

## Cambiadores de tomas estáticos para transformadores de distribución

**Área de investigación:** Recursos de la comunidad

**Línea de investigación:** Infraestructura de red

**Participantes:** AICIA

---

**Resumen:** Este documento resume los resultados obtenidos hasta la fecha en el área de investigación “Recursos de la comunidad” en relación a la infraestructura de red que facilitará la gestión de comunidades energéticas locales con balance neto positivo, que se analiza en la red Cervera HysSGrid+. Básicamente se describe la necesidad de disponer de un control de tensiones adecuado en la red de distribución, dada la introducción de generación distribuida e infraestructura de recarga de vehículos eléctricos. Una de las posibles soluciones a este problema es utilizar los transformadores de distribución dotados de cambiadores de tomas en carga. Por estos motivos, se realiza una revisión de las principales tecnologías existentes. Finalmente se proponen como alternativa a los dispositivos existentes en mercado soluciones basadas en electrónica de potencia destacando sus posibles ventajas.

### Control de tensiones en redes de distribución

Tradicionalmente las redes de distribución de energía eléctrica han sido diseñadas de una forma simple debido a su carácter pasivo, es decir, sin generación. Dichas redes están formadas por alimentadores radiales de media tensión (MT) que parten de las subestaciones primarias conectadas a la red de alta tensión (AT). A lo largo de estos alimentadores se conectan los centros de transformación (CTs) que alimentan a la red de baja tensión (BT) y que mantienen una estructura radial. Sin lugar a dudas, el componente clave del CT es el transformador, responsable de la reducción del nivel de tensión de MT a BT. Con este esquema de red, teniendo en cuenta su carácter radial y pasivo, resulta evidente que los perfiles de tensión son decrecientes a lo largo de los alimentadores, tal y como se muestra en la Figura 1a.

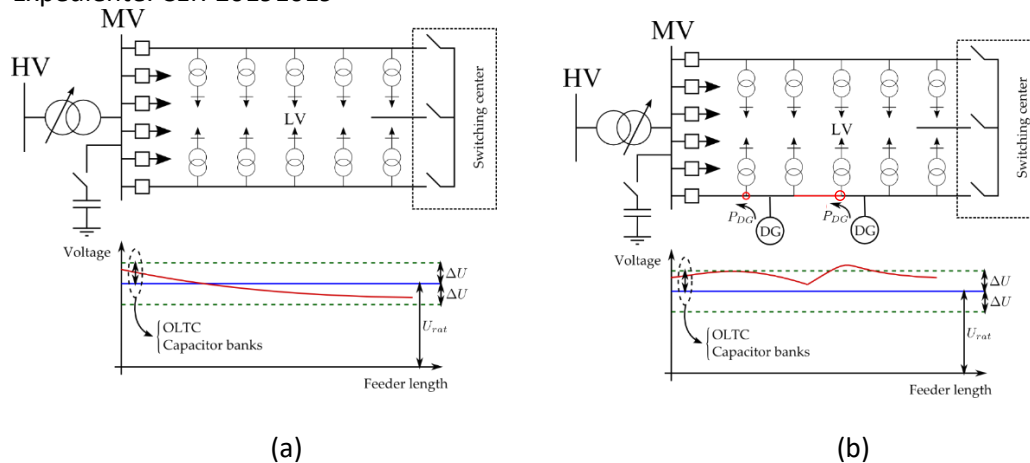


Figura 1. Caída de tensión a lo largo de un alimentador MT en caso de red: (a) pasiva; (b) activa

Debido a que las compañías de distribución son las responsables de mantener la calidad de servicio ofrecido al cliente final, es necesario incluir activos que permitan regular la tensión a dichos clientes dentro de los límites reglamentarios. Habitualmente dichos elementos de control son las baterías de condensadores y cambiadores de tomas en carga (OLTC – *On Load Tap Changer*) del transformador AT/MT de la subestación primaria. Con estos dispositivos, debido al perfil decreciente de la tensión a lo largo del alimentador, es perfectamente posible realizar la regulación de tensión dentro de los límites reglamentarios.

Sin embargo, la introducción de generación en las redes de distribución llevada a cabo en las últimas décadas modifica sensiblemente las condiciones de operación de la red de distribución. Particularmente es posible tener flujos de potencia bidireccionales en los alimentadores. Por estos motivos, los perfiles de tensión no tienen por qué ser decrecientes a lo largo del alimentador, pudiendo originarse sobretensiones en puntos intermedios tal y como se muestra en la Figura 1b. En este contexto, es complicado mantener los niveles de tensión dentro de los límites reglamentarios utilizando únicamente como activos de control aquellos situados en la subestación primaria AT/MT. Esta situación, en la que las tensiones del sistema tendrán una mayor variación, se ve todavía más acentuada en el caso de la penetración en la red de distribución de los sistemas de recarga de vehículos eléctricos.

## Tecnologías de cambiadores de tomas en trafos de distribución

Los transformadores de distribución están dotados de cambiadores de tomas en vacío que permiten ajustar la tensión BT en función de la tensión MT a través de la selección de la toma adecuada (normalmente existe una toma para la tensión nominal MT y cuatro tomas adicionales  $\pm 2,5\%$  y  $\pm 5\%$ ). Sin embargo, dicho cambio sólo puede realizarse con el transformador desconectado de la red, de manera que esta tecnología no puede contribuir

a mejorar los perfiles de tensión en el contexto actual contexto de las redes de distribución. Sin embargo, si este cambio de toma pudiera realizarse en carga como en el caso de los transformadores AT/MT, podría regularse la tensión de manera activa en la red de distribución. Por estos motivos, diferentes fabricantes han desarrollado tecnologías adaptadas a las singularidades de las redes de distribución y los transformadores MT/BT. Estas tecnologías se basan habitualmente en dispositivos electromecánicos (contactores y/o tecnología de vacío) que adolecen unos tiempos de conmutación entre tomas, maniobras limitadas y necesidad de mantenimiento. Por estos motivos, la introducción de dispositivos electrónicos, en los que el cambio de toma se realice de manera estática, puede proporcionar un cambio tecnológico que mejore el control de tensiones en las redes de distribución.

## Cambiadores de tomas estáticos

Los cambiadores de tomas estáticos sustituyen los dispositivos de corte electromecánico por interruptores basados en electrónica de potencia. Básicamente, el esquema funcional de un cambiador de tomas estático se muestra en la Figura 2 y está compuesto de los siguientes bloques:

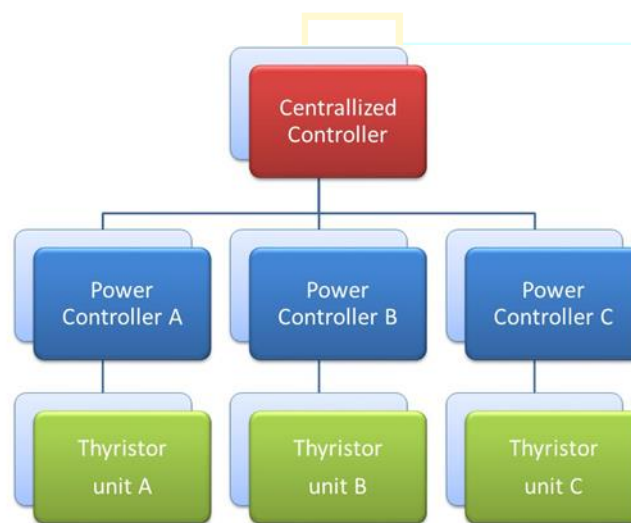


Figura 2. Esquema de los diferentes bloques funcionales de un cambiador de tomas estático.

- Etapa de potencia. Esta parte es la que contiene los dispositivos de electrónica de potencia encargados de seleccionar la toma adecuada en todo momento. Con el objetivo de poder aplicar el transformador a transformadores convencionales MT/BT, esta parte del cambiador de tomas estática está embarcada en el devanado MT del transformador y sometida a unos exigentes niveles de tensión.
- Etapa de control local. Este bloque es el encargado de monitorizar y controlar la etapa de potencia. Para ello la etapa incorpora los sensores de tensión e intensidad

necesarios y conecta con los circuitos de disparo de la etapa de potencia con el objetivo de seleccionar la toma más adecuada en cada instante.

- Etapa de control central. Tiene como objetivo establecer cuál es la toma más adecuada para cada una de las fases en función de las medidas de tensión e intensidad enviadas por cada uno de los controladores locales y la medida de la tensión secundaria existente.

Las principales ventajas de esta tecnología en comparación con las electromecánicas se resumen en los siguientes aspectos:

- Tiempos de actuación rápidos para hacer frente a las variaciones rápidas de tensión, provocadas por el carácter no controlable de las fuentes primarias (fotovoltaica principalmente) utilizadas en la generación distribuida conectada en redes BT
- Número ilimitado de maniobras.
- Posibilidad de operación independiente por fase. De esta forma se da respuesta a las características inherentes de las redes de distribución BT que son totalmente desequilibradas.

Durante esta primera etapa del proyecto se han diseñado todas y cada una de los bloques funcionales anteriores para transformadores de 20 kV de tensión nominal con potencias de hasta 2.000 kVA.

