

Interruptores de potencia

Armando Navarro Zamora. *Universidad de Guadalajara – Ingeniería mecánica eléctrica*

Resumen— Los interruptores de potencia son una de las partes fundamentales de una subestación y es un elemento sin el cual no podría funcionar esta, debido a que no se podría interrumpir el flujo de la corriente haciendo imposible la maniobras así como el mantenimiento requerido para poder continuar en operación, en este documento se explican los diversos tipos de interruptores de potencia así como sus capacidades interruptivas y sus especificaciones para que de esta manera podamos determinar cuál es la mejor opción para instalar en la subestación que se va a diseñar dependiendo tanto de los factores topológicos del terreno así como meteorológicos y lo más importante los niveles tanto de tensión como de potencia que va a estar circulando por el circuito, dependiendo del costo pueden ser tan rápidos que el accionamiento de estos puede ser de entre 8 hasta 2 ciclos en la onda sinusoidal para detectar, calcular y accionar, y de esta forma cortar el arco en el punto donde su intensidad es igual a 0

I. INTRODUCCIÓN

EL interruptor de potencia es junto con el transformador, el dispositivo más importante de la subestación, es un dispositivo utilizado para interrumpir la continuidad del circuito eléctrico sometido a carga en condiciones normales así como también deben ser capaz de soportar la carga en condiciones de corto circuito.

De su comportamiento depende que tan confiable puede ser el sistema eléctrico de potencia, el interruptor de potencia debe ser capaz de interrumpir corrientes eléctricas de intensidades y factores de potencia diferentes, pasando desde las corrientes capacitivas de varios cientos de amperes a las inductivas de varias decenas de kilo amperes (cortocircuito).

II. TEORÍA

2.1) INTERRUPTORES

Se considera que los interruptores están formados por tres partes principales:

2.1.1 Parte activa

Constituida por las cámaras de extinción que soportan los contactos fijos y el mecanismo de operación que soporta los contactos móviles.

2.1.2 Parte pasiva

Formada por una estructura que soporta uno o tres depósitos de aceite, si el interruptor es de aceite, en los que se aloja la parte activa. La parte pasiva desarrolla las funciones siguientes:

- Protege eléctrica y mecánicamente el interruptor.
- Ofrece puntos para el levantamiento y transporte del interruptor, así como espacio para la instalación de los accesorios.
- Soporta los recipientes de aceite, si los hay, y el gabinete de control

2.1.3 Accesorios

Los accesorios utilizados en un interruptor pueden ser los siguientes:

- Boquillas terminales que a veces incluyen transformadores de corriente.
- Válvulas de llenado, descarga y muestreo del fluido aislante.
- Conectores de tierra.
- Placa de datos.
- Gabinete que contiene los dispositivos de control, protección, medición, accesorios como: compresora, resorte, bobinas de cierre o de disparo, calefacción, etc.

2.2) Tipos de Interruptores

los interruptores se pueden dividir en los siguientes grupos:

2.2.1 Interruptor en gran volumen de aceite.

Fueron de los primeros interruptores que se emplearon en alta tensión. Son muy utilizados todavía en Estados Unidos. En este tipo de extinción el arco producido calienta el aceite dando lugar a una formación de gas muy intensa, que aprovechando el diseño de la cámara empuja un chorro de aceite a través del arco, provocando su alargamiento y enfriamiento hasta llegar a la extinción del arco, al pasar la onda de corriente por cero.

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

Cada polo tiene doble cámara interruptiva, conectadas en serie, lo cual facilita la ruptura del arco al repartirse la caída de tensión según el número de cámaras.

Para conseguir que la velocidad de los contactos sea elevada, de acuerdo con la capacidad interruptiva de la cámara, se utilizan poderosos resortes, y para limitar el golpe que se produciría al final de la carrera, se utilizan amortiguadores.

En este tipo de interruptores, el mando puede ser eléctrico, con resortes o con compresora unitaria según la capacidad interruptiva del interruptor.



2.2.1.1 Mantenimiento

Para la revisión, por mantenimiento de los interruptores de pequeña capacidad, se bajan los tres tanques por medio de un cable y una manivela.

En aparatos de gran capacidad, primero se vacía el aceite y a continuación se abren las tapas de hombre en cada uno de los tres tanques.

2.2.2 Interruptor en pequeño volumen de aceite.

Son muy utilizados en Europa por el pequeño consumo de aceite, tienen forma de columna, suelen utilizarse en tensiones de hasta 230 kV y 2 300 MVA de capacidad interruptiva.

En general se usan en tensiones y potencias medianas. Este interruptor utiliza aproximadamente un 5% del volumen de aceite del interruptor de gran volumen de aceite.

Las cámaras de extinción tienen la propiedad de que el efecto de extinción aumenta a medida que la corriente que va a interrumpir crece. Por eso al extinguir las corrientes de baja intensidad, las sobretensiones generadas son pequeñas.

La potencia de apertura es limitada sólo por la presión de los gases desarrollados por el arco, presión que debe ser soportada por la resistencia mecánica de la cámara de arco.

Para potencias interruptivas altas, el sople de los gases sobre el arco se hace perpendicularmente al eje de los contactos, mientras que, para potencias bajas, el sople de los gases se inyecta en forma axial.

Los contactos de estos interruptores pueden soportar, según estadísticas de los

fabricantes, el siguiente número de operaciones sin requerir su cambio:

A corriente nominal	4,000 operaciones
A mitad de la potencia máxima de corto	8 operaciones
A plena potencia de corto circuito	3 operaciones

El desarrollo de los gases de extinción depende más de la corriente que de la tensión, lo que origina que la potencia de cortocircuito aumente constantemente con la tensión, que relaciona la potencia máxima de cortocircuito en por ciento con la tensión de restablecimiento, también en por ciento.

En dicha gráfica se puede apreciar que, si la tensión de restablecimiento alcanza un valor doble, la potencia de ruptura aumenta en un 50%.

Los interruptores de este tipo usan un mando que se energiza por medio de resortes.

El tiempo de la extinción del arco es del Orden de 6 ciclos.

2.2.3 Interruptores neumáticos

Su uso se origina ante la necesidad de eliminar el peligro de inflamación y explosión del aceite utilizado en los interruptores de los casos del interruptor en gran volumen de aceite e Interruptor en pequeño volumen de aceite.

En este tipo de interruptores el apagado del arco se efectúa por la acción violenta de un chorro de aire que barre el aire ionizado por efecto del arco.

El poder de ruptura aumenta casi proporcionalmente a la presión del aire inyectado, La presión del aire comprimido varía

entre 8 y 13 kg/cm² dependiendo de la capacidad de ruptura del interruptor.

La extinción del arco se efectúa en un tiempo muy corto, del Orden de 3 ciclos, lo cual produce sobretensiones mayores que en los casos anteriores.

Estos aparatos pueden operar en dos formas:

- En forma modular con su propia compresora y tanque de almacenamiento; o en forma de estación central de aire comprimido, que alimenta el conjunto de los interruptores de la instalación.
- En forma de alimentación radial a partir de un cabezal de aire, o a partir de una instalación en anillo; tiene el inconveniente de que en caso de una fuga en la tubería principal puede ocasionar la falla de toda la instalación, además de que, en caso de subestaciones de gran capacidad, la longitud de las tuberías es tan grande que hace que su costo sea muy elevado respecto al caso modular.

2.2.4 interruptores en hexafluoruro de azufre (SF₆).

Son aparatos cuyas cámaras de extinción operan dentro de un gas llamado hexafluoruro de azufre (SF₆) que tiene una capacidad dieléctrica superior a otros fluidos dieléctricos conocidos.

2.2.4.1 Propiedades

- Es un gas químicamente estable e inerte
- Su peso específico es de 6.14 g/l.
- Alcanza unas tres veces la rigidez dieléctrica del aire a la misma presión.
- A la temperatura de 2 000K conserva todavía alta conductividad térmica, que ayuda a enfriar el plasma creado por el arco eléctrico y al pasar por cero la onda de corriente, facilita la extinción del arco.
- Físicamente el gas tiene características electronegativas o sea la propiedad de capturar electrones libres transformando los átomos en iones negativos, lo cual provoca en el gas las altas características de ruptura del arco eléctrico y por lo tanto la gran velocidad de recuperación dieléctrica entre los contactos, después de la extinción del arco.

En los primeros de estos interruptores se usaron dos presiones, la menor de 3 bars, llenando los tanques y la mayor, de 18 bars, dentro de las cámaras de extinción. Esto se hizo con el fin de evitar que al abrir el interruptor sus contactos, el sople de gas produjera enfriamiento y el gas pasara al estado líquido. Posteriormente se ha usado

una sola presión, con lo cual se disminuye el tamaño de los interruptores en cerca de un 40%, y para evitar el uso de la segunda presión se aprovecha la propia presión del gas como punto de partida y la cámara, al abrir los contactos, tiene un émbolo unido al contacto móvil que al operar comprime el gas y lo inyecta sobre el gas ionizado del arco, que es alargado, enfriado y apagado al pasar la corriente por cero.



Los interruptores pueden ser de polos separados, cada fase en su tanque, o trifásicos en que las tres fases utilizan una misma envolvente. Se fabrican para tensiones desde 15 hasta 800 kV y las capacidades de interrupción varían de acuerdo con el fabricante, llegando hasta magnitudes de 80 kA, que es un caso muy especial.

Este tipo de aparatos pueden librar las fallas hasta en dos ciclos y para limitar las sobretensiones altas producidas por esta velocidad, los contactos vienen con resistencias limitadoras.

Las principales averías de este tipo de interruptores son las fugas de gas, que requieren aparatos especiales para detectar el punto de la fuga.

En un aparato bien instalado, las pérdidas de gas deben ser inferiores al anual del volumen total de gas encerrado dentro del aparato.

En caso de pérdida total de la presión del gas y debido a la alta rigidez dieléctrica del SF₆, la tensión que pueden soportar los contactos cuando están abiertos es igual al doble de la tensión de fase a tierra. De cualquier forma, no es conveniente operar un interruptor de SF₆ cuando ha bajado su presión por una fuga y debe de ser bloqueado el circuito de control de apertura para evitar un accidente.

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

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

Si el interruptor es de operación monopolar, puede ser benéfico usar recierre monopolar. Aquí la dispersión puede aumentar hasta 4 milisegundos, cuya magnitud empieza a producir efectos diversos en la magnitud de las sobretensiones por maniobra.

El mecanismo de mando de estos dispositivos es, generalmente, de aire comprimido

2.2.5 Interruptores en vacío

Esta tecnología es la más reciente, aparece por la década de 1960. Son aparatos que, en teoría, abren en un ciclo debido a la



pequeña inercia de sus contactos y a su pequeña distancia. Los contactos están dentro de botellas especiales en las que se ha hecho el vacío casi absoluto.

El contacto fijo está sellado con la cámara de vacío y por el otro lado entra el contacto móvil, que también está sellado al otro extremo de la cámara y que, en lugar de deslizarse, se mueve junto con la contracción de un fuelle de un material que parece ser una aleación del tipo del latón.

Al abrir los contactos dentro de la cámara de vacío, no se produce ionización y, por tanto, no es necesario el soplado del arco ya que éste se extingue prácticamente al paso por cero después del primer ciclo.

Este tipo se utiliza en instalaciones de hasta 34.5 kV dentro de tableros blindados.

Los dos inconvenientes principales son:

1. Que, por algún defecto o accidente, se pueda perder el vacío de la cámara y al entrar aire y producirse el arco, pueda reventar la cámara.
2. Debido a su rapidez producen grandes sobretensiones entre sus contactos y éstos emiten ligeras radiaciones de rayos X.

2.3) Tipo de tanque

Se dividen en dos:

2.3.1 Tanque vivo

La cámara de extinción de los interruptores de potencia tipo tanque vivo no está puesta a tierra sino se encuentra bajo alta tensión, por lo que estos interruptores de potencia se denominan tipo tanque vivo.

Puede suministrar para niveles de tensión de 72,5 kV a 800 kV.

Están equipados con una o más cámaras extinción por polo, dependiendo del nivel de tensión.

2.3.2 Tanque muerto

A diferencia de los interruptores de potencia tipo tanque vivo, los tanques muertos disponen de una cámara de interrupción encapsulada y el tanque siempre está puesto a tierra.

Por esta razón se denominan interruptores de potencia tipo tanque muerto. En determinadas subestaciones eventualmente son necesarios interruptores de potencia tipo tanque muerto en lugar de interruptores tipo tanque vivo estándar.

El tanque muerto ofrece ventajas especiales cuando el concepto de protección requiere varios transformadores de corriente por polo.

III. CONCLUSIÓN

Existen diversos tipos de interruptores de potencia los cuales nos permiten adecuar la subestación eléctrica a nuestras necesidades tanto de flexibilidad como de costos, de igual manera también existe gran variedad de capacidades interruptivas para lo cual se requiere realizar el cálculo de corto circuito debido a que si es intensidad de corriente sobrepasa la capacidad interruptiva el interruptor de corriente no podrá cortar el arco que se formará

IV. REFERENCIAS

Raúl Martín, José (2000), "Diseño de Subestaciones Eléctricas", México, UNAM, Facultad de Ingeniería, 2ª ed. (pp. 83-92).

Siemens AG (2013), "interruptores de potencia de alta tensión", Berlín, Alemania, Siemens (pp. 14-18)