

Tecnología HVDC y energías renovables

La tecnología de transporte eléctrico HVDC presenta ventajas considerables, sobre todo en consideración de la lejanía y fluctuación propias de las fuentes de energía renovables como eólica y solar.

Ing. Ricardo Berizzo

rberizzo@gmail.com

transporteelectrico.blogspot.com

Otros artículos sobre este tema

- » Ing. Jorge Argentino Aguirre Céliz, [“Salta: minería, renovables y transporte de la energía eléctrica en HVDC”](#).
- » Juan Carlos González Medina, [“Arquitecturas de corriente continua integral: redefiniendo la eficiencia térmica en centros de datos de próxima generación”](#).

Glosario de siglas

- » HVDC: *High Voltage Direct Current*, ‘corriente continua de alta tensión’
- » IGBT: *Insulated-Gate Bipolar Transistor*, ‘transistor bipolar de puerta aislada’
- » LCC: *Line Commutated Converter*, ‘convertidor conmutado por línea’
- » STATCOM: *Static Synchronous Compensator*, ‘compensador síncrono estático’
- » VSC: *Voltage Source Converter*, ‘convertidor de fuente de tensión’

URL estable: <https://www.editores.com.ar/node/8623>



Figura 1. Corriente continua de alto voltaje

La tecnología HVDC (por las siglas en inglés de “corriente continua de alta tensión”) es el habilitador tecnológico clave para la transición energética. Permite transportar grandes bloques de energía renovable desde ubicaciones remotas (como parques eólicos marinos o desiertos solares) hacia los centros de consumo urbano, minimizando las pérdidas y garantizando la estabilidad de la red.

Existen dos tipos de tecnologías HVDC:

- » Convertidores conmutados por línea (LCC, por sus siglas en inglés). Este tipo de tecnología utiliza convertidores con semiconductores tiristores que se conmutan por la propia tensión de la red de corriente alterna. Es una solución más económica, pero requiere una red fuerte en cada extremo y genera armónicos que requieren el uso de filtros.
- » Convertidores de fuente de tensión (VSC, por sus siglas en inglés). Es aquella que utiliza convertidores con semiconductores IGBT que se pueden conmutar de forma independiente. Puede energizar redes débiles o pasivas, requiere menor potencia reactiva y puede controlar la tensión. Una de sus ventajas clave es la capacidad de arranque negro (*black start*), es decir, la posibilidad de restablecer el suministro eléctrico después de un corte total o parcial del sistema sin depender de una fuente externa de energía.

¿Por qué es importante para las energías renovables?

Porque hay una transmisión eficiente a larga distancia, teniendo en cuenta que las energías limpias se generan lejos de las ciudades. El sistema HVDC reduce drásticamente las pérdidas de energía en comparación con la corriente alterna tradicional, de modo que es la opción óptima para líneas aéreas largas y cables submarinos.

Por otro lado hay que tener en cuenta el control de la variabilidad. Los sistemas HVDC ajustan instantáneamente la cantidad de energía inyectada a la red. Esto compensa las fluctuaciones naturales de la energía eólica y solar, mejorando la seguridad y resiliencia del sistema eléctrico.

Los sistemas HVDC ajustan instantáneamente la cantidad de energía inyectada a la red

Es una tecnología fundamental para mitigar y controlar la variabilidad en las redes eléctricas modernas, especialmente ante la masiva integración de energías renovables intermitentes como la solar y la eólica. A diferencia de las redes tradicionales de corriente alterna, los sistemas HVDC actúan como "amortiguadores inteligentes" gracias a su capacidad de control total e instantáneo sobre los parámetros eléctricos.

¿Cómo gestiona esta variabilidad?

A través de un control preciso y bidireccional del flujo de potencia.

En una línea de corriente alterna convencional, la energía fluye de forma pasiva según las leyes de la física (reactancia de la línea y ángulos de fase). En cambio, un enlace HVDC permite fijar y regular el flujo exacto de potencia activa (MW) mediante la electrónica de potencia de sus estaciones convertidoras:

- » Compensación de fluctuaciones: si la generación eólica cae repentinamente en un extremo, el sistema HVDC puede reajustar su consigna de potencia en milisegundos y así absorber energía de otra región o inyectar la potencia exacta requerida.
- » Reversibilidad instantánea: el flujo de potencia puede invertirse rápidamente si las condiciones de generación y demanda cambian de un punto geográfico a otro.

Desacoplamiento de redes asincrónicas

La variabilidad de las fuentes renovables en una región puede desestabilizar la frecuencia de la red local. Los enlaces HVDC actúan como una barrera cortafuegos. Al convertir la corriente alterna a continua y luego nuevamente a alterna, aíslan las frecuencias de ambos extremos. Esto permite transferir energía de apoyo entre redes que no están sincronizadas (o que operan a frecuencias distintas) sin transferir las perturbaciones dinámicas o las caídas de frecuencia de una red a la otra.



Figura 2. Seis tipos de energías renovables

Permite transferir energía de apoyo entre redes que no están sincronizadas (o que operan a frecuencias distintas) sin transferir las perturbaciones

Tecnología VSC y control de potencia reactiva

Los sistemas HVDC modernos basados en VSC mediante transistores IGBT ofrecen ventajas drásticas frente a las tecnologías clásicas (LCC):

- » Control independiente: pueden controlar la potencia activa y la potencia reactiva (MVar) de forma totalmente independiente en cada terminal.
- » Soporte de voltaje: al regular la potencia reactiva de forma dinámica, estabilizan el voltaje de la red de corriente alterna local ante los cambios bruscos de la generación renovable, funcionando de manera similar a un STATCOM gigante.
- » Arranque en negro (*black start*): tienen la capacidad de energizar una red que se ha quedado completamente sin suministro (red pasiva o débil), algo crucial si la variabilidad extrema causa un apagón regional.
- » Mitigación del vertimiento de energía eléctrica (*curtailment*): cuando hay un exceso de generación solar o eólica en zonas remotas, las líneas de corriente alterna suelen saturarse, obligando a desconectar las plantas renovables.

Ventajas del HVDC

El HVDC permite la evacuación masiva de energía a largas distancias directamente hacia los grandes centros de consumo sin sufrir problemas de estabilidad por reactancia inductiva. Esto optimiza el uso de la energía variable acumulada durante el día en desiertos o zonas marítimas (*offshore*).

Optimiza el uso de la energía variable acumulada durante el día en desiertos o zonas marítimas

Además, permite conectar redes eléctricas asíncronas o sistemas que funcionan a distintas frecuencias sin necesidad de sincronizarlos por completo. Esto facilita el comercio internacional de energía y el respaldo mutuo.

El ahorro de espacio e infraestructura es otra ventaja: las líneas HVDC requieren menos cables y torres que las de corriente alterna para transportar la misma cantidad de electricidad, disminuyendo el impacto visual y la huella en el terreno. ■■

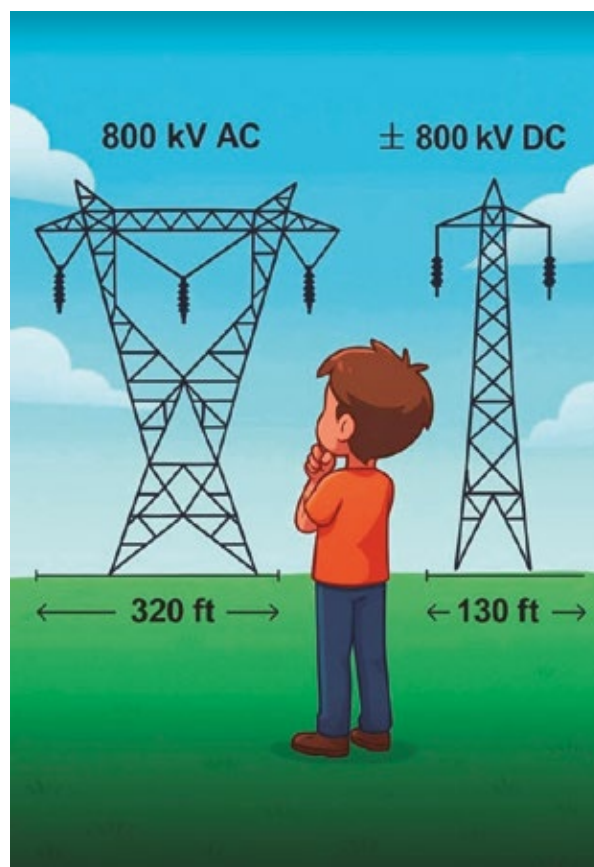


Figura 3. Las líneas HVDC requieren menos espacio y torres que las de corriente alterna