

## Innopower instala y opera un cable superconductor de alta temperatura en China



El primer proyecto de cable superconductor de Alta Temperatura (HTS) en China, liderado por Innopower, entró en operación en la subestación de Puji. Se trata de un circuito trifásico de 30 metros de longitud, 35kV /2kA rms, que utiliza un dieléctrico de alta temperatura, con un sistema criogénico de ciclo cerrado. Innopower informó que el cable fue comisionado para su operación cumpliendo satisfactoriamente todos los parámetros de diseño.

Como principal promotor del proyecto, Innopower llevó a cabo el diseño del sistema, y supervisó la fabricación, montaje y ensayos de campo del cable. La compañía desarrolló un cable dieléctrico de alta temperatura con las siguientes especificaciones claves: longitud de 33,5 m; tensión nominal de 35kV; corriente nominal de 2kA rms; corriente de cortocircuito de 20kA /2seg. El cable tiene un diámetro exterior de 112 mm y satisface los requisitos para su instalación con ángulos doblado de 90 grados.

La financiación del proyecto estuvo a cargo de cuatro principales contribuyentes: el departamento de ciencia y tecnología de China proporcionó 7,2 millones de Yuan (0,89 M US\$), el gobierno municipal de Beijing contribuyó con 8,25 millones de Yuan (1 M US\$), el Gobierno de la provincia de Yunnan participó con 1,8 millones de Yuan (0,22 M US\$) y YEPG contribuyó con 18 millones de Yuan (2,17 M US\$).

El cable HTS para el cable fue desarrollado por Innova Superconductor Technology Co. Ltd. y el centro de investigación de superconductividad aplicada de la Universidad de Tsinghua. Innova fabricó la cuerda multi-filamentos Bi-2223 multi-filamentos con ingeniería densidad corriente crítica ( $J_c$ ) de 8500 A/cm<sup>2</sup> (77K, auto - campo), corriente crítica ( $I_c$ ) de 85A (77 K, self-campo), máxima tensión de tracción de 100MPa (degradación de  $I_c$  de 5%) y radio mínimo de flexión de 30 mm (degradación de  $I_c$  de 5%). Innova tiene una capacidad de producción de alambre HTS de 200 kilómetros por año.

El cableado y ensamblado del cable fue realizado por Shanghai Cable Works. El Instituto de Física del Plasma diseñó y desarrolló los terminales mientras que la Academia Sinica lideró la investigación y desarrollo en las áreas de física del plasma de alta temperatura, confinamiento del plasma magnético, haces de iones, imanes de campo elevado, aplicaciones de plasma y células solares.

El criostato del cable y los acoples criogénicos fueron proporcionados por NEXANS, que tiene un acuerdo corporativo con Innopower para colaborar en el desarrollo de la tecnología de cable HTS. El manguito criogénico desarrollado por NEXANS se compone de dos tubos corrugados flexibles y concéntricos de acero inoxidable. La parte exterior del tubo interior está cubierta con capas de Superaislamiento. Un espaciador con baja pérdida térmica centra el tubo interior dentro del tubo exterior y evita cualquier contacto entre los dos. Un tamiz molecular proporciona un vacío a largo

plazo. La flexibilidad de la envoltura criogénica le permite manejarse como un cable.

El diseño y ensamblaje del sistema criogénico fue realizado por el XVI Instituto de Investigación de China Electronics Technology Corporation. La solución del Instituto es un sistema de LN2 de ciclo cerrado que emplea siete conjuntos de refrigeradores Cryomech AL300 que operan en paralelo y una bomba de nitrógeno líquido Barber Nickels BNCP-30-000. Tiene una capacidad de refrigeración de 2000W a 75 K, con una velocidad de flujo de LN2 de 600-900 L/h.

La concesionaria de energía jugó un rol clave. El cable fue instalado en la China Southern Power Grid por Yunnan Electric Power Group, Co.(YEPG), en el Kunming, en la provincial de Yunnna. La concesionaria de energía también proporcionó los requisitos técnicos para diseñar el cable, incluyendo la tensión nominal, la corriente de proyecto, la corriente de cortocircuito, la longitud y especificaciones de ángulo de flexión de la instalación.

YEPG llevó a cabo la preparación del sitio así como la construcción de toda la infraestructura necesaria para operar el cable, incluyendo la estación de refrigeración. YEPG también realizó los ensayos de campo del sistema y ahora es responsable de las operación diaria.

Las operaciones y el mantenimiento del cable HTS fueron realizadas por los trabajadores de la Subestación YEPG como parte de su tarea diaria. Todos los parámetros operacionales del sistema, tanto mecánicos como eléctricos, se monitorean desde el centro de control de la subestación, a través de un sistema de vigilancia y protección en tiempo real, desarrollado por la Universidad de Ciencia y Tecnología de Huazhong. Sin embargo, la operación también requiere la supervisión personal del cable tres veces al día. Los trabajadores realizan una inspección visual de todas las máquinas y de la estación de refrigeración, manteniéndose un registro diario. Cada visita requiere de 10 a 20 minutos.

Antes de construir el sistema, Innopower llevó a cabo una serie de experimentos para investigar diversos aspectos del diseño y fabricación del cable, incluidos los ángulos de bobinado y las configuraciones de las cintas superconductoras Bi-2223, mecanismos de enfriamiento LN2, las configuraciones de los terminales y las técnicas de fabricación. Innopower, a continuación, construyó y ensayó una muestra de cable superconductor de 4 m con sus terminales.

Ying Xin, Gerente General de Innopower Cable Superconductor describe con un ejemplo concreto los importantes desafíos que involucran el desarrollo de un cable HTS para la instalación de una red pública de energía. "Dado que el cable fue para instalarse como parte de la red de 35kV de la subestación, se requería una capacidad de cortocircuito de 20kA / 2 seg. Para asegurar un diseño que se ajuste a estos requerimientos, se realizaron diversos experimentos en pequeños tramos de cable con distintos niveles de cortocircuito que permitieron confirmar la cantidad de cinta HTS necesaria. Este fue uno de los mayores desafíos a que nos comprometimos."

Innopower informó que está trabajando con State Grid Co. (anteriormente el Departamento de Energía Eléctrica) y el Departamento de Ciencia y Tecnología para desarrollar un plan para la construcción de una línea de transmisión de 300-400 metros. Como ocurriera anteriormente la concesionaria de energía contribuirá financieramente para la ejecución del proyecto. Detalles del proyecto, así como la decisión final, permanecen a elaborarse. Innopower está investigando las posibles aplicaciones comerciales para cables HTS, como líneas de autobuses de alta capacidad; la compañía dijo que también ha comenzado a desarrollar un limitador de corriente de fallas HTS. Innopower es el primer desarrollador de cables de alimentación tipo HTS en China.