

Ormazábal: Nuevos conceptos para la automatización de centros de transformación de media y baja tensión

La red de Media Tensión está sometida a exigencias cada vez más crecientes para garantizar la calidad de suministro a los clientes finales. La automatización de la red MT pretende de una manera eficiente y fiable resolver estos problemas, reduciendo al mínimo las consecuencias de faltas e interrupciones de servicio, en extensión y duración. La operación de los elementos de maniobra en los centros de transformación MT/BT, estratégicamente localizados en la red, es la base para conseguir este objetivo. En este sentido, el presente artículo aborda los puntos clave del nuevo concepto de automatización en Media Tensión.

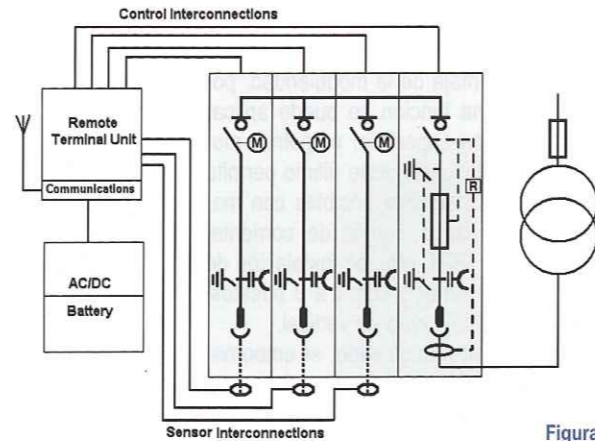


Figura 1.

Las diferentes topologías de la red eléctrica, criterios y complejidad de operación, mayores requisitos para el suministro eléctrico, etc., necesitan nuevos productos y soluciones para hacer la localización y aislamiento de faltas más eficiente. Es necesario hacer cambios fundamentales para que estas soluciones sean sencillas y de bajo coste y, por lo tanto, de utilización masiva.

DESCRIPCIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Desde el punto de vista de los requisitos de automatización, los centros de transformación MT/BT consisten principalmente en varios aparatos de corte y conexión con mecanismos eléctricos de maniobra, un Terminal Remoto, equipos de comunicaciones, una fuente de alimentación con batería y las interconexiones entre los diferentes elementos. Todos estos elementos se muestran en la figura 1. Por medio de las entradas y salidas digitales del Terminal Remoto, el estado de los interruptores (abierto/cerrado) es detectado, y se pueden realizar las operaciones de apertura y cierre. También, las entradas analógicas se conectan a los sensores para medir la intensidad y tensión de las líneas de MT. La alimentación segura incluye una batería que permite al sistema seguir operado con autonomía independientemente de las interrupciones en BT. En la tabla 1 se muestran las principales señales utilizadas en la automatización de centros de transformación MT/BT.

LIMITACIONES DE LAS PRÁCTICAS HABITUALES TRABAJOS EN CAMPO. Actualmente, las prácticas para automatizar centros de transformación MT/BT tiene varias

limitaciones. La fiabilidad de las instalaciones está claramente comprometida por los siguientes trabajos en campo.

Cableado de señales. Cada interruptor tiene varios cables de interconexión entre la celda y el Terminal Remoto. Un número típico para un interruptor-seccionador es de 9 cables para control, 4 cables para los sensores de intensidad y 4 cables para los sensores de tensión. Esto significa que en un centro de transformación MT/BT con tres interruptores en carga, se necesita conectar en obra más de 100 puntos, con el consiguiente riesgo de error de ejecución.

Instalación de los sensores de intensidad. Los sensores de intensidad se utilizan para la detección de faltas fase-fase y fase-tierra, además de para la medida de intensidad. Estos sensores se instalan habitualmente alrededor del cable de MT. Para detectar correctamente las intensidades de secuencia cero es imprescindible que la pantalla de tierra pase dos veces por el interior del sensor. De otro modo, la detección de la intensidad de falta será incorrecta. El número de sensores que se instala por cada celda es 3 ó 4, y se sitúan en el compartimento de cables de MT. Dado que la instalación de estos sensores se realiza en obra, se debe realizar un descargo del cable para proceder a la instalación o supervisión.

Instalación de sensores de tensión. Los sensores de tensión se utilizan para diferentes funciones entre las que destacan la detección de la presencia

de tensión MT en la línea, reset de la indicación de defecto, comprobación de apertura en vacío del seccionador automático, detección de cables o líneas MT cortados y polarización de defectos direccionales. Estos sensores son principalmente capacitivos y conectados directamente a la parte activa de cada fase.

Ajuste de parámetros y comprobaciones. Todas las funciones de un centro de transformación MT/BT automatizado que se vean afectadas por los trabajos en campo deben ser comprobadas. De otro modo, no hay garantía de su correcto funcionamiento. Así, todo el cableado que se realiza en obra entre las celdas y el Terminal Remoto debe ser verificado con el consiguiente compromiso de interrupciones de servicio y detección de anomalías en la puesta en servicio.

Errores de indicación en los detectores de paso de falta. Los detectores de paso de falta fase-fase y fase-tierra presentan problemas

TABLA 1: SEÑALES DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN MT/BT AUTOMATIZADO

TIPO	DESCRIPCIÓN
Control Celda	Estado interruptor en carga (abierto/cerrado) Maniobra interruptor en carga (abrir/cerrar) Estado seccionador de tierra (con/desconectado) Seccionador automático (*) (con/desconectado)
Sensores Celda	Indicación de faltas fase-fase y fase-tierra Indicación de presencia de tensión en MT Medida de intensidad de línea
General	Estado del centro (local/remoto) Temperatura transformador (sobrecarga/alarma) Alarmas del centro (celdas, batería, etc.)

(*) Desconexión automática de líneas en fallas en el intervalo de reconexión del interruptor principal de subestación.

de indicaciones incorrectas dependiendo de las características de la red de MT donde sean instalados. La mayoría de estos dispositivos se desarrollaron para dar indicaciones visuales locales cuando detectaban un cortocircuito. Entonces las indicaciones erróneas no eran críticas dado que no afectaban a la operativa de red y se reponían pasado un tiempo. En los centros de transformación automatizados MT/BT no se permite errores de indicación dado que esa información se envía al Puesto de Control. Una indicación errónea implica una directriz incorrecta en la operación de red para localizar la avería y, por lo tanto, un retraso en la reposición del servicio.

PRINCIPALES PROBLEMAS

Los principales problemas encontrados en los indicadores de paso de falta convencionales son los siguientes:

Intensidades capacitivas. Una falta fase-tierra implica una intensidad de secuencia cero en todas las líneas independientemente del régimen de neutro. Esto significa que el detector de defecto tiene que discriminar entre la intensidad de defecto y la intensidad capacitiva. Así, cuanto más cable tiene una red, mayor es la intensidad capacitiva que aparece en caso de defecto fase-tierra.

Los detectores de defecto convencionales son dispositivos a tiempo definido independiente del valor de intensidad detectado (por ejemplo 100 ms para 20 A implica 100 ms para 200 A). Esto significa que para asegurar una detección correcta, el valor de intensidad de defecto mínimo es la máxima intensidad capacitiva que puede aparecer en el punto de red donde se instale. De otro modo, algunas indicaciones no corresponderán con defectos reales.

Intensidad de magnetización de los transformadores MT/BT. Cuando se cierra el interruptor

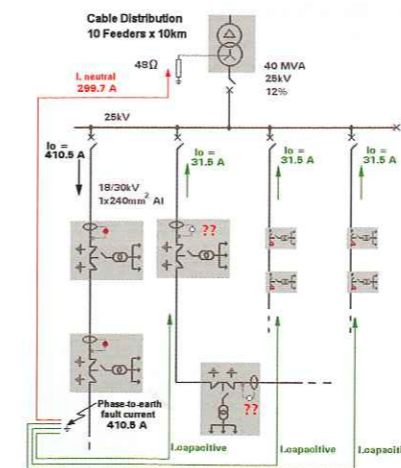


Figura 2: Falta fase-tierra en una red de distribución con cable.

de una línea en la subestación primaria, la intensidad que aparece corresponde en parte a la carga conectada y en otra parte a las intensidades de magnetización de los transformadores de distribución instalados. Una característica de la forma de onda de esta intensidad es su valor de pico (ejem. 5 veces su valor nominal). Los indicadores de falta fase-fase detectan el pico de intensidad magnetizante como una intensidad de falta.

Para evitar esta indicación incorrecta, estos dispositivos convencionales incluyen un reset de indicación por intensidad de carga. No obstante, si después de un pico de conexión hay un disparo (ejem. una falta fase-tierra aguas arriba de la subestación MT/BT automatizada), el indicador de defecto funcionará incorrectamente e inducirá a error la operación de la red desde el Puesto de Control. Este fenómeno también aparece cuando están activados los reenganches automáticos de los interruptores de la subestación primaria.

Ajuste y verificación. Para realizar correctamente esta operación se deben utilizar los equipos de inyección de intensidad correspondientes. La verificación de la interconexión de los sensores de tensión no se realiza de forma funcional debido a la complejidad del equipo de prueba. Así, la manipulación de las interconexiones de los sensores en obra introduce un factor de error en la funcionalidad de la automatización, que no siempre es posible su detección sin medios excesivamente complejos.

Sin normalización. La topología y configuración de un centro MT/BT se debe tener en cuenta para determinar los equipos específicos que se debe utilizar para la automatización.

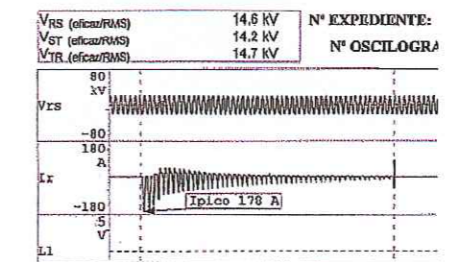


Figura 3: Intensidad de magnetización en un transformador MT/BT.

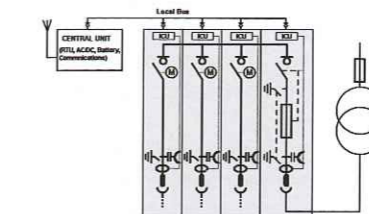


Figura 4: Nuevo concepto de centro MT/BT automatizado.

Esto significa que el tipo de Terminal Remoto, sensores, relés, etc. depende del número de interruptores en el centro MT/BT. Además, se utilizan diferentes equipos de diferentes fabricantes que siempre implica la realización de la ingeniería de integración. Cada centro MT/BT automatizado es una especie de pequeño proyecto donde el grado de normalización y flexibilidad de los componentes es muy pequeño.

VENTAJAS DE NUEVOS CONCEPTOS PARA AUTOMATIZAR LA DISTRIBUCIÓN

Descripción de los nuevos centros de transformación MT/BT automatizados:

Los nuevos conceptos se basan en la funcionalidad de las celdas de MT que satisfacen los requisitos tanto eléctricos como de automatización, como una única unidad ensamblada y comprobada en fábrica. Las principales funciones de automatización que incorporan las celdas son las correspondientes a la detección de faltas fase-fase y fase-tierra con posibilidad direccional, detección de presencia de tensión y cable cortado, medida de intensidad, maniobra del interruptor e indicación del estado del interruptor y del seccionador de puesta a tierra y seccionador automático, todo ello teniendo en cuenta la simplicidad de instalación y operación.

Las celdas, la Unidad Central y el Bus Local forman la parte de automatización de centros de transformación MT/BT. Estas celdas incorporan toda la funcionalidad descrita anteriormente y se conectan directamente en el Bus Local. Este Bus es independiente del número de celdas y se utiliza para enviar las comunicaciones y alimentación entre las celdas y la unidad Central. La Unidad Central incluye la función de Terminal Remoto convirtiendo la información del Bus Local al protocolo de comunicaciones necesario para el Puesto de Control. Esta Unidad incluye los elementos de alimentación segura y comunicaciones, siendo independiente del número de celdas de la instalación.

Operaciones de instalación. El número de operaciones de instalación es drásticamente reducido. No hay trabajos de conexión de cableados entre las celdas y la Unidad Central. En su lugar, las interconexiones de control son uniones normalizadas y conectorizadas que forman el Bus Local, sin posibilidad de error en la conexión y sin necesidad de personal especializado para desarrollar esta tarea.

Sensores de intensidad. No se necesita instalar sensores de intensidad dado que ya están integrados en la celda desde fábrica. Su integración ha tenido en cuenta la conexión de los cables de MT, sin interferir en su montaje y facilitando las posibles pruebas posteriores. Así, los problemas de instalación de las trenzas de tierras de los

cables de MT de los sistemas convencionales desaparecen.

Sensores de tensión. Los sensores de tensión capacitivos son conectados dentro de la celda y verificados en fábrica. Por lo tanto, no hay manipulación de estos elementos en obra. La calidad de señal es claramente mejorada y se obtienen prestaciones similares a las correspondientes a transformadores de tensión convencionales.

Comprobaciones. Las pruebas correspondientes a los sensores se realizan en fábrica. Esto permite utilizar equipos de prueba para garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas primario y secundario. De este modo, las pruebas en campo se reducen a verificar las comunicaciones entre la **Unidad Central y las celdas.**

Indicadores de paso de falta. Los problemas encontrados en los indicadores de paso de falta convencionales se evitan con el nuevo concepto. Las intensidades capacitivas y magnetizantes son claramente identificadas como intensidades de no defecto debido a que el sistema utiliza las mismas técnicas que los relés de protección digitales. Además, incluye la posibilidad de detección direccional. Esto permite definir una configuración de parámetros genérica sin estar influenciada por el punto de red donde se instale el centro MT/BT, y sin necesidad de realizar ajustes específicos.

Normalización de los equipos. La modularidad permite la construcción de cualquier tipo de topología de centro de transformación MT/BT con el mismo tipo de equipamiento. La dependencia del número de celdas y el conocimiento de la configuración de la instalación ya no es necesaria. Las celdas son fabricadas y verificadas de la misma forma, independientemente



Figura 5: Centros de transformación automatizados MT/BT.

TABLA 2: COMPARATIVA DE AUTOMATIZACIÓN DE SUBESTACIÓN MT/BT

CARACTERÍSTICA	TRADICIONAL	NUEVO CONCEPTO
Errores funcionales	20%	2%
Trabajos en obra	8 horas	1 hora
Especialización personal	100%	10%
Normalización	60%	100%
Rendimiento	70%	99%
Coste	100	80

del tipo de subestación, esto implica un alto grado de normalización.

La Unidad Central es también normalizada y es la misma independientemente del número de celdas del centro MT/BT. El Bus Local garantiza la compatibilidad entre las celdas y la Unidad Central, y se ha definido con un protocolo abierto. Así, la automatización completa del centro es realizada con equipos normalizados sin requerir trabajos complejos de instalación y puesta en servicio.

Mantenimiento y explotación. Por otro lado, el nuevo concepto también aborda la optimización de los procesos de mantenimiento y explotación del centro de transformación MT/BT ofreciendo diferentes servicios de información a los agentes que concurren en la instalación: Operación, Mantenimiento, Protecciones, Comunicaciones, etc. Estos servicios de información se realizan mediante el servidor *web* instalado en la Unidad Central, de forma que los datos se facilitan procesados en función de cada cliente que accede.

CONCLUSIONES

Los resultados han sido obtenidos de algunos centros de transformación MT/BT automatizados ya instalados y en servicio. Los parámetros para comparar las diferentes soluciones son los siguientes.

Errores funcionales: El número de errores detectados cuando se comprueba la funcionalidad del centro en la puesta en servicio: estado de interruptores, detección de faltas, detección de tensión, medida de intensidad, etc.

Trabajos en obra: Es el tiempo necesario para realizar los trabajos de instalación y puesta en servicio del centro.

Especialización del personal: Corresponde al conocimiento necesario en automatización de las personas que realizan las tareas en obra.

Normalización: Grado de normalización de los equipos utilizados y la posibilidad de utilización

en cualquier tipo de subestación.

Rendimiento: El correcto funcionamiento del sistema, incluyendo todos los eventos (ejem. Indicaciones de paso de falta).

Coste: El coste total de automatización del centro teniendo en cuenta el equipamiento y todas las taras de instalación y verificación para el correcto funcionamiento del centro. Todas las funciones destacadas anteriormente son necesarias para una automatización fiable, eficiente y de fácil operación y mantenimiento de la red de distribución.

La mayor parte de ellas están integradas en los elementos de maniobra como unidades funcionales que amplían sus características más allá de las exclusivamente eléctricas. El número de operaciones para la instalación y puesta en servicio es drásticamente reducido, incluso eliminando la necesidad de cortes de suministro. El montaje y pruebas de todos los elementos en fábrica, sin verse afectada su funcionalidad por posteriores manipulaciones en obra, dan como resultado una garantía, fiabilidad y calidad de todo el sistema. Un nuevo producto integral se ha desarrollado con el objeto de ser flexible y fácilmente adaptable para la automatización masiva de la red de MT.

Los nuevos conceptos para la automatización son el resultado de la colaboración entre algunas compañías eléctricas principales en el país, con miles de instalaciones automatizadas en MT e incrementándose rápidamente, y el principal fabricante de centros de transformación MT/BT. □

Autor: Juan Antonio Sánchez Ruiz.

Titulación académica: Estudios en Ingeniería en Automática y Electrónica Industrial.

Escuela Politécnica Superior de Mondragón (Gipuzkoa). Master en Sistemas de Control y Tecnologías de la Información en The University of Manchester Institute of Science and Technology (Inglaterra).