

## Control en tiempo real de sincrofasores para optimizar los perfiles de voltaje del sistema

Jeff Pope

### INTRODUCCIÓN

Varios sistemas eléctricos a nivel de subtransmisión emplean cambiadores de *tap* bajo carga (CTBC) en transformadores trifásicos y de bancos de capacitores en derivación (BC) para proporcionar regulación de voltaje y soporte de VARs. El CTBC proporciona regulación de voltaje del sistema ajustando el voltaje suministrado de manera progresiva para mantenerlo a niveles aceptables. Por lo regular, el control CTBC opera como un control sencillo de zona muerta, monitoreando el voltaje en el lado de carga del CTBC y manteniéndolo en este punto mediante la elevación o reducción de los *taps* del voltaje dentro del mecanismo del CTBC. EL BC proporciona soporte reactivo (VAR) y también suele utilizar un control de banda de zona muerta para su operación. A diferencia del CTBC, el BC proporciona toda su capacidad a la vez, conectándola dentro o fuera de la carga como un solo dispositivo.

En algunas aplicaciones, el CTBC y los BC pueden utilizarse en sistemas en los que pudiera no existir un flujo de carga radial simple o en donde el BC se sitúe en un punto donde sea difícil determinar la cantidad de corriente de carga y los niveles de voltaje resultantes necesarios para ajustar correctamente los parámetros de operación del CTBC y del BC. Entonces se aplica la lógica de control en tiempo real basada en sincrofasores para proporcionar las entradas de control necesarias para optimizar los perfiles de voltaje del sistema y reducir las operaciones de conmutación de CTBC y BC. Esto mejora la estabilidad del sistema y reduce los costos generales de mantenimiento y operación del sistema.

### PROBLEMA

Usando el sistema que se muestra en la Figura 1 como ejemplo de un sistema no radial, es fácil ver que el uso estándar de control de zona muerta entre CTBC y BC puede dar como resultado operaciones de conmutación innecesarias entre ambos dispositivos. Incluso pueden ocurrir condiciones en las cuales el control del CTBC y del BC operen sin conocimiento del impacto de otros controles en el sistema, lo cual puede ocasionar operaciones repetitivas de cierre-apertura, también conocidas como *hunting*. Además, el control del CTBC puede realizar los pasos de incremento del nivel de voltaje del sistema mediante el aumento de la posición de los *taps*, cuando la operación ideal de control sería suspender las operaciones del CTBC y conectar el BC.

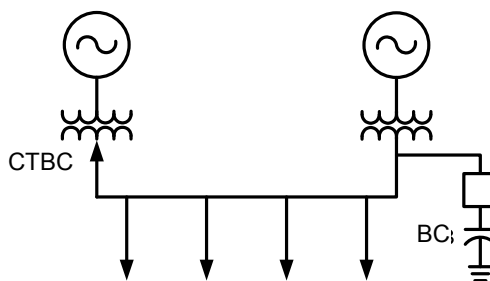


Figura 1. Ejemplo de sistema.

## SOLUCIÓN SEL

El Relé de Protección de Transformador SEL-487E y el Sistema de Control y Protección de Capacitor SEL-487V proporcionan capacidad de control en tiempo real usando datos del sincrofasor IEEE C37.118. Cada relé (operando como cliente de datos del sincrofasor) es capaz de recibir datos IEEE C37.118 de hasta dos servidores de sincrofasores por separado. En este caso, cada relé opera como cliente y como servidor de datos de sincrofasores en tiempo real.

Tal como se muestra en la Figura 2, el relé SEL-487E se utiliza para proteger y controlar un transformador con CTBC. El relé SEL-487E mide las corrientes y voltajes del sistema en ambos devanados del transformador y envía señales de control al CTBC y al interruptor. El relé SEL-487E proporciona datos de sincrofasores IEEE C37.118 (que incluyen información la magnitud del voltaje y el ángulo de fase en relación con una referencia de tiempo basada en el sistema de posicionamiento global) al relé SEL-487V.

El relé SEL-487V proporciona protección y control del BC en otra subestación. El relé SEL-487V mide las magnitudes de voltaje ángulos del sistema y proporciona esta información de sincrofasores al relé SEL-487E usando el protocolo IEEE C37.118 serial.

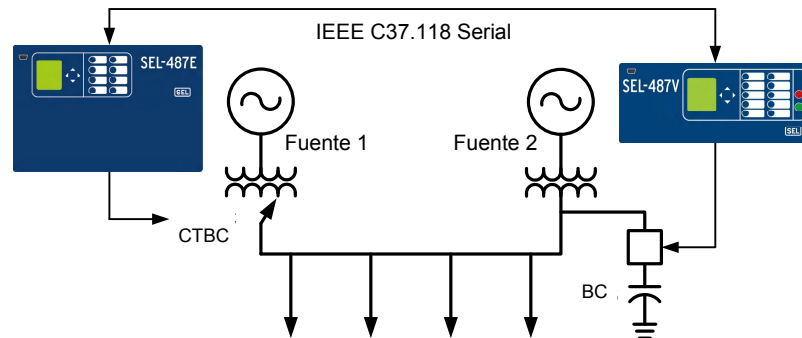


Figura 2. Control en tiempo real de sincrofasores SEL-487E y SEL-487V.

## APLICACIÓN DE CONTROL DE TIEMPO REAL DE SINCRÓFASORES

Con el fin de coordinar correctamente la función de control del CTBC y del BC, es adecuado monitorear la magnitud de voltaje y el flujo de VARs en el CTBC y en el BC. Estas mediciones proporcionan información útil respecto del estado del sistema y del impacto de cualquier operación de control que pudiera ocurrir.

El BC puede controlarse mediante la medición de la carga total de VARs del sistema ( $\text{VAR fuente 1} + \text{VAR fuente 2} = \text{VARs total del sistema}$ ) y metiendo el BC con su capacidad nominal de VARs al sistema cuando la carga total de VARs inductivos supere el valor nominal del BC. El control del BC también puede monitorear los voltajes del sistema. Si en la medición se presenta una caída de voltaje severa tanto en el BC como en el CTBC, el control del BC bloquea las operaciones del CTBC y conecta al BC para proporcionar una recuperación rápida del voltaje del sistema.

El CTBC puede utilizar los datos de control en tiempo real de los sincrofasores del relé SEL-487V para monitorear las magnitudes del voltaje de fase y usar estas mediciones de voltaje con el flujo direccional de VARs hacia o desde la Fuente 2, para supervisar las operaciones del CTBC en la Fuente 1. Esto evita que se produzcan corrientes de circulación innecesarias entre la Fuente 1 y la Fuente 2, al tiempo que se mantiene un perfil ideal del voltaje del sistema.