

[303371957]. Bohbeh/Shutterstock

Transmisión de energía eléctrica

Subestaciones eléctricas



Tecnológico
de Monterrey

Conceptos básicos

Elementos de una subestación eléctrica

Es momento de conocer aquellos elementos que son indispensables para el funcionamiento adecuado de una subestación eléctrica:

1. Apartarrayos

Un **apartarrayos** es un dispositivo protector que limita las sobretensiones transitorias descargando o desviando la sobrecorriente producida, y evitando que continúe el paso de la corriente eléctrica. Además, es capaz de repetir esta función.

Los apartarrayos son **dispositivos eléctricos formados por una serie de elementos resistivos no lineales y explosores** que limitan las sobretensiones generadas por las descargas atmosféricas, operaciones de interruptores o desbalance en sistemas eléctricos.

Para que esta protección sea efectiva, debe contar con las siguientes **características**:

- Comportarse como aislador mientras la tensión no exceda el valor predeterminado.
- Convertirse en conductor cuando la tensión alcance o exceda dicho valor.
- Conducir a tierra la corriente producida por la sobretensión.



[147355316]. Oleksandr Koretskyi/Shutterstock

2. Transformadores de potencial

Los **transformadores de potencial (TP)** son dispositivos en los que la tensión secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la tensión primaria. **Tienen la función tanto de transformar la tensión**, como de aislar los instrumentos de protección y medición conectados en circuitos de alta tensión.



[601011196]. Shinyfamily/iStock

El transformador primario se conecta en paralelo con el circuito por controlar y el secundario se conecta en paralelo con las bobinas de tensión de los instrumentos que se requiere energizar.

Estos transformadores se fabrican para **servicio interior o exterior**. Para bajas y medias tensiones se utilizan aislamientos de resinas sintéticas, mientras que para altas tensiones se emplean aislamientos de papel, aceite y porcelana.

Se pueden construir transformadores de un solo núcleo y embobinado secundario, que alimenta la protección y la medición, o con dos embobinados para conectar a uno de los relevadores de tierra y en el caso de los relevadores direccionales se incluye un tercer devanado para las bobinas de polarización.

3. Transformadores de corriente

Los **transformadores de corriente (TC)** son dispositivos en los cuales la corriente secundaria es prácticamente proporcional a la corriente primaria bajo condiciones normales de operación, aunque con un ligero desfase. Estos dispositivos **tienen las funciones de transformar la corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a alta tensión**.



[73843462]. Mykola Mazuryk/Shutterstock

El transformador primario se conecta en serie con el circuito por controlar, mientras que el secundario se conecta en serie con las bobinas de corriente de los aparatos de medición y protección.

Un **transformador de corriente puede tener uno o varios embobinados secundarios a su vez sobre uno o varios circuitos magnéticos**. Si el aparato tiene varios circuitos magnéticos se comporta como si fueran varios transformadores diferentes.

Un circuito puede ser utilizado para mediciones, mientras que los demás pueden usarse para las protecciones. Sin embargo, las protecciones diferenciales y de distancia se conectan a transformadores independientes.

Los transformadores de corriente **pueden ser de servicio interior o exterior**. Los transformadores de corriente de servicio interior son más económicos y se fabrican para tensiones hasta 25 kV con aislamiento de resina sintética. Los de servicio exterior y tensiones medias se fabrican con aislamiento de porcelana y aceite, aunque ya se utilizan aislamientos de resinas resistentes al ambiente. **Para tensiones altas y servicio exterior se utilizan aislamientos a base de papel y aceite dentro de un recipiente de metal con boquillas de porcelana**.

4. Dispositivos de potencial

Los **dispositivos de potencial** son elementos equivalentes a los transformadores de potencial, aunque en vez de ser del tipo inductivo son del tipo capacitivo. Se usan para alimentar con tensión los instrumentos de medición y protección de un sistema de alta tensión.

5. Cuchillas

Las **cuchillas son dispositivos que sirven para conectar y desconectar diversas partes de una instalación eléctrica**, efectuar maniobras de operación o realizar operaciones de mantenimiento.

Las cuchillas **pueden abrir circuitos a tensión nominal**, pero nunca cuando esté fluyendo corriente a través de ellas, por lo que antes de abrir las cuchillas primero deberá abrirse el interruptor correspondiente.



[723261928]. DarkWeapon/Shutterstock

La diferencia entre un juego de cuchillas y un interruptor es que las cuchillas no pueden interrumpir un circuito con corriente, mientras que el interruptor puede abrir circuitos con cualquier tipo de corriente, desde el valor nominal hasta el valor de cortocircuito.

Algunos fabricantes adicionan a las cuchillas una pequeña cámara de arqueo con SF₆ (hexafluoruro de azufre), para interrumpir circuitos con valores nominales de corriente. A estas cuchillas se les conoce como cuchillas para apertura con carga.

Las **cuchillas están formadas por una base metálica de lámina galvanizada con un conector de puesta a tierra**, dos o tres columnas de aisladores que fijan el nivel básico de impulso y la cuchilla, encima de los aisladores.



[856614468]. Shinyfamily/Shutterstock

Los elementos de conexión de las cuchillas son el **elemento móvil o cuchilla y la parte fija o mordaza**, que es un contacto formado por varios dedos metálicos, los cuales presionan mediante resortes individuales, con el fin de mantener una presión alta en el contacto y evitar pérdidas bajas por el efecto Joule en los puntos de contacto.

Las cuchillas se pueden **clasificar** de acuerdo a la posición de la base y la forma del elemento móvil de la siguiente manera:

- **Cuchillas horizontales.** Pueden ser de tres postes. El mecanismo hace girar el poste central, que provoca el levantamiento de la parte móvil de la cuchilla. Para compensar el peso de la cuchilla, la hoja móvil tiene un resorte para ayudar a la apertura.
- **Cuchilla horizontal invertida.** Es similar a la cuchilla horizontal, aunque las tres columnas de aisladores se encuentran colgando de la base. Se tiene un resorte para compensar el peso de la hoja de la cuchilla, con el fin de ayudar al cierre de la misma. Los aisladores deben de colocarse en forma invertida para que no se acumule el agua.
- **Cuchilla vertical.** Los tres aisladores se encuentran en posición horizontal y la base en forma vertical. Se tiene un resorte para compensar el peso de la hoja de la cuchilla para ayudar al cierre de la misma.
- **Pantógrafo.** Son cuchillas de un solo poste aislante, sobre el cual se soporta la parte móvil. Tiene un sistema mecánico de barras conductoras con forma de pantógrafo de las locomotoras eléctricas. La parte fija está colgada en un cable o en un tubo exactamente encima del pantógrafo, de tal manera que al elevarse la parte superior del pantógrafo se conecta con la mordaza, cerrando el circuito.

6. Trampas de onda

La **trampa de onda**, también llamada bobina de bloqueo o bobina de onda portadora, tiene la función de **impedir que las señales de alta frecuencia se deriven en direcciones indeseables**, con el fin de no perjudicar la transmisión de energía eléctrica a frecuencia nominal de 60 Hz en la república mexicana.

Por lo tanto, se comporta como un **filtro para banda de frecuencias**. Su impedancia debe ser depreciable a la frecuencia de la red, con el objetivo de no perturbar la transmisión de energía eléctrica, pero debe ser selectivamente elevada a cualquier banda de frecuencia utilizable para la comunicación con onda portadora, cuyo rango es de 30 a 500 kHz.



[64276731]. 3DM/ Shutterstock

7. Bancos de capacitores

Son grupos de capacitores usados en las subestaciones para **proporcionar potencia reactiva al sistema**. Los bancos de capacitores de alta tensión se conectan por lo general en estrella con el neutro flotante, rara vez con el neutro conectado a tierra.

El tipo de conexión del neutro que se utilice en una instalación depende de lo siguiente:

- Conexión del sistema a tierra
- Fusibles de capacitores
- Dispositivos de conexión y desconexión

8. Buses

Los **buses en una subestación eléctrica son los conductores eléctricos que se utilizan como conexión común de los diferentes circuitos de que consta una subestación**.

Los circuitos que se conectan o derivan de los buses son los generadores, líneas de transmisión, bancos de transformadores, entre otros. En una subestación se puede tener varios buses que agrupen diferentes circuitos en uno o varios niveles de tensión, dependiendo del propio diseño de la subestación. A los buses también se les llama barras, estas están formadas por conductores eléctricos, aisladores, conectores y herrajes.

El diseño **de las barras colectoras implica la selección apropiada del conductor en lo referente al material, tipo y forma del mismo**, a la selección de los aisladores y sus accesorios, y a la selección de las distancias entre apoyos y fases.



[300008585]. CHAIYA/Shutterstock

El diseño se hace con base en los esfuerzos estáticos y dinámicos a las que están sometidas las barras, y según las necesidades de conducción de corrientes, disposiciones físicas, etcétera.

- La selección final de las barras se hace atendiendo aspectos económicos, materiales existentes en el mercado y normas establecidas.
- El elemento principal de que se componen las barras colectoras es el conductor eléctrico.
- Cada juego de barras consta de tantos conductores como fases o polos componen al circuito, ya sea que se tenga corriente alterna o directa.
- Los tipos de barras pueden ser cables, tubos o soleras.

Barra tipo tubo. El tipo de barra más usado es el cable, el cual es un conductor formado por un grupo de alambres trenzados en forma helicoidal. La ventaja que presenta respecto a los otros tipos es que es el más **económico**; la desventaja es que tiene pérdidas mayores por efecto corona y efecto superficial. **Los materiales más usados para cables son el cobre y el aluminio reforzado con acero (ACSR).**

Cada uno de los elementos que revisaste en este documento juega un papel importante en el funcionamiento de la subestación eléctrica, por lo que es fundamental conocer su funcionamiento y características.

Trabajo realizado en el marco del Proyecto 266632 “Laboratorio Binacional para la Gestión Inteligente de la Sustentabilidad Energética y la Formación Tecnológica”, con financiamiento del Fondo de Sustentabilidad Energética CONACYT-SENER (Convocatoria: S001920101).

El trabajo intelectual contenido en este material, se comparte por medio de una licencia de Creative Commons (CC BY-NC-ND 2.5 MX) del tipo “Atribución-No Comercial Sin Derivadas”, para conocer a detalle los usos permitidos consulte el sitio web en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/mx>



Se permite copiar, distribuir, reproducir y comunicar públicamente la obra sin costo económico bajo la condición de no modificar o alterar el material y reconociendo la autoría intelectual del trabajo en los términos específicos por el propio autor. No se puede utilizar esta obra para fines comerciales, y si se desea alterar, transformar o crear una obra derivada de la original, se deberá solicitar autorización por escrito al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

CFE
Comisión Federal de Electricidad

CONACYT
45 años

Tecnológico de Monterrey

FONDO DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍAS LIMPIAS

Colaboran:

Berkeley
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

ASU ARIZONA STATE UNIVERSITY