

El relé de protección como elemento de campo integrador de funciones en las Estaciones de UTE - Distribución

Ing. Electricista Juan Héctor Luján, U.T.E., Ing. Electricista Gustavo Fernández, U.T.E.,
Ing. Electricista Susana Masoller, I.I.E.- F.I.- Udelar

Resumen—El presente trabajo describe la experiencia de UTE - Distribución de utilizar los relés de protección como elementos de campo integradores de funciones (IEDs), así como la forma en que gestionó su compra, puesta en servicio y mantenimiento. Se presenta las características técnicas y funcionales de los relés de protección solicitadas por UTE más importantes y más utilizadas. Se trata los aspectos técnicos más relevantes de su integración con las celdas metálicas y reconectores. También se desarrolla los aspectos relacionados con las funciones de telecontrol y protocolos de comunicación. Finalmente se realiza una comparación de la implementación de funciones de interbloqueo y telecontrol con lógica cableada respecto a la solución integrada en los relés de protección.

Índice de términos—Unidad terminal remota (UTR), relé multifunción, IED, lógica programada.

I. INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico y el desarrollo del software asociado han permitido que los relés de protección de los sistemas eléctricos se transformen en un dispositivo inteligente que adquiere señales de campo y realiza varias funciones de control, protección y medida. Así el relé de protección multifunción adquiere aún mayor relevancia para la red de distribución.

UTE - Distribución ha definido como estrategia que los relés a integrar en las celdas metal enclosed, celdas metal-clad, reconectores o tableros de protección de los distintos fabricantes sean provistos por UTE a través de una compra gestionada en forma independiente. Esta forma facilita la gestión de los relés de protección y permite aprovechar al máximo sus potencialidades. En caso contrario, se instalarían en la red diferentes tipos y modelos de relés dependiendo del fabricante de celdas o reconectores.

El objetivo de este trabajo es presentar la experiencia de UTE - Distribución, mostrando cómo gestiona los sistemas de protección tratando de utilizar todas sus potencialidades e integrando los relés a los sistemas de telecontrol.

II. GESTIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIONES

En UTE - Distribución la gestión del sistema de protecciones se lleva adelante mediante la interacción de

varios grupos funcionales: uno encargado de la normalización y compra de relés, otros encargados de los estudios de ajustes y mantenimiento (separados en cinco regiones, cuatro correspondientes al interior país y una a Montevideo) y un último relacionado con la implantación del sistema de telecontrol.

Ya hace 6 años que se decidió e implantó la idea de uniformizar las protecciones a utilizar. Esto no solamente implica tener definidas las características técnicas y funcionales en una norma de material, sino poder contar con el mismo modelo de equipo por un plazo suficientemente largo. También es importante que relés que cumplen funciones distintas como lo son un relé de sobrecorriente y un relé diferencial para transformador, sean similares en su programa de parametrización utilizando un lenguaje común.

UTE - Distribución ha logrado contar con los mismos modelos de relé de protección por períodos largos por medio de una compra concertada, en la que se define un monto a comprar y se realizan entregas de material bajo pedido ajustándose las cantidades y modelos según las necesidades, o por la realización de una única compra de una importante cantidad de relés. Así durante los años 2000-2003 se adquirieron por el método de la compra concertada 530 relés de sobrecorriente y reconexión para neutro aterrado, 83 para neutro aislado y 45 relés diferenciales para transformador. A partir del 2004 por compras financiadas por el BID se compran 500 relés de sobrecorriente y 40 relés diferenciales. En este caso el adjudicatario resultó ser un fabricante diferente al anterior.

Así, el volumen importante de relés manejados ha permitido que los usuarios adquieran un profundo y eficiente aprendizaje de los equipos a instalar. También permitió desarrollar por parte de terceros el protocolo de comunicación para que las unidades terminales remotas (UTR) se comuniquen con los relés.

Entonces las principales ventajas obtenidas por este procedimiento son: un mejor aprovechamiento de las potencialidades de los relés, una puesta en servicio de los relés más rápida y eficiente por parte de los usuarios y una integración masiva de los relés de protección con los sistemas de telecontrol.

Para poder aprovechar estas ventajas es necesario que en todo aquel equipamiento que integre un relé de protección, éste sea provisto por UTE. En las licitaciones de compra de

reconectores, de celdas metal enclosed o metal-clad se solicita que se ofrezcan los equipos de potencia sin suministrar los relés, los cuales son aportados por UTE - Distribución. Una vez adjudicado estos equipos, se realiza el proyecto de interconexión relé – equipo en conjunto con el fabricante; dicho proyecto también toma en cuenta la normativa de cableado de UTE - Distribución. En el pliego licitatorio se informa a los oferentes que deberán entregar la primera versión de los proyectos de cableado en formato Autocad, los cuales serán modificados de acuerdo a los requisitos y normalización vigente de UTE – Distribución.

También se han realizado obras de actualización de protecciones en estaciones, instalando los relés en tableros de protecciones a pie de las celdas de mampostería o en gabinetes de baja tensión de las celdas metálicas ya existentes. Otro trabajo bastante común consiste en actualizar las protecciones de viejos reconectores con relés nuevos. De esta forma se puede contar con las ventajas mencionadas en equipos de potencia con una vida útil remanente aún importante.

Las oficinas de estudios y protecciones realizan los cálculos de los ajustes y los implementan. La oficina de telecontrol también influye en los ajustes relacionados con las entradas y salidas y otras variables a tele controlar. El procedimiento establecido es que sobre la base de una configuración patrón de los relés, la oficina de Telecontrol realiza las modificaciones necesarias, luego el encargado de protecciones realiza los ajustes de protecciones y el mantenimiento de los relés. Cada cambio en los parámetros de telecontrol exige la coordinación de las oficinas de Telecontrol y Protecciones.

III. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y FUNCIONALES DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN

Actualmente los relés que compra UTE – Distribución para los alimentadores son relés multifunción. Básicamente relés de sobrecorriente de fase, de corriente a tierra y reconexión (funciones según los códigos ANSI/IEEE C37.2 [1]: 51, 50, 51N, 50N, 67 y 79), con registros de eventos y oscilogramas. Pero en este apartado se quiere destacar principalmente aquellas nuevas funciones y características técnicas solicitadas que convierte al relé en un dispositivo electrónico inteligente.

Los nuevos requerimientos surgieron en UTE – Distribución de reuniones entre todos los grupos que interactúan en el sistema de protecciones.

Se amplió el número de entradas digitales solicitadas. Se solicitan 16 totalmente configurables por el usuario. En la generalidad de los proyectos cuatro de estas entradas se asignan a la supervisión de las bobinas de apertura y cierre del disyuntor cuando el mismo se encuentra abierto o cerrado, dos se utilizan para señalar el estado del disyuntor y seis para señalar los estados de los seccionadores de barra, de línea y de tierra. Dependiendo del proyecto, y cuando corresponda, el resto de las entradas señalizan la alarma por baja presión de SF6 y la posición de la llave de comando local o remoto del disyuntor.

En la asignación de las entradas digitales de los relés

diferenciales para transformador (funciones según los códigos ANSI/IEEE C37.2 [1]: 87T, 51, 50, 51N y 50N) que UTE – Distribución compra, se mantiene la señalización de los estados del disyuntor y del seccionador de barra, y se agrega la señalización de las alarmas y disparos por relé Buchholz, o por sobrecarga (temperatura o imagen térmica del transformador) y de la alarma de mínimo nivel de aceite en el transformador.

Al disponer los relés multifunción para alimentadores de entradas de tensión, se solicita que registren además de las medidas de corriente, las medidas de tensión, de potencia, de energía, y el $\cos \phi$. También deben registrar sus valores máximos con fecha y hora de ocurrencia.

A la información usual de las fallas ocurridas en la red, como ser tipo, valor de la corriente, fecha y hora en que se produjo la misma, se requiere que el relé también registre el valor de la distancia a la falla. Este dato es muy importante a los efectos de buscar fallas en la red ante actuaciones de las protecciones.

Y por último, como una funcionalidad nueva en los relés, se ha solicitado tengan la capacidad de realizar funciones lógicas cuyas aplicaciones en UTE – Distribución se describen en el apartado VI. Los relés que compra UTE – Distribución permiten realizar hasta 15 funciones lógicas utilizando operaciones OR, AND, NOT y temporizadores.

IV. FUNCIONES DE TELECONTROL Y PROTOCOLOS DE COMUNICACIONES

Los relés tienen un puerto serie RS232 frontal para conexión directa con un computador personal (PC) mediante protocolo propietario. En la placa trasera disponen de dos puertos asíncronos de fibra óptica de plástico para conexión con PC, MODEM o unidad de control de subestación (en sistemas integrados). Uno de ellos es un puerto multiprotocolo en el que se puede seleccionar los protocolos propietario, DNP 3.0, MODBUS (RTU) o IEC 870-5-101[2]. El otro puerto trasero está en paralelo con el RS232 frontal (ocupan el mismo puerto) y está pensado para que mediante un segundo canal de comunicación, personal de protecciones pueda acceder remotamente a los relés a los efectos de modificar ajustes, bajar registros u oscilogramas.

En las diferentes instalaciones a tele controlar se presentan básicamente tres situaciones que se resuelven con arquitecturas locales y componentes diferentes, a saber:

A. Estaciones de Transformación, con la totalidad de IEDs iguales y del mismo proveedor.

Esta situación se presenta en nuevas estaciones o estaciones renovadas totalmente. En estos casos se utiliza para gestión centralizada de protecciones, control local y telecontrol, el sistema integrado provisto en su totalidad por el fabricante de los IEDs. El sistema se conforma de: IEDs (relé multifunción), dispersores o multiplexores de fibra óptica, fibra óptica plástica, unidad de control de subestación y PC local.

Los IEDs se comunican mediante fibra óptica, utilizando el protocolo propietario, con una Unidad de Control de Subestación (UCS), la cual además de sus funciones propias para la gestión de protecciones, tiene función de unidad terminal remota para telecontrol (UTR). Algunas pocas señales o comandos de la estación, que no pueden ser tomadas por los IEDs, se llevan a la UCS por cableado paralelo tradicional, a tarjetas de entrada y de salida que dispone la misma. Esta unidad además integra una red local con un PC en el cual funciona un sistema SCADA para el control local de las instalaciones. Este PC soporta la base de datos histórica de todo el sistema; la UCS va descargando en él la información recogida o generada por los IEDs.

La comunicación entre el centro de control y la UCS se realiza mediante los protocolos IEC 870-5-101[2] y 104 [3], estándares adoptados por UTE-Distribución.

B. Estaciones de Transformación con IEDs de distinto fabricante, algunos de ellos coexistiendo con relés de tecnología más antigua.

En esta situación se utiliza una arquitectura similar a la anterior, donde en lugar de la UCS se utilizan dispersores de fibra óptica y UTR adquiridas a otros proveedores. La comunicación de la UTR con los IEDs se realiza mediante protocolo IEC 870-5-101 [2]. La UTR también dispone de placas de entradas/salidas, a las que se cablean las señales de aquellas secciones que no disponen de IEDs. En este caso la UTR sólo cumple funciones específicas para Telecontrol. El PC con SCADA local puede instalarse o no dependiendo de la existencia de tablero mímico en la subestación. La UTR dispone de dos puertos de comunicación hacia centros de control, uno de los cuales puede ser usado para el SCADA local.

La comunicación entre el centro de control y la UTR se realiza también mediante los protocolos IEC 870-5-101[2] y 104 [3]. Tanto en esta situación como en la descrita en A, cuando se dispone del enlace de comunicación adecuado se utiliza la versión 104 [3], la que permite la gestión remota de la UTR proporcionando de esta forma una herramienta poderosa para su mantenimiento.

C. Puntos de maniobra intermedios de líneas rurales de media tensión, en los que existen equipos reconectores equipados con IEDs.

En esta situación, el IED instalado en el reconector de poste actúa como UTR, comunicándose directamente con el centro de control mediante protocolo IEC 870-5-101[2] vía radio o celular. En este caso es necesario instalar un conversor de fibra óptica a RS-232 entre el IED y el equipo de comunicación.

La utilización de los relés multifunción como IEDs ofrece múltiples ventajas al sistema de telecontrol.

Por una parte los costos en la implementación de telecontrol en las instalaciones se ven sensiblemente reducidos gracias a la utilización de UTRs más pequeñas, a la sustitución

del cableado tradicional por fibra óptica y a la integración de las funciones de medida de corrientes y tensiones en el propio relé multifunción.

Otra ventaja importante es el aumento del número de señales enviadas al centro de control, lo que proporciona al operador más información, dándole una visión más completa del estado de las instalaciones y de las distintas incidencias que ocurren en el sistema eléctrico, facilitando así la toma de decisiones.

También permite realizar la tele medida de la energía entregada por cada alimentador de las estaciones utilizada para realizar balances de energía y gestión de pérdidas eléctricas.

Por último, esta arquitectura permite incorporar de forma sencilla y económica ampliaciones o reformas de las instalaciones.

Finalmente en la tabla I se muestra una comparación de cantidad de señales y costos entre el sistema de telecontrol por cableado tradicional paralelo y el que utiliza IEDs comunicados por fibra óptica para varios tipos de estaciones de UTE- distribución.

TABLA I
Cuadro de comparación de cantidad de señales y costos

Tipo de estación	Cantidad máxima de señales posibles de tele controlar y costo por señal			
	Telecontrol tradicional		Telecontrol con IEDs	
	Cantidad de señales	Costo por señal (US\$)	Cantidad de señales	Costo por señal (US\$)
3 Transformadores	449	79	1.250	26
2 Transformadores	269	96	887	27
1 Transformador	66	221	428	38
Reconector de poste	24	208	32	91

V. IMPLEMENTACIÓN DE LÓGICAS EN LOS RELÉS

La utilización de las entradas digitales de los relés para llevar señales de estados y alarmas de equipos al sistema de telecontrol así como la disponibilidad de salidas digitales “libres” en los relés, abrió la posibilidad adicional de implementar distintas lógicas de bloqueo, protección y control de las celdas que utilicen dichas entradas y salidas.

A. Bloqueo de transformador

La función de bloqueo de un transformador de potencia por disparo Buchholz o disparo diferencial es una de las clásicas funciones de protección que se implementan en las estaciones de Distribución de UTE. Ante un disparo por relé Buchholz o por falta diferencial, este bloqueo implica emitir orden de apertura a los disyuntores de AT y MT del transformador y bloquear toda orden de cierre que se produzca sobre dichos disyuntores; este bloqueo se mantiene hasta tanto no se produzca un reset manual del mismo.

La implementación convencional de esta función implica la

instalación de un relé de bloqueo (usualmente un relé biestable con varios contactos normalmente abiertos (NA) y varios contactos normalmente cerrados (NC)), habitualmente la instalación de relés auxiliares para duplicar las señales que provoquen el bloqueo y el cableado correspondiente.

Al utilizar el relé como elemento adquisidor de datos para el telecontrol, las señales de disparo Buchholz y/o disparo diferencial ya se encuentran cableadas (o son internas) al relé. Adicionalmente, dado que se comandan los disyuntores a través del relé, los comandos de apertura y cierre también ya se encuentran cableados, por lo que alcanza con programar adecuadamente las salidas correspondientes a los efectos de implementar la función de bloqueo. El pulsador de reset manual puede cablearse a una entrada digital del relé.

De esta forma, se produce un ahorro en componentes (no resulta más necesario el relé de bloqueo, por ejemplo) y se simplifica considerablemente el cableado interno de los tableros, lo que resulta una ventaja importante tanto al momento del armado del tablero como al momento de realizar cualquier mantenimiento o reparación.

B. Implementación de enclavamientos eléctricos.

Otra aplicación en la cual se han utilizado las funciones lógicas internas de los relés es la implementación de lógicas de enclavamiento eléctrico entre equipos para el caso de salidas de estaciones de Distribución con configuración de barra principal – barra auxiliar. En la fig. 1 se muestra un diagrama unifilar de este tipo de salidas.

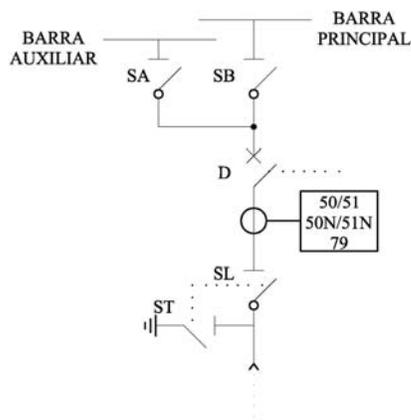


Fig. 1: Salida de estación – Configuración barra principal – barra auxiliar.

El hecho que los enclavamientos eléctricos implementados deban permitir la posibilidad de transferir la carga de la salida de una barra a la otra sin necesidad de poner fuera de servicio dicha salida conduce a lógicas de enclavamiento más complejas que las habituales, las que resultan difíciles de implementar mediante lógica “cableada convencional”. A modo de ejemplo, se debe implementar un enclavamiento eléctrico tal que el seccionador SA pueda ser operado si el disyuntor D está abierto (funcionamiento normal), o si el seccionador SB, el disyuntor D y el seccionador SL están cerrados (funcionamiento para transferencia de carga de una barra a otra). En forma análoga se debe implementar un

enclavamiento similar para el seccionador SB.

La implementación de este tipo de enclavamientos mediante lógica cableada implica la realización de un cableado complejo y la necesidad de contar con múltiple señalización de los estados de los equipos para usar en las distintas condiciones a evaluar (ya sea mediante instalación de microswitches o mediante la repetición del estado de los equipos con relés auxiliares).

La implementación de este tipo de enclavamientos mediante lógicas internas del relé resulta muy sencilla, puesto que el relé ya cuenta con los estados de todos los equipos, y puede utilizar internamente los mismos todas las veces que sea necesario. En materia de cableado alcanza entonces con intercalar la salida digital del relé que se programe a dichos efectos en el circuito de alimentación de la bobina de enclavamiento para implementar el enclavamiento que se desee. En la fig. 2 se muestra un esquema funcional de esta implementación.

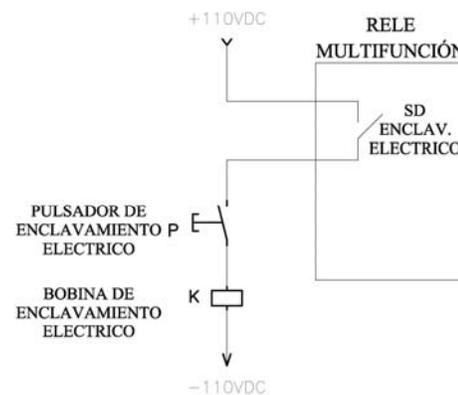


Fig. 2: Esquema funcional de implementación de un enclavamiento eléctrico a través del relé.

Es de destacar que la opción de implementar los enclavamientos eléctricos en el relé tiene como ventaja adicional importante la flexibilidad que ofrece: de querer modificar el funcionamiento de algún enclavamiento, bastará con modificar la programación de la salida digital del relé correspondiente, sin necesidad de realizar modificación alguna en el cableado.

También se resalta que una eventual falla en el relé no atenta contra la seguridad de la operación de la celda, puesto que, de producirse dicha falla, la operación de los seccionadores quedaría inhabilitada, no permitiéndose su operación en condiciones inseguras.

VI. CONCLUSIONES

En los últimos años UTE - Distribución ha avanzado sustancialmente en el grado de aprovechamiento de la tecnología disponible en protecciones y comunicaciones. Esto ha influenciado fuertemente en la operación de la red logrando un grado mayor de aprovechamiento de los recursos humanos y materiales, ya que permitió facilitar las tareas y disminuir los

tiempos de ejecución. Los usuarios conocen mejor los relés de protección y estos ofrecen cada vez más funciones que facilitan la operación, mantenimiento, armado y puesta en marcha de tableros y sistemas de telecontrol. La utilización de las funciones lógicas de los relés de protección para implementar funciones de protección y control presenta múltiples ventajas: permite ahorrar tanto en componentes como en cableados, simplificando los mismos. Ofrece además una gran flexibilidad a la hora de querer implementar cambios de operación o funcionamiento, pudiendo realizar los mismos sin necesidad de modificar prácticamente el cableado.

La próxima etapa a encarar, desde el punto de vista de gestión de protecciones, es lograr una administración remota de todos los relés instalados en la red, que permita visualizar los eventos y registros de las protecciones, depurando la información obtenida de forma de ayudar a prevenir fallas y facilitar el mantenimiento preventivo.

VII. REFERENCIAS.

Standards:

- [1] *IEEE Standard Electrical Power System Device Function Numbers and Contact Designations*, IEEE Standard C37.2-1996.
- [2] *IEC Telecontrol equipment and systems - Part 5-101: Transmission protocols - Companion standard for basic telecontrol tasks*, IEC Standard 60870-5-101, Feb 2003
- [3] *IEC Telecontrol equipment and systems - Part 5-104: Transmission protocols - Network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profile*, IEC Standard 60870-5-104 Dic 2000

VIII. BIOGRAFÍAS

Gustavo Fernández Nacido en Treinta y Tres, Uruguay, el 25 de Enero de 1955. Estudió en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, obteniendo su título de Ingeniero Industrial Opción Eléctrica en Setiembre de 2000. Trabajó como asesor de Staff Consultores desde 1991 a 1998. Actualmente se desempeña como Jefe de proyectos de telecontrol de Distribución en UTE. También se desempeña en forma independiente como asesor de instalaciones eléctricas hospitalarias en la firma Hospitec Ltda..

Juan Luján Nacido en Salto, Uruguay, el 5 de enero de 1964. Estudió en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, obteniendo su título de Ingeniero Electricista en Abril de 1990. Obtuvo la Maestría en dirección de empresas en la Universidad Católica del Uruguay en diciembre de 2004. Fue docente Gr. 3 de la universidad de la República en el instituto de eléctrica de la facultad de ingeniería, trabajó en Antel en el laboratorio de microondas y en Ancap en el departamento de Eléctrica e Instrumentación. Actualmente se desempeña como Subgerente de proyectos de Montevideo e Interior, en la Gerencia de Proyectos y Normalización de la División Redes, Distribución en UTE.

Susana Masoller Nacida en Montevideo, Uruguay, el 22 de Enero de 1970. Estudió en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, obteniendo su título de Ingeniera Electricista en Mayo de 1998. Trabajó en UTE, en FIVISA y en GM Instalaciones. Asistente Gr. 2 del Departamento de Potencia del Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería, desde el año 2001 se dedica al diseño de proyectos de cableado en estaciones de distribución de UTE, incluyendo protecciones, comandos, alimentaciones, telecontrol, etc.