

Universidad
Carlos III de Madrid



GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

CIRCUITOS MAGNÉTICOS Y TRANSFORMADORES

JUAN CARLOS BURGOS

**TEMA 0: ESTRUCTURA DE UNA RED ELÉCTRICA
MISIÓN DE LOS TRANSFORMADORES EN LAS REDES ELÉCTRICAS¹**

¹ Capítulo basado en la introducción del Proyecto Fin de Carrera de José Luis Alcón Mesa (“Estudio de la Capacidad de Carga Segura en Transformadores de Potencia”), quien me dio su permiso para su utilización en la asignatura.



ÍNDICE TEMA 0.

0.1. ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA	3
0.0.1 GENERACIÓN	4
0.1.2 TRANSPORTE	5
0.1.3 DISTRIBUCIÓN	6
0.2 FUNCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA EN LAS REDES ELÉCTRICAS	6

TEMA 0

ESTRUCTURA DE UNA RED ELÉCTRICA MISIÓN DE LOS TRANSFORMADORES EN LAS REDES ELÉCTRICAS

0.1 Estructura de los sistemas eléctricos de potencia

Un sistema eléctrico de potencia se puede definir como el conjunto de medios y elementos utilizados para la generación, transporte y distribución de la energía eléctrica teniendo todos ellos en conjunto la función de suministrar eficientemente esta energía al usuario final. La inmensa mayoría del sistema eléctrico está formada por aparatos y equipos trifásicos², aunque los consumidores domésticos, por su bajo nivel de potencia consumida utilizan sistemas monofásicos³. Con la excepción de los enlaces en continua, la energía se producirá y se transportará en corriente alterna trifásica con una frecuencia que en Europa es de 50 Hz.

Dado que la energía eléctrica no se puede almacenar en cantidades significativas, en un sistema eléctrico se tendrá que mantener el equilibrio entre generación y demanda. Para que este suministro sea eficaz el conjunto deberá tener un carácter unificado y estar dotado de elementos de control, seguridad y protección.

Un sistema eléctrico de potencia estará formado, por tanto, por tres partes principales: centrales generadoras, redes de transporte y redes de distribución. La energía eléctrica deberá llegar desde el centro de generación hasta el usuario final pasando por las redes tanto de transporte como de distribución.

La potencia aparente es el producto de la tensión por la intensidad por un coeficiente que depende del número de fases (1,73 en caso de sistemas trifásicos)

$$S = \sqrt{3}UI$$

El nivel de tensión de cada parte del sistema viene determinado por consideraciones económicas. No es rentable generar energía eléctrica a muy altas tensiones porque en los generadores el núcleo magnético se encuentra puesto a tierra (al potencial del suelo) y los conductores están introducidos en las ranuras del núcleo magnético; si la diferencia de potencial entre conductores y las ranuras fuera excesiva, ello obligaría a utilizar

² En algunos sistemas eléctrico existen enlaces en corriente continua entre diferentes zonas, fundamentalmente cuando se tienen grandes distancias o para alimentación de islas.

³ En España, los consumidores domésticos están conectados entre una fase y el neutro del sistema trifásico.

aislamientos muy costosos y garantizar la seguridad del generador sería más complicado. Por el contrario, en transporte no es rentable transportar corrientes muy elevadas, pues ello obligaría a utilizar conductores más gruesos, y por tanto más caros; además, a mayor corriente mayores pérdidas por efecto Joule.

Por eso en una red eléctrica se deben hacer conversiones de la energía a diferentes niveles de tensión: En primer lugar deberá aumentarse el nivel de tensión, desde el nivel utilizado en la generación a un nivel más adecuado para realizar un transporte de energía, reduciéndose posteriormente la tensión hasta alcanzar los niveles de tensión adecuados para el consumo. El equipo que realiza la conversión de energía eléctrica variando el nivel de tensión de la misma es el transformador de potencia, y su símbolo son dos anillos entrelazados (figura 0.1).

En la figura 0.1 se muestra de forma simplificada un esquema de un sistema eléctrico de potencia. A continuación se analizarán cada uno de las partes de un sistema eléctrico de potencia tanto el lo referente a su función en el mismo como a sus niveles de tensión.

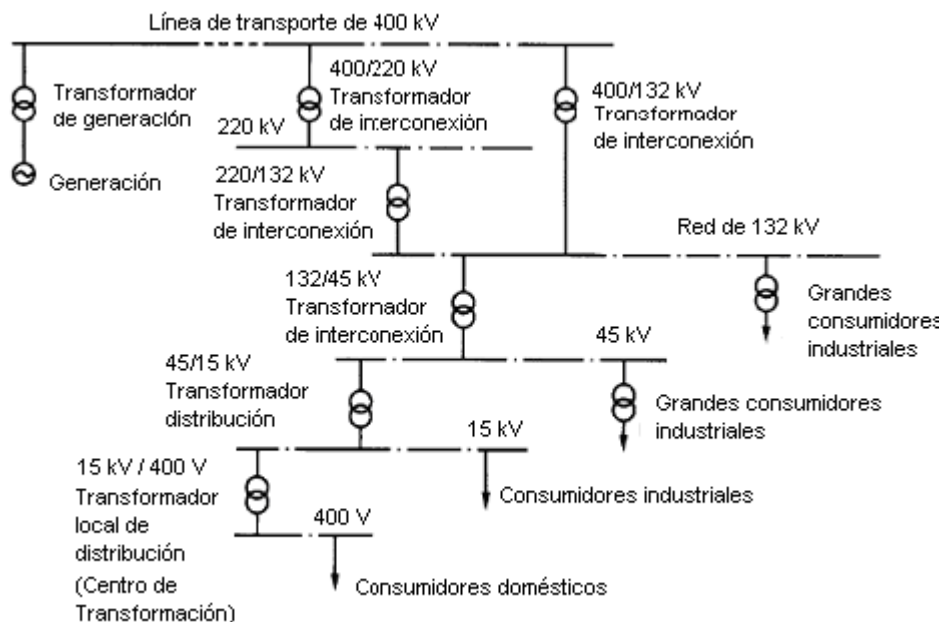


Figura 0.1: Ejemplo de sistema eléctrico de potencia

0.1.1 Generación

La generación es la parte de un sistema eléctrico de potencia destinado a la producción de energía eléctrica a partir de una fuente de energía primaria. Dependiendo del tipo de energía primaria (figura 0.2) y la tecnología empleada para la transformación de ésta en energía eléctrica podemos encontrarnos con diversos tipos de centrales generadoras como por ejemplo: centrales térmicas convencionales, centrales térmicas de ciclo

combinado, centrales nucleares, centrales hidroeléctricas, generación en régimen especial (energía eólica, solar fotovoltaica, cogeneración...).

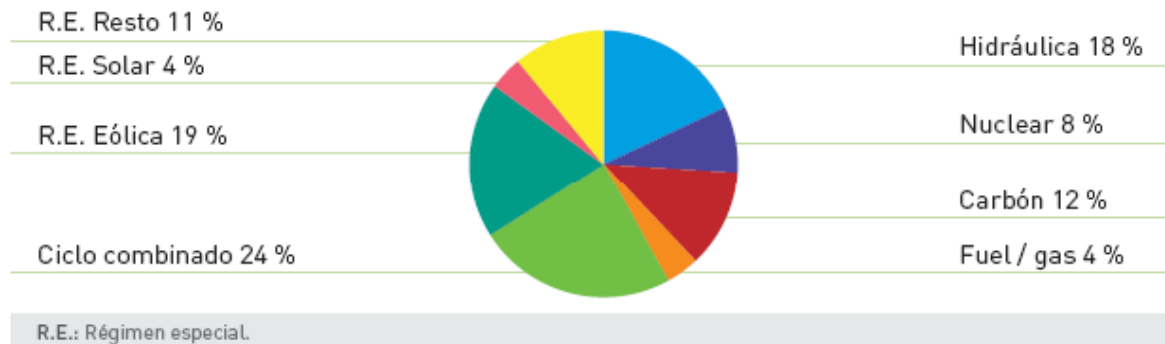


Fig. 0.2 Potencia instalada en España por tecnología de generación a 31 de diciembre de 2009.

Las centrales generadoras disponen de generadores eléctricos que funcionan en sincronismo con la red y que generarán energía eléctrica a tensiones que, en función de la potencia del generador, están en valores comprendidos entre los 6 y los 20 kV.

Una vez generada la energía eléctrica, ésta deberá de ser acondicionada para su transporte, para ello las centrales generadoras deberán de estar dotadas de un transformador de potencia elevador para adecuar el nivel de tensión de la energía generada al de la red de transporte. El transformador elevador, por tanto, elevará la tensión de la energía generada desde la tensión de generación (6-20 kV) hasta la tensión de transporte (220 o 400 kV en España). En algunos casos la energía generada no se inyectará directamente sobre la red de transporte sino que se inyectará sobre líneas eléctricas de una tensión intermedia (habitualmente 66 o 132 kV) conectadas a la red de transporte. El transformador elevador estará conectado a una subestación eléctrica que deberá ser instalada junto a la central, en esta subestación confluirán las líneas eléctricas sobre las que se verterá la energía generada.

Frecuentemente, este transformador de generación dispone de un arrollamiento para poder tomar energía para alimentar los servicios auxiliares de la central.

En ocasiones el transformador de grupo de la central está unido al generador sin interruptor alguno.

0.1.2 Transporte

Una vez generada y acondicionada a los niveles de tensión adecuados, la energía eléctrica pasará a la red de transporte siendo llevada hasta las subestaciones de interconexión, donde se reducirá su nivel de tensión, mediante transformadores de potencia reductores, para ser llevada a las redes de reparto en alta tensión.



La red de transporte del sistema eléctrico español estará formada por líneas de muy alta tensión: 220 kV y 400 kV. Las líneas podrán ser tanto aéreas como subterráneas.

0.1.3 Distribución

Al igual que para el caso de las líneas de transporte, podremos encontrarnos tanto con líneas aéreas como con líneas subterráneas.

La red de distribución estará formada por: líneas de reparto (alta tensión), líneas de media tensión y líneas de baja tensión. La energía eléctrica de la red de transporte sufre una reducción del nivel de tensión en transformadores situados en *subestaciones* de distribución y posteriormente es inyectada en la red de reparto y/o en la red media tensión. Por último la energía sufrirá una última reducción de su nivel de tensión que se realizará en el *centro de transformación* (CT). Desde el CT la energía eléctrica se distribuirá hasta el usuario doméstico final.

En España las tensiones de las líneas de reparto habitualmente son de los siguientes valores: 132, 66, 45 y 30 kV. Las líneas de reparto llevan la energía eléctrica de una subestación rural a los pueblos próximos a la subestación, distantes en ocasiones varios kilómetros.

Las líneas de media tensión tienen tensiones de 25, 20, 15, 13 y 11 kV (depende de la compañía y de la zona de España). Se utilizan para unir la subestación de un barrio o de una zona con centros de transformación más cercanos al consumo.

Las líneas de baja tensión se utilizan para transportar pequeñas potencia a pequeñas distancias. El valor de la tensión es de 230/400 V en Europa.

0.2 Función de los transformadores de potencia en las redes eléctricas

Como se indicó, los transformadores de potencia tienen la función de modificar el nivel de tensión de la energía a lo largo de las diferentes zonas del sistema eléctrico manteniendo constante la frecuencia: en primer lugar deberán elevar la tensión de generación hasta valores de tensión óptimos para el transporte y a continuación sucesivos transformadores en diferentes subestaciones (en última instancia en el centro de transformación) irán adaptando la tensión hasta niveles que sean adecuados para el consumo. Visto desde otro punto de vista, los transformadores alimentarán redes de un determinado nivel de tensión a partir de una energía procedente de redes de un nivel de tensión superior.

En función de la labor desempeñada por el transformador en la red se podrá distinguir entre los siguientes tipos de transformadores:



- Transformadores de potencia (de generación, de interconexión y de distribución)
- Transformadores de distribución (MT / BT)
- Otros transformadores (servicios auxiliares, aplicaciones industriales)