

Transmisión HVDC: corriente continua de alta tensión

Una aproximación a la tecnología de transmisión en corriente directa de alto voltaje (HVDC), que ha tenido un gran impacto en la manera en que se transporta la energía en el mundo.



Ing. Ricardo Berizzo
Cátedra Movilidad Eléctrica
UTN Regional Rosario
rberizzo@gmail.com

La tecnología de transmisión en corriente directa de alto voltaje ha tenido un impacto realmente revolucionario en la manera en que se transporta la energía entre los consumidores en todo el mundo.

Los sistemas de energía de corriente continua de alto voltaje (HVDC, por sus siglas en inglés) utilizan corriente continua (CC) para la transmisión de energía en grandes cantidades a largas distancias. Para la transmisión de energía a larga distancia, las líneas HVDC son menos costosas y las pérdidas son menores en comparación con la transmisión de corriente alterna (CA), además de interconectar las redes que tienen diferentes frecuencias y/o parámetros eléctricos.

Para la transmisión de energía a larga distancia, las líneas HVDC son menos costosas y las pérdidas son menores.

En un sistema combinado de corrientes alterna y continua, el voltaje de alterna generado se convierte en continua en el extremo de envío. Luego, se invierte a alterna en el extremo receptor, con fines de distribución. Así, los equipos (electrónicos) de conversión/inversión también son necesarios en los dos extremos de la línea. La transmisión HVDC es económica solo para líneas de transmisión de larga distancia que tienen una longitud de más de 600 km y para cables subterráneos de más de 50 km de longitud.

¿Cómo funciona el sistema de transmisión HVDC?

En la estación generadora, se genera energía de corriente alterna que se convierte en corriente continua mediante el uso de un rectificador. En la subestación HVDC o subestación convertidora, los rectificadores e inversores se colocan en ambos extremos de una línea. La terminal del rectificador cambia la corriente alterna a corriente continua, mientras que la terminal del inversor

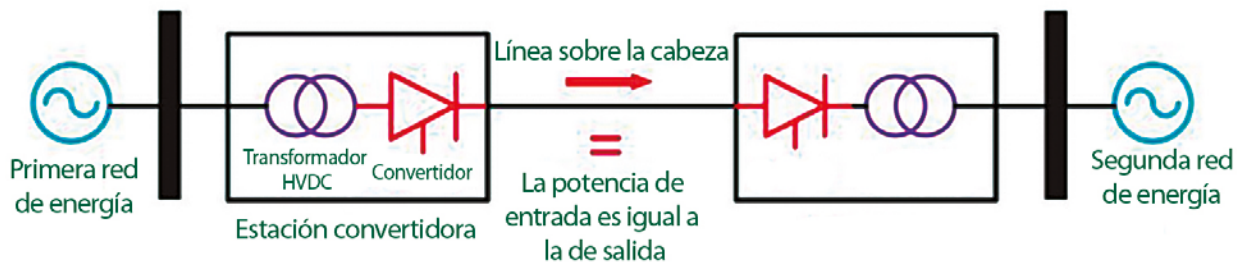


Figura 1. Diagrama de una subestación HVDC

Fuente: Circuit Globe

hace lo contrario (corriente continua a alterna). La potencia sigue siendo la misma en los extremos de envío y recepción de la línea. La corriente continua se transmite a largas distancias porque disminuye las pérdidas y mejora la eficiencia.

Distancia económica para líneas de transmisión HVDC

Las líneas de corriente continua son más baratas que las líneas de corriente alterna, pero el costo del equipo de terminales de la primera es muy alto en comparación con los cables de terminales de la segunda. Por lo tanto, el costo inicial es alto en el sistema de transmisión HVDC y bajo en el sistema de corriente alterna.

El costo inicial es alto en el sistema de transmisión HVDC y bajo en el sistema de corriente alterna.

El punto donde se encuentran dos curvas se llama "distancia de equilibrio" (ver figura 2). Por encima de la distancia de equilibrio, el sistema HVDC se vuelve más barato. Distancia de equilibrio de 500 a 900 km en líneas aéreas de transmisión.

Ventajas de las transmisiones HVDC

- » Se requiere un número menor de conductores y aisladores, lo que reduce el costo del sistema en general.
- » Requiere menos distancia de fase a fase y de tierra a tierra.
- » Sus torres son menos costosas.
- » La menor pérdida por efecto corona es menor en comparación con las líneas de transmisión HVAC de potencia similar.

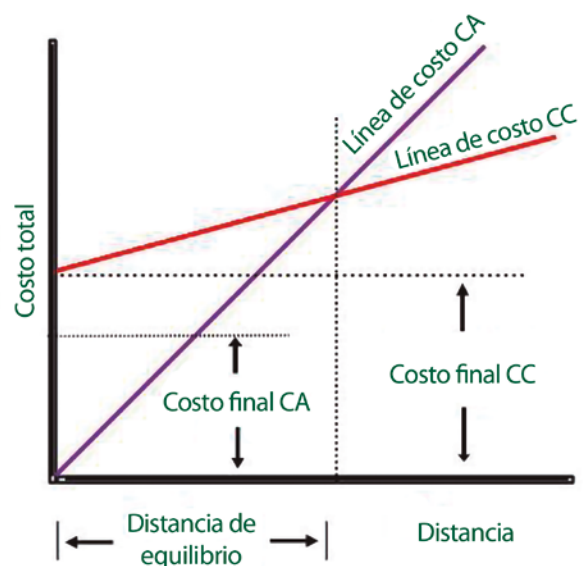


Figura 2. Comparación de costos de transmisión entre corriente alterna y corriente continua

Fuente: Circuit Globe

La pérdida de energía se reduce con corriente continua porque se requieren menos líneas para la transmisión de energía.

- » La pérdida de energía se reduce con corriente continua porque se requieren menos líneas para la transmisión de energía.
- » El sistema HVDC utiliza retorno a tierra. Si ocurre alguna falla en un polo, el otro polo con 'retornos a tierra' se comporta como un circuito independiente. Esto da como resultado un sistema más flexible.
- » El sistema HVDC tiene la conexión asíncrona entre dos estaciones de corriente alterna conectadas a través de un enlace HVDC; es decir, la transmisión de potencia es independiente de las frecuencias de envío a las frecuencias finales de recepción. Por lo tanto, interconecta dos subestaciones con diferentes frecuencias.
- » Debido a la ausencia de frecuencia en la línea HVDC, no se producen pérdidas como el efecto piel y el efecto de proximidad en el sistema.

- » No genera ni absorbe potencia reactiva. Por lo tanto, no hay necesidad de compensación de potencia reactiva.
- » La potencia muy precisa y sin pérdidas fluye a través del enlace de corriente continua.

Desventajas de la transmisión HVDC

- » Las subestaciones convertidoras se colocan tanto en el extremo de envío como en el de recepción de las líneas de transmisión, lo que aumenta el costo.
- » Los terminales del inversor y del rectificador generan armónicos que se pueden reducir mediante el uso de filtros activos que también son muy costosos.
- » Si ocurre una falla en la subestación de corriente alterna, puede resultar en una falla de energía para la subestación HVDC ubicada cerca de ella.
- » Los inversores utilizados en las subestaciones convertidoras tienen una capacidad de sobrecarga limitada.
- » Los disyuntores se utilizan en HVDC para la interrupción de circuitos, lo que también es muy costoso.
- » No tiene transformadores para cambiar los niveles de voltaje.

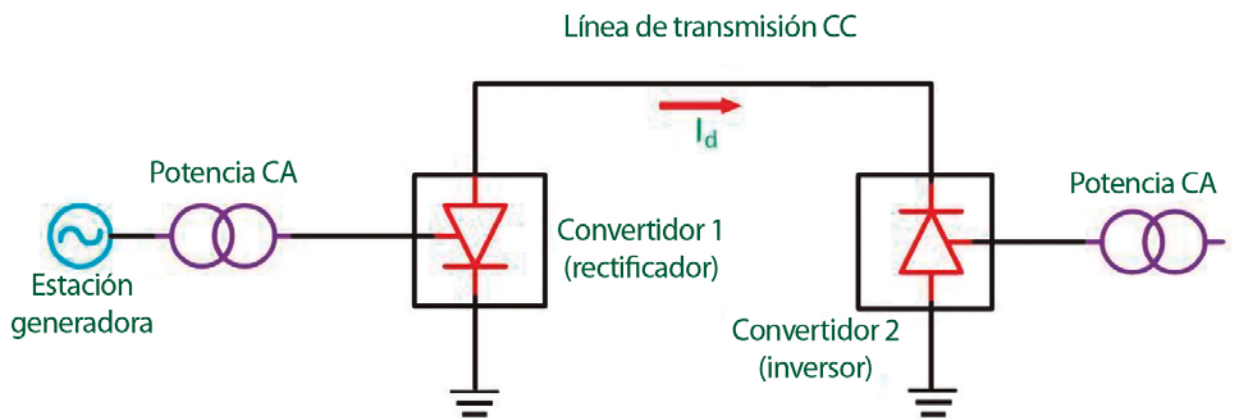


Figura 3. Enlace monopolar
Fuente: Circuit Globe

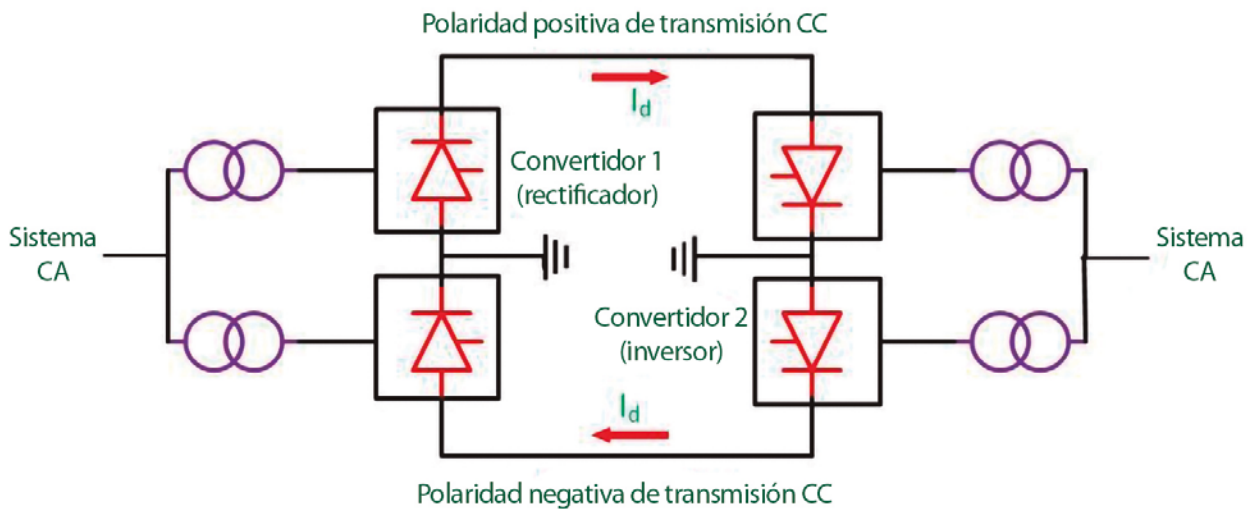


Figura 4. Enlace bipolar
Fuente: Circuit Globe

- » La pérdida de calor se produce en la sub-estación convertidora, que se debe reducir mediante el uso del sistema de enfriamiento activo.

Diferentes tipos de enlaces HVDC

A fin de conectar dos redes o sistemas, se utilizan varios tipos de enlaces HVDC. Estos se clasifican en tres tipos: enlace monopolar, enlace bipolar y enlace homopolar.

Enlace monopolar

El enlace monopolar tiene un solo conductor de polaridad negativa, y utiliza la tierra o el mar para la ruta de retorno de la corriente. En ocasiones, también se utiliza el retorno metálico.

Se colocan dos convertidores al final de cada polo. La puesta a tierra de los postes se realiza mediante electrodos de tierra colocados a una distancia de entre 15 y 55 km de las respectivas estaciones terminales.

Este enlace tiene varias desventajas porque utiliza la tierra como camino de retorno. El enlace monopolar no se usa mucho hoy en día.

Enlace bipolar

El enlace bipolar tiene dos conductores, uno es positivo y el otro es negativo a tierra. El enlace tiene una estación convertidora en cada extremo. Los puntos medios de las estaciones convertidoras se ponen a tierra mediante electrodos. La tensión de los electrodos puestos a tierra es solo la mitad de la tensión del conductor utilizado para la transmisión de HVDC.

La ventaja más significativa del enlace bipolar es que si alguno de sus enlaces deja de funcionar, el enlace se convierte en modo monopolar debido al sistema de retorno a tierra. La mitad del sistema continúa suministrando energía. Estos tipos de enlaces se utilizan comúnmente en los sistemas HVDC.

Enlace homopolar

El enlace homopolar tiene dos conductores de la misma polaridad, generalmente de polaridad negativa, y opera siempre con retorno a tierra o metálico. En el enlace homopolar, los polos operan en paralelo, lo que reduce el costo del aislamiento.

El sistema homopolar no se utiliza actualmente.

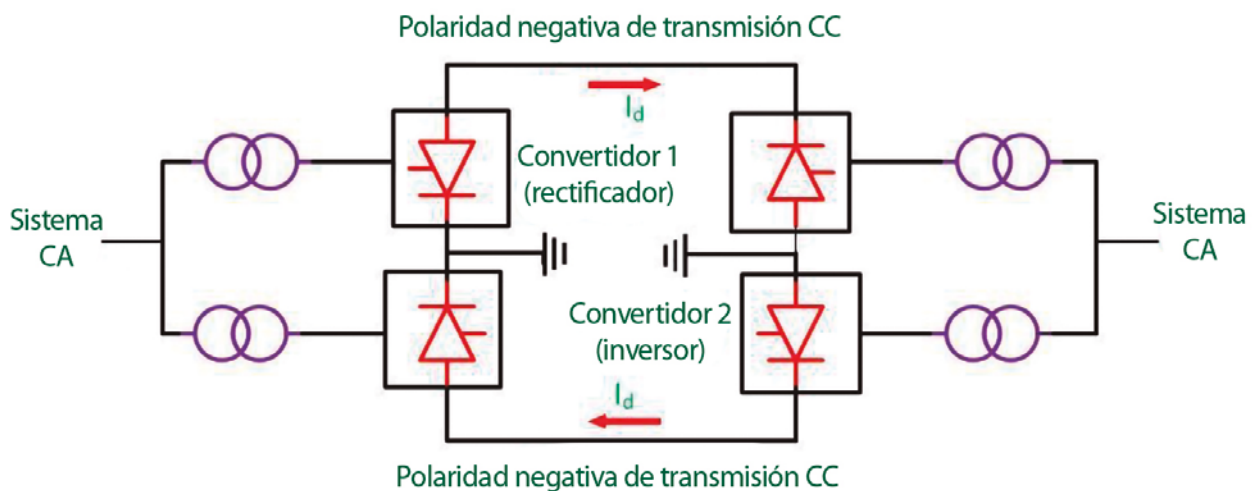


Figura 5. Enlace homopolar
Fuente: Circuit Globe

Palabras finales

A continuación, algunos ejemplos de instalaciones concretas de líneas HVDC:

- » la red de energía Xiangjiaba-Shanghai provee 6.400 MW a lo largo de una distancia de 2.071 Km;
- » el sistema subterráneo de cableado y transmisión, proyecto Murraylink de 180 km en Australia;
- » cableado subacuático de interconexión NorNed, de 580 km, entre Noruega y Países Bajos;
- » la NordE.ON 1, de 400 MW en el Mar del Norte: desde tierra firme hasta una plataforma marítima de petróleo y gas (el proyecto Troll A de 84 MW en el Mar del Norte).

Las HVDC han interconectado redes de distintos países en Europa, redes regionales de Estados Unidos (entre sí mismas, y con Canadá y México). Han conectado Argentina y Brasil, Mozambique y Sudáfrica, y a tres estados de Australia entre sí.

En definitiva, se puede decir que, teniendo en cuenta todas las ventajas de la corriente continua, parece que las líneas HVDC son más competentes que las líneas de corriente alterna. Sin em-

bargo, el costo inicial de la subestación HVDC es muy alto y su equipo de subestación es bastante complicado. Por lo tanto, para la transmisión a larga distancia es preferible que la energía se genere en corriente alterna que para la transmisión se convierta en corriente continua y luego nuevamente en alterna para uso final. Este sistema es económico y también mejora la eficiencia del sistema. ■

Bibliografía

- [1] <https://circuitglobe.com/electrical-substation-equipment.html>
- [2] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/185216/tfg-cristina-garcia.pdf>