



## SISTEMA DE CIERRE AUTOMÁTICO PARA RÁPIDA ENERGIZACIÓN DE FASE RESERVA EN BANCOS DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS

Fernando G. A. de Amorim  
Treetech Sistemas Digitais Ltda.

Nelson P. Ramos  
Furnas Centrais Elétricas S/A

### RESUMEN

Debido a la reglamentación del sector eléctrico en Brasil, la indisponibilidad de equipos de transmisión de potencia, como, por ejemplo, transformadores de potencia, implica altísimas multas al propietario del equipo, independientemente de la indisponibilidad haber sido causada de forma planeada o no.

Dentro de ese contexto, una unidad reserva para un banco de transformadores monofásicos se ha mostrado no ser suficiente. Eso se debe al prolongado tiempo de sustitución de una de las fases por la fase reserva y también para la restauración a la fase original, inviabilizando cambios temporales para mantenimiento y acarreado un largo tiempo para la restauración del sistema, en caso de falla inesperada en uno de los transformadores.

Para acelerar ese proceso de sustitución, Furnas adoptó un sistema con una barra de transferencia y seccionadores motorizados, asociados a un sistema de control digital, para permitir tanto sustituciones automáticas como manuales.

Este artículo describe la topología adoptada y el sistema de control digital utilizado para el sistema de cierre implementado en la subestación de Río Verde, en dos bancos de 230-138kV. Se presenta la experiencia de campo con la implementación y operación de ese sistema en los últimos dos años, describiendo los resultados prácticos obtenidos.

**PALABRAS CLAVE:** transformadores, seccionadores, cierre automático, enclavamiento, automatización, *Intelligent Electronic Devices*, IED.

### 1. INTRODUCCIÓN

Debido a la reglamentación del sector eléctrico en Brasil, la indisponibilidad de equipos de transmisión de potencia, como, por ejemplo, transformadores de potencia, implica altísimas multas al propietario del equipo, independientemente de que la indisponibilidad haya sido causada de forma planeada o no.

Dentro de ese contexto, una unidad reserva para un banco de transformadores monofásicos se ha mostrado no ser suficiente. Eso se debe al prolongado tiempo de sustitución de una de las fases por la fase reserva y también para la restauración a la fase original, proceso que lleva alrededor de 16 horas, inviabilizando cambios temporales para

mantenimiento y acarreado un largo tiempo para restauración del sistema en caso de falla inesperada en uno de los transformadores.

Para acelerar ese proceso de sustitución, Furnas adoptó un sistema con una barra de transferencia y seccionadores motorizados, asociados a un sistema de control digital, para permitir tanto sustituciones automáticas como manuales.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA TOPOLOGÍA ADOPTADA

Actualmente existen en la subestación de Río Verde - Goiás dos bancos de transformadores monofásicos de 230-138kV, además de un delta terciario de 13,8kV, como muestra la figura 1. En el futuro, se construirá un tercer banco.

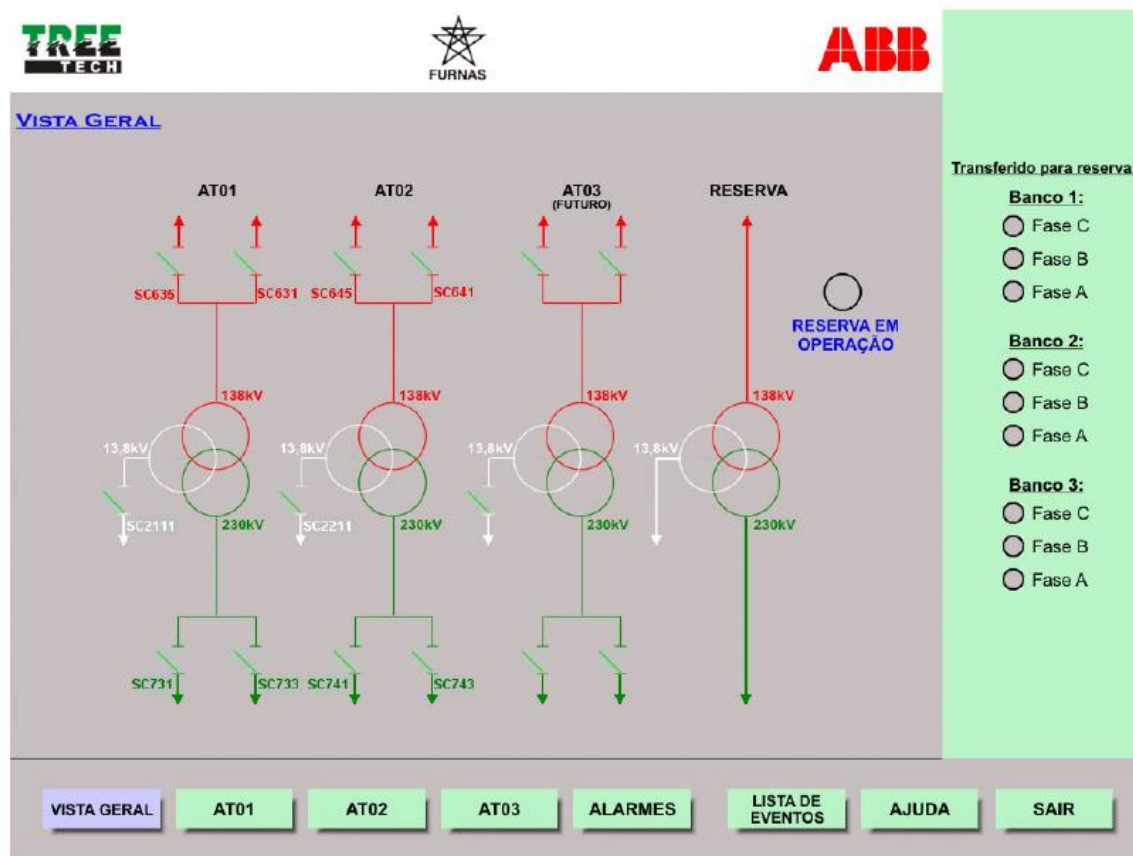


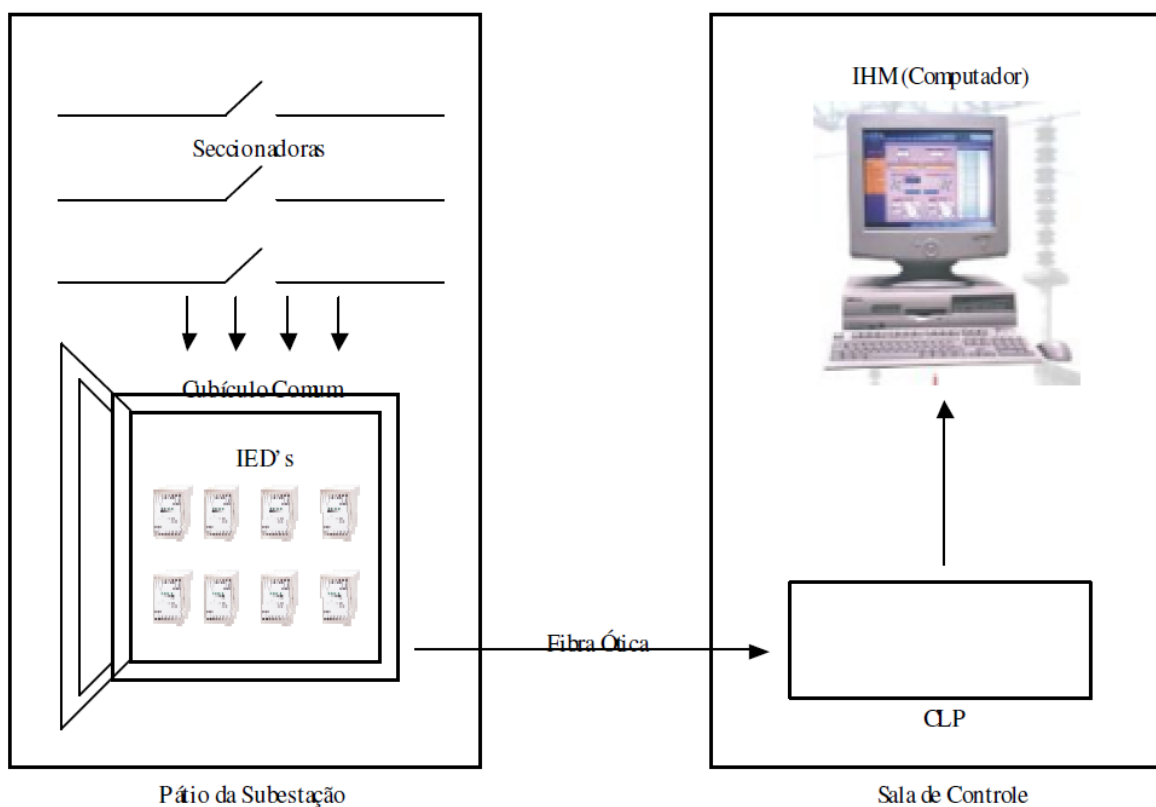
Figura 1 – Vista General del Sistema de Control.

## 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DIGITAL

El sistema de control y comando del cierre busca, en primer lugar, eliminar la gran cantidad de cables que resultan cuando se adopta un sistema centralizado convencional, donde la información de cada seccionador debe ser llevada a la sala de control a través de cableados, a varios metros del patio de la subestación.

Para atender a ese requisito, un sistema de control fue desarrollado con una arquitectura modular y descentralizada, basada en IEDs (*Intelligent Electronic Devices*) modelos DM1 y DM3 suministrados por Treetech, instalados en el cubículo común de cada banco de transformadores, próximo a los seccionadores. Esos IEDs son módulos de entrada/salida desarrollados específicamente para las condiciones del patio de la subestación, como

altas temperaturas e interferencias electromagnéticas. Ellos reciben el status abierto/cerrado de los seccionadores y envían comandos abrir/cerrar, siendo interconectados a una unidad terminal remota instalada en la sala de control por fibras ópticas (un par para cada banco de transformadores). La arquitectura de ese sistema puede ser vista en la figura 2.



**Figura 2 – Arquitectura de un Sistema Descentralizado.**

La unidad central de control realiza toda la lógica de enclavamientos así como las secuencias de cierre, tanto para sustituir una fase en falla por una fase reserva como para retornar a la fase original, obedeciendo siempre a las precondiciones establecidas, como, por ejemplo, el banco deberá estar aislado en los lados de 230, 138 y 13,8kV. Esas secuencias pueden ser realizadas en modo automático, donde toda la operación de sustitución es hecha sin la necesidad de intervención del operador, y en modo manual, donde cada apertura o cierre de seccionadores es supervisado paso a paso por el operador, conforme las figuras 3 y 4.

Antes de iniciar el proceso de transferencia, el operador debe efectuar la transferencia de las conexiones de la fase defectuosa a la fase reserva. Ese proceso es manual y forma parte de las precondiciones de transferencia. Por lo tanto, para indicar que las conexiones ya fueron transferidas, basta informar al software de control marcando el ítem "Conexión transferida" (Figura 4).

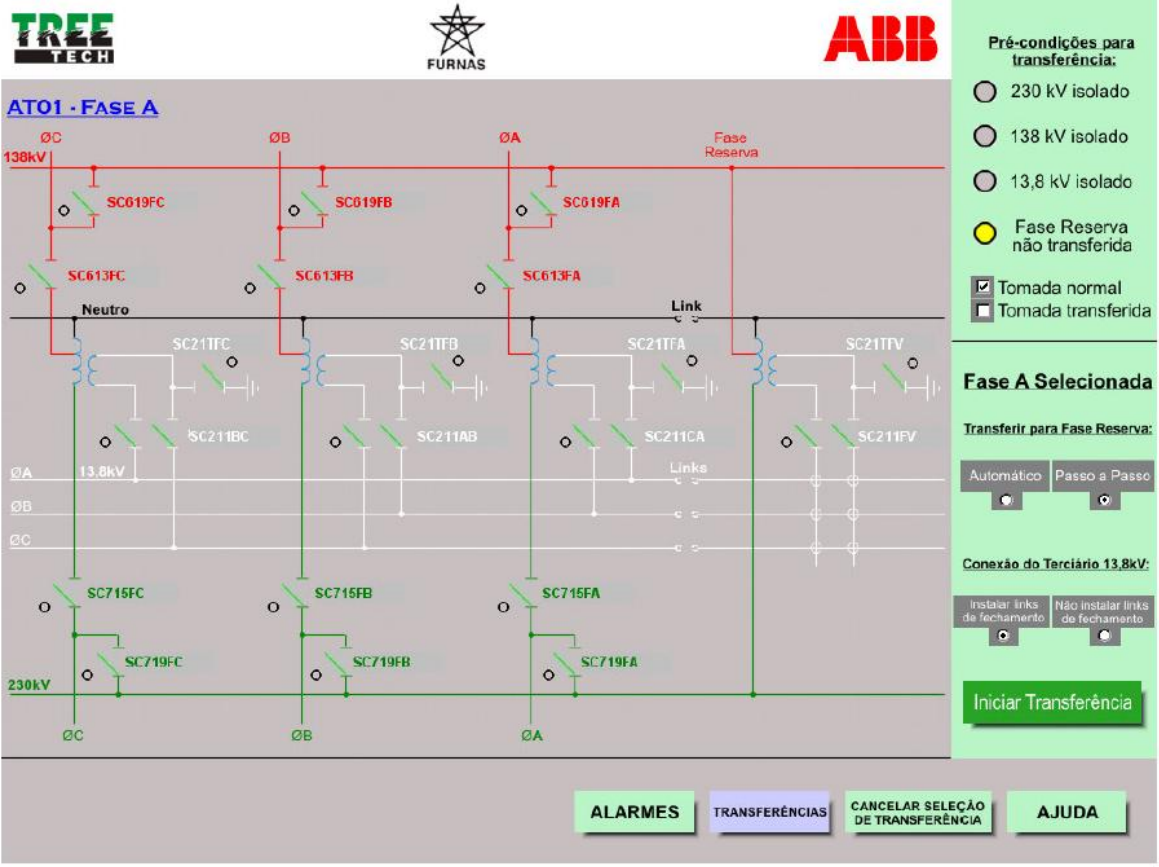
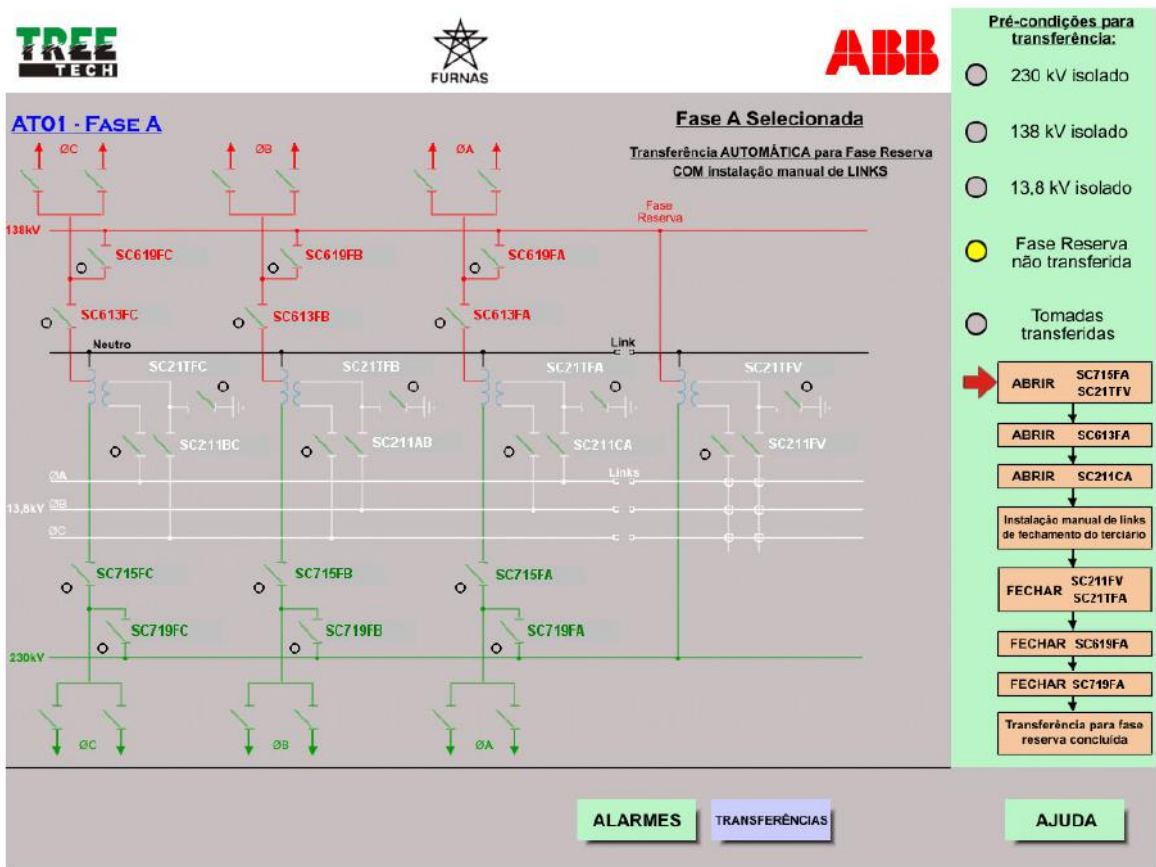


Figura 3 – Processo de cambio de una fase original a la fase reserva.



**Figura 4 – Sequencia de cierre paso a paso: el operador hace clic en el ítem indicado por la flecha y un *pop-up* aparece pidiendo la confirmación de la operación. Cuando la operación es concluida, la flecha salta al ítem siguiente.**

Ese tipo de arquitectura arriba descrita permite una disminución de costos substancial al reducir el cableado de control, simplificar el proyecto y reducir el tiempo de instalación, mientras se aumenta la confiabilidad y se disminuyen mantenimientos futuros.

Una actualización futura está prevista en el sistema de control digital. Todo el hardware ya está preparado para integrar esa implementación al sistema supervisor de la subestación, a través de protocolos patrones (IEC 60870-5-101 o DNP3.0).

#### 4. EXPERIENCIA DE CAMPO

Conforme lo relatado por el personal de operación en campo, la sustitución de una fase a la fase reserva, que antes llevaba varias horas para ser realizada, con ese sistema es hecha en cerca de 30 minutos como máximo, en el modo manual paso a paso, donde el operador verifica y confirma visualmente la operación de cada seccionador. En el modo automático, el mismo proceso es realizado en 10 minutos.

Es posible percibir también una reducción en la cantidad de errores de operación durante el cambio de fases, dado que el sistema de control permite sólo efectuar comandos en los seccionadores cuando todas las precondiciones son cumplidas.

#### 5. CONCLUSIÓN

El sistema de control digital se ha mostrado eficaz, reduciendo a pocos minutos el proceso de cambio de fases y, en consecuencia, disminuyendo el riesgo de altos costos con multas.

La descripción del sistema, así como los dos años de experiencia en campo con el uso de esa herramienta, permitirá una evolución de los beneficios y de la experiencia adquirida con el sistema presentado, pudiéndose presentar aplicaciones en subestaciones de alta importancia para la red eléctrica.

Al adoptar una arquitectura descentralizada para ese tipo de proyecto, se pueden verificar varios beneficios, como reducción en la cantidad de cableado, disminución de costos y reducción de fallas, o sea, si algún módulo del sistema falla, no se comprometerá al sistema como un todo.