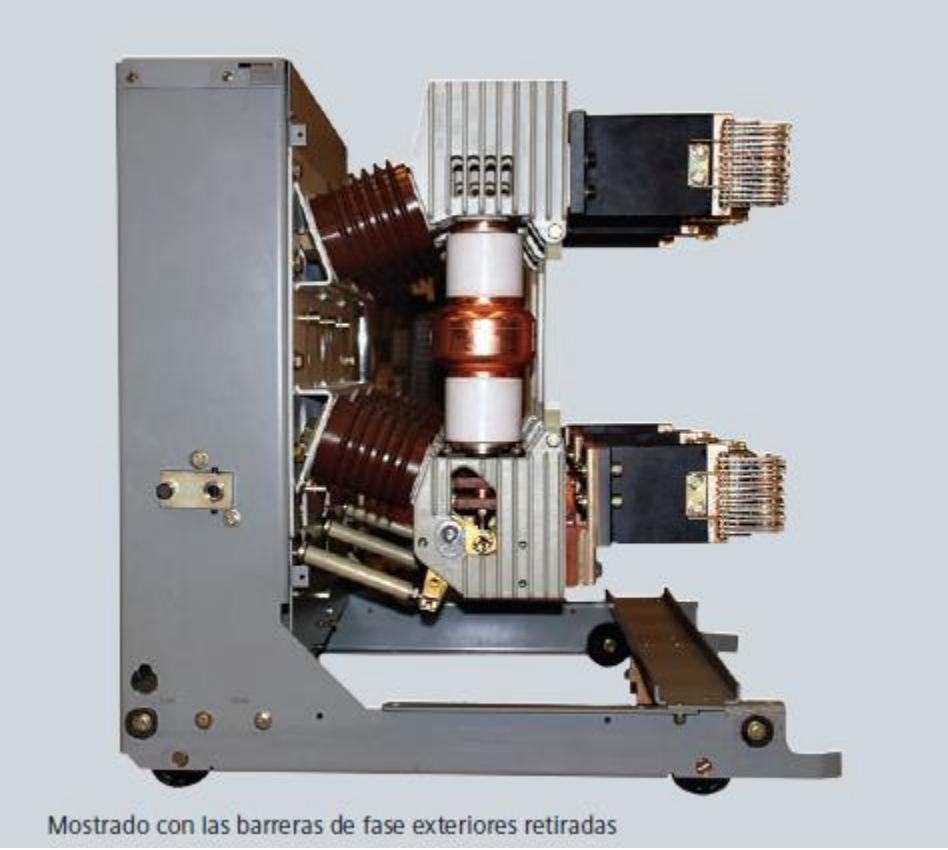


Figura 12

Seccionadores primarios superiores e inferiores

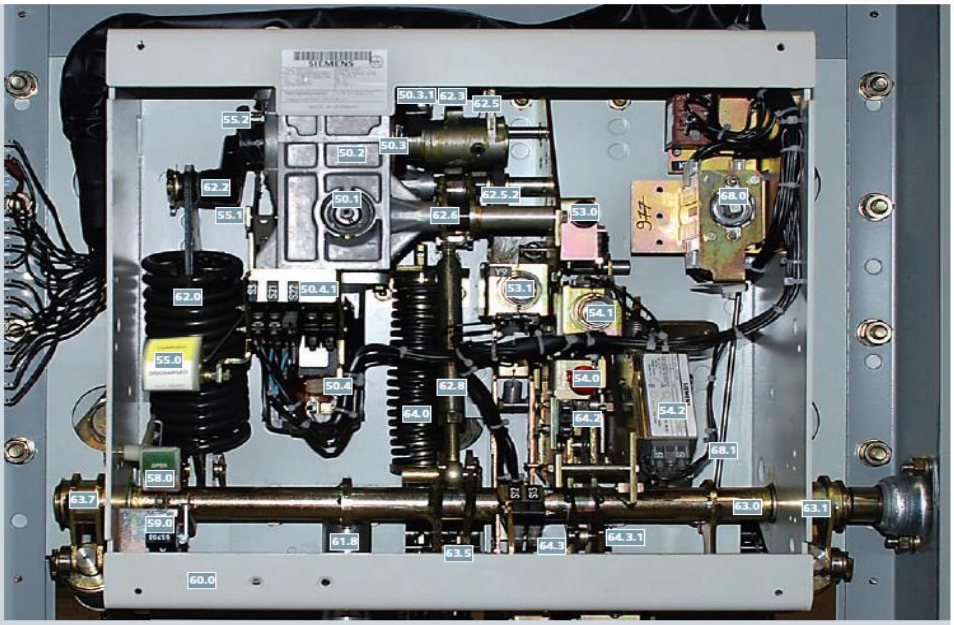
Seccionadores primarios superiores e inferiores es una vista lateral del interruptor automático con la barrera de fase de aislamiento exterior retirada para mostrar detalles de los seccionadores primarios. Cada interruptor automático tiene tres seccionadores primarios superiores y tres inferiores. Los seccionadores primarios superiores están conectados a los contactos estáticos de los tubos de maniobra al vacío y los seccionadores primarios inferiores están conectados a los contactos móviles.

Cada brazo de seccionador tiene un conjunto de varios dedos accionados por resorte emparejados con embarrados en la celda blindada. El número de dedos del conjunto seccionador varía según el valor nominal continuo y/o de poder de corte del interruptor automático.

Hay tres barras de empuje de aislamiento. Cada barra de empuje conecta el contacto móvil de uno de los tubos de maniobra al vacío con el eje intermedio accionado por el mecanismo de cierre y disparo. Los conectores flexibles proporcionan conexiones

eléctricas seguras entre los contactos móviles de cada tubo de maniobra al vacío y su seccionador primario inferior.

Accionamiento por acumulación de energía



50.1	Puerto de tensado manual de resorte
50.2	50.2 - Reductor del mecanismo tensor
50.3	Brida tensora
50.3.1	Accionador
50.4	Motor tensor de resorte (más allá de los interruptores de final de carrera)
50.4.1	Interruptores de final de carrera
53.0	Botón de cierre
53.1	Bobina de cierre
54.0	Botón de apertura
54.1	Bobina de disparo
54.2	Disparador por mínima tensión (o secundario)

55.0	Indicador de tensión del resorte TENSADO/DESTENSADO
55.1	Acoplamiento
55.2	Palanca de control
58.0	Indicador de ABIERTO-CERRADO
59.0	Contador de operaciones
60.0	Carcasa del operador
61.8	Amortiguador de golpes
62.0	Resorte de conexión
62.2	Manivela
62.3	Disco de leva
62.5	Palanca
62.5.2	Enclavamiento de cierre

62.6	Palanca del accionador
62.8	Varilla de acoplamiento
63.0	Eje intermedio
63.1	Palanca de fase C
63.5	Palanca de fase B
63.7	Palanca de fase A
64.0	Resorte de desconexión
64.2	Enclavamiento
64.3	Palanca
64.3.1	Rodillo del enclavamiento
68.0	Interruptor auxiliar
68.1	Acoplamiento

Figura 13

Accionamiento

El accionamiento se compone de los componentes mecánicos y eléctricos necesarios para:

1. Tensar los resortes de conexión con suficiente energía potencial para cerrar el interruptor automático y almacenarla energía de apertura en los resortes de desconexión y de contacto.
2. Proporcionar medios para iniciar las acciones de cierre y disparo.
3. Proporcionar medios para transmitir fuerza y movimiento a cada uno de los tres polos.

4. Accionar automáticamente todas esas funciones a través del motor tensor eléctrico, los interruptores de parada, el relé anti bombeo, los imanes de desenclavamiento (cierre y disparo) y los interruptores auxiliares.
5. Proporcionar indicación del estado del interruptor automático (ABIERTO/CERRADO), del estado del resorte (TENSADO/DESTENSADO) y del número de operaciones.

Componentes

Las piezas esenciales del accionamiento se muestran en la Figura 179. El control y la secuencia de funcionamiento del mecanismo se describen en la Figura 181 del Diagrama de funcionamiento de la secuencia del operador.

Disparadores indirectos (bobinas de disparo) Los disparadores de tensión (54.1) convierten el impulso de disparo eléctrico en energía mecánica para liberar el gatillo de disparo y abrir el interruptor automático.

El disparador por mínima tensión (opcional) (54.2) se puede accionar eléctricamente mediante un contacto NA oNC.

Si se utiliza un contacto NA, la bobina que da cortocircuitada y se debe utilizar una resistencia para limitar la intensidad.

La opción del disparador por mínima tensión se monta inmediatamente a la derecha de la bobina de disparo (54.1).

Accionamiento por motor

El motor tensor de resorte (50.4) está atornillado al reductor del mecanismo tensor (50.2) instalado en la caja del accionamiento. Ni el mecanismo reductor ni el motor requieren ningún tipo de mantenimiento.

Interruptor auxiliar

El interruptor auxiliar (68.0) se acciona mediante el eje intermedio (63.0) y la conexión (68.1).

Modo de funcionamiento

El accionamiento es del tipo acumulador de energía de disparo libre. En otras palabras, tras el tensado del resorte de conexión los contactos no cambian automáticamente de posición, y la función de disparo prevalece sobre la función de cierre según ANSI/IEEE C37.04-1999, cláusula 6.9 (para el tipo GMSG) o ANSI/IEEE C37.013, cláusula 6.3.8 (para el tipo GMSG-GCB).

Cuando el accionamiento acumulador de energía se ha cargado, el interruptor automático se puede cerrar manualmente o eléctricamente en cualquier momento.

La energía mecánica para llevar a cabo una secuencia "Abrir-Cerrar-Abrir" para servicios de reenganche automático se almacena en los resortes de conexión y desconexión.

Aunque el interruptor automático para generador del tipo GMSG-GCB sea capaz de re-cierre rápido, no se recomienda efectuar esta operación para evitar daños graves al generador.

Tensado

Los detalles del mecanismo de tensado del resorte de conexión se muestran en la Figura 179 Accionamiento por acumulación. El eje tensor se apoya en el mecanismo de tensado (50.2), pero no está acoplado mecánicamente con el mecanismo de tensado.

En él están instaladas la manivela (62.2), en un extremo, y la leva (62.3), junto con la palanca, (62.5) en el otro. Cuando el mecanismo de tensado se acciona a mano con una manivela o mediante un motor (50.4), la brida (50.3) gira hasta que el accionado (50.3.1)engrana en el rebaje del disco de leva(62.3), lo que provoca que el eje tensor le siga. La manivela (62.2) tensa el resorte de conexión (62.0).

Diagrama de funcionamiento de la secuencia del operador.

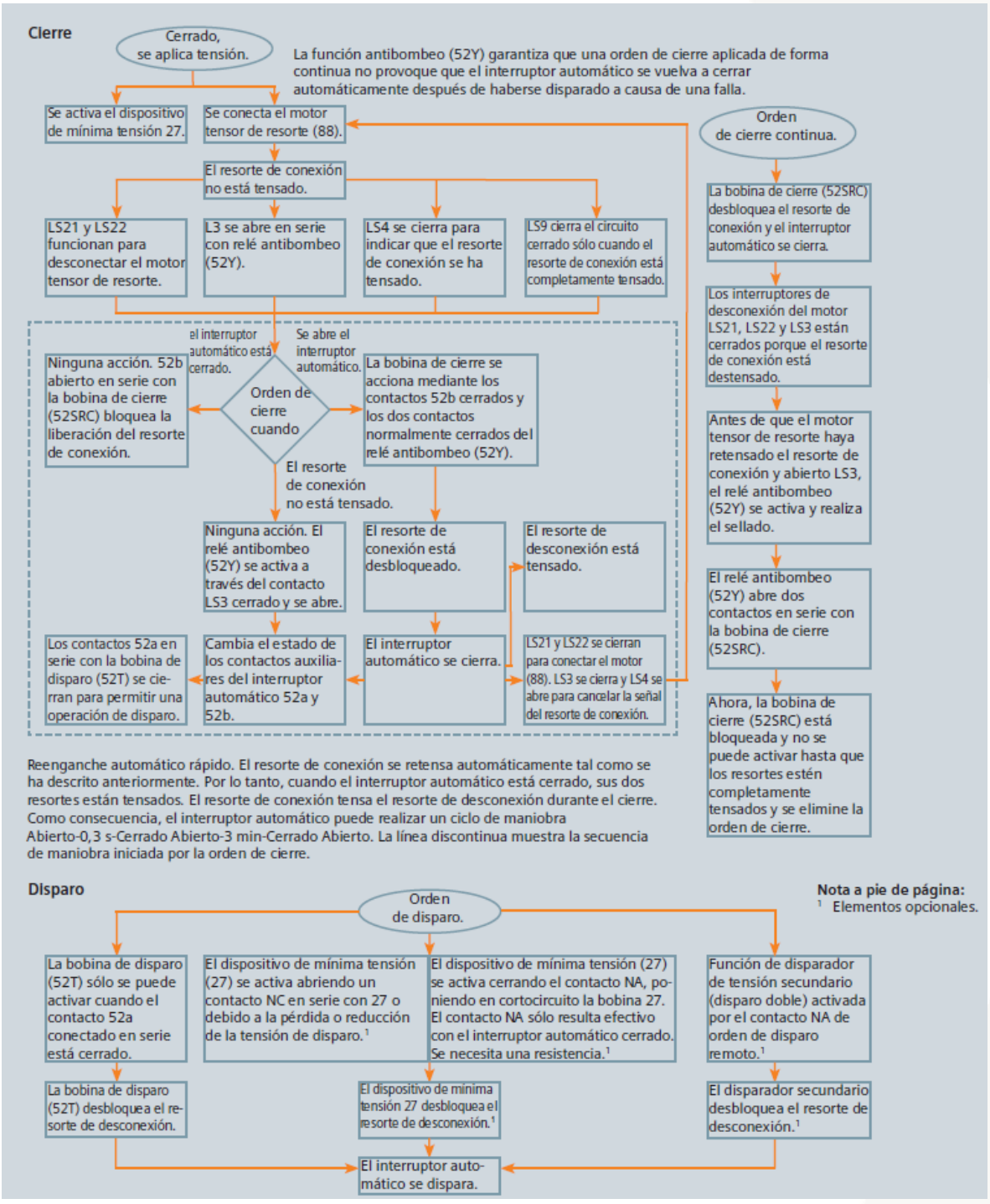
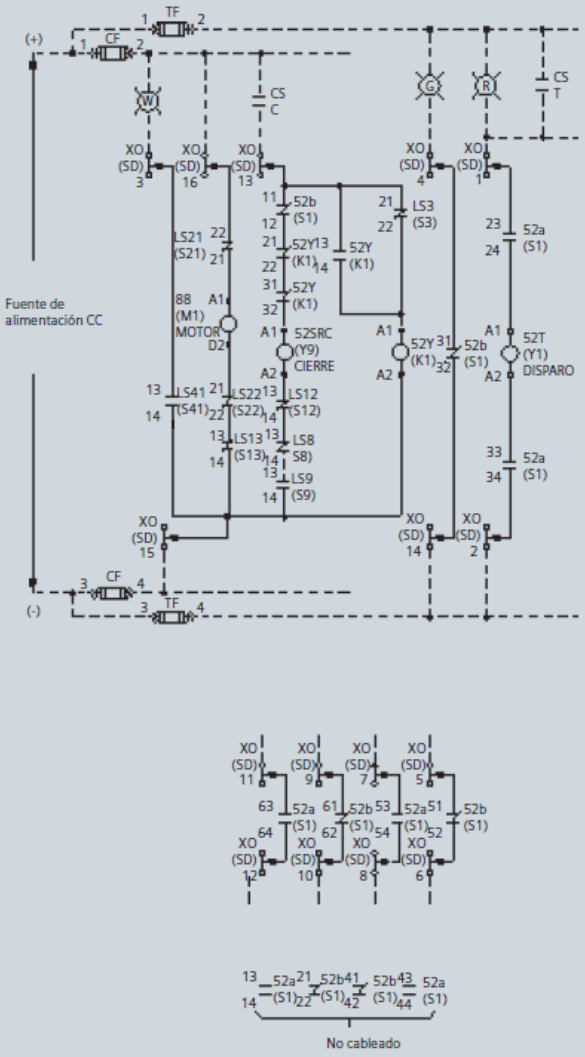


Figura 14

Esquema elemental típico



88 (M1) - Motor tensor de resorte.

52a (S1) - El interruptor auxiliar está abierto cuando el interruptor automático está abierto.

52b (S1) - El interruptor auxiliar está cerrado cuando el interruptor automático está cerrado.

LS3 (S3) - El circuito antibombeo está abierto cuando el resorte de conexión está tensado.

LS8 (S8) - Abre el circuito cerrado cuando se pulsa el botón de disparo.

LS9 (S9) - El interruptor de posición del resorte de conexión está abierto cuando el resorte de conexión está destensado.

LS12 (S12) - Abre el circuito cerrado cuando el interruptor automático está en transición.

LS13 (S13) - Abre el circuito del motor cuando el interruptor automático está en transición.

LS21, LS22 (S21, S22) - Interruptor de posición (desconectar el motor después de tensar el resorte).

LS41 (S41) - El interruptor de posición del resorte de conexión está abierto cuando el resorte de conexión está destensado.

52SRC (Y9) - Bobina de liberación de resorte (CIERRE)

52T (Y1) - Bobina de apertura por tensión.

52Y (K1) - Relé de cierre (antibombeo).

XO (SD) - Seccionador secundario.

G - Luz indicadora verde (DISPARO).

LS - Interruptor de resorte.

CF - Fusible de control del interruptor automático (CIERRE).

TF - Fusible de control del interruptor automático (DISPARO).

MF - Fusible de control del interruptor automático (MOTOR).

CS/C - Interruptor de control (CIERRE).

CS/T - Interruptor de control (DISPARO).

R - Luz indicadora roja (CERRADO).

W - Luz indicadora blanca (activación por resorte).

Estándar:

Se muestra con los resortes de conexión destensados, el interruptor automático abierto, el interruptor automático colocado en la posición de desconexión, prueba o conexión.

Todos los cables son 14AWG SIS a menos que se indique lo contrario.

Figura 15

Mantenimiento

Introducción e intervalos de mantenimiento El mantenimiento y las inspecciones periódicas son esenciales para un funcionamiento seguro y fiable del interruptor automático al vacío de tipo GMSG.

Cuando el interruptor automático al vacío de tipo GMSG se utiliza en las "condiciones de servicio habituales", se recomienda realizar el mantenimiento y la lubricación a intervalos de diez años o según el número de operaciones.

Calendario de mantenimiento y lubricación.

Las condiciones de servicio "habituales" y" no habituales" para una celda blindada demedia tensión se definen en ANSI/IEEEC37.20.2, sección 8.1 y C37.04, sección4 junto con C37.010, sección 4, junto con la C37.010, sección 4, para interruptores automáticos que no sean de generador.

Para los interruptores automáticos de generador de tipo GMSG-GCB, estas condiciones de servicio se definen en ANSI/IEEE C37.20.2, sección 8.1 y ANSI/IEEEC37.013, sección 4.2.

Por lo general, las "condiciones de servicio habituales" se definen como un entorno en que el equipo no está expuesto a demasiado polvo, gases ácidos, materiales químicos perjudiciales, salitre, cambios de temperatura rápidos o frecuentes, vibraciones, humedad elevada ni temperaturas extremas.

La definición de "condiciones de servicio habituales" está sometida a diversas interpretaciones. Debido a esto, lo mejor es que ajuste los intervalos de mantenimiento y lubricación basándose en su experiencia con el equipo en el entorno de servicio real.

Independientemente de la duración del intervalo de mantenimiento y lubricación, Siemens recomienda la inspección y el examen anual del interruptor automático.

Para la seguridad del personal de mantenimiento y de otras personas que pudieran estar expuestas a los riesgos asociados con las actividades de mantenimiento, deben respetarse siempre las prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad de NFPA 70E (especialmente los capítulos 1 y 2) cuando se trabaje en equipos eléctricos.

El personal de mantenimiento debe recibir formación sobre las prácticas, procedimientos y requisitos de seguridad relativos a sus respectivos trabajos.

Este manual de instrucciones se debe revisar y conservar en una ubicación que sea fácilmente accesible para consultarlo durante el mantenimiento de este equipo. El usuario debe establecer un programa de mantenimiento periódico para garantizar un funcionamiento seguro y sin problemas.

La frecuencia de las inspecciones, limpiezas periódicas y calendario de mantenimiento preventivo dependerá de las condiciones de utilización. La publicación 70B de la NFPA, "Electrical Equipment Maintenance"(Mantenimiento de equipos eléctricos) se puede utilizar como guía para establecer este programa.

Herramientas recomendadas

El interruptor automático al vacío de tipo GMSG utiliza tanto elementos de cierre métricos como de la norma SAE (habitual en Estados Unidos). Los elementos de cierre métricos se utilizan para los tubos de maniobra al vacío y en el tubo de maniobra al vacío/bloque de control de operador. Los elementos de cierre de SAE (habitual en Estados Unidos) se utilizan en la mayoría de las demás ubicaciones. Esta lista de herramientas describe las que se utilizan normalmente en los procedimientos de desmontaje y montaje.

Métricos:

- Llaves de vaso y de bocas fijas:7, 8, 10, 13, 17, 19 y 24 mm
- Llaves hexagonales: 5, 6, 8 y 10 mm
- Llaves de vaso profundo: 19 mm
- Llave dinamométrica: 0 - 150 Nm(0 - 100 ft-lbs)

SAE (habitual en Estados Unidos):

- Llaves de vaso y de bocas fijas: 5/16, 3/8, 7/16, 1/2, 9/16, 11/16, ¾ y 7/8 de pulgada
- Llaves hexagonales: 3/16 y 1/4 de pulgada
- Destornilladores: 0,032 x 1/4 de pulgada de ancho y 0,055 x 7/16 de pulgada de ancho
- Alicates
- Martillo ligero
- Espejo dental
- Linterna
- Pasadores ahusados: 1/8, 3/16 y ¼ de pulgada
- Alicates de anillo de retención (tipo externo, diámetro de la punta de 0,038 pulgadas)

Mantenimiento y lubricación recomendados

- El mantenimiento y la lubricación periódicos deben incluir todas las tareas indicadas en el manual del fabricante.

En esta sección del manual de instrucciones se ofrecen los procedimientos recomendados para cada una de las tareas indicadas. Hay determinadas aplicaciones que pueden requerir otros procedimientos. Si desea más información o si se presentan problemas específicos no tratados con suficiente detalle para los fines del comprador, póngase en contacto con Siemens.

Puntos de Inspección y pruebas
Comprobaciones en el circuito de potencia primario
Comprobación de limpieza
Inspección de los seccionadores primarios
Comprobaciones del accionamiento por acumulación de energía
Mantenimiento y lubricación
Comprobación de elementos de unión
Comprobación del tensado del resorte manual
Comprobación de erosión de los contactos
Comprobaciones del control eléctrico
Comprobaciones de cableado y bornes
Comprobación del seccionador secundario
Comprobación del tensado del resorte automático
Comprobación de cierre y disparo eléctricos
Comprobación de integridad del vacío
Prueba de alta tensión
Prueba de aislamiento
Prueba de resistencia de contacto
Inspección y limpieza del aislamiento del interruptor automático
Pruebas funcionales

Figura 16

Tareas de mantenimiento

Extracción de la celda

Antes de realizar cualquier inspección, o prueba o comprobación de mantenimiento, se debe sacar el interruptor automático de la celda. En la sección "Comprobaciones de instalación y pruebas funcionales iníciales" se describe detalladamente el procedimiento de extracción. Aquí se repiten los pasos principales para informar y guiar, pero sin los detalles de la sección anterior.

1. El primer paso es quitar tensión al interruptor automático. Accionando el pulsador de disparo se abre el interruptor automático antes de extraerlo de la celda.
2. El segundo paso en el procedimiento de extracción es quitar tensión a la alimentación de control del interruptor automático. Abra el seccionador de la alimentación de control.
3. Coloque el interruptor automático en la posición SECCIONADO.
4. Realice la comprobación para ver si los resortes están destensados. Para ello, primero accione el pulsador de disparo rojo. En segundo lugar, accione el

pulsador de cierre negro. En tercer lugar, vuelva a accionar el pulsador de disparo rojo y observe el indicador de estado del resorte. Debe indicar DESTENSADO.

5. Retire el interruptor automático de la celda. Consulte la página de la sección "Comprobaciones de instalación y pruebas funcionales iníciales" de este manual de instrucciones para ver las instrucciones y precauciones especiales para la extracción de un interruptor automático que no esté a nivel del suelo.
6. El interruptor automático puede estar bien en el suelo, bien en un pallet. Cada interruptor automático tiene cuatro ruedas y asas para que una persona lo pueda manejar en una superficie horizontal sin ayuda.

Comprobaciones del circuito de potencia primario

El circuito de potencia primario consta de tres tubos de maniobra al vacío, y de tres seccionadores primarios superiores y tres inferiores. Se debe comprobar la limpieza y el estado de esos componentes. También se debe comprobar la integridad del vacío de los tubos de maniobra al vacío.

Algunos ingenieros de pruebas prefieren realizar la comprobación de erosión de los contactos durante la comprobación de tensado de resorte manual por el operador, puesto que es necesario tensar el resorte para que los contactos pasen a la posición CERRADO. Además, la comprobación de la integridad del vacío se suele realizar junto con la prueba de alta tensión.

En estas instrucciones se sigue la recomendación de combinar esas pruebas (comprobación de erosión de los contactos/tensado de resorte manual e integridad del vacío/pruebas de alta tensión) como se ha descrito.

Comprobación de limpieza

Figura 17

Interruptor automático al vacío de tipo GMSG mostrando tubos de maniobra al vacío y seccionadores primarios (sin barreras) es una vista lateral del interruptor automático al vacío tipo de GMSG con las barreras aislantes exteriores extraídas para mostrar los tubos de maniobra al vacío y los seccionadores primarios superiores e inferiores.

Se deben limpiar todos esos componentes, sin dejar suciedad ni objetos extraños.

Utilice un trapo seco y libre de pelusas. Para la suciedad incrustada, utilice un trapo limpio saturado en alcohol isopropílico (excepto en los tubos de maniobra al vacío).

Para suciedad incrustada en un tubo de maniobra al vacío, use un trapo, agua templada y una pequeña cantidad de detergente líquido doméstico suave como agente de limpieza. Sé que concienzudamente con un trapo seco y libre de pelusas.

Inspección de los seccionadores primarios

Figura 18

Seccionador primario en posición acoplada se muestran los dedos de contacto del seccionador primario enganchados. Cuando los contactos están acoplados con el conjunto del contacto primario de la celda, hay una presión de contacto distribuida en una zona extensa, para conseguir una baja intensidad porcada dedo individual de contacto.

Inspeccione los dedos de contacto para detectar signos de quemado o de cráteres que indicarían debilidad de los resortes de los dedos de contacto.

Inspeccione la integridad física y la ausencia de daños mecánicos en los brazos de los seccionadores primarios.

Inspeccione el apriete y la ausencia de daños mecánicos, signos de quemado o cráteres en los conectores flexibles que unen los contactos inferiores móviles de los tubos de maniobra al vacío con los brazos del seccionador primario inferior.

Utilice un trapo limpio saturado en alcohol isopropílico para limpiar los restos de lubricante de los seccionadores primarios y para contactos Siemens.

Comprobaciones del accionamiento por acumulación de energía

Las comprobaciones del accionamiento por acumulación de energía se dividen en mecánicas y eléctricas para una mejor organización y sencillez. Esta primera serie de comprobaciones determinará si el mecanismo básico está limpio, lubricado y funciona suavemente sin alimentación de control. La comprobación de erosión de contactos de los tubos de maniobra al vacío también se realiza durante estas tareas.

Mantenimiento y lubricación

Calendario de mantenimiento y lubricación

Calendario de mantenimiento y lubricación se indican los intervalos recomendados de mantenimiento de los interruptores automáticos. Para esos intervalos se asume que el interruptor automático funciona en las "condiciones de servicio habituales", como se expone en la norma ANSI/IEEE C37.20.2, sección 8.1 yen la C37.04, sección 4, junto con laC37.010, sección 4. Para los interruptores automáticos de generador de tipo GMSGGCB, estas condiciones de servicio se definen en ANSI/IEEE C37.20.2, sección8.1 y ANSI/IEEE C37.013, sección 4.2.

El intervalo de mantenimiento y lubricaciones el menor entre el número de maniobras de cierre y el intervalo de tiempo desde el último mantenimiento.

El mecanismo de operación de un tubo de maniobra al vacío se muestra en la Figura 18. Lubricación del mecanismo de operación de la página siguiente, con la cubierta frontal y el panel de mando de operador extraído para mostrar los detalles constructivos.

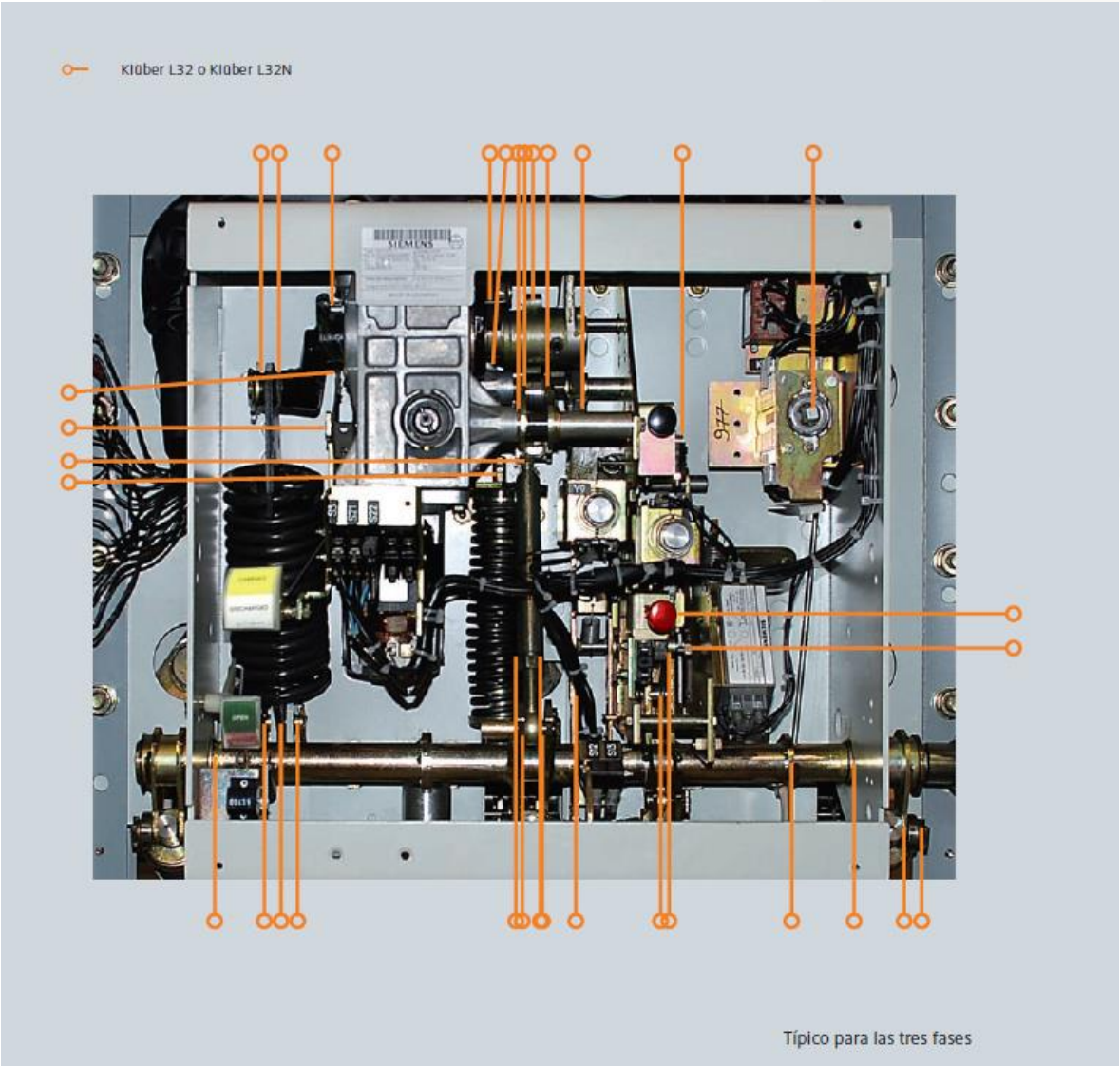


Figura 19

Se muestra el resorte de disparo y el de conexión. El extremo móvil del resorte de conexión está conectado a una manivela. El extremo móvil del resorte de desconexión está conectado al eje intermedio por un tirante.

Limpie todo el accionamiento por acumulación de energía con un trapo seco libre de pelusas.

Compruebe si hay evidencias de desgaste excesivo en algún componente.

Preste especial atención a la manivela del resorte de conexión y a las barras de empuje y acoplamientos.

Lubrique todas las superficies móviles o deslizantes no eléctricas con una capa fina de aceite o grasa sintética.

En general, los lubricantes compuestos de aceites de ésteres y espesantes con litio son compatibles.

Para la lubricación (excepto de las superficies deslizantes o móviles eléctricas), utilice uno de los productos siguientes:

- Klüber Isoflex Topas L32 (parte 3AX11333H)
- Klüber Isoflex Topas L32N (pulverizador) (parte 15-172-879-201).

Fuente:

- Klüber Isoflex Topas L32 o L32N:
- Klüber Lubrication North America L.P.

www.klueber.com.

Los contactos de los seccionadores primarios (grupos de varios dedos (barras)) y del seccionador secundario (pistas y dedos) deben frotarse hasta que estén limpios y se les debe aplicar una capa de lubricante para contactos Siemens (15-172-791-233).

Evite poner lubricante para contactos en los materiales aislantes.

3. Muestras de Aceite

Introducción

La provisión de energía eléctrica segura y estable es el factor más crítico en la actividad industrial y civil de nuestra época. Sin energía eléctrica todas las operaciones de una fábrica se paralizan, los ascensores de un edificio se detienen, las centrales telefónicas son inútiles, el aire acondicionado no funciona y los sistemas de seguridad entran en zona de alto riesgo en cuanto a confiabilidad y seguridad.

El combustible se transporta hasta la usina generadora, donde se convierte en electricidad. Luego, la tensión llega hasta la entrada de este edificio después de haber sido convertida varias veces. Los eslabones de nuestra cadena son generadoras de electricidad, transportadoras, distribuidoras, transformadores y aparatos de maniobra. Hoy nos ocuparemos de uno de los eslabones, Los Aparatos de Maniobra: una caja que nos permite recibir la energía eléctrica en las condiciones entregadas por el distribuidor y acondicionarla a los requerimientos de nuestras máquinas.

Interruptor de Potencial

El interruptor de potencia es el dispositivo encargado de desconectar una carga o una parte del sistema eléctrico, tanto en condiciones de operación normal (máxima carga o en vacío) como en condición de cortocircuito. La operación de un interruptor puede ser manual o accionada por la señal de un relé encargado de vigilar la correcta operación del sistema eléctrico, donde está conectado.

Existen diferentes formas de energizar los circuitos de control. Para obtener una mayor confiabilidad, estos circuitos se conectan a bancos de baterías. Este tipo de energización, sí bien aumenta los índices de confiabilidad, también aumenta el costo y

los requerimientos de mantención exigidos por las baterías. Las tensiones más empleadas por estos circuitos son de 48 y 125 V. También es común energizar estos circuitos de control, a través de transformadores de servicios auxiliares, conectados desde las barras de la central generadora o subestación, con un voltaje secundario en estrella de 400/231 Volts.

Arco Eléctrico

Cuando un interruptor abre un circuito con carga o por despejar una falla es inevitable la presencia del arco eléctrico, la que sin duda es una condición desfavorable, en la operación de interruptores. Durante la presencia del arco se mantiene la circulación de corriente en el circuito de potencia. Las características del arco dependen, entre otras cosas de:

- La naturaleza y presión del medio ambiente donde se induce.
- La presencia de agentes ionizantes o des-ionizantes.
- La tensión entre los contactos y su variación en el tiempo.
- La forma, separación y estructura química de los contactos.
- La forma y composición de la cámara apaga chispa.
- Sistema de extinción del arco.

La generación del arco se debe a la ionización del medio entre los contactos, haciéndolo conductor, lo que facilita la circulación de corriente. La presencia de iones se origina por la descomposición de las moléculas que conforman el medio entre los contactos, producto de colisiones entre éstas y los electrones aportados por la corriente. Se puede decir que la emisión de electrones desde la superficie de los contactos de un interruptor, se debe a las siguientes causas:

- Aumento de temperatura, originando una emisión termo-iónica de electrones.
- Presencia de un alto gradiente de tensión, responsable de la emisión de electrones por efecto de campo.

La emisión termoiónica de electrones se produce por el aumento en la resistencia y en la densidad de corriente en la superficie de los contactos, al momento de producirse la apertura. De igual forma, el alto gradiente de potencial existente entre los contactos durante los primeros instantes del proceso de apertura, origina un proceso de emisión de electrones por efecto de campo eléctrico. Estos electrones altamente energéticos chocan con las moléculas del medio, produciendo una reacción química endotérmica o exotérmica. La energía calórica desarrollada durante el arco es altamente destructiva y puede calcularse por medio de la ecuación (1.1).

$$W_e = \int_0^t I(t) e_b(t) dt \quad (1.1)$$

Dónde:

We : Energía liberada por el arco, durante el tiempo t.

$I\ (t)$: Valor instantáneo de la corriente en función de t.

$e_b(t)$: Caída de tensión a través del arco en función de t.

t : Tiempo de duración del arco.

Formas de Extinguir el Arco

En los interruptores de potencia una de las formas de extinguir el arco, es aumentando la resistencia que ofrece el medio a la circulación de corriente.

La resistencia del arco puede aumentarse enfriando el arco, o bien alargándolo, o dividiéndolo. El inconveniente de este último método, es que la energía que debe ser disipada es alta, razón por la cual su uso se limita a aplicaciones en baja y media tensión tanto en corriente alterna como en continua.

3.1 Características comparativas de los Interruptores

Los interruptores se pueden clasificar de acuerdo a sus características constructivas. Las principales características constructivas de los interruptores consisten en la forma en que se extingue el arco y a la habilidad mostrada para establecer la rigidez dieléctrica entre los contactos para soportar en buena forma (sin reencendido del arco) las tensiones de re ignición.

Las ventajas y desventajas de los principales tipos de interruptores se indican a continuación:

Interruptores de gran volumen de aceite

Ventajas:

- Construcción sencilla,
- Alta capacidad de ruptura,
- Pueden usarse en operación manual y automática,
- Pueden conectarse transformadores de corriente en los bushings de entrada.

Desventajas:

- Posibilidad de incendio o explosión.
- Necesidad de inspección periódica de la calidad y cantidad de aceite en el estanque.
- Ocupan una gran cantidad de aceite mineral de alto costo.
- No pueden usarse en interiores.
- No pueden emplearse en conexión automática.

- Los contactos son grandes y pesados y requieren de frecuentes cambios.
- Son grandes y pesados.

Interruptores de pequeño volumen de aceite

Ventajas:

- Comparativamente usan una menor cantidad de aceite.
- Menor tamaño y peso en comparación a los de gran volumen.
- Menor costo.
- Pueden emplearse tanto en forma manual como automática.
- Fácil acceso a los contactos.

Desventajas:

- Peligro de incendio y explosión aunque en menor grado comparados a los de gran volumen.
- No pueden usarse con reconexión automática.
- Requieren una mantención frecuente y reemplazos periódicos de aceite.
- Sufren de mayor daño los contactos principales.

Interruptores Neumáticos

Se usan principalmente en alta tensión y poseen las siguientes características:

Ventajas:

- No hay riesgos de incendio o explosión.
- Operación muy rápida.
- Pueden emplearse en sistemas con reconexión automática.
- Alta capacidad de ruptura.
- La interrupción de corrientes altamente capacitivas no presenta mayores dificultades.
- Menor daño a los contactos.
- Fácil acceso a los contactos.
- Comparativamente menor peso.

Desventajas:

- Poseen una compleja instalación debido a la red de aire comprimido, que incluye motor, compresor, cañerías, etc.,
- Construcción más compleja,
- Mayor costo,

Interruptores en vacío

La alta rigidez dieléctrica que presenta el vacío (es el aislante perfecto) ofrece una excelente alternativa para apagar en forma efectiva el arco. En efecto, cuando un circuito en corriente alterna se desenergiza separando un juego de contactos ubicados en una cámara en vacío, la corriente se corta al primer cruce por cero o antes, con la ventaja de que la rigidez dieléctrica entre los contactos aumenta en razón de miles de veces mayor a la de un interruptor convencional (1 KV por µs para 100 A en comparación con 50 V/µs para el aire). Esto hace que el arco no vuelva a reencenderse. Estas propiedades hacen que el interruptor en vacío sea más eficiente, liviano y económico.

La presencia del arco en los primeros instantes después de producirse la apertura de los contactos se debe principalmente a:

- Emisión termoiónica.
- Emisión por efecto de campo eléctrico.

En otras palabras, los iones aportados al arco, provienen de los contactos principales del interruptor. Conviene destacar que en ciertas aplicaciones se hace conveniente mantener el arco entre los contactos hasta el instante en que la corriente cruce por cero. De esta forma se evitan sobre-tensiones en el sistema, producto de elevados valores de di/dt. La estabilidad del arco depende del material en que estén hechos los contactos y de los parámetros del sistema de potencia (voltaje, corriente, inductancia y capacitancia). En general la separación de los contactos fluctúa entre los 5 y los 10 mm.

Ventajas:

- Tiempo de operación muy rápido, en general la corriente se anula a la primera pasada por cero.
- Rigidez dieléctrica entre los contactos se restablece rápidamente impidiendo la re ignición del arco.
- Son menos pesados y más baratos.
- Prácticamente no requieren mantención y tienen una vida útil mucho mayor a los interruptores convencionales.
- Especial para uso en sistemas de baja y media tensión.

Desventajas:

- Dificultad para mantener la condición de vacío.
- Generan sobre-tensiones producto del elevado di/dt.
- Tienen capacidad de interrupción limitada.

Es importante destacar la importancia que tiene el material con que se fabrican los contactos de los interruptores en vacío. La estabilidad del arco al momento de separarse los contactos, depende principalmente de la composición química del material con que fueron fabricados. Si el arco es inestable, significa que se apaga rápidamente antes del cruce natural por cero de la corriente, generando elevados di/dt con las consiguientes sobre tensiones. Para evitar esta situación, se buscan materiales que presenten baja presión de vapor en presencia de arco. Estos materiales no son fáciles de encontrar, pues tienen propiedades no del todo apropiadas para uso en interruptores en vacío. Por ejemplo materiales con buena conductividad térmica y eléctrica, tienen bajos puntos de fusión y ebullición, y alta presión de vapor a altas temperaturas. Sin embargo, metales que presentan baja presión de vapor a altas temperaturas son malos conductores eléctricos. Para combinar ambas características se han investigado aleaciones entre metales y materiales no metálicos como Cobre-Bismuto, Cobre-Plomo, Cobre-Tantalio, Plata-Bismuto, o Plata-Telorium.

Interruptores en hexafluoruro de azufre

El SF 6 se usa como material aislante y también para apagar el arco. El SF 6 es un gas muy pesado (5 veces la densidad del aire), altamente estable, inerte, inodoro e inflamable. En presencia del SF 6 la tensión del arco se mantiene en un valor bajo, razón por la cual la energía disipada no alcanza valores muy elevados. La rigidez dieléctrica del gas es 2.5 veces superior a la del aire (a presión atmosférica). La rigidez dieléctrica depende de la forma del campo eléctrico entre los contactos, el que a su vez depende de la forma y composición de los electrodos. Si logra establecerse un campo magnético no uniforme entre los contactos, la rigidez dieléctrica del SF 6 puede alcanzar valores cercanos a 5 veces la rigidez del aire. Son unidades selladas, trifásicas y pueden operar durante largos años sin mantención, debido a que prácticamente no se descompone, y no es abrasivo.

Otra importante ventaja de este gas, es su alta rigidez dieléctrica que hace que sea un excelente aislante. De esta forma se logra una significativa reducción en las superficies ocupadas por subestaciones y switchgear. La reducción en espacio alcanzada con el uso de unidades de SF 6 es cercana al 50% comparado a subestaciones tradicionales. Esta ventaja muchas veces compensa desde el punto de vista económico, claramente se debe mencionar que hay un mayor costo inicial, en su implementación. La presión a que se mantiene el SF 6 en interruptores, es del orden de 14 atmósferas, mientras que en switchgear alcanza las 4 atmósferas.

El continuo aumento en los niveles de cortocircuito en los sistemas de potencia ha forzado a encontrar formas más eficientes de interrumpir corrientes de fallas que minimicen los tiempos de corte y reduzcan la energía disipada durante el arco. Es por estas razones que se han estado desarrollando con bastante éxito interruptores en vacío y en hexafluoruro de azufre (SF 6).

Ejemplo de interruptor en el mercado.

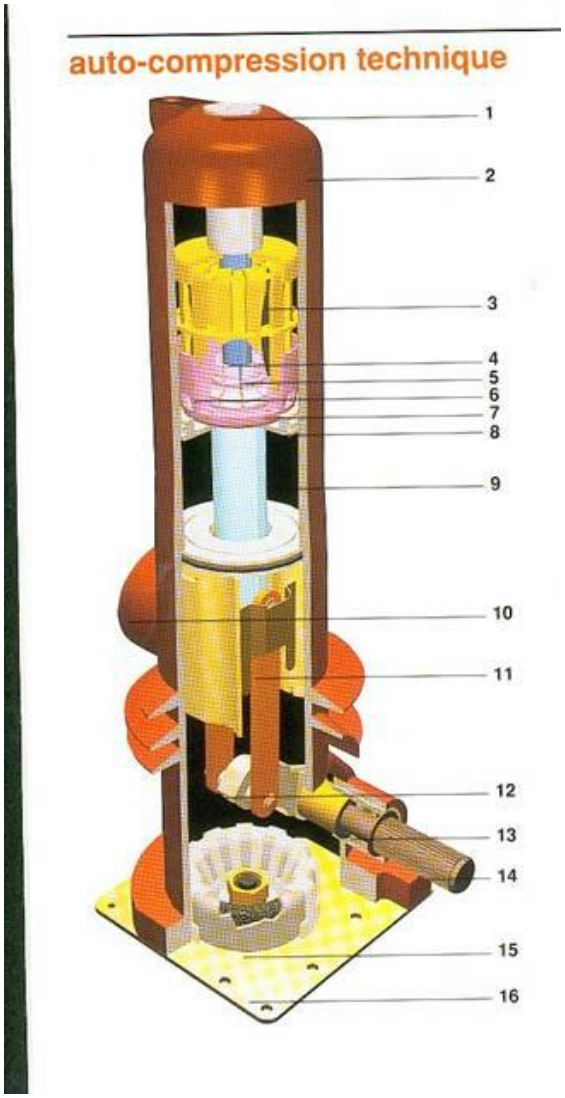
Interruptor SF6 (Técnica auto-compresión) 1 a 40.5KV	GROUPE SCHNEIDER
	1. Terminal superior de corriente. 2. Superficie aislante. 3. Contacto principal fijo. 4. Contacto fijo arco. 5. Movimiento contacto arco. 6. Boquilla aislante. 7. Contacto principal (movimiento). 8. Pistón (movimiento). 9. Cámara de presión. 10. Terminal inferior de corriente. 11. Barra de conexión. 12. Biela. 13. Sello. 14. Ventilación o extracción de residuos. 15. Canasto molecular. 16. Base.

Figura 20

Interruptor SF6 utilizado (técnica con auto-compresión sf6)

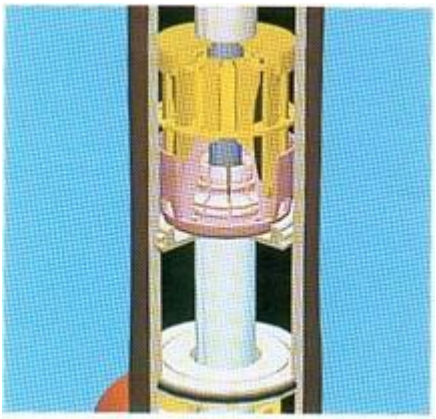
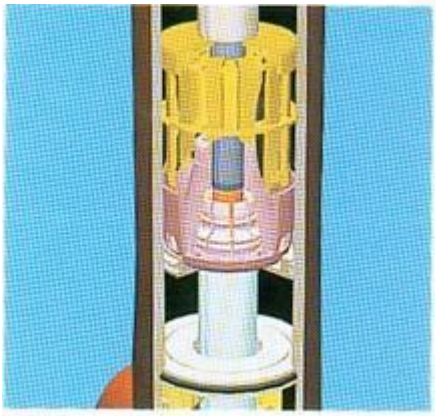
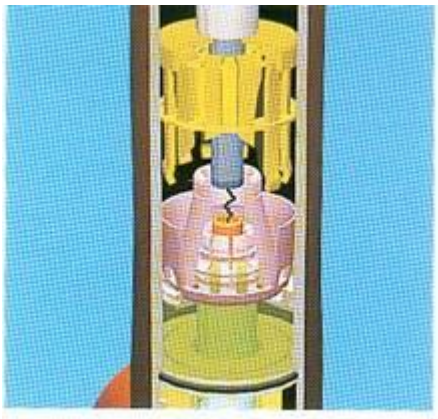
OPERACION DEL INTERRUPTOR SF6	
Contacto principal y contacto de arco están inicialmente cerrado (fig.1).  fig. 1	Pre-compresión: Cuando empieza a abrirse, el pistón comprime el gas SF6 en la cámara de presión.  fig. 2
Periodo de arco: El arco que se forma entre el contacto. El pistón continúa en movimiento, una pequeña cantidad de gas es inyectada al arco (boquilla aislante), con esto va disminuyendo la corriente en el arco y se va enfriando por convección. 	El movimiento de las partes termina y la inyección de gas frio continúa hasta estar completamente abierto los contactos.

Figura 21

Operación del Interruptor SF6

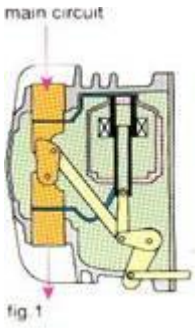
<table>
<tr><th colspan="2">Interruptor SF6: Circuitos menores o igual a 17.5KV</th></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">Operación</td></tr>
<tr><td>Interruptor cerrado.
 

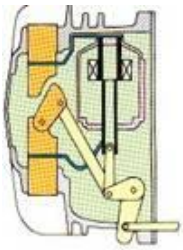
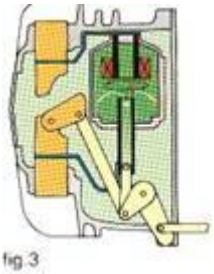
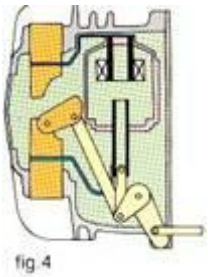
fig.1</td><td>Contacto principal abierto, corriente transfiriéndose por los contactos del arco.
  </td></tr>
<tr><td>Contacto del arco separados. El arco enfriado por rotación, causado por el campo magnético creado por la bobina, cuando la corriente ha disminuido. La sobrepresión de origen térmico producido por el arco en la cámara de expansión extingue el arco por la fuerza interna.
 
fig.3</td><td>Circuito abierto.
 
fig.4</td></tr>
</table>

Figura 22

Especificación técnica de un interruptor de potencia.

La selección de un interruptor de potencia para una determinada aplicación consiste en definir un conjunto de valores que limitan las condiciones de operación máximas del interruptor. Los parámetros a indicar son algunos de los cuales deben tenerse presente:

- Tensión nominal.
- Frecuencia nominal.
- Corriente nominal.
- Rigidez dieléctrica (clase de aislación).
- Ciclo de trabajo.
- Corriente de cortocircuito momentánea.
- Corriente de cortocircuito de interrupción.
- Etc.

Tensión nominal.

Es el máximo valor efectivo de tensión al cual el interruptor puede operar en forma permanente. En general esta tensión es mayor al voltaje nominal del sistema.

Frecuencia nominal

Es la frecuencia a la cual el interruptor está diseñado para operar. Este valor tiene incidencia en los tiempos de apertura y cierre de los contactos además del tiempo de apagado del arco.

Corriente nominal

Es el máximo valor efectivo de corriente que puede circular a través del interruptor en forma permanente, a frecuencia nominal, sin exceder los límites máximos de temperatura de operación indicados para los contactos. La temperatura en los contactos depende del material que están hechos (cobre, plata o equivalente), del medio en que están sumergidos, y de la temperatura ambiente. En interruptores con contactos de cobre, las máximas temperaturas de operación, están referidas a una temperatura ambiente máxima de 40 ºC y en caso de contactos de plata de 55 ºC.

Rigidez dieléctrica

Define la máxima tensión que soporta el interruptor sin dañar su aislación. La rigidez dieléctrica debe medirse entre todas las partes aisladas y partes energizadas y también entre los contactos cuando están abiertos. Estas pruebas se realizan entre contactos y tierra (contacto cerrado), a través de los contactos, entre fases (con contactos cerrados).

Ciclo de trabajo.

El ciclo de trabajo normal de un interruptor de potencia se define como dos operaciones "cerrar-abrir" con 15 segundos de intervalo. Para este ciclo de trabajo, el interruptor debe ser capaz de cortar la corriente de cortocircuito especificada en sus características de placa.

Corrientes de cortocircuito momentánea.

Es el valor máximo efectivo que debe soportar el interruptor sin que sufra un deterioro, debe ser capaz de soportar el paso de esta corriente en los primeros ciclos cuando se produce la falla (1 a 3 ciclos). Entre estas corrientes deben especificarse los valores simétricos y asimétricos.

Corrientes de cortocircuitos de interrupción

Es el máximo valor efectivo medido en el instante en que los contactos comienzan a separarse. Esta corriente corresponde a un cortocircuito trifásico o entre líneas con tensión y ciclo de trabajo nominal. Entre estas corrientes deben especificarse los valores simétricos y asimétricos de interrupción.

a) La capacidad de interrupción simétrica.

Es la máxima corriente RMS de cortocircuito sin considerar la componente continua que el interruptor debe ser capaz de cortar en condiciones de voltaje nominal y ciclo de trabajo normal. Para una tensión de operación diferente al valor nominal, la corriente de interrupción está dada por la ecuación (1.2):

$$I\ interrupción\ simétrica\ =\ I\ interrupción\ simétrica\ nominal\ x\ (Vnom/Vop\ ) \qquad (1.2)$$

b) La capacidad de interrupción asimétrica.

Corresponde al valor RMS de la corriente total (incluida la componente continua) que el interruptor debe ser capaz de interrumpir en condiciones de voltaje y ciclo de trabajo nominal.

Uso de interruptores en localidades ubicadas sobre 1000 m de altura.

Los interruptores ubicados a alturas superiores a los 1000 m sobre el nivel del mar, modifican sus valores nominales de voltaje y corriente para considerar el efecto de enrarecimiento del aire que afecta las condiciones de ventilación, así como de aislación del interruptor. La relación de los valores nominales en función de la altura de instalación, está dada por cada fabricante.

Interruptores para reconexión automática

La reconexión automática se usa especialmente en líneas de transmisión radiales y de difícil acceso para aumentar la continuidad de servicio. El tiempo de reconexión del interruptor debe especificarse de acuerdo a las características de operación del sistema eléctrico. También al calcular el tiempo de reconexión se debe considerar la des ionización del arco de manera de eliminar la posibilidad de reencendido. Este tiempo muerto depende del nivel de tensión y para sistemas sobre 115 KV es de alrededor de 8 ciclos.

Un interruptor de potencia con reconexión automática, la capacidad de ruptura del interruptor se modifica de acuerdo al ciclo de trabajo con que se utilizará. El cálculo de la nueva capacidad de ruptura debe efectuarse tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- El ciclo de trabajo no debe tener más de 5 aperturas.
- Toda operación dentro de un intervalo de 15 minutos se considera parte de un mismo ciclo de trabajo.
- El interruptor debe usarse en un sistema cuya corriente de cortocircuito no exceda el valor corregido de la corriente de interrupción para la tensión nominal y el ciclo de trabajo especificado.

Los interruptores especialmente diseñados para operar con reconexión automática se llaman “Restauradores” o “Reconectadores”. El reconectador es un aparato que al suceder una condición de sobre-corriente abre sus contactos, y una vez que ha transcurrido un tiempo determinado cierra sus contactos nuevamente, energizando el circuito protegido. Si la condición de falla sigue presente, el restaurador repite la secuencia cierre-apertura un número determinado de veces (por lo general son 4 como máximo). Después de la cuarta operación de apertura queda en posición de abierto definitivamente. Cuando un reconectador detecta una situación de falla, abre en un ciclo y medio. Esta rápida operación de apertura disminuye la probabilidad de daño a los equipos instalados en el circuito en falla. Uno o uno y medio segundos después, cierra sus contactos, energizando nuevamente el circuito. Después de una, dos, y hasta tres operaciones rápidas el restaurador cambia a una operación de características retardada.

Desconectadores o seccionadores.

Un desconectador o seccionador es un dispositivo de apertura, que debe operar siempre con el circuito desenergizado. Debido a que este equipo no está diseñado para cortar corrientes de falla, se utiliza siempre aguas arriba de un interruptor de potencia para aislar sistemas, para poder realizar mantenciones preventivas o programadas.

Interruptores de baja tensión.

Los interruptores utilizados en la protección de circuitos con voltajes nominales inferiores a 1000 Volts en corriente alterna o 3000 Volts en corriente continua, tienen características constructivas y de operación diferentes a los interruptores en media y alta tensión.

La detección de sobre intensidades se realiza mediante tres dispositivos diferentes: térmicos para sobrecargas, magnéticos para cortocircuitos y electrónicos para ambos. Los interruptores térmicos y magnéticos, generalmente asociados (interruptores automáticos magneto térmicos), poseen una técnica probada y económica, si bien ofrecen menos facilidades de regulación que los interruptores electrónicos.

Relé térmico:

Está constituido por un termo elemento cuyo calentamiento por encima de los valores normales de funcionamiento provoca una deformación que libera el cierre de bloqueo de los contactos. El tiempo de reacción de un termo elemento es inversamente proporcional a la intensidad de la corriente. Debido a su inercia térmica, cada nueva activación del circuito disminuirá su tiempo de reacción.

Relé magnético:

Está constituido por un bucle magnético cuyo efecto libera el cierre de bloqueo de los contactos, provocando así el corte en caso de sobre intensidad elevada. El tiempo de respuesta es muy corto (del orden de una centésima de segundo).

Relé electrónico:

Un toroidal, situado en cada conductor, mide permanentemente la corriente en cada uno de ellos. Esta información es tratada por un módulo electrónico que acciona el disparo del interruptor cuando se sobrepasan los valores de ajuste. La curva del interruptor presenta tres zonas de funcionamiento.

- **Zona de funcionamiento «instantáneo»:** Garantiza la protección contra cortocircuitos de alta intensidad. Viene ajustada de fábrica a un valor determinado (5 a 20 kA según los modelos).
- **Zona de funcionamiento de «retardo corto»:** Garantiza la protección contra cortocircuitos de intensidad menor, generalmente en el extremo de línea. El umbral de activación suele ser regulable. La duración del retardo puede llegar

por pasos hasta un segundo a fin de garantizar la selectividad con los aparatos situados aguas abajo.

- **Zona de funcionamiento de «largo retardo»:** Es asimilable a la característica de un interruptor térmico. Permite garantizar la protección de los conductores contra sobrecargas. Además, dicho ajuste permite buscar las mejores condiciones de selectividad entre los aparatos.

En el comercio existe una gama de interruptores que ofrecen los proveedores, como por ejemplo:

Interruptores automáticos de potencia DPX Legrand

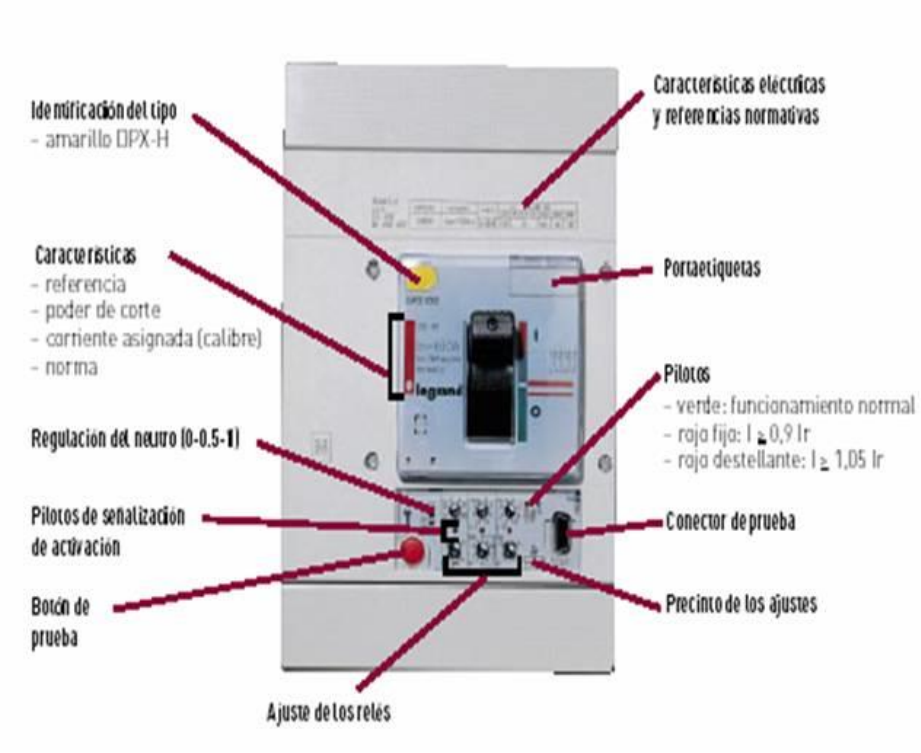


Figura 23

Figura 24

A continuación se muestra las características técnicas asociado a cada interruptor (tabla 9) con las curvas de disparo

Características de las DPX

Denominación		DPX 125		DPX 160		DPX 250		DPX 630		DPX 1600	
Número de polos		3P		3P		3P - 4P (3)		3P - 4P (3)		3P - 4P (3)	
Tipo (Icu a 400V)		25 kA	36 kA	36 kA		36 kA	70 kA	36 kA	70 kA	50 kA	70 kA
Corriente asignada In(A) 40°C Calibre de los 6 relés		16,25,40,63, 100,125		100,160		40,63[1] 100,160,250		250[2],320,400, 500[1], 630		630,800,1000[1] 1250, 1600[2]	
Tensión asignada de aislamiento Ui (V)		500		500		690		690		690	
Tensión asignada de comportamiento a los choque Uimp (kV)		6		6		8		8		8	
Tensión de utilización Ue (V)	Alterna	500		500		690		690		690	
	Continua	250		250		250[1]		250[1]		250[1]	
Poder de corte último Icu (kA)	230 –	35	40	50		60	100	60	100	80	100
	400 –	25	36	36		36	70	36	70	50	70
	440 –	18	20	30		30	60	30	60	35	65
	480/500 –	12	14	25		25	40	25	40	30	45
	600 –					20	25	20	25	25	35
	690 –					16	20	16	20	20	25
	(2 polos en serie) 250 –	25	30	25	36	36[1]	40[1]				
Poder de corte de servicio Ics (%Icu)		50	75	100	75	100	75	100	75	100	75
Poder asignado de cierre en cortocircuito Icm (kA)		52,5	75,6	52,5	75,6	75,6	154	75,6	154	105	154
Categoría de empleo	Magnetotérmico	A		A		A		A		A	
	Electrónico					B		630 A:A <630 A:B		B	
Capacidad de seccionamiento		Si		Si		Si		Si		Si	
Relé	Magnetotérmico	Si		Si		Si		Si		Si	
	Electrónico 1					Si		Si		Si	
	Electrónico 2								Si		Si
Diferencial electrónico	Lateral	Si		Si							
	Posterior	Si		Si		Si		Si			
Resistencia (ciclos de maniobra)	Mecánica	25.000		20.000		20.000		15.000		10.000	
	Eléctrica	8.000		8.000		8.000		5.000		4.000	
Dimensiones caja (L x H x P en mm)		75,6x120x74		90x150x74		105x200x105		140x260x105		210x280x140	
Peso (kg)		1		1,2		2,5		5,8		≤800 A:12,2 >800 A:18	

(1) sólo magnetotérmico
(2) sólo electrónico

Tabla 9

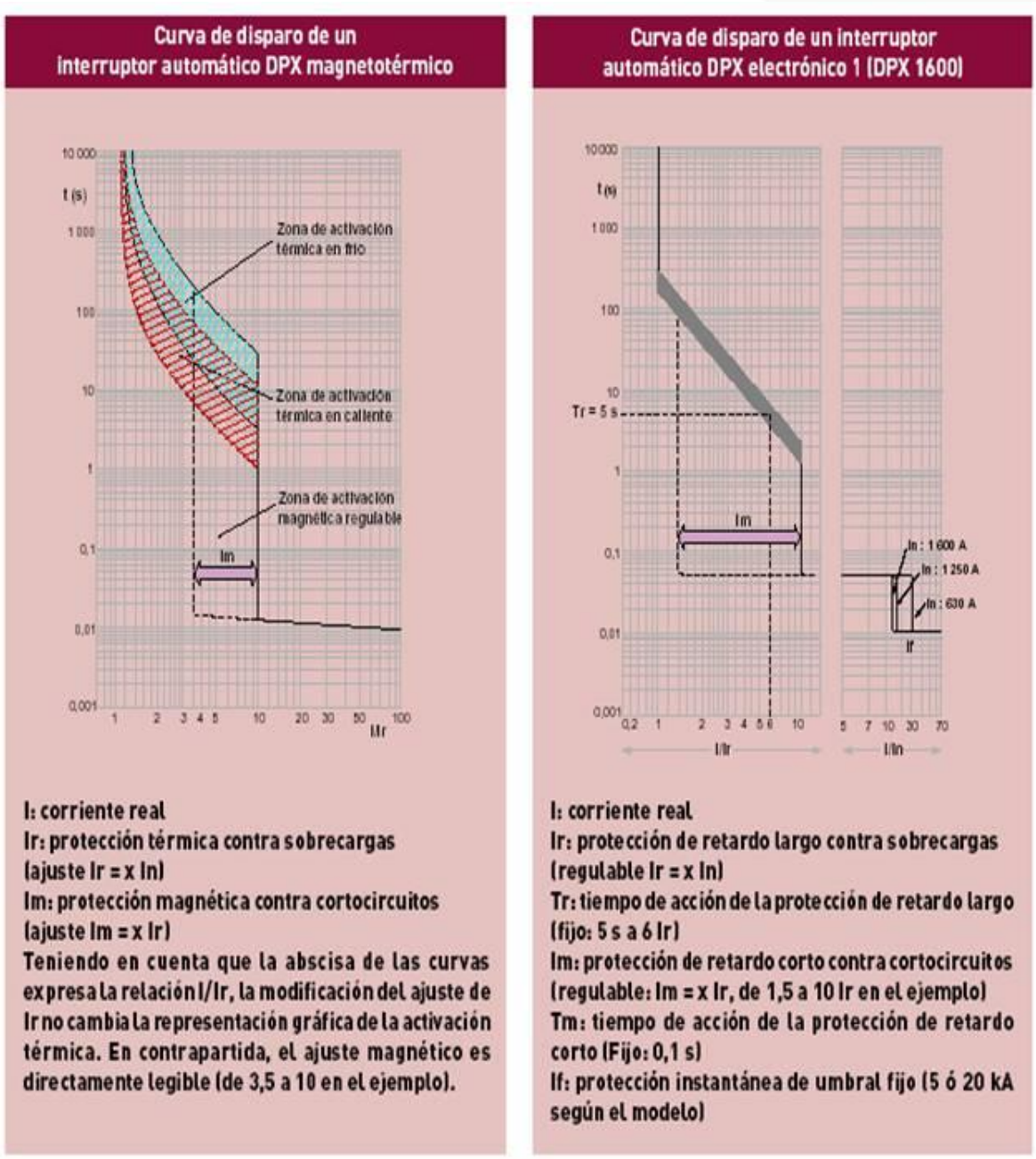


Figura 25

3.2 Las propiedades del aceite aislante y su degradación

Muchos de estos aparatos utilizan aceite que debe cumplir con las siguientes funciones principales:

- Aislar eléctricamente los contactos cuando está abierto.
- Extinguir arcos eléctricos.
- Disipar el calor.

El mantenimiento de la calidad del fluido dieléctrico es esencial para asegurar el buen funcionamiento de los equipos eléctricos aislados en aceite. Existe una gran variedad de criterios para evaluar el estado de los aceites, y la frecuencia de ensayos. Una solución de compromiso sana y razonable consiste en tener en cuenta la explotación del Interruptor, la confiabilidad exigida, y el tipo de sistema eléctrico. Por ejemplo, las grandes empresas distribuidoras de energía eléctrica consideran el monitoreo de todos sus interruptores una tarea antieconómica, y están preparadas para aceptar un riesgo de falla más elevado. En cambio, un usuario industrial o el operador de un edificio, cuyas actividades dependen de la confiabilidad de su alimentación eléctrica, desea reducir su factor de riesgo aplicando una supervisión más vigilante de la calidad del aceite, como un medio proactivo para prevenir cortes de electricidad.

Cuando el aceite se degrada, se reducen los márgenes de seguridad y aumenta el riesgo de un defecto prematuro. Aunque la evaluación del riesgo es difícil, la acción proactiva consiste en identificar los efectos potenciales de un deterioro acrecentado – es mirar hacia adelante y analizar hipótesis de conflictos -.

La filosofía de este trabajo es presentar un instrumento de comprensión, lo más breve posible, de la degradación de la calidad del aceite para tomar las decisiones más convenientes sobre los procedimientos de mantenimiento.

A fin de asegurar las funciones múltiples del aceite aislante (dieléctrico, extintor de arcos y agente de transferencia de calor), éste debe poseerlas siguientes propiedades fundamentales:

- Una rigidez dieléctrica suficientemente alta para resistir las solicitaciones eléctricas que se presentan en el servicio.
- Una viscosidad adecuada para asegurar la circulación convectiva y facilitar la transferencia de calor.
- Un punto de escurrimiento bajo, que asegure la fluidez del aceite a bajas temperaturas.
- Una buena estabilidad a la oxidación, que asegure una larga vida útil (típicamente 20 a 30 años).

La degradación del aceite depende de las condiciones del servicio y el mantenimiento del Interruptor. El aceite aislante está en contacto con aire y sufre reacciones de oxidación.

La oxidación se acelera por efecto de temperaturas elevadas, por el contacto con agua y por la presencia de metales (cobre, hierro) que actúan como catalizadores.

Los síntomas de degradación del aceite son:

- Cambio de color: oscurecimiento.
- Formación de sustancias polares.
- Formación de ácidos.
- Olor.
- Generación de lodos.

El deterioro del aceite puede provocar un envejecimiento prematuro del aislante sólido (barniz, papel kraft, presspan, y tacos de madera).

La aparición incipiente de estos productos de degradación se puede determinar estudiando el comportamiento de las propiedades del aceite, y descubrirlos aún antes de que repercutan en el estado del fluido o en la condición eléctrica del Interruptor.

Ensayos de los aceites y su significado

Rigidez dieléctrica

Es la tensión a la cual el aceite permite la formación de un arco. La rigidez dieléctrica permite medir la aptitud de un aceite para resistir las solicitaciones eléctricas dentro de un transformador o interruptor.

Un aceite limpio y seco se caracteriza por tener una alta rigidez dieléctrica (típicamente 60KV/0,1”). La presencia de agua, sólidos y sustancias polares reducen sensiblemente su rigidez dieléctrica.

Tensión Interfacial

Entre el aceite y el agua define la capacidad del aceite de “encapsular” moléculas de agua y sustancias polares.

Un aceite con alta tensión interfacial será capaz de mantener elevada rigidez dieléctrica aunque el aceite incorpore agua.

Opuestamente, un aceite con baja tensión interfacial no recuperará su rigidez dieléctrica, aunque sea deshidratado y purificado.

El descenso paulatino de la tensión interfaciales señal de envejecimiento del aceite o de mezcla de un aceite dieléctrico con otro lubricante industrial.

El número de neutralización

Es una medida de los agentes ácidos orgánicos en el aceite. En un aceite nuevo el número de neutralizaciones pequeño, y aumenta como resultado del envejecimiento, deterioro y oxidación.

El Inhibidor de oxidación

Es un aditivo incorporado al aceite, que retarda su degradación por oxidación. El mecanismo de acciones ataque a peróxidos, formando moléculas inocuas.

Un aceite inhibido se degrada más lentamente que un aceite no inhibido, siempre que el inhibidor esté presente. Cuando el inhibidor de oxidación se agota, el aceite se oxida muy rápidamente. Por ello es importante establecerla concentración de inhibidor y su velocidad de consumo. Una velocidad de consumo anormalmente alta puede indicar la existencia de puntos calientes en el Interruptor.

El agua

Puede provenir del aire atmosférico o de la degradación de la celulosa (aislante sólido del Interruptor).

Contenidos bajos de agua (hasta 30 ppm) permanecen en solución y no cambian el aspecto del aceite. Cuando el contenido de agua supera el valor de saturación, aparece agua libre en forma de turbidez o gotas decantadas. El agua disuelta afecta las propiedades dieléctricas del aceite: disminuye la rigidez dieléctrica y aumenta el factor de disipación dieléctrica (Tangente Delta).

En un transformador, el agua se reparte entre el aceite y el papel, en una relación predominante hacia el papel. Un alto contenido de agua acelera la degradación de la celulosa, reduciendo la vida útil del aislante sólido.

Gases disueltos.

Como ya se ha dicho, el aceite tiene como función principal aislar eléctricamente, extinguir arcos y disipar el calor.

Cuando una de estas funciones falla, la anomalía del Interruptor deja sus huellas en el aceite en forma de:

- Compuestos pesados (lacas, barnices y carbón).
- Compuestos livianos (gases de hidrocarburos).

Estudiando los gases disueltos en el aceite, puede examinarse el estado eléctrico interno del Interruptor sin necesidad de desencubarlo.

Los gases clave son: Metano, Etano, Etileno, Acetileno e Hidrógeno.

Ante una falla térmica que produzca calentamiento, el aceite absorberá energía y reaccionará liberando Metano e Hidrógeno. Si el calentamiento es severo, liberará

también Etileno. Y s existen asociados arcos de alta energía, el aceite generará Acetileno.

Acciones correctivas

Si un resultado de ensayo da fuera de los límites admisibles, es conveniente comparar con valores anteriores y analizar el comportamiento histórico del aceite. Si fuera necesario, se aconseja repetir la toma de muestra antes de emprender cualquier acción correctiva.

En general, un solo parámetro no es suficiente para calificar a un aceite.

La evaluación debe efectuarse con el conjunto de los ensayos realizados. Varias propiedades deben ser desfavorables con una línea lógica. Si se observa una variación significativa determinada, es conveniente incrementar la frecuencia de ensayos a fin de tomar las medidas correctivas apropiadas. Con la confirmación del deterioro, las acciones correctivas posibles son:

PROPIEDAD DETERIORADA	ACCIÓN CORRECTIVA CONVENIENTE
Rigidez dieléctrica Contaminación con agua Contaminación con sólidos Generación de Sustancias polares	• Purificación, deshidratación y desgasificado. • Renovación del venteo con sílica-gel seco
Contenido de inhibidor	• Dosificación de inhibidor
Número de neutralización (acidez) Tensión interfacial Tangente delta o resistividad Generación de sustancias polares Generación de lodos	• Regeneración o reemplazo
Punto de inflamación Viscosidad Residuo carbonoso Cenizas	• Reemplazo
Gases disueltos	• Ensayos eléctricos en el Interruptor

Tabla 10

1. Compatibilidad de aceites aislantes

Los aceites dieléctricos no inhibidos de distintas marcas son compatibles entre sí, con una condición: No mezclar aceites inhibidos con aceites no inhibidos.

En caso que deban suplementarse aceites con aditivos depresores de punto de escurrimiento, el aceite a agregar deberá tener el mismo aditivo que tiene el aceite en uso.

Cuando los aceites contienen aditivos inhibidores de oxidación y depresores de punto de escurrimiento desconocidos, se recomienda estudiarla compatibilidad de la mezcla. Para ello se deben evaluar las propiedades dieléctricas, características físico-químicas y un ensayo de “estabilidad a la oxidación” que incluye un envejecimiento artificial acelerado de la mezcla.

2. Manipulación y almacenamiento de aceites nuevos

Para asegurar un servicio satisfactorio, es necesario asegurar las máximas precauciones al manipular el aceite. Los tambores deberán mantenerse en un lugar cubierto, al abrigo de la radiación solar y otras fuentes de calor, y en lo posible acostados en catres con sus dos tapones cubiertos con aceite para evitar la entrada de aire húmedo durante el almacenamiento.

La transferencia del aceite de los tambores a los Seccionadores/Interruptores debe efectuarse a través de una máquina de tratamiento. Se recomienda que el extremo de la manguera de mando, que introduce el aceite al tanque de expansión del Interruptor, esté sumergido en el líquido. De este modo se evitará la incorporación de aire húmedo al aceite tratado por “efecto cascada”.

Conclusión

El Interruptor es uno de los motores de cualquier sistema industrial, edificio o complejo habitacional. Es un equipo noble que requiere muy poca atención. Cada molécula de aceite es un periodista que recorre cada rincón recogiendo información acerca de qué funciona bien y qué funciona mal. Es nuestra misión “escuchar” al aceite, interpretarla información que nos da, adoptar las medidas pertinentes para desviar tendencias negativas ya segura la continuidad del servicio, seguridad de operación y confiabilidad del Interruptor.

4. Desconectadores

4.1 interruptores

Interruptores de Potencia

Los interruptores son un medio para abrir o cerrar un circuito de corriente. Existen interruptores de operación sin carga (sin flujo de corriente), llamados desconectadores o cuchillas desconectadoras. Y existen los interruptores de operación con carga (con flujo de corriente), generalmente llamados interruptores de potencia, los cuales a su vez pueden estar diseñados para operar bajo cargas nominales y los que operan confiablemente para interrumpir corrientes de falla.

Los estados de operación son los siguientes:

- ABIERTO (O) Aislamiento seguro entre terminales, para corrientes nominales de operación o hasta de corto circuito según el caso.
- CERRADO (I) Soporte de esfuerzos térmicos y dinámicos que implica la conexión bajo corrientes nominales de operación.

Interruptores De Bajo Voltaje

En este punto podemos describir lo siguientes equipos principales:

- Desconectador: Para conexión y desconexión de circuitos sin flujo de corriente
- Interruptor de carga: Capacidad para conectar y desconectar a valores hasta el doble de la corriente nominal.

- Interruptores de motores: En este caso las capacidades de interrupción se ajustan a la corriente de arranque del motor.
- Interruptor de potencia: Su capacidad de interrupción tiene que cubrir una corriente de corto circuito.

En este caso como el anterior el problema principal es extinguir el arco eléctrico formado al separarse ambos contactos energizados, es decir bajo flujo de corriente o con carga conectada.

En bajo voltaje no se justifica económicamente el uso de medios aislantes como gases, aire a presión o aceite. Aquí se utilizan cámaras de extinción de arco eléctrico que se encuentran entre ambos contactos al separarse. Estas cámaras enfrían y des ionizan el arco, conduciéndolo de tal manera que es forzado a tener una trayectoria más larga. Lo que demanda un voltaje mucho mayor para su permanencia. De manera que al instante del cruce por cero de la señal de alterna, el arco está tan extendido o tan largo que ya no se restablece después del cruce por cero.

Los tipos de accionamiento son en bajo voltaje predominantemente manual, aunque existen también accionamiento por medio de relevadores de voltaje y otros accionamientos del tipo magnético, con motor o de presión de aire.

Los parámetros principales que describen las características de interruptores en baja tensión son:

- Voltaje y corriente nominal
- Capacidad interruptiva para desconexión en kA (Valor efectivo) a un factor de potencia determinado $\cos\varphi$.
- Capacidad interruptiva para conexión (valor pico) en kA
- Voltaje de control para accionamiento remoto.

Los fusibles protegen equipos, principalmente conductores, de sobre corrientes que pueden causar sobrecalentamiento y daños mecánicos. La corriente fluye a través de un hilo o laminilla de metal el cual se funde al sobrepasarse un valor dado de corriente. La curva Corriente-Tiempo marca la operación del fusible. El tiempo de fusión de la laminilla o hilo está en función de la temperatura y esta a su vez de la corriente.

Los interruptores termo magnéticos han desplazado en muchas aplicaciones a los fusibles. En este caso se tiene en combinación un interruptor térmico (Bimetal) como protección contra sobre corriente y uno electromagnético con accionamiento rápido para protección contra corto circuito.

Dependiendo de la aplicación existen diferentes curvas de operación, con ambas regiones de protección: contra sobre corriente (inversa) y contra cortocircuito (rápida o instantánea).

Interruptores En Alto Voltaje

A continuación se describirán características y condiciones a los que operan en general los interruptores de potencia en alta tensión. Para a continuación estudiar de manera individual por tipo de interruptor.

Algunas de las principales características que describen a los interruptores de potencia son:

- **Voltaje Nominal.**
- **Corriente inicial de corto circuito:** Valor instantáneo de la corriente de falla.
- **Corriente de ruptura:** Valor permanente de la corriente de corto circuito.
- **Capacidad interruptiva:** Potencia trifásica de interrupción para una corriente de ruptura determinada.
- **Voltaje de restablecimiento:** Voltaje en el interruptor después de la desconexión.

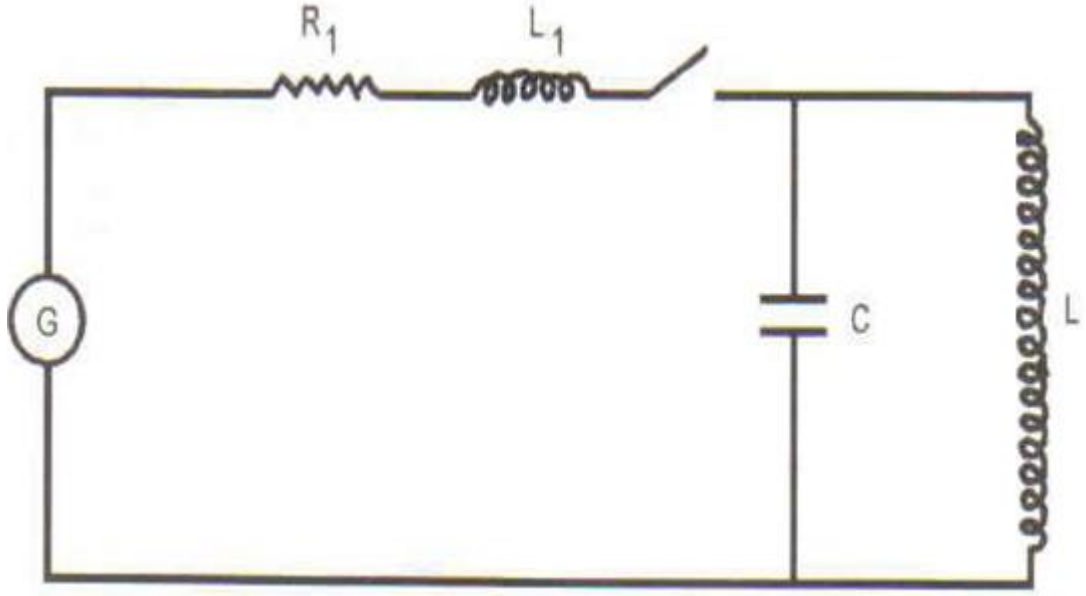
Otro aspecto que caracteriza a los interruptores de potencia son los ciclos de trabajo. Los ciclos de trabajo son una serie de operaciones de apertura y cierre con el objeto de revisar su funcionamiento y someterlo a las condiciones de operación. Comúnmente se tiene una primera apertura por un tiempo determinado (en minutos) seguido de un cierre y apertura inmediata.

A la operación de cierre de un interruptor después de haberse abierto debido a una falla, se le llama reenganche rápido. El tiempo entre apertura y cierre (tiempo muerto) debe ser lo más corto posible para no perder sincronismo de generadores interconectados. La aplicación principal del reenganche rápido es la interrupción de fallas transitorias. En el caso que después del reenganche permanezca la falla, se forma el arco nuevamente entre contactos y queda el interruptor abierto.

Pero en caso de ser efectivamente un transitorio, después del reenganche sigue el sistema en operación normal.

Interrupción De Circuitos Inductivos

Este podría ser el caso de conexión o desconexión de transformadores en vacío.



Generador **Línea** **Carga.**

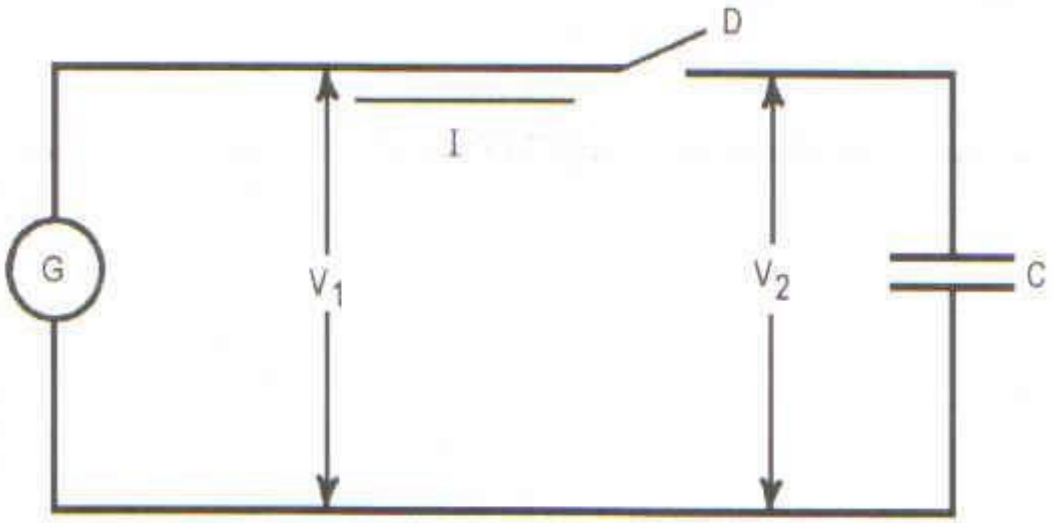
Figura 26

Al instante de abrir el interruptor la energía magnética almacenada en la conductancia se descarga en la capacitancia del circuito alimentado (carga). Esto provoca un aumento del potencial en la capacitancia, de manera que al tener una diferencia de potencial alta entre la carga y la línea, es decir, entre las terminales del interruptor, se presenta una regeneración del arco eléctrico entre contactos también llamado “re encebado del arco”.

En el caso de presentarse el re encebado, el arco permanece hasta consumir la energía almacenada en la capacitancia y con esto la disminución de su potencial.

Interrupción De Circuitos Capacitivos

En líneas de muy alta tensión y gran longitud se presenta una alta capacitancia; en estos circuitos la corriente y el voltaje están desfasados 90°, de tal forma que el voltaje al final es mayor que al principio de la línea.



Generador **Línea** **Carga capacitiva**

Figura 27

En este caso se presenta también una diferencia de potencial entre los contactos del interruptor debido al desfase entre voltajes y a la alta capacitancia en la carga. En este caso el circuito oscilatorio LC se forma ente la carga y la inductancia de la línea.

Interrupción De Circuitos En Oposición De Fases.

Al estar interconectadas varias centrales generadoras en un sistema, la falla que ocurra en algún punto es alimentada desde varios lugares. Por lo que se puede presentar el caso que al abrir el interruptor correspondiente, las ondas de voltaje de dos centrales de encuentren en sus valores máximos opuestos. Entonces la tensión de restablecimiento entre los contactos es el doble de la nominal.

Una clasificación de los tipos de interruptores en alta tensión sería:

a) Desconectadores:

Utilizados para apreciar físicamente la separación en la subestación entre circuitos desconectados y circuitos energizados. Y para maniobras de interconexión de circuitos sin carga (Arreglo de barras)

b) Interruptores de carga:

Conexión y desconexión hasta el doble de las corrientes nominales de operación

c) Interruptores de potencia:

Conexión y desconexión tanto a corrientes nominales de operación como a corrientes de cortocircuito.

d) Fusibles de alta eficiencia:

Protección únicamente para cortocircuito

Básicamente los desconectadores son interruptores que operan sin presencia de corriente. De ahí que no requieran arreglo alguno para extinción del arco eléctrico. Su función es la separar o aislar equipo para revisiones, ampliaciones, etc., de manera que estos trabajos se puedan realizar en áreas desenergizadas. Anteriormente debió haber sido interrumpida la corriente por medio de un interruptor de potencia. Comúnmente se toma en cuenta lo anterior en el control de accionamientos de interruptores y desconectadores, de manera que no sea posible una secuencia falsa en los accionamientos.

De acuerdo a su función los desconectadores siempre se encuentran a los extremos energizados de los equipos, para su posible separación. Así tenemos por ejemplo siempre desconectadores a ambos lados de un interruptor de potencia. Los desconectadores no pueden cerrar o abrir circuitos energizados, pero deben una vez cerrados resistir conducir las corrientes nominales y hasta de corto circuito. Deben también ofrecer un aislamiento seguro entre fases y entre fase y tierra.

En el caso de los desconectadores a tierra, son desconectadores como los anteriormente descritos, pero no requieren soportar corrientes nominales o resistir corrientes de corto circuito.

Ya que se utilizan únicamente para aterrizar elementos del sistema que están aislados previamente, pero que es necesario aterrizarlos para desenergizarlos completamente. Como es el caso de líneas de transmisión o cargas capacitivas.

En algunas aplicaciones en medio voltaje (10-35kV) no se justifica un interruptor de potencia y se tiene un desconectador con una capacidad para interrumpir a bajos niveles de corriente nominal. Este tipo de desconectadores tienen un medio de extinción de arco eléctrico y son llamados interruptores de carga. Otra opción es combinar un desconectador con fusibles, en este caso se protege principalmente contra corto circuito.

Interruptores En Reducido Volumen De Aceite

Estos interruptores trabajan por medio de flujos de aceite como medio de extinción del arco, y se utiliza la energía propia del arco para generar dichos flujos.

Efectos De Extinción Del Arco.

- **Efecto del hidrógeno:** El arco eléctrico segrega hidrógeno contenido en el aceite, el cual siendo buen conductor térmico permite un rápido enfriamiento del arco.
- **Efecto del flujo de aceite:** El arco genera altas temperaturas y eleva la presión en la cámara de extinción provocando flujos de aceite en el interior de la cámara.
- **Efecto de la expansión:** La alta temperatura del arco forma una cubierta de gas en el núcleo del arco. Al cruce por cero de la corriente se carece repentinamente de energía para mantener esa temperatura tan alta en el núcleo del arco por lo que es envuelto este punto por aceite líquido. Este es un medio de enfriamiento muy eficaz, ya que se enfría en la parte más caliente del arco.

En la mayoría de los casos se presentan los tres efectos en paralelo. Aunque en el caso de bajos niveles de corriente de desconexión actúa predominantemente el efecto hidrógeno. Y los otros dos en el caso de altos niveles de corriente.

Puede ser problemático la interrupción a bajos niveles de corriente, debido a que no se tenga la suficiente energía para generar los flujos necesarios para extinguir el arco al cruce por cero de la señal de corriente.

Estos interruptores requieren mantenimiento periódico, como revisión, limpieza o cambio de aceite. A continuación se presentan esquemas de interruptores en reducido volumen de aceite para media y alta tensión. Nótese que en el caso del de alta tensión se tienen más pasos de interrupción.

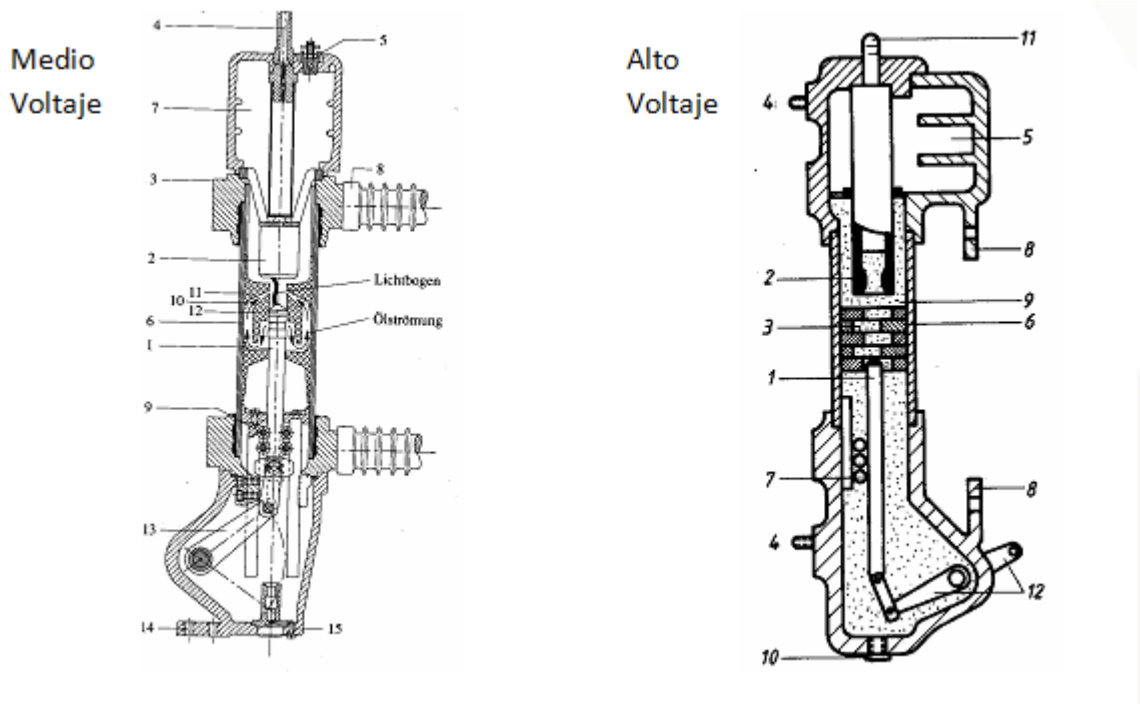


Figura 28

Las ventajas que se tienen con respecto al interruptor de gran volumen son:

- Rápida desionización de la proyección del arco (duración de ruptura de milisegundos).
- Baja caída de tensión en el arco (no hay sobretensiones).
- Mínima disipación de energía.
- Muy limitada carbonización de aceite.
- Reducido deterioro de contactos por la mínima disipación de energía.

La desventaja principal que se tiene es la siguiente: En caso de una falla del interruptor, el aceite, al inflamarse, produce un aumento excesivo de presión que puede destruir el interruptor.

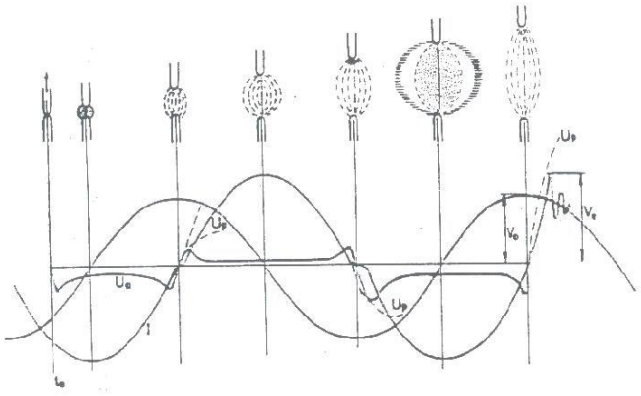


Figura 29

Interruptores de Potencia Neumáticos

También llamados interruptores de aire comprimido o de soplo de aire, se emplean principalmente en instalaciones al aire libre hasta en 800 kV, aunque actualmente se sustituyen por la tecnología del SF6 en la mayoría de los casos. Los interruptores neumáticos se han usado para aplicaciones especiales como interruptor de banco de generación de 42kA y mayores, interruptores de horno con un muy alto número de operaciones de conexión/interrupción (de 20 a50 interrupciones por hora) y corrientes de interrupción mucho muy altas.

Los interruptores neumáticos enfrían el arco eléctrico por medio de aire seco y limpio a presión.

Las presiones de operación varían entre 15-30 bar, estos niveles son tan altos que el aire en el área del arco eléctrico alcanza muy altas velocidades y puede ser extinguido el arco muy rápidamente, hasta en uno o dos semiciclos.

Estos interruptores trabajan en forma totalmente independiente a la intensidad de corriente presente en el circuito a desconectar. De manera que se opera a niveles constantes de presión de aire así como de masa de aire en la cámara de extinción para cualquier valor de corriente a interrumpir.

Estos interruptores tienen una fuente externa de aire a presión (Depósito), el aire a presión almacenado se utiliza únicamente al momento de operar y comúnmente se libera al medioambiente. Dicho aire a presión almacenado funciona tanto para la extinción del arco como para el accionamiento mismo del interruptor.

Para prevenir el re encebado del arco al interrumpir circuitos capacitivos se opera a velocidades muy altas la separación del contacto móvil así como un aumento de la presión de aire en la cámara de extinción en muy corto tiempo.

Para evitar sobre voltajes al interrumpir pequeñas corrientes inductivas se puede operar el interruptor equipado con resistencias. La distribución igualada del voltaje en las interrupciones múltiples por polo (doble o triple paso) se logra mediante capacitores en paralelo.

Interruptores de este tipo existen hasta niveles de 110 kV con un solo paso, o un solo par de polos o contactos. Para niveles mayores de voltaje se utilizan más pasos y se interrumpe así el arco por medio de dos o tres pares de contactos en serie.

Funcionamiento:

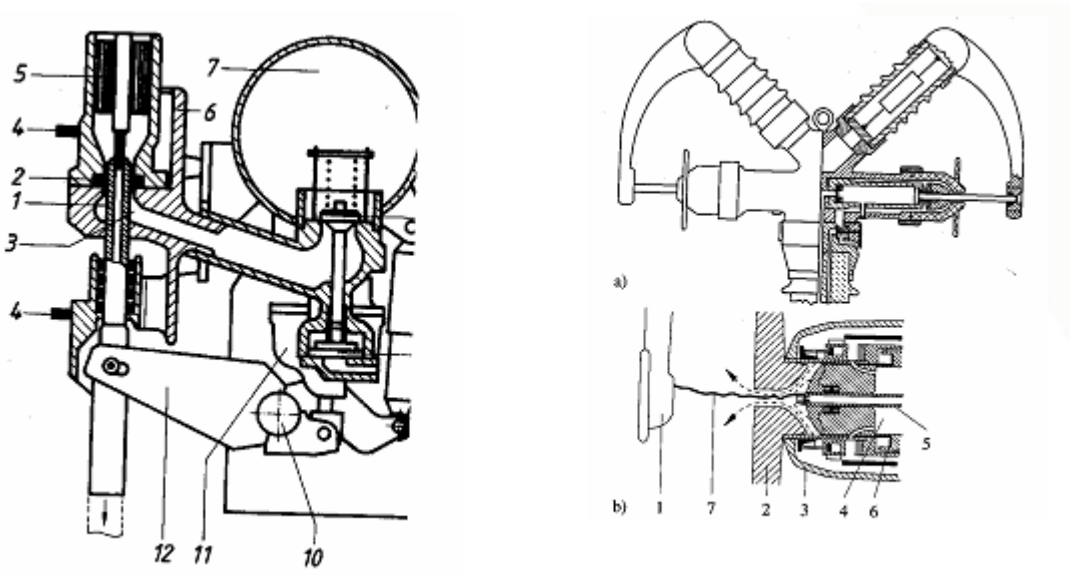


Figura 30

Interruptores de Potencia SF6

El hexafloruro de azufre (SF6) gaseoso ha demostrado ser un medio excelente del enfriamiento del arco y de aislamiento para los interruptores. Es un compuesto muy estable, inerte hasta los 500ºC, no inflamable, no tóxico, incoloro y carente de olor.

El comportamiento electronegativo del SF6, es decir, la propiedad de capturar electrones libres y formar iones negativos, ocasiona la rápida recuperación de la resistencia dieléctrica del canal del arco inmediatamente después de la extinción del arco.

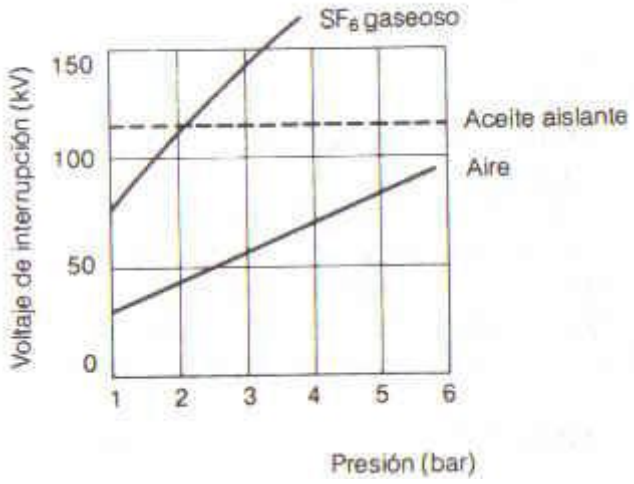


Figura 31

Estos interruptores utilizan hexafloruro de azufre como medio aislante y para extinción del arco. Este tiene en comparación con el aire a la misma presión una rigidez dieléctrica hasta tres veces mayor. Lo anterior se debe principalmente a su electronegatividad, ya que debido a su estructura molecular, captura electrones libres conductores. Otra razón importante para la rápida extinción del arco es su alta conductividad térmica, que permite un enfriamiento y desionización rápida del arco.

Los interruptores SF6 trabajan con un circuito cerrado de medio aislante. El aislante SF6 se tiene normalmente a bajos niveles de presión (3-7 bar) y solamente al operar el interruptor se aumenta la presión en el área cercana al arco, en la llamada cámara de interrupción.

Al igual que en el caso de los interruptores neumáticos para voltajes muy altos de operación se pueden operar varias cámaras de interrupción enserie. Las capacidades de interrupción de estos interruptores es muy alta, por ejemplo 80kA a800kV, 50kA a 420kV y 40kA a 245kV. Estos interruptores pueden ser de diseño para interiores en subestaciones encapsuladas, o para arreglos de subestaciones al intemperie diseños del tipo tanque vivo o tanque muerto.

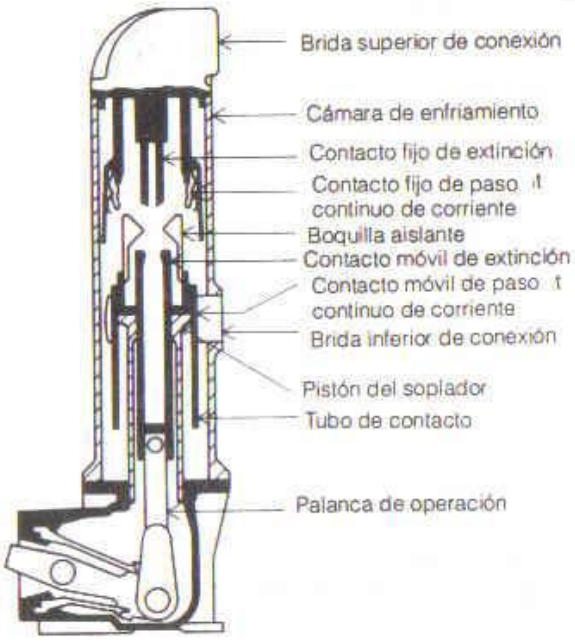


Figura 32

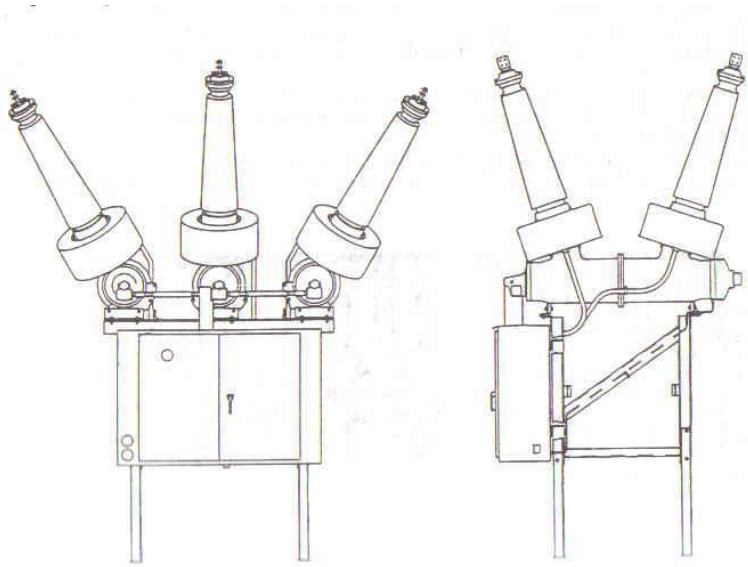


Figura 33

Interruptor SF6 tanque muerto

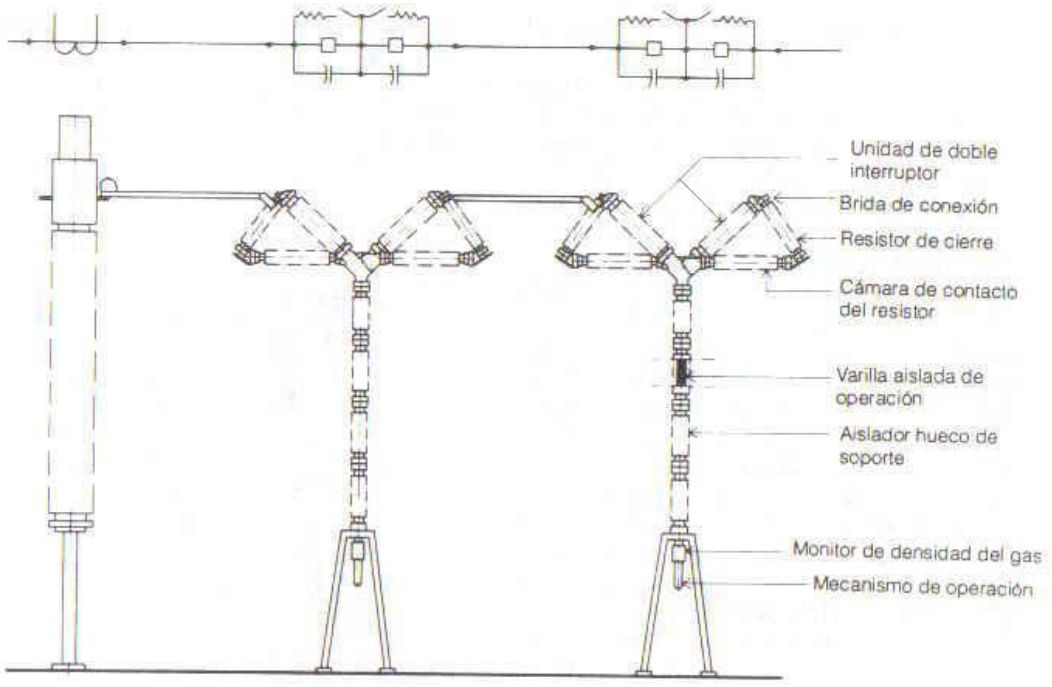


Figura 34

Interruptor SF6tanque vivo

Los dos principios fundamentales de extinción del arco son los del tipo soplador y el de auto soplado, mismos que se describen a continuación.

A continuación se ilustra la secuencia de operación de un interruptor SF_6 típico del tipo soplador. En la posición cerrada pasa la corriente sobre los contactos y todo el volumen del polo está sujeto a la misma presión. La pre comprensión del SF_6 gaseoso comienza con la operación de apertura.

Se separan los contactos de paso continuo de corriente y se conmuta la corriente a los contactos de arqueo. En el instante de separación de los contactos de arqueo se alcanza la presión que se requiere para extinguir el arco. El arco producido se jala y se expone al gas, el cual escapa a través del espacio anular situado entre la boquilla de extinción y el contacto móvil de arqueo.

Hasta que se alcanza la posición abierta, el SF_6 gaseoso sigue saliendo del cilindro del soplador.

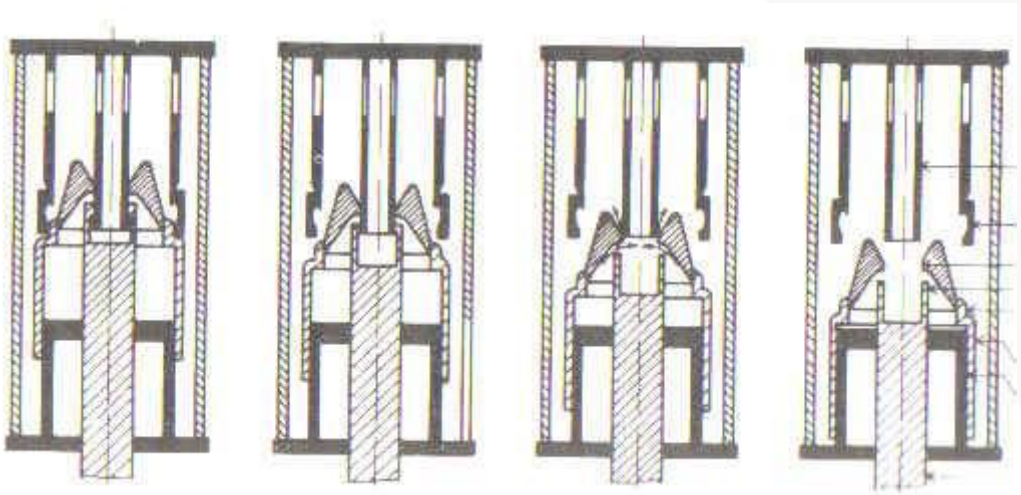


Figura 35

El principio de auto soplado de la interrupción se ilustra a continuación. En el caso de interrupción de corriente alta, la energía del arco calienta el gas, y da lugar a una elevación depresión en el volumen estático (volumen de calentamiento) V1. Esta presión enfría luego el arco a una corriente cero que se da en seguida. En el caso de corriente baja, un soplador auxiliar (volumen V2) genera suficiente presión para la interrupción. Como consecuencia, se reducen en forma considerable las necesidades de fuerza parea el sistema mecánico de accionamiento.

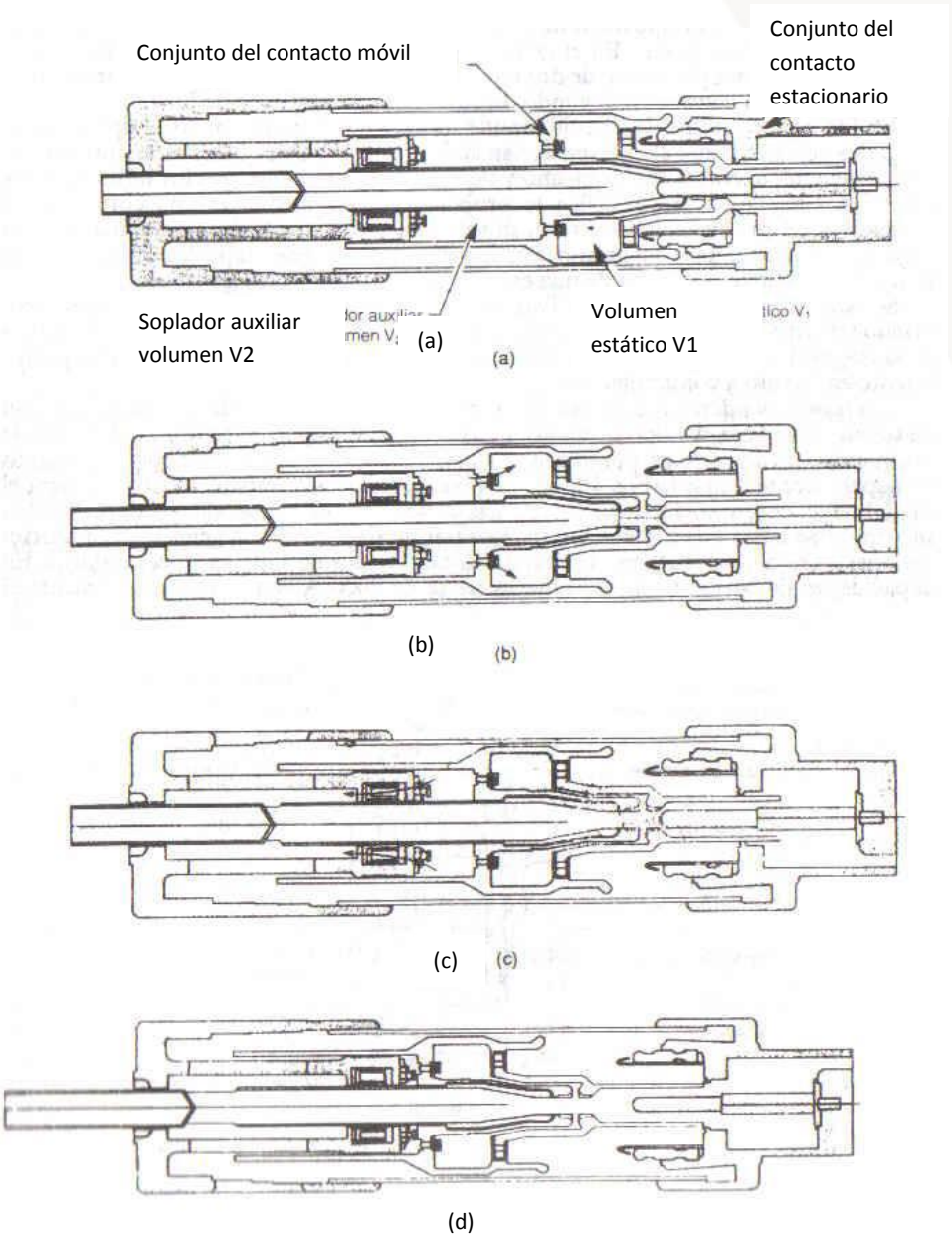


Figura 36

Interruptores de vacío

En este tipo de interruptores se tienen ambos contactos en una cámara al vacío en el rango de 10-4 - 10-9 bar. La alta capacidad dieléctrica del vacío permite una distancia entre los contactos de 6a 25 mm en posición abierto. Este tipo de interruptores tienen principalmente aplicación en voltajes medios hasta 38kV. Aunque existen hasta niveles de 70kV. Son considerablemente compactos, prácticamente no requieren de mantenimiento y tienen larga vida de operación (30.000 interrupciones a corriente nominal, 100 de corto circuito).

Se tienen dos contactos montados sobre una envolvente aislante de la cual se ha evacuado aire. Un contacto es fijo y el otro es móvil. La interrupción en vacío tiene la ventaja inherente de mover un contacto ligero a solo una distancia muy pequeña en un medio dieléctrico casi perfecto.

Esto produce una interrupción segura y rápida de las corrientes de carga o de falla. En los interruptores de vacío el arco eléctrico se presenta por vaporización del material de los contactos, como consecuencia de las altas temperaturas concentradas en algún punto de los contactos y a la presencia del alto vacío en la cámara. Al cruce por cero de la señal se condensa la mayor parte del vapor de metal en los contactos, por lo que no existe gran pérdida de material. Los contactos son comúnmente de cobre y cromo. Por lo anterior la forma y material de los contactos del interruptor son importantes para el comportamiento del arco.

El arco eléctrico es conducido en su propio campo magnético, mientras que el movimiento del mismo y su estado son controlados por el arreglo de los contactos. Con los contactos ranurados se tienen arcos difusos a bajos niveles de corriente, concentrándose al elevarse la corriente. Así que cerca al cruce por cero de la señal se tienen arcos difusos que son más fáciles de extinguir.

Para evitar un sobrecalentamiento de los contactos en el punto donde se presenta el arco, las ranuras diagonales hacen que el arco gire alrededor de los contactos y no se concentre en un solo punto, por otro lado el campo magnético lo arroja hacia la parte externa de los contactos.

Por medio de este fenómeno se extingue el arco, haciéndolo girar y difundiéndolo, al grado que al cruce por cero se extinga.

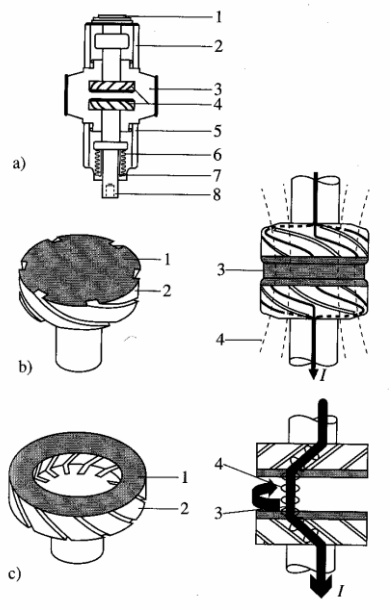


Figura 37

Sistemas de contacto de los Interruptores en vacío

Principio de Funcionamiento

Cuando se separan los contactos a través de los cuales fluye la corriente, la explosión del último 'puente de metal' hace que se forme un arco de vapor metálico. Este arco, que consiste exclusivamente en el material del contacto vaporizado, es mantenido por la alimentación externa de energía hasta que la corriente pasa otra vez por el valor cero. En ese momento se extingue finalmente el arco y el interruptor de vacío recupera su capacidad de aislamiento dieléctrico, es decir, puede soportar la tensión transitoria de ruptura.

Para asegurar una correcta extinción del arco cuando la corriente alcanza el valor cero, se ha de evitar a toda costa que los contactos sufran una erosión importante durante el paso de la corriente más fuerte. Para intensidades de aproximadamente 10 kA el arco de vacío empieza a contraerse, lo que puede observarse en primer lugar por la aparición de manchas en el ánodo. La contracción, dependiente en parte del material del contacto, hace que se suministre más cantidad de energía a estos, reduciendo por tanto la capacidad del espacio de vacío para extinguir el arco después de que la corriente haya alcanzado el valor cero. Una forma de aumentar la capacidad de interrupción es modificarla forma geométrica de los contactos. (La geometría de los electrodos genera campos magnéticos, por lo que un cambio de la misma afectará al comportamiento del arco.) Los contactos más ampliamente utilizados generan un campo magnético radial (RMF, Radial Magnetic Field), que crea una fuerza electromagnética según la regla de la mano derecha que actúa sobre el arco de vacío contraído. El arco contraído se desplaza sobre la superficie del contacto a una velocidad de 70-150 m/s. Esta alta velocidad asegura que la erosión de los contactos sea menor, mejorando también de forma significativa la capacidad de interrupción de la corriente. La capacidad de interrupción de los interruptores de vacío puede incrementarse también utilizando sistemas de contacto que generen un campo magnético axial (AMF). Cuando se aplica una densidad de flujo magnético en paralelo al flujo de corriente en el arco, la movilidad de las ondas portadoras perpendiculares al flujo se reduce considerablemente. Esto es especialmente cierto en el caso de los electrones, los cuales tienen una masa menor que los iones. Los electrones giran alrededor de las líneas magnéticas de fuerza, de forma que la contracción del arco se desplaza hacia corrientes superiores. El arco genera una luz difusa y a los electrodos llega menos energía. Esto también aparece indicado por la tensión del arco, que es menor que en los contactos RMF. La ventaja del sistema de contacto RMF radica en la sencillez de su estructura física, mientras que otra de las ventajas de los contactos en espiral es que, en estado cerrado, la corriente puede fluir por los contactos directamente a través de la base, reduciendo por tanto las pérdidas de energía del interruptor de vacío a la intensidad nominal. En muchos sistemas de contacto AMF, el campo magnético axial es generado por una bobina situada detrás de los contactos. Como resultado de ello, la resistencia del interruptor aumenta y las pérdidas óhmicas adicionales durante el servicio reducen la intensidad nominal de la corriente. La única forma práctica en que un interruptor de vacío puede disipar el calor generado es a través de conductores de cobre ya que, en el vacío, la convección no puede

considerarse una opción. Como ya se ha dicho, el arco difuso de los sistemas de contacto AMF da lugar a una excelente capacidad de ruptura de las corrientes de cortocircuito. Esto es especialmente cierto en el caso de intensidades iguales o superiores a 63 kA. Dentro de esta gama de corrientes de cortocircuito, los sistemas de contacto AMF más complejos son claramente preferibles a los contactos RMF convencionales.

Las redes con una frecuencia nominal baja (por ejemplo de 16 2/3 Hz) utilizadas para el suministro de energía de tracción en trenes rápidos y urbanos, son otro campo en que vale la pena utilizar los sistemas AMF. Debido a los tiempos extremadamente largos de formación del arco, los interruptores de vacío con contactos AMF deben ser instalados en dichos sistemas a niveles bajos de corriente de carga, del orden de 31,5 kA.

4.2 Restauradores y Seccionadores

Los restauradores, son equipos que sirven para reconectar alimentadores primarios de distribución. Normalmente el 80 % de las fallas son de naturaleza temporal, por lo que es conveniente restablecer el servicio en la forma más rápida posible para evitar interrupciones de largo tiempo. Para estos casos se requiere de un dispositivo que tenga la posibilidad de desconectar un circuito y conectarlo después de fracciones de segundo.

Los restauradores son dispositivos auto controlados para interrumpir y cerrar automáticamente circuitos de corriente alterna con una secuencia determinada de aperturas y cierres seguidos de una operación final de cierre o apertura definitiva. En caso de que la falla no fuera eliminada, entonces el restaurador opera manteniendo sus contactos abiertos. Los restauradores están diseñados para interrumpir en una sola fase o en tres fases simultáneamente y pueden tener control hidráulico o electrónico.

Los siguientes requisitos son básicos para asegurar la efectiva operación de un restaurador:

1. La capacidad normal de interrupción del restaurador deberá ser igual o mayor de la máxima corriente de falla.
2. La capacidad normal de corriente constante del restaurador deberá ser igual o mayor que la máxima corriente de carga.
3. El mínimo valor de disparo seleccionado deberá permitir al restaurador ser sensible al cortocircuito que se presente en la zona que se desea proteger.

Figura 38

Los seccionadores, son elementos que no están diseñados para interrumpir corrientes de cortocircuito ya que su función es el de abrir circuitos en forma automática después de cortar y responder a un número predeterminado de impulsos de corriente de igual a mayor valor que una magnitud previamente predeterminada, abren cuando el alimentador primario de distribución queda desenergizado.

En cierto modo el seccionador permite aislar sectores del sistema de distribución llevando un conteo de las operaciones de sobrecorriente del dispositivo de respaldo.

Por su principio de operación el medio aislante de interrupción puede ser aire, aceite o vacío y en cuanto al control es similar al caso de los restauradores o sea puede ser hidráulico, electrónico o electromecánico. La misión de este aparato es la de unir o separar de una forma visible diferentes elementos, componentes o tramos de una instalación o circuito.

Aunque los seccionadores han de maniobrarse normalmente sin carga, en determinadas circunstancias pueden conectarse o desconectarse con pequeñas cargas. Cuando se trata de corrientes magnetizantes, como la corriente de vacío de los transformadores, y que tienen un carácter claramente inductivo, la carga que pueden cortar los seccionadores es menor. Se puede decir que en tales circunstancias, la potencia máxima que pueden cortar los seccionadores es de50 KVA.

Los seccionadores habitualmente utilizados en instalaciones eléctricas tienen muy variadas formas constructivas resultando de interés atender a una clasificación según su modo de accionamiento:

- Seccionadores de cuchillas giratorias.
- Seccionadores de cuchillas deslizantes.
- Seccionadores de columnas giratorias
- Seccionadores de pantógrafo.

Dentro de esta clasificación se puede añadir que todos ellos pueden tener una constitución monopolar o tripolar.

Construcción Monopolar Construcción Tripolar

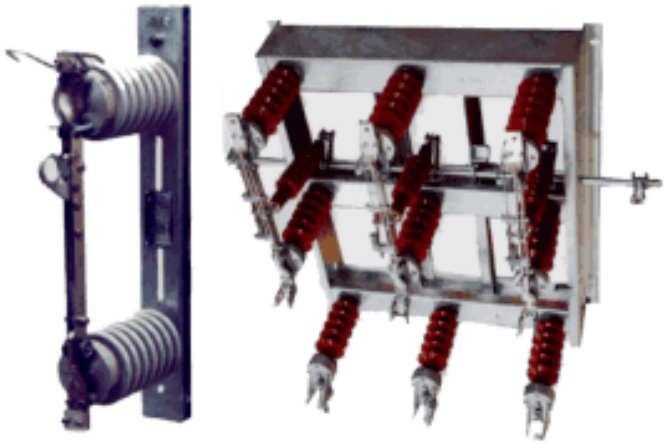


Figura 39

Seccionadores de Cuchillas Giratorias

Estos aparatos son los más empleados para media tensión, tanto como para interior como para exterior, pudiendo disponer tanto de seccionadores. La constitución de estos seccionadores es muy sencilla, componiéndose básicamente en una base o armazón metálico rígido (donde apoyaran el resto de los elementos), dos aisladores o apoyos de porcelana, un contacto fijo o pinza de contacto y un contacto móvil o cuchilla giratoria (estos dos últimos elementos montados en cada uno de los aisladores de porcelana).

La principal diferencia entre los seccionadores de cuchillas giratorias para instalación en interiores instalación en intemperie estriba en el tamaño y forma de los aisladores que soportan los contactos. En muchos casos resulta conveniente poner a tierra las instalaciones cuando se ha de trabajar en ellas, para lo cual se construyen seccionadores con cuchillas de puesta a tierra accionadas por medio de una palanca auxiliar maniobrada con la pértiga de accionamiento.

Seccionadores De Cuchillas Deslizantes

Con una estructura muy similar a la de los seccionadores de cuchillas giratorias, descritos anteriormente, poseen la ventaja de requerir menor espacio en sus maniobras dado que sus cuchillas se desplazan longitudinalmente, por lo que se puede instalar en lugares más angostos. No obstante, dado su tipo de desplazamiento de las cuchillas, estos seccionadores tienen una capacidad de desconexión inferior en un 70% a los anteriores.

Seccionadores de columnas giratorias

Este tipo de seccionadores se utilizan en instalaciones a la intemperie y con tensiones de servicio superiores a 30 KV. Dentro de este tipo de seccionadores cabe distinguir dos construcciones diferentes.

a) **Seccionadores de columna giratoria central:** En este tipo de seccionador la cuchilla está fijada sobre una columna aislante central que es giratoria. Con esta disposición se tiene una interrupción doble. Las dos columnas exteriores están montadas rígidamente sobre un soporte metálico de perfiles laminados y son las encargadas de sostener los contactos fijos.

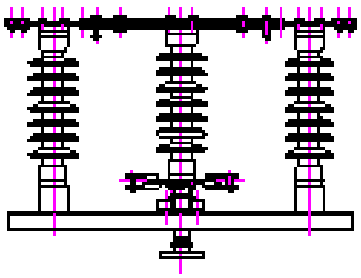


Figura 40

Este seccionador puede montarse también con cuchilla de puesta a tierra, se suele utilizar en instalaciones con tensiones deservicio entre 45 y 400 KV y corrientes nominales comprendidas entre 630 A y 1,200 A.

b) **Seccionadores de dos columnas giratorias:** El seccionador dispone de dos columnas en lugar de tres como el modelo de columna giratoria central, siendo ambas columnas portadoras de cuchillas giratorias. En este caso se obtiene solo un punto de aplicación de este seccionador es en instalaciones de intemperie con tensiones de servicio de hasta 110 KV y corrientes nominales comprendidas entre 800 A y 2,000 A. Este tipo de seccionador puede montarse con cuchilla puesta a tierra. El accionamiento de esta clase de seccionadores puede realizarse manualmente, por aire comprimido o por motor eléctrico.

Seccionadores de pantógrafo

Los seccionadores de pantógrafo han sido creados para simplificar la concepción y la realización de las instalaciones de distribución de alta tensión en intemperie (se suelen utilizar para la conexión de entre líneas y barras que se hallan a distinta altura y cruzados entre sí).

Conceptualmente se distinguen de los anteriores seccionadores mencionados porque el contacto fijo de cada fase ha sido eliminado, realizando la conexión del contacto móvil directamente sobre la línea (en un contacto especial instalado en la misma).

Estos seccionadores se disponen para tensiones de servicio entre 132 y 400 KV en corrientes nominales entre 800 A y 1,600 A cuyos componentes principales, por polo o fase, son por lo general los siguientes.

El soporte inferior: en cuyo interior se sitúan los resortes que aseguran la presión de contacto, así como el eje demando.

La columna soporte: constituida por dos aisladores superpuestos y acoplados entre sí por fijación mecánica. Esta columna contiene el eje aislante de resina sintética que asegura el enlace entre el pantógrafo y el eje de mando.

El soporte superior: en cuyo interior está fijado el mecanismo que ataca los brazos inferiores del pantógrafo. El pantógrafo propiamente dicho: constituido por cuatro brazos horizontales cruzados, dos a dos por cuatro brazos verticales y por los contactos móviles.

El contacto de línea: Fijado a la línea por una derivación en forma de T.

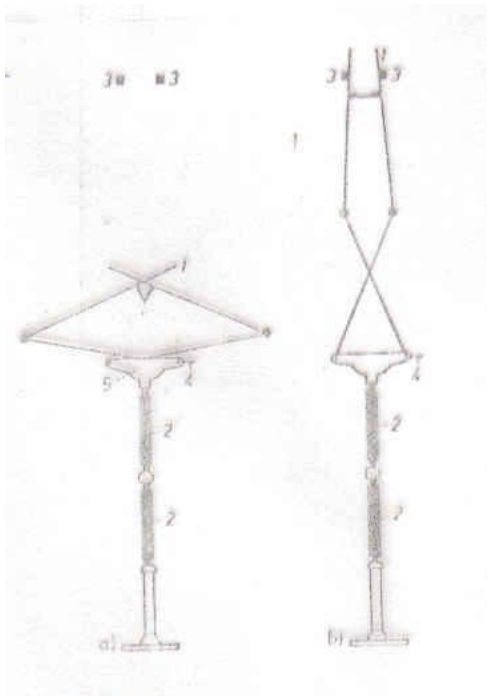


Figura 41

Mando De Seccionadores

Los mandos para seccionadores de alta tensión son muy variados, los cuales se pueden agrupar en distintos clasificaciones de las que una podría ser la siguiente:

- Mando por pértiga.
- Mando mecánico a distancia.
- Mecanismo de biela y manivela.
- Mecanismo por árbol, y transmisión.
- Mecanismos por cadena y piñones.
- Mando por servomotor.
- Motor eléctrico con reducción.
- Grupo motor-bomba y transmisión hidráulica.
- Grupo motor-compresor y transmisión neumática.

Los mandos por pértiga y mecánico a distancia son los más utilizados en instalaciones de media tensión.

Los mandos por servomotor se emplean principalmente en seccionadores de columnas giratorias y en los seccionadores de pantógrafo.

Actividad N°5

Introducción a la actividad

La siguiente actividad está diseñada para que el participante tenga un primario conocimiento de las celdas eléctricas en baja, media y alta tensión, métodos de seguridad para su retiro y manipulación, e instalación, operación, y mantención de ellas.

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

Recurso Plataforma Web	
Explicación demostrativa en aula	✓
Recurso Audiovisual	
Propuestas de situaciones problemáticas	✓
Formulación de Preguntas	✓
Taller de Trabajo	✓

Identificar Interruptores de poder y desconectadores de media y alta tensión. Conocer e interpretar análisis de aceites y SF_6.

Objetivos del aprendizaje

- Conocer y estudiar componentes de media y alta tensión
- Conocer funcionamiento de control, señalización, maniobra y operación de un interruptor de poder mediante estación pulsadora incorporado.

Descripción de la Actividad

El instructor podrá realizar estas actividades en grupos, en pares o individualmente.

Solicitará a los participantes que observen y cumplan con todas las medidas de seguridad para la tarea.

Solicitará a los participantes que realicen copia de la placa de datos de los componentes de una celda con un interruptor de poder. Este análisis debe quedar reflejado en un informe técnico para que el instructor lo evalúe.

Materiales y Recursos

- Celdas de media y alta tensión.
- Interruptor de poder (unidad ANSI / IEEE 52) con circuito de control incorporado
- Amperímetro de tenazas.
- Micro óhmetro.
- Mega óhmetros.
- Un Informe de Laboratorio sobre análisis de aceite y
- Tester con escala de 400Vac.
- Set de herramientas como destornilladores, y alicates.
- Lab – Volt o similar.
- Extensiones eléctricas con enchufes hembra macho monofásicos y trifásicos.´
- Cables con pinzas terminales, apto para 400Vac.

Seguridad:

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- Uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller**:**
  - Casco
  - Lente de seguridad
  - Zapatos de seguridad para electricista
  - Guantes de cabritilla
  - Chaleco reflectante
  - Protector auditivo. Si aplica.
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda
- Al finalizar el taller dejar todo limpio y ordenado.
- Trabajar en ambiente ventilado.

Confeccionar tabla con datos solicitados: Placa de datos de celdas de baja tensión, celdas de media tensión, celdas de alta tensión de interruptor de poder,

Una vez tomado los datos de las celdas, se harán pruebas de conexión y desconexión de interruptores de poder, mediante operación de sus accionamientos.

Con un micro óhmetro se harán mediciones de resistencia de los contactos al cierre. Se hará un registro de ello e irá en Informe.

En operaciones de apertura de interruptor de poder, se medirá aislamiento entre contactos con mega óhmetro (registrar en Informe Técnico).

Finalmente, se hará un estudio de un análisis de muestra de aceite para comprender significado y aplicación en cambio o no de aceites y SF_6, en interruptores de poder.

Antecedentes aportados por instructor:

Circuito de control de interruptor de poder.

Descripción de funcionamiento de interruptor de poder en simulación.

Será parte del informe describir el funcionamiento de ellos.

Cierre y Conclusiones

a. Los participantes, según los equipos analizados, distinguirán entre interruptores de poder con contactos en aceite o con SF_6.

b. La operación de un interruptor de poder, comprenderá el alumno, debe ser con contactos en buen estado (verificado con micro óhmetro o ducter), lo mismo que sus sistemas de extinción de arco.

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

AngloAmerican

ANTOFAGASTA MINERALS

BARRICK

bhpbilliton
resourcing the future

CODELCO
Orgullo de Todos

COLLAHUASI

FREEPORT-McMoRan
COPPER & GOLD

GLENCORE

KGHM
POLSKA MIEDŹ S.A.

LUMINA
COPPER CHILE

Teck

YAMANAGOLD