

Reducción del consumo energético en trenes suizos

Los ferrocarriles son una de las formas de transporte más eficientes, pero esto no es motivo para no mejorar su eficiencia aún más. Un proyecto reciente centrado en los trenes *Allegra* de RhB (Rhaetische Bahn) de Suiza ya lo ha hecho.

Por Beat Gugisberg, Thomas Huggenberger, Harald Hepp
ABB Suiza
www.abb.com.ar

Los ferrocarriles son una de las formas de transporte más eficientes, pero esto no es motivo para no mejorar su eficiencia aún más. Un proyecto reciente centrado en los trenes *Allegra* de RhB (Rhaetische Bahn) de Suiza ya lo ha hecho.

Se lanzó un proyecto para investigar e implementar formas de mejorar la eficiencia energética global.

La red ferroviaria de RhB (Rhaetische Bahn) cubre 384 kilómetros por los Alpes del sudeste de Suiza. El ferrocarril tiene parada en lugares tan turísticos como Davos, Klosters y Saint Moritz, y transporta unos diez millones de pasajeros al año. Algunas partes del recorrido, con impresionantes secuencias de túneles zigzagueantes y elegantes viaductos, han sido declaradas Patrimonio de la



RhB presta servicio todo el año



Humanidad de la UNESCO. Además de fomentar el turismo, el sistema de RhB garantiza el tráfico local y transporta mercancías durante todo el año. En



Uno de los trenes *Allegra* se pintó especialmente para conmemorar el 125 aniversario de ABB en Suiza.

algunos lugares, en los que las rutas suelen cerrarse por las nevadas, el ferrocarril es el único medio de transporte viable.

En 2010, RhB empezó a modernizar su flota introduciendo una nueva familia de trenes de varias unidades de la marca *Allegra*. Estos veinte trenes, suministrados por *Stadler*, incorporaban material eléctrico compacto de *ABB*, incluidos convertidores y transformadores de tracción.

Las modificaciones del software implementadas han generado un ahorro energético de 950 megawatts por hora al año.

Las unidades *Allegra* se diseñaron para cumplir requisitos muy estrictos, impuestos tanto por las cerradas curvas, las pronunciadas pendientes y las complicadas condiciones climáticas de la red de RhB como por los largos y pesados trenes que deben arrastrar.

Como suele ocurrir en el mundo de la ingeniería, los requisitos de potencia se concibieron para cumplir las condiciones operativas más duras. La demanda máxima de potencia de tracción se produce cuando un tren pesado debe ascender una

pendiente. Pero la mayor parte del tiempo, las unidades trabajan en condiciones menos duras (cargas más ligeras, terreno llano). La eficiencia en estas condiciones puede ser subóptima.

Motores

La potencia entregada por los motores de tracción es el producto del flujo magnético y la corriente generadora de par del estator. Ambos factores contribuyen a las pérdidas.

Dado que las pérdidas dependientes de la corriente dominan en las aplicaciones de alta potencia, el motor suele trabajar al flujo máximo y la corriente se utiliza para controlar la potencia. Pero en aplicaciones de potencia más baja puede ser más eficaz operar a un flujo menor. Cada pareja de valores de velocidad/par tiene un dependiente óptimo en los parámetros del motor.

Enlace de CC

Normalmente, para variar la potencia de un convertidor de tracción, la tensión del enlace de CC se mantiene lo más constante posible y se modifica la intensidad de la salida. Como la tensión total del enlace de CC solo es necesaria a máxima potencia, es aceptable que esta tensión baje cuando se opera a menor potencia. Se identificaron los valores óptimos para distintos escenarios, incluida la potencia, el esfuerzo de tracción y las variaciones en la tensión de la catenaria.

Estos cálculos no tienen en cuenta el convertidor aislado, sino las pérdidas en el transformador y los motores resultantes de los patrones de conmutación del convertidor.

Desconexión de los motores de tracción

Cuando un tren tiene que operar a alta potencia, se necesitan todos los motores de tracción. Pero cuando hace falta menos potencia, es más eficaz usar menos motores (y los inversores asociados) de forma selectiva y desconectar el resto.

Con tantas curvas es preciso mantener el buen comportamiento dinámico de la unidad, por lo que



Los cambios en el software se implementaron entre septiembre de 2014 y septiembre de 2015.

los dos ejes de un bogie siempre deben ejercer las mismas fuerzas de tracción o frenado. Por lo tanto, la optimización del control se implementa por bogie, no por eje.

Implementación

La implementación del software afectaba tanto al sistema de control del vehículo como al PEC (controlador electrónico de potencia, por sus siglas en inglés) que controla bogies individuales y los convertidores de tracción asociados.

Además de mejorar el aprovechamiento de la energía de tracción, se tuvieron en cuenta los efectos sobre la adherencia, que se optimizaron debidamente.

Electrificación en continua

La mayor parte del sistema de RhB está electrificado a once kilovolts, 16,7 hertz. Pero la línea de 62 kilómetros de Saint Moritz a Tirano (línea Bernina) está electrificada a mil volts continua.

Aunque algunas unidades *Allegra* están diseñadas para operar solo en líneas de alterna, otras están equipadas para tensión doble. Las medidas descritas en este artículo son, en general, para el modo alterna.

Las mejoras conseguidas en el modo continua son más modestas. En el modo continua, la tensión del enlace de continua no se puede optimizar del modo descrito, ya que se alimenta directamente de la catenaria.

Los cálculos demuestran que una conversión de esta sección a continua no mejoraría el balance energético. Las pendientes más pronunciadas de la línea Bernina (hasta un siete por ciento) obligan a las unidades a funcionar a potencia máxima, y dejan menos margen para la optimización.

Ahorro

Los cambios de software se implementaron y probaron entre septiembre de 2014 y septiembre de 2015. Las modificaciones del software han generado un ahorro energético de 950 megawatts por hora al año para el conjunto de las veinte unidades. Esto supone alrededor del dos por ciento del consumo de electricidad total de RhB.

Una señal tangible de que las medidas están generando mayor eficiencia es la reducción de la temperatura del motor en funcionamiento.

Además de la electricidad ahorrada, las condiciones operativas más favorables para los componentes y los materiales, incluidos los convertidores, los motores, los semiconductores y el aislamiento, deben prolongar sus vidas operativas y su fiabilidad. ■

Nota del editor: La nota aquí reproducida fue publicada en ABB Review 4/2016, y para hacerla, los autores se han basado también en una nota publicada sobre la temática en ABB Review 2/2016