

# **Estaciones y subestaciones transformadoras**

**Autor: Marcos Tostado Véliz**

## Presentación del curso

En este curso podrás conocer, estudiar y analizar la constitución y funcionamiento de las estaciones y subestaciones transformadoras de energía eléctrica. Veremos los distintos tipos de subestaciones transformadoras según su función y según su emplazamiento. Conoce cómo las estaciones transformadoras van modificando la electricidad durante el proceso de distribución de la energía según las necesidades técnicas.

En lo que se refiere a los elementos que conforman las estaciones y subestaciones transformadoras de energía, aprenderás a cerca de los aparatos de maniobra y corte, los tipos de seccionadores y de disyuntores, los aparatos y equipos de protección y medida. Conoce los tipos de transformadores de energía, el funcionamiento de los relés de protección, los transformadores de potencia, la transmisión de información en los sistemas eléctricos, y mucha más información relacionada a las estaciones y subestaciones transformadoras de energía.

# 1. Energía. Estación transformadora y subestación

## INTRODUCCIÓN

**¿Qué es una subestación?:** es aquella instalación compuesta por los adecuados elementos de mando, corte, medida, regulación, transformación y protección; y cuya misión es la de reducir los valores de muy alta tensión a valores aptos para la distribución eléctrica.



*Vista detalle de una subestación transformadora.*

**¿Qué es una estación transformadora?:** al igual que la subestación, la estación transformadora es una instalación formada por elementos de mando, corte, medida, regulación, transformación y protección; y cuya misión es la de reducir los valores de alta tensión procedentes de las subestaciones transformadoras en valores de media tensión.

Transformación	Fase en la que se realiza	Instalación que la realiza
Alta tensión – Muy alta tensión	Producción	Estación elevadora
Muy alta tensión – Alta tensión	Transporte	Subestación transformadora
Alta tensión – Media tensión	Distribución	Estación transformadora
Media tensión – Baja tensión	Distribución	Centro de transformación

**¿Cuáles son los valores de alta y media tensión?:** en la siguiente tabla se resume esta cuestión.

Tipo	Valor	Uso
Media tensión (MT)	3 kV	Producción y distribución de energía
	6 kV	
	10 kV	
	15 kV	
	20 kV	
Alta tensión (AT)	30 kV	Transporte y distribución de energía
	45 kV	
	66 kV	
Muy alta tensión (MAT)	132 kV	Transporte de energía
	230 kV	
	400 kV	

## 2. Energía. Subestaciones transformadoras según su función

### Tipos de subestaciones transformadoras según su función

Atendiendo a la función que desempeñan dentro de la red de transporte de energía eléctrica se distinguen los siguientes tipos de subestaciones transformadoras:

- **De interconexión:** en este caso no existe transformación de la energía eléctrica, ya que su única labor es la de disponer de la aparamenta necesaria para realizar la interconexión de varias líneas correctamente. Esto ocurre cuando el trazado de varias líneas confluyen en un mismo lugar, disponiendo de este tipo de subestaciones evitaremos que puedan existir problemas en dichas líneas debidos a la proximidad de ambas entre sí.
- **De transformación pura:** básicamente su labor es la descrita anteriormente: "es aquella instalación compuesta por los adecuados elementos de mando, corte, medida, regulación, transformación y protección; y cuya misión es la de reducir los valores de muy alta tensión a valores aptos para la distribución eléctrica". Su disposición más normal es la de recibir dos líneas en muy alta tensión y derivar en una en alta tensión.
- **Interconexión con transformación:** misma función que las de interconexión simple, con la función añadida de la transformación de la corriente eléctrica. Su uso es muy extendido.
- **De central:** este tipo de subestaciones se disponen a pie de las centrales generadoras de energía eléctrica. Su uso viene dado por la imposibilidad de construir estaciones elevadoras en la proximidad de algunas centrales. De esta manera realizamos la elevación de la tensión en la misma central sin la necesidad de disponer de una segunda estación elevadora, se podría decir que las subestaciones transformadoras de central son en realidad estaciones elevadoras con distinto nombre ya que realizan la misma función.



*Subestación transformadora a pie de una central eléctrica (subestación de central).*

### 3. Energía. Subestaciones transformadoras según su emplazamiento

#### Tipos de subestaciones transformadoras según su emplazamiento.

**El emplazamiento de una subestación transformadora depende de varios factores:** de la situación del terreno, de las propias inclemencias meteorológicas, del grado de seguridad y vida útil que se le quiera dar a la instalación o más básicamente del aspecto económico de la construcción. Dependiendo de donde se sitúe la instalación se distinguen varios **tipos de subestaciones transformadoras:**

- **De intemperie:** se construyen en el exterior, son las más usuales y no requieren edificación envolvente complementaria. Tienen por inconveniente el tener que estar perfectamente protegidas contra las inclemencias del ambiente, contaminación, humedad, ambiente salino... no siendo aptas para lugares en que estos factores llegan a niveles altos de agresión.

- **De interior:** presentan una principal ventaja frente a las de intemperie y es la de obtener una mayor protección frente a los factores antes mencionados (humedad, contaminación, inclemencias atmosféricas, ambiente salino...). Evidentemente necesitan la construcción de un edificio suficiente para albergar la totalidad de elementos que la componen. A pesar de ser interiores, los transformadores se siguen situando a la intemperie.



*Subestación transformadora de interior. En la imagen se puede apreciar que, a pesar de ser una instalación interior, el transformador se sitúa en el exterior.*

- **Blindadas:** son aquellas que usan el hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub>, como elemento aislante en todos sus elementos (interruptores, transformadores...). Este aislante consigue reducir la distancia necesaria entre elementos, logrando así disponer de la instalación en un menor espacio. Por el contrario son

evidentemente más caras, debido a que los elementos que usan el hexafloruro de azufre son más costosos que los que usan por ejemplo el aceite.

- **Rurales:** prácticamente en desuso. Se sitúan dentro de edificaciones pequeñas (300 m<sup>2</sup> como mucho), y se usan cuando es necesaria su utilización en las proximidades de pequeños núcleos urbanos siempre que, por diversas circunstancias, no sea posible situarla en intemperie.

## 4. Energía. Vista global de las estaciones y subestaciones

### Vista global de las subestaciones y estaciones transformadoras

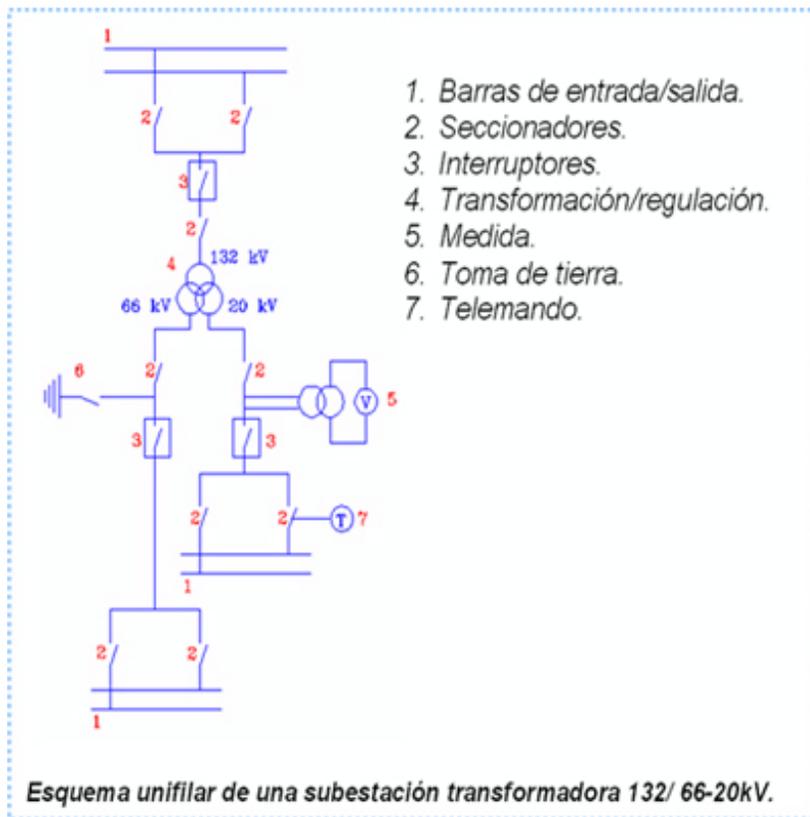
Muy básicamente se podría decir que las subestaciones y estaciones transformadoras se componen de cinco partes que serían: mando, regulación, corte, protección, transformación y medida. En realidad las labores de mando, corte y protección pueden aparecer combinadas, ya que la aparamenta utilizada en este tipo de instalaciones lo permite.



*Vista general de una subestación.*

La **aparamenta** que compone cada uno de estos grandes bloques es:

- **Entrada-salida:** barras de reparto de intensidad (embarrados).
- **Protección:** relés de protección, pararrayos y autoválvulas.
- **Corte:** seccionadores, interruptores y disyuntores.
- **Medida:** transformadores y equipos de medida.
- **Regulación:** reguladores de tensión.
- **Mando:** cuadros de mando directo y telemando.



m

## 5. Energía. Aparatos de maniobra y corte

### Aparatos de maniobra y corte

Su función es la de permitir un servicio continuo y aislar eléctricamente partes del sistema que, por diferentes motivos, deban quedar libres de tensión. En las estaciones y subestaciones transformadoras nos encontraremos con los siguientes aparatos que realizan funciones de corte y maniobra.

- **Seccionadores:** se usan para cortar tramos del circuito de forma visible. Para poder realizar la maniobra necesitan estar libres de carga, es decir, en el momento de la apertura no debe circular corriente alguna a través de él.

- **Interruptores:** estos dispositivos son capaces de soportar grandes corrientes de cortocircuito durante un periodo determinado de tiempo, esto les permite realizar la maniobra con carga. Deben accionarse de forma manual y su apertura no es visible.

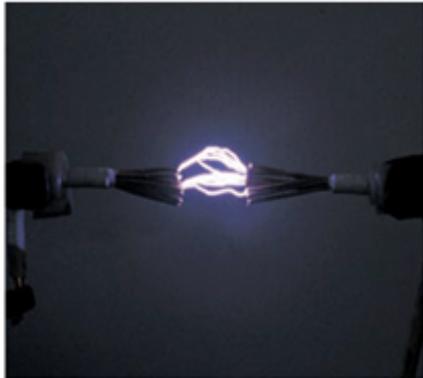
- **Interruptor-seccionador:** realizan la misma función del interruptor con la peculiaridad de que su apertura se aprecia visualmente.

- **Interruptores automáticos o disyuntores:** al igual que los interruptores, realizan la labor de maniobra en condiciones de carga. En realidad estos son los usados habitualmente y no los interruptores manuales, ya que estos actúan automáticamente en caso de anomalía eléctrica. Para este accionamiento automático se ayudan de unos aparatos llamados relés de protección. Deben incorporar un sistema de extinción del arco eléctrico para su correcto funcionamiento



*Izquierda: imagen de un interruptor. Derecha: imagen de varios seccionadores.*

**Arco eléctrico:** se denomina arco eléctrico, al fenómeno que se produce cuando entre dos contactos abiertos sigue circulando corriente eléctrica a través del aire o de cualquier otro medio, en principio, no conductor. Esto ocurre, por ejemplo, cuando se intenta realizar la apertura de un seccionador en condiciones de carga eléctrica o, a mayor escala, en la caída de un rayo.



**Arco eléctrico.**



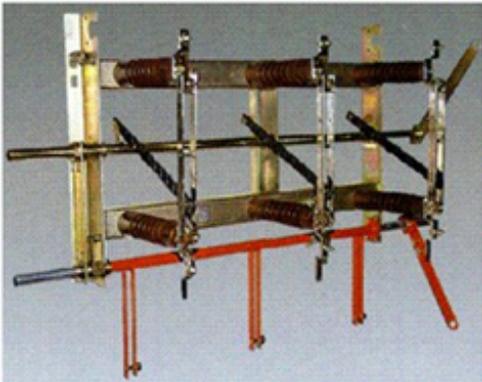
**La caída de un rayo es otro ejemplo de arco eléctrico**

## 6. Estaciones. Tipos de seccionadores

### Tipos de seccionadores

Atendiendo a su forma constructiva y a la forma de realizar la maniobra de apertura, se distinguen **cinco tipos de seccionadores empleados en alta y muy alta tensión**.

- **Seccionador de cuchillas giratorias:** como su propio nombre indica, la forma constructiva de estos seccionadores permite realizar la apertura mediante un movimiento giratorio de sus partes móviles. Su constitución permite el uso de este elemento tanto en interior como en intemperie.



Seccionador de cuchillas giratorias.

- **Seccionador de cuchillas deslizantes:** el movimiento de sus cuchillas se produce en dirección longitudinal (de abajo a arriba). Son los más utilizados debido a que requieren un menor espacio físico que los anteriores, por el contrario, presentan una capacidad de corte menor que los seccionadores de cuchillas giratorias.



Seccionadores de cuchillas deslizantes montados en intemperie.

- **Seccionadores de columnas giratorias:** su funcionamiento es parecido al de los seccionadores de cuchillas giratorias, la diferencia entre ambos radica en si la

pieza aislante realiza el movimiento de manera solidaria a la cuchilla o no. En los seccionadores de columnas giratorias, la columna aislante que soporta la cuchilla realiza el mismo movimiento que ésta. Están pensados para funcionar en intemperie a tensiones superiores a 30 kV.



*Seccionadores de columnas giratorias.*

- **Seccionadores de pantógrafo:** estos seccionadores realizan una doble función, la primera la propia de maniobra y corte y la segunda la de interconectar dos líneas que se encuentran a diferente altura. En este tipo de seccionadores se debe prestar especial atención a la puesta a tierra de sus extremos.



*Seccionador de pantógrafo.*

**¿Por qué no se usan seccionadores unipolares en alta tensión?:** por el desequilibrio entre fases que podría generar, la conexión o desconexión parcial de la totalidad de las líneas. Este hecho es más grave cuanto más alto es el valor nominal de la tensión.

## 7. Estaciones. Tipos de disyuntores

### Tipos de disyuntores

Como bien se ha dicho anteriormente, los disyuntores son **elementos de corte en carga que actúan de manera automática cuando ocurre alguna anomalía**. Al producirse la maniobra en carga, entre los extremos del aparato puede producirse un arco eléctrico, estos elementos incorporan varios sistemas para extinguir ese arco y evitar de esta manera las consecuencias que ello pudiera tener. Dependiendo del sistema o material utilizado para producir la extinción del arco eléctrico se distinguen **varios tipos de disyuntores**:

- **Interruptor de ruptura al aire:** este tipo de disyuntor, tiene su mecanismo interior al aire, usando la propia atmósfera del retorno y su elevada velocidad de desconexión para extinguir el arco. Evidentemente este no es el sistema de extinción más eficaz y es por eso que su uso se limita a la media tensión, resultando inviable su uso en instalaciones de mayor tensión.
- **Interruptor con auto-formación de gases extintores:** incorporan una serie de placas, cuya evaporación producida por la alta temperatura del arco eléctrico produce gases cuyas características los permiten extinguir arcos eléctricos con cierta efectividad. Su uso está limitado a maniobras de escasa potencia.
- **Interruptor con soplado auto-neumático:** incorpora un cilindro que lanza una gran cantidad de aire comprimido sobre la zona en la que se produce el arco. Esta expulsión de aire se realiza gracias al empuje de un pistón, movido por los propios contactos del interruptor en la maniobra de apertura. Están preparados para trabajar hasta tensiones de 24 kV.
- **Interruptor de aceite:** sus contactos se sumergen en una cuba de aceite aislante que tiene la propiedad de enfriar los contactos del interruptor. Conllevan el riesgo de inflamabilidad del aceite y requieren un gran mantenimiento, haciéndolos poco aconsejables para grandes potencias y secciones.
- **Interruptor de hexafloruro de azufre:** su funcionamiento es igual al de los interruptores con soplado autoneumático, solo que estos en vez de expulsar aire expulsan a gran presión un gas llamado hexafloruro de azufre (SF<sub>6</sub>), cuyas propiedades eléctricas son muy superiores a las de cualquier aislante conocido. Actualmente son los más utilizados, siendo los únicos aptos para el uso en muy alta tensión.
- **Interruptores en vacío:** los contactos del aparato van inmersos en una cámara de vacío donde, al no existir ningún elemento, no se produce continuidad del arco. Son muy simples y suelen utilizarse en tensiones hasta 50 kV.

## 8. Estaciones. Aparatos y equipos de protección y medida

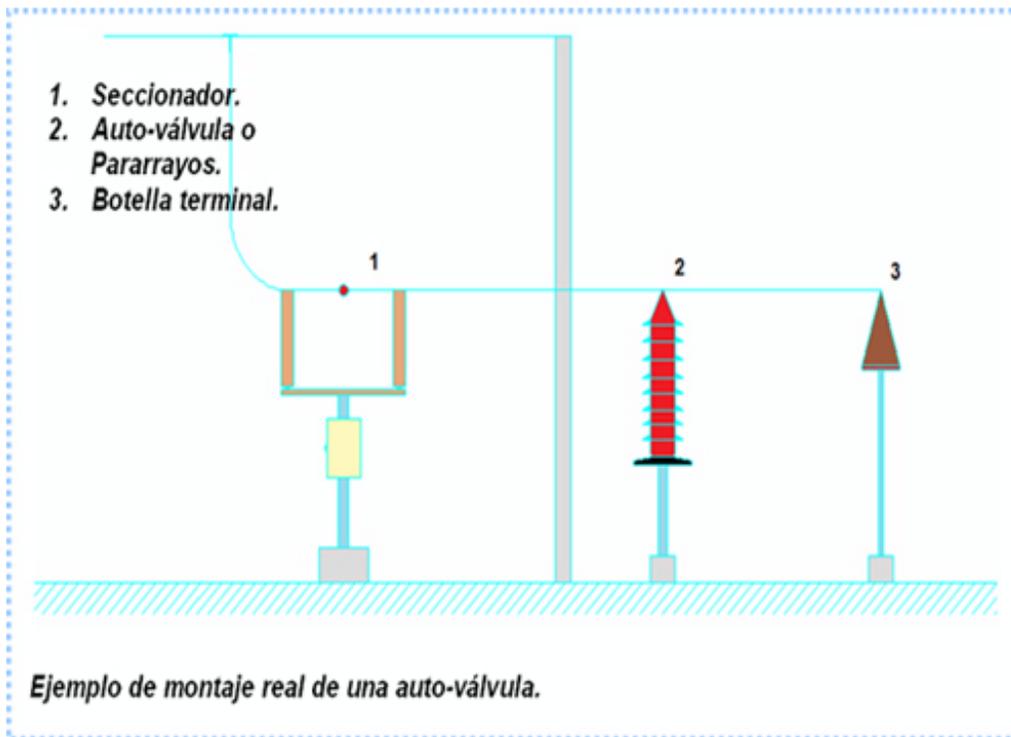
### Aparatos y equipos de protección y medida

Los aparatos de protección y medida son aquellos que tienen por misión tomar los valores oportunos de la instalación, registrarlos y compararlos con otros valores de referencia y actuar sobre la aparamenta de protección en caso de que esto fuera necesario. La **aparamenta** de protección de las subestaciones y estaciones transformadoras, está compuesta además de por los ya mencionados disyuntores por los siguientes elementos:

- **Pararrayos o auto-válvulas:** son los encargados de absorber las sobretensiones que pudieran producirse por inclemencias atmosféricas como puede ser la caída de un rayo. De esta manera evitan que sean los aisladores los elementos que reciban estas sobretensiones, ya que esto ocasionaría grandes desperfectos en el aislamiento. Deben conectarse por un extremo a la línea que se quiere proteger y por el otro a la red de tierra. Para su dimensionamiento se deberá tener en cuenta que, para que una auto-válvula comience a actuar, entre sus extremos debe superarse una tensión de referencia, debido a esto no nos debemos quedar cortos ya que el pararrayos podría actuar con simplemente detectar entre sus extremos la tensión nominal de la línea.



*Imagen de dos auto-válvulas.*



- **Transformadores de medida y protección:** su misión es la de reducir los valores nominales de tensión e intensidad para que puedan ser utilizados por pequeños aparatos de medida (voltímetros y amperímetros) y pequeños aparatos de protección (relés). Estos elementos cumplen una segunda función, que es la de evitar que en los elementos que vayan a ser manipulados por personas aparezcan valores elevados de tensión e intensidad.



**Transformador de medida.**

- **Relés de protección:** son los dispositivos encargados de actuar sobre la aparatamenta de protección en consecuencia a los valores tomados de los elementos de medida.

## 9. Estaciones. Transformadores de medida y características

### Tipos de transformadores de medida y características

Dependiendo del uso se distinguen **dos tipos de transformadores de medida y protección**.

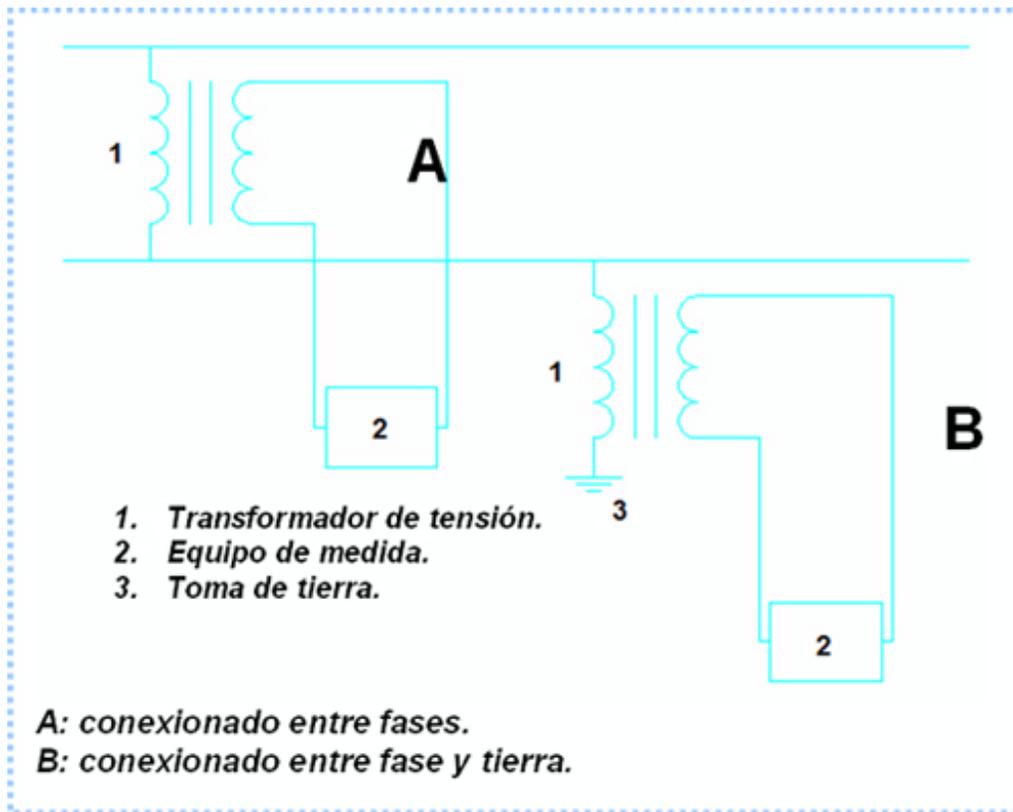
- **Transformadores de tensión:** su relación de transformación viene dada por los valores de tensión en bornes del arrollamiento con relación a la tensión aparecida entre los extremos del bobinado secundario. Son empleados para el acoplamiento de voltímetros siendo su tensión primaria la propia de línea. Dependiendo de las necesidades surgidas en cada momento, pueden disponer de varios arrollamientos secundarios.

- **Transformadores de intensidad:** en estos transformadores, la intensidad primaria y la secundaria guardan una proporción, siendo ésta igual a la relación de transformación característica del propio transformador. Se utilizan cuando es necesario conocer la intensidad de línea. En este caso se intercala entre una de las fases el bobinado primario de tal manera que éste que conectado en serie a la fase y al secundario se conecta el aparato de medida de la misma manera que en los transformadores de tensión. Constructivamente son diferentes a los de tensión.

#### **\*Conexión del bobinado primario en los transformadores de tensión:**

- **Bobinado primario conectado entre fases:** en este tipo de conexión, los bornes del bobinado primario se conectan directamente a las fases de la línea. Este conexionado es el utilizado cuando lo que se quiere es medir la tensión de línea o tensión entre fases.

- **Bobinado primario conectado a tierra:** en ocasiones es necesario medir las tensiones que aparecen entre fases y tierra por razones de seguridad. Dicha medida se consigue conectando uno de los bornes del bobinado primario a la fase y el otro borne a tierra.



## 10. Estaciones. Funcionamiento de los relés de protección

### Funcionamiento de los relés de protección

Los relés son pequeños mecanismos que funcionan a baja tensión y cuya función es actuar sobre una serie de contactos cuando entre sus extremos aparece una tensión determinada.

En las estaciones y subestaciones transformadoras, se utilizan para actuar sobre elementos de una mayor calibre (interruptores), siempre que desde el equipo de medida llegue esa orden, la cual se produce cuando en el aparato de medida aparece un valor distinto a una serie de valores de referencia.

#### \*Esquema de funcionamiento

El relé de protección se compone de seis partes bien diferenciadas y cada una con una función distinta dentro del mecanismo:

- **Órgano de entrada:** son los propios transformadores de tensión e intensidad. Aunque no forman parte del relé de protección, el funcionamiento de éste no sería posible sin ellos.
- **Órgano de conversión:** esta parte aparece siempre y cuando sea necesario adaptar las señales procedentes del órgano de entrada para su utilización en el relé.
- **Órgano de medida:** registra los datos procedentes de los órganos anteriores y decide si actuar en consecuencia sobre la protección o no.
- **Órgano de salida:** su misión es amplificar la señal procedente de los órganos anteriores para que ésta sea capaz de hacer funcionar una serie de contactos de mando (contactores).
- **Órgano accionador:** no forma parte del relé ya que se trata de la bobina interna del disyuntor, que es la encargada de mover los contactos del aparato cuando entre sus extremos aparece una tensión suficiente.
- **Fuente auxiliar de alimentación:** se encarga de alimentar al relé de manera permanente.



### \* Modos de desconexión

- **Desconexión mecánica:** el movimiento de los contactos del interruptor se realiza con la ayuda de elementos mecánicos como levas, resortes...
- **Desconexión eléctrica:** el relé realiza la acción sobre un contacto auxiliar (contactor) que, a su vez, alimenta el circuito de la bobina del disyuntor. Este contacto auxiliar suele ser normalmente abierto y cuando recibe tensión se cierra alimentando la bobina interna del disyuntor provocando su disparo.

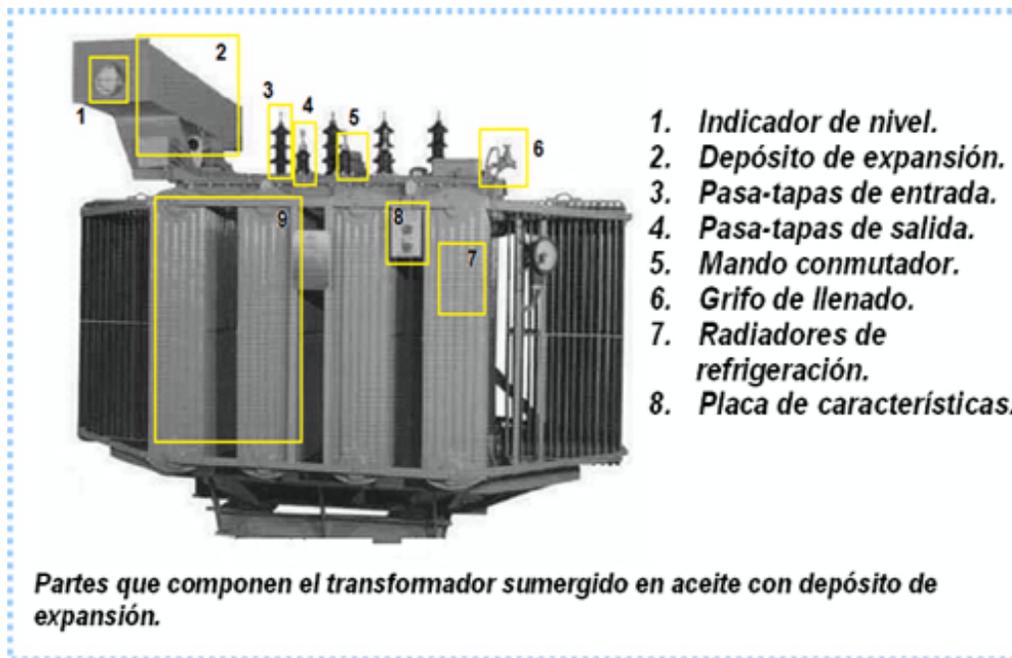
### \* Modos de reconexión

- **Relés de reenganche automático:** cuando desaparece la anomalía eléctrica, se rearmen por sí mismos sin necesidad de acciones manuales o ayuda de terceros dispositivos.
- **Relés de bloqueo:** no se rearmen automáticamente una vez ha desaparecido la anomalía eléctrica. Llevan asociados un sistema de señalización que se activa cuando actúa el dispositivo. Este sistema de señalización (acústico o visual), tiene la misión de avisar a que el relé se encuentra en posición de activación y que es necesario rearmarlo manualmente.

# 11. Estaciones. Transformador de potencia sumergido en aceite

## Transformador de potencia sumergido en aceite

El transformador con cuba de aceite y depósito de expansión es el más utilizado en las estaciones y subestaciones transformadoras. Para hacerlo más funcional, en el propio transformador se incorporan una serie de elementos de control, protección, etc.; que lo hacen más práctico y seguro. Estas son las **partes constructivas** que forman parte del transformador:



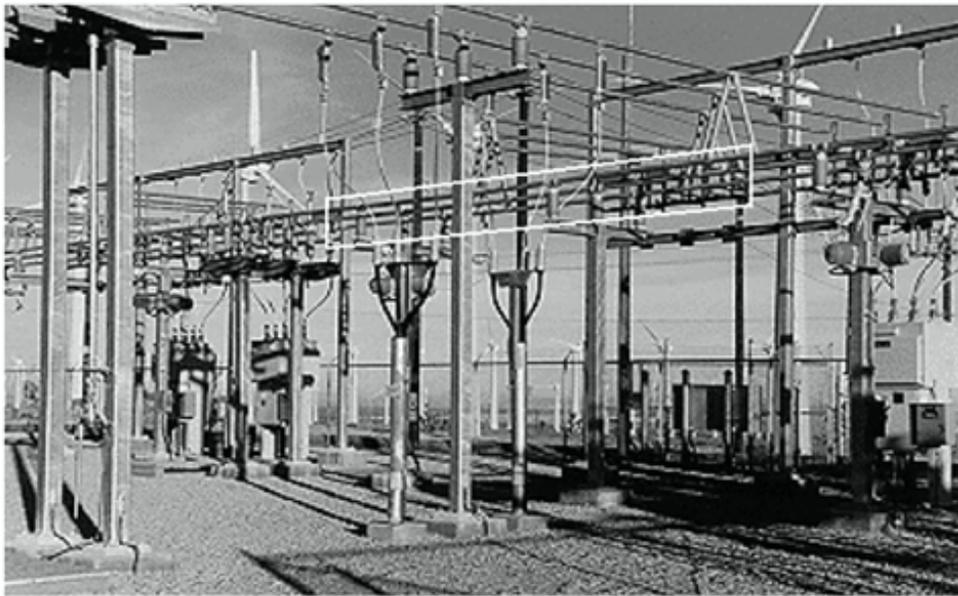
- **Pasa-tapas de entrada:** conectan el bobinado primario del transformador con la red eléctrica de entrada a la estación o subestación transformadora.
- **Pasa-tapas de salida:** conectan el bobinado secundario del transformador con la red eléctrica de salida a la estación o subestación transformadora.
- **Cuba:** es un depósito que contiene el líquido refrigerante (aceite), y en el cual se sumergen los bobinados y el núcleo metálico del transformador.
- **Depósito de expansión:** sirve de cámara de expansión del aceite, ante las variaciones de volumen que sufre éste debido a la temperatura.
- **Indicador del nivel de aceite:** permite observar desde el exterior el nivel de aceite del transformador.
- **Relé Bucholz:** este relé de protección reacciona cuando ocurre una anomalía interna en el transformador, mandándole una señal de apertura a los dispositivos de protección.

- **Desecador:** su misión es secar el aire que entra en el transformador como consecuencia de la disminución del nivel de aceite.
- **Termostato:** mide la temperatura interna del transformador y emite alarmas en caso de que esta no sea la normal.
- **Regulador de tensión:** permite adaptar la tensión del transformador para adaptarla a las necesidades del consumo. Esta acción solo es posible si el bobinado secundario está preparado para ello.
- **Placa de características:** en ella se recogen las características más importantes del transformador, para que se pueda disponer de ellas en caso de que fuera necesaria conocerlas.
- **Grifo de llenado:** permite introducir líquido refrigerante en la cuba del transformador.
- **Radiadores de refrigeración:** su misión es disipar el calor que se pueda producir en las carcasas del transformador y evitar así que el aceite se caliente en exceso.

## 12. Estaciones. Barras de entrada/salida

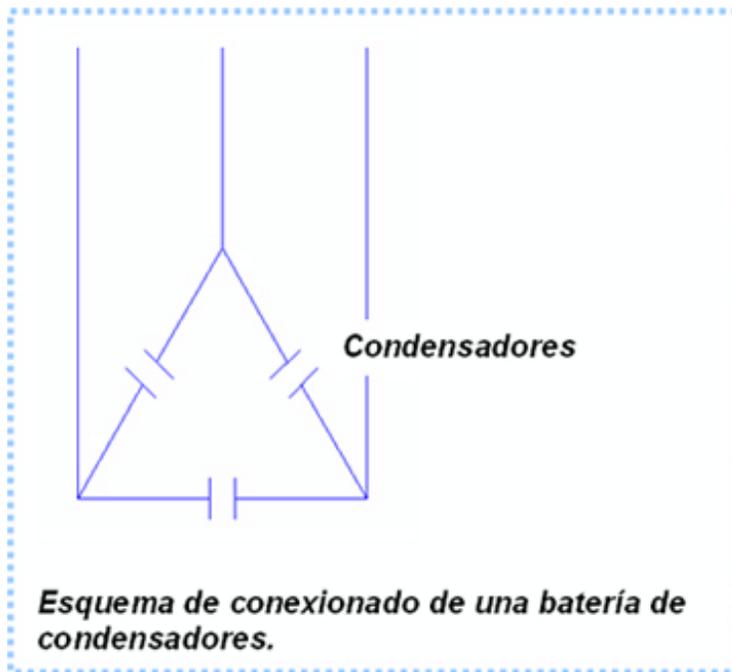
### Barras de entrada/salida. Baterías de condensadores. Telemando

**Barras de entrada/salida:** hacen exactamente la misma función que los embarrados que podemos encontrar por ejemplo en las centralizaciones de contadores de los edificios. Reciben las líneas de transporte y reparten su intensidad por toda la estación, también se disponen de este tipo de barras a la salida en caso de que fuera necesario hacer el reparto en varias derivaciones a partir de ese punto.



*Disposición de las barras de entrada en una subestación.*

**Baterías de condensadores:** se utilizan para corregir el factor de potencia de la señal eléctrica, con el fin de aproximarlo lo más posible a 1. El factor de potencia es un pequeño desfase que se introduce en la señal eléctrica, y que produce que la potencia útil sea inferior a la potencia real. Este factor aumenta a medida que se conectan receptores inductivos como motores. Cuanto más próximo es este valor a 1, menor es la diferencia entre la potencia real y la potencia útil.



**Telemando:** se trata de dispositivos accionados por diversos sistemas (infrarrojos, señales de alta frecuencia...), que permiten ejecutar una maniobra en la apartament a distancia. Su uso permite evitar accidentes en las personas debidos a choques eléctricos.

## 13. Estaciones. Transmisión de información en los sistemas eléctricos

### Transmisión de información en los sistemas eléctricos

Con el fin de minimizar el tiempo invertido en la subsanación de averías, hace años que las estaciones y subestaciones transformadoras cuentan con **sistemas de comunicación** muy eficaces.

Estos sistemas se ponen en funcionamiento cuando alguno de los equipos de protección de la estación o subestación transformadora actúa. Su misión es la de comunicar al servicio técnico que en esos momentos ocurre alguna anomalía en una de las instalaciones, indicándole, en la mayoría de las ocasiones con mucha precisión, en que parte de la subestación o estación transformadora se encuentra la avería.

Dependiendo del método empleado para transmitir la información, se diferencian **cuatro tipos de sistemas de transmisión**:

- **Comunicación por hilo telefónico:** la transmisión se realiza mediante pares telefónicos. El inconveniente del empleo de este sistema es que, al necesitar la contratación de una compañía telefónica que nos preste el servicio, esta podría poner restricciones a la hora de disponer de la infraestructura necesaria o de la señal de ruido que se pueda introducir en la red telefónica.
- **Comunicación por micro-ondas:** este sistema utiliza ondas de radio a muy alta frecuencia (VHF). El uso de estas ondas presenta dos grandes inconvenientes:
  - Debe existir suficiente espacio en el espectro radiofónico para que pueda ser usado por esta señal.
  - En ocasiones es necesario construir estaciones repetidoras para salvar largas distancias, alturas el terreno...
- **Comunicación por ondas portadoras:** este sistema también llamado de corrientes portadoras, utiliza las propias líneas de distribución eléctrica para transmitir la información. Para su correcto funcionamiento se deben incluir en el sistema una serie de aparatos:
  - Transmisor/receptor: tiene la doble misión de crear la señal y lanzarla hacia la red, y de recibirla y reproducirla.
  - Divisor de frecuencias: separa la señal de ondas portadoras de la propia señal eléctrica.
- **Comunicaciones a través de fibra óptica:** este es un sistema que se está consolidando debido a las múltiples ventajas que presenta como son principalmente el volumen de datos que es capaz de transportar y la elevada velocidad a la que puede llegar a hacerlo.

Se recomienda que el cable de fibra óptica realice el mismo camino que la red de alta tensión, para que ello se cumpla, existe la posibilidad de que el cable de

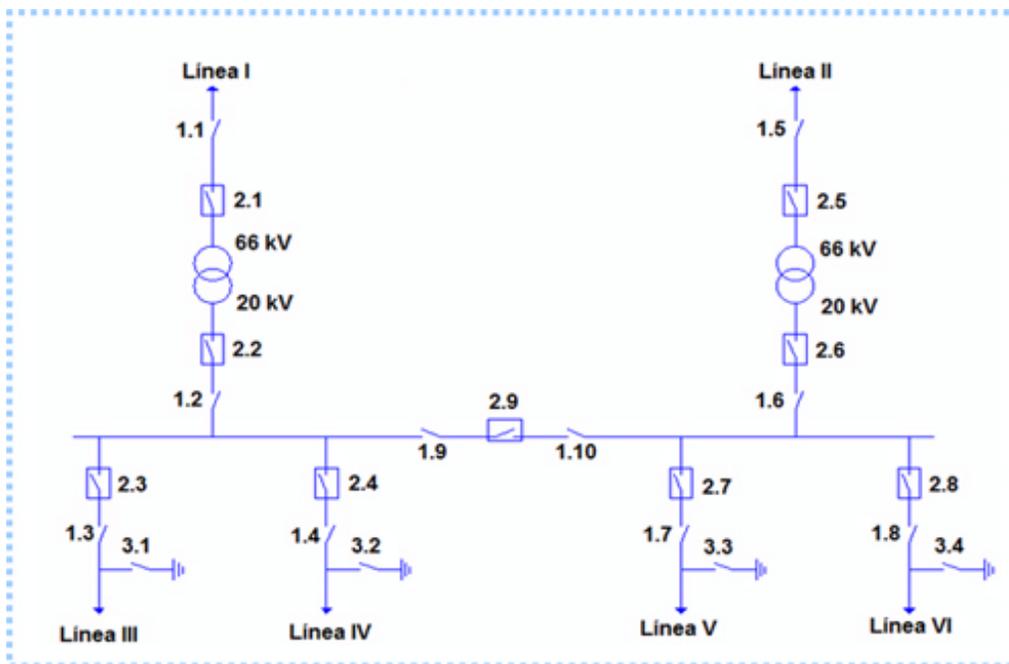
fibra óptica cumpla las labores de cable de guarda (cable que protege a las líneas de descargas eléctricas atmosféricas) y cable de datos, o en el caso de existir ya cable de guarda, tendremos la opción de adosar el cable de fibra óptica a él.

## 14. Subestación transformadora. Ejemplo real (primera parte)

### Subestación transformadora. Ejemplo real (primera parte)

Una subestación completamente real podría ser esta: **subestación transformadora 66/20 kV** y juego de semi-barras simples.

El **esquema de conexionado** sería éste:



Supongamos que la situación inicial es tal que las líneas 3, 4, 5, y 6 se alimentan a 20 kV a través de la línea I. Si esta es la situación, el estado de la aparamenta será el siguiente:

- Los interruptores 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4; y los seccionadores 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4 están cerrados, de esta manera se da servicio a través de la línea 1, a las líneas 3 y 4.
- Para unir las dos semi-barras el interruptor 2.9 y los seccionadores 1.9 y 1.10 estarían cerrados.
- Para que se alimenten las líneas 5 y 6, estarían cerrados los interruptores 2.7 y 2.8 y los seccionadores 1.7 y 1.8.

De esta manera todas las líneas quedarían alimentadas a través de la línea I, quedando la línea II sin servicio permaneciendo los interruptores 2.5 y 2.6 y los seccionadores 1.5 y 1.6 abiertos.

Para que veamos el orden en que se realizan las **maniobras en estas instalaciones**, realizaremos el siguiente ejemplo:

**Se pretende de dejar sin servicio el ramal perteneciente a la línea I, y**

***activar el servicio de la línea II, de manera que las líneas III, IV, V y VI queden alimentadas a través de la línea II.***

**NOTA:** Veremos la realización de esta maniobra en el siguiente capítulo.

## 15. Subestación transformadora. Ejemplo real (segunda parte)

### Subestación transformadora. Ejemplo real (segunda parte)

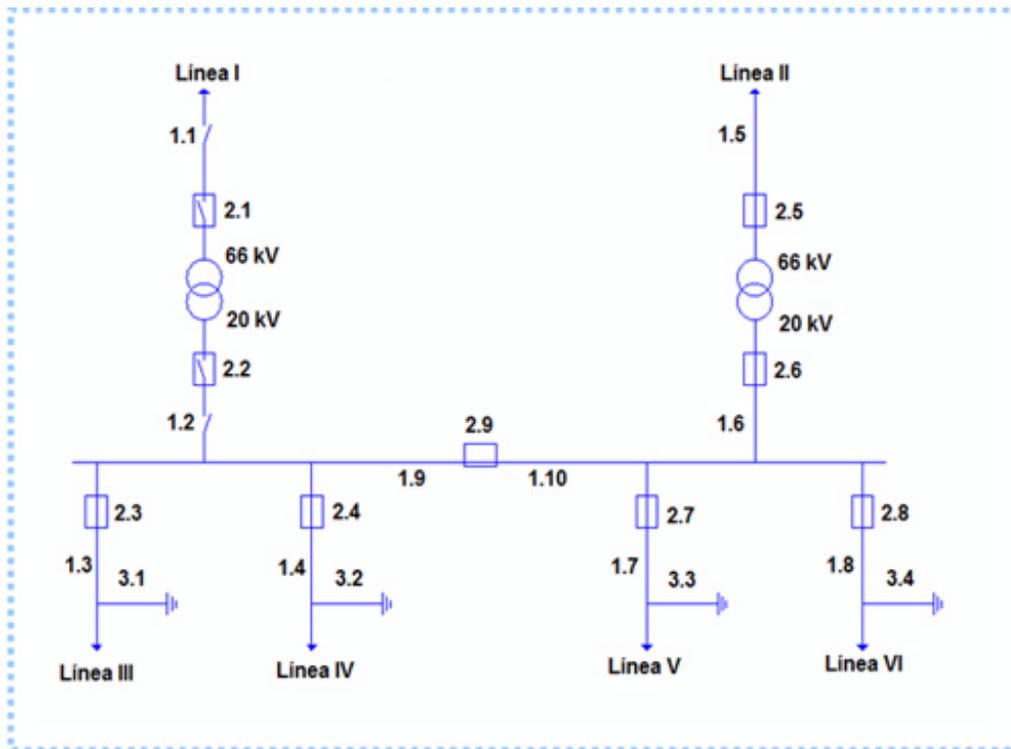
En el anterior capítulo dejamos pendiente la realización de la siguiente maniobra, que ahora pasamos a desarrollar:

***Se pretende de dejar sin servicio el ramal perteneciente a la línea I, y activar el servicio de la línea II, de manera que las líneas III, IV, V y VI queden alimentadas a través de la línea II.***

Para realizar esta maniobra correctamente, deberemos **seguir la siguiente secuencia**:

- Lo primero que debemos hacer es cerrar el seccionador 1.5 y a continuación el interruptor 2.5, de esta manera alimentaremos el bobinado primario del transformador II (es importante realizar primero la maniobra en el seccionador y a continuación en el interruptor, ya que como ya se ha dicho antes, los seccionadores no pueden realizar maniobras en situación de carga).
- Cierre del seccionador 1.6.
- En este punto nos debemos asegurar que no habrá ningún problema a la hora de interconectar las dos líneas, comprobando que concuerdan perfectamente en tensión y fases, una vez hecho esto cerramos el interruptor 2.6.
- Llegados a este punto, las líneas III, IV, V y VI están alimentadas tanto por la línea I como por la II. Como nosotros lo que queremos es que solo queden alimentadas por la línea II, deberemos seguir la secuencia que se describe a continuación para dejar sin servicio el ramal de la línea I.
- Ya que los seccionadores no pueden realizar maniobras en carga, lo primero que habrá que hacer es abrir el interruptor 2.2, de esta manera se libera de carga el seccionador 1.2 y podremos realizar en él la maniobra de apertura.
- Una vez abiertos el interruptor 2.2 y el seccionador 1.2, habremos dejado sin servicio el lado de 20 kV del ramal de la línea I. Ahora habrá que continuar para dejar sin servicio el lado de 66 kV del mismo ramal.
- Abriremos primero el interruptor 2.1 y a continuación el seccionador 1.1, seguimos este orden por la razón anteriormente expuesta.

**Finalmente la aparamenta de la subestación quedaría en la siguiente posición:**



Como se observa en el esquema final, el transformador perteneciente al ramal I quedaría sin tensión sin necesidad de que queden sin alimentar las líneas III, IV, V y VI. Esta maniobra bien podría realizarse en situaciones reales, un ejemplo podría ser el tener que sustituir el transformador del ramal I sin necesidad de cortar el suministro eléctrico en el resto de líneas.

### Aclaraciones:

*En este caso no existe necesidad de abrir el interruptor 2.9 ni los seccionadores 1.9 y 1.10, por que hemos supuesto que las líneas concuerdan perfectamente. En caso de no ser así, antes de cerrar el seccionador 1.6, abría que abrir el interruptor 2.9, y a continuación los seccionadores 1.9 y 1.10, para evitar problemas que pudieran surgir debido a las discordancias entre líneas.*

*Por supuesto, los seccionadores de tierra (3.1, 3.2, 3.3 y 3.4) deben permanecer cerrados siempre que la instalación esté en servicio, con el fin de asegurar la continuidad eléctrica entre las masas y tierra.*