

# **SISTEMA PARA MEDICIÓN, PROCESAMIENTO Y COMUNICACIÓN DE TENSIONES, FRECUENCIA Y SECUENCIAS DE FASE AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO DE LOS RECONECTADORES EN LA RED DE MEDIA TENSIÓN.**

## **SECTOR TECNOLÓGICO DE LA INVENCION**

La invención pertenece al campo técnico de la energía eléctrica y se relaciona particularmente con sistemas para medir, adquirir, procesar y comunicar datos de tensión, secuencia y frecuencia de las fases aguas arriba y aguas abajo de un reconectador automático en la red de media tensión.

## **ESTADO DE LA TÉCNICA**

En las redes de media tensión existen dispositivos para protección de circuitos que detectan fallas y realizan acciones para que estas sean despejadas. Dependiendo de las características eléctricas de la red como los niveles de corriente de falla, niveles de tensión, ubicación o incluso la importancia de la red, existe la posibilidad de que estos equipos de protección sean interruptores, seccionalizadores, fusibles o reconectadores automáticos.

El reconectador automático es el equipo más completo para protección de la red de media tensión, ya que tiene la ventaja de detectar las corrientes excesivas en el sistema de media tensión e interrumpir los circuitos para dichas fallas. Cuando se presenta una falla este equipo se vuelve a conectar de forma automática si la falla es temporal, sin embargo, si la falla es persistente el reconectador hace varios intentos de cierre hasta el punto en el que puede quedar bloqueado o abierto, y es en ese momento cuando las cuadrillas se deben encargar de verificar la situación para así hacer el cierre manual del mismo. Una de las desventajas de los reconectadores automáticos es que este equipo solo mide corriente en la red aguas arriba.

Aunque los reconectadores brindan una solución confiable para detectar y despejar fallas, no permite hacer sincronización de la red. La importancia de hacer sincronización en la red se basa en la confiabilidad del sistema eléctrico ya que, si por alguna razón una subestación no puede suministrar energía a una Zona A, se deben hacer maniobras para que entre en funcionamiento una suplencia u otra subestación para energizar dicha zona; Estas maniobras se realizan por medio de los equipos en subestación y equipos de línea como los reconectadores; sin embargo, es importante resaltar que previo a dichas maniobras se deben medir las variables como tensión, frecuencia y secuencia de la red con el fin de evitar daños en los equipos por sobrecorrientes o la energización de una línea que pueda estar en mantenimiento. Es por esta razón que surge la necesidad de sistemas complementarios a los reconectadores y que en conjunto con estos equipos sean capaces de no solo detectar y despejar fallas, sino que a su vez permitan hacer sincronismo de la red y de esta manera poder hacer el cierre oportuno sin causar algún tipo de daño.

En este sentido, existen patentes similares pero claramente distinguibles del sistema expuesto en este documento:

En comparación con la patente titulada dispositivo para la interrupción y reconexión automática de circuitos de media tensión instalable en bases intercambiables (NC2018/0006379) la cual incluye un dispositivo que mide corrientes de línea y mediciones de tensión, hace cierre y apertura de circuitos automáticamente y que adicionalmente envía datos por medio al control externo, el sistema descrito en este documento actúa como un conjunto de dispositivos cada uno con una función definida los cuales de acuerdo a la disposición en poste se instalan de manera separada. El dispositivo de la patente NC2018/0006379 hace interrupción y reconexión automática mientras que el sistema descrito en este documento toma las medidas, las procesa y las envía al centro de control del operador de red para que ellos remotamente por medio de los reconectores realicen apertura o cierre de los circuitos. Otra diferencia entre el dispositivo de la patente NC2018/0006379 y el sistema descrito en este documento es que el dispositivo de la patente NC2018/0006379 incluyen unos supercapacitores en los que almacena parte de la energía eléctrica con el fin de alimentar el dispositivo mientras que el sistema descrito en este documento usa un banco de baterías, el cual está conectado directamente con el transformador de servicios auxiliares del poste. Adicionalmente la principal característica del sistema descrito en este documento es que por medio del funcionamiento que brinda se puede hacer sincronización en la red otorgando la posibilidad de detectar fallas.

En comparación con la patente dispositivo medidor de corriente para redes en alta y media tensión mediante GMR y medidor de tensión mediante placa conductora (NC2019/0007926) la cual tiene como parte de la invención el uso de una placa conductora con un área específica, que expone el campo eléctrico producido por un conductor energizado, el sistema descrito en este documento usa un cable XLPE que incluye dos capas de material adicional formando un capacitor a interior del mismo; la ventaja que tiene el mecanismo que se describe en este documento es la hermeticidad ya que una placa metálica al exterior está expuesta polvo, suciedad y demás factores externos que pueden llegar a afectar la medición de campo eléctrico. La configuración física que tiene el sensor del sistema descrito en este documento permite obtener el campo eléctrico gracias a la ley de Gauss, por medio de un conductor concéntrico que está directamente conectado a la red eléctrica por medio del núcleo usando accesorios especiales para tal uso.

En comparación con la patente Monitoring voltage levels on power lines and recloser operation (US10128664B1) el cual incluye un aparato para monitorear y reportar la operación de los reconectores en un sistema de distribución, el sistema descrito en este documento aparte de medir las tensiones, permite a su vez medir frecuencia y la secuencia con el fin observar contingencias, manipulación y fallas en la red de media tensión; adicionalmente permite hacer sincronización de la red. Otra diferencia es que el sistema de la patente US10128664B1 solo se ubica aguas abajo del reconector.

En comparación con la patente Monitoring voltage levels on power lines and recloser operation (US20140207399A1) que incluye un sistema para monitorear líneas eléctricas que incluye un conjunto sensorial que mide tensiones y corrientes en cada fase de la red eléctrica tomando muestras a una velocidad de 16 muestras por ciclo y creando una representación digital de las señales, el sistema descrito en este documento mide tensiones pero no corrientes; permite a su vez

medir frecuencia y la secuencia con el fin observar contingencias y hacer sincronización de la red. Otra diferencia es que el sistema descrito en este documento no crea señales de tensión o de corriente, sin embargo, procesa y envía los datos al centro de control del operador de red.

En comparación con todas las patentes vistas anteriormente la invención que se describe en el presente documento cuenta con un sensor dieléctrico (dispositivo 100) el cual como se mencionó previamente actúa como divisor capacitivo de la tensión, este dispositivo (100) además de ser un desarrollo basado en la ley de Gauss, que contempla campos eléctrico, potencial eléctrico y capacitancias tiene ventajas como el costo, peso, facilidad en la instalación, entre otras. De igual manera la ventaja principal que tiene la invención descrita en este documento es que gracias a la geometría concéntrica y al uso de materiales resistentes a la intemperie el sensor dieléctrico o dispositivo (100) no se llena de suciedad y por ende no se altera el campo eléctrico ni la medición de tensión. Es por esta razón que el sistema para medición, procesamiento y comunicación de tensiones, frecuencia y secuencias de fase aguas arriba y aguas abajo de los reconectores en la red de media tensión, es una invención con ventajas en precio y uso.

## **DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

Figura 1 muestra un diagrama con los dispositivos y equipos que constituyen el sistema para medición, procesamiento y comunicación de tensiones, frecuencia y secuencias de fase aguas arriba y aguas abajo de los reconectores en la red de media tensión.

Figura 2 muestra el montaje y ubicación en poste del sistema para medición, procesamiento y comunicación de tensiones, frecuencia y secuencias de fase aguas arriba y aguas abajo de los reconectores en la red de media tensión.

Figura 3 muestra la vista superior de la red de media tensión con la ubicación de los dispositivos de medición y adquisición de datos conectados a cada fase aguas arriba y aguas abajo del reconector automático.

Figura 4 muestra la vista isométrica del sensor dieléctrico en donde se observan las diferentes capas que lo constituyen.

Figura 5 muestra la sección transversal del sensor dieléctrico con las diferentes capas que lo conforman (100).

Figura 6 muestra la sección transversal del sensor dieléctrico indicando en donde se realiza la medición de la señal resultante del dispositivo.

Figura 7 muestra vista lateral del equipo para protección contra perturbaciones.

Figura 8 muestra la vista lateral del equipo para protección contra perturbaciones instalado sobre el sensor dieléctrico.

Figura 9 muestra el diagrama de medición de señales en líneas de media tensión.

Figura 10 muestra el diagrama de bloques global del dispositivo de procesamiento de señales.

Figura 11 muestra el diagrama de bloques de la RTU (Unidad Terminal Remota).

## **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención se relaciona particularmente con sistemas para medir, adquirir, procesar y comunicar datos de tensión, secuencia y frecuencia de las fases aguas arriba y aguas abajo de un reconectador automático en la red de media tensión. El dispositivo de medición y adquisición de datos (sensor dieléctrico (100) y un equipo de protección (101)) se encarga de medir la señal de tensión de cada fase de la red y por medio del divisor capacitivo que existe entre los materiales que componen el sensor dieléctrico (100) la señal es atenuada; esta señal es enviada por medio del equipo para protección de perturbaciones (101) que adicionalmente protege el dispositivo de procesamiento de señales (102) y un dispositivo de comunicaciones (103).

El dispositivo de procesamiento de señales (102) recibe las señales atenuadas de los sensores dieléctricos (100) conectados a cada fase de la red, allí en el dispositivo de procesamiento de señales (102) detecta la secuencia, el cruce por cero, la frecuencia y mide con la ayuda de un voltímetro la tensión de cada fase. El dispositivo de procesamiento de señales (102) está compuesto por elementos electrónicos que organizan las variables medidas en forma de trama de datos y la envía al dispositivo de comunicaciones (103) por medio físico; adicionalmente el dispositivo de procesamiento de señales (102) se alimenta del transformador de servicios auxiliares del sistema de control del reconectador y cuenta con el respaldo de dos baterías en caso de que el transformador de servicios auxiliares deje de funcionar.

El dispositivo de comunicaciones (103) se encarga de recibir la trama de datos del dispositivo de procesamiento de señales (102), la transforma al protocolo IEC 60870-104 y la transmite al operador de red por medio de un módulo 4G. Esta operación se repite constantemente, ya que el dispositivo de procesamiento de señales (102) por medio del dispositivo de medición y adquisición de datos (100) mide las señales cada 5 minutos.

### **Descripción detallada de las realizaciones preferidas.**

La presente invención se relaciona particularmente con dispositivos para medir, adquirir, procesar y comunicar datos de tensión, secuencia y frecuencia de las fases aguas arriba (104) y aguas abajo (105) de un reconectador automático en la red de media tensión. Se revela el sensor dieléctrico (100) el cual mide la señal de media tensión, la atenúa gracias al divisor capacitivo que se forma entre los materiales que componen un cable XLPE y las dos capas de materiales que se adicionan al mismo.

La presente invención se caracteriza por revelar un sensor dieléctrico (100) que se encarga de obtener una señal de tensión de menor amplitud, la cual debe estar en fase con la señal de media tensión. El sensor dieléctrico (100) se compone de un cable XLPE el cual se fabrica y se comercializa con varias capas de materiales como lo son un núcleo de cobre (106), el blindaje del núcleo (107), aislamiento en XLPE (108), blindaje de aislamiento (109), apantallamiento (110) y

capa PVC (111); estas capas permiten hacer la conexión entre equipos a niveles de media tensión, brindando a su vez seguridad en la instalación. Sin embargo, para que el cable XLPE se vuelva un sensor dieléctrico es necesario que se adicionen dos capas de materiales, una metálica (112) y otra aislante (113).

El funcionamiento del sensor dieléctrico (100) que incluye el cable XLPE y las nuevas capas de materiales, se basa en la ley de Gauss de campos eléctricos, potenciales eléctricos y capacitancias, en donde se establece que dos placas de conductoras paralelas, una de ellas con potencial mayor a cero y otra con potencial igual a cero, pueden emitir campo eléctrico de un conductor a otro. Para el caso particular del sensor dieléctrico (100) las placas paralelas toman forma concéntrica, siendo el núcleo (106) el elemento con potencial mayor a cero, el apantallamiento del cable (110) y la capa adicional metálica (112) a dos placas con potencial igual a cero. El medio de separación de dichas placas son el conjunto de materiales que se encuentran al interior del cable del sensor dieléctrico (100).

El campo eléctrico que sale del núcleo (106) del sensor dieléctrico (100) pasa por cada una de las capas de material, allí el campo eléctrico se va reduciendo conforme pasa capa por capa debido al efecto de condiciones de frontera; el sentido del campo eléctrico del sensor dieléctrico (100) es normal al núcleo del cable (106). Cuando llega el campo eléctrico al apantallamiento (110) del sensor dieléctrico (100), la tensión que se mide entre el apantallamiento (110) y la capa metálica externa (112) es una pequeña parte de la tensión de la red; paralelo a la salida de la señal se encuentra un condensador (114) el cual se encarga de filtrar la señal resultante, como se puede observar en la Figura 6. El apantallamiento (110) y la capa metálica externa (112) forman lo que se conoce como un capacitor, este se crea debido a la razón de la magnitud de la carga del núcleo del cable (106) y la diferencia de potencial entre los tres materiales metálicos (106), (110) y (112); este capacitor dependerá del medio de separación y para este caso el núcleo, el apantallamiento y la capa metálica exterior están separados por medio de un dieléctrico (108).

El sensor dieléctrico (100) será instalado en cada fase A, B y C de la red de media tensión (134), (135) y (136), aguas arriba (104) y aguas abajo (105) en postes donde existan reconectores automáticos.

La presente invención se caracteriza por revelar un equipo de protección (101) el cual se encarga de transmitir físicamente la señal obtenida por cada sensor dieléctrico (100) instalado en la red de media tensión y de proteger los dispositivo de procesamiento de señales (102) y un dispositivo de comunicaciones (103); este equipo (101) se conoce como equipo para protección contra perturbaciones. El equipo de protección (101) gracias a su estructura permite obtener la señal que arroja el sensor dieléctrico (100) y la envía por medio de un conector IP65 (122) y un cable apantallado (124), al dispositivo de procesamiento de señales (102), adicionalmente este equipo de protección (101) tiene la capacidad de proteger el dispositivo de procesamiento de señales (102) y el dispositivo de comunicaciones (103) de perturbaciones que puedan ocurrir en la red de media tensión, gracias a que incluye un GAP o explosor (118).

El equipo de protección (101) está diseñado con dos juegos bridas (119); cada una de estas bridas tiene dos solapas (121), las cuales aseguran el elemento una vez esté puesto sobre el sensor dieléctrico. Adherido a las bridas de encuentran los collarines superiores (115) y sobre estos collarines encuentran los explosores (118) y unas terminales (120), las cuales aseguran los cables de cobre que llegan al equipo por medio de elementos mecánicos como tornillo, arandelas y tuercas. La instalación de este equipo se hará sobre el sensor dieléctrico (100) abrazando la capa metálica (112) y en las terminales (120) se aseguran los conductores que vienen del apantallamiento del sensor dieléctrico (110) y el cable de tierra (123).

La presente invención se caracteriza por revelar un dispositivo de procesamiento de señales (102) el cual se encarga de procesar la señal obtenida por cada sensor dieléctrico (100) instalado en las fases A,B,C (134)(135)(136) de la red de media tensión. La señal de tensión VA, VB y VC aguas arriba del reconectador (126) ingresan al dispositivo de procesamiento de señales (102) por las entradas (127) y la tensión VA, VB y VC aguas abajo del reconectador (125) ingresan al dispositivo de procesamiento de señales (102) por las entradas (128). Las señales de entran a cada divisor de tensión del dispositivo electrónico, el cual estandariza la señal a una amplitud con el fin de realizar las comparaciones entre fases; después de pasar por el divisor de tensión, las señales pasan por el amplificador aislado que separa y protege los otros elementos del equipo electrónico del exterior. Después de pasar por el amplificador aislado, las señales entran al amplificador diferencial en donde se restan y se amplifican a una ganancia determinada. Después de este proceso las señales pasan por el detector de secuencia, detector de cruce por cero y por el voltímetro, quienes pasan al microcontrolador y se envía el paquete de datos de las mediciones al dispositivo de comunicaciones (103).

La presente invención se caracteriza por revelar un dispositivo de comunicaciones (103) el cual cumple la función de enviar los datos del dispositivo de procesamiento de señales (102) al centro de control del operador de red. El dispositivo de comunicaciones (103) cuenta con una memoria RAM, con interfaces de comunicación (129), con el protocolo IEC 60870-5-104 programado (130) y con un módulo 4G de comunicaciones (131). Toda la comunicación del dispositivo de comunicaciones (103) debe estar ceñida de acuerdo con los equipos de la central que contenga el operador de red, debe incluir puertos de entrada y salida de datos por medios físicos y contar con indicadores visuales que señalan el estado del equipo.

### **Ventajas de la invención.**

Al instalar el sistema para medición, procesamiento y comunicación de tensiones, frecuencias y secuencias de fases aguas arriba y aguas abajo de los reconectores en la red de media tensión se logra enviar la información al centro de control, en donde el operador de red tomaría la decisión de abrir o cerrar el reconectador según sea el caso. El sistema permite a los operadores de red ver detalladamente las contingencias que se presenten en la red, ya que por medio de estas variables se puede observar las diferencias que existen en la red aguas arriba y aguas abajo del reconectador automático en cuanto a caídas de tensión, diferencia en las frecuencias, diferencia en las secuencias o si se realizan mantenimientos.

Otra ventaja no menos importante es que por medio de la medición de las variables de tensión, secuencia y frecuencia de la red de media tensión, por medio de acciones preventivas los operadores de red pueden evitar eventos como sobrecorrientes por diferencias de tensión, sobrecorrientes por diferencias en la secuencias, daños en los equipos de media tensión, desenergización de circuitos importantes como lo son los circuitos industriales y los hospitalarios e incluso pueden evitar la muerte de algún operario que esté realizando mantenimiento sobre la red.

## **EJEMPLOS DE APLICACIÓN PRÁCTICA**

El sistema para medición, procesamiento y comunicación de tensiones, frecuencia y secuencias de fase aguas arriba y aguas abajo de los reconectadores en la red de media tensión pretende por medio de los dispositivos sensor dieléctrico (100), equipo de protección (101), dispositivo de procesamiento de señales (102) y un dispositivo de comunicaciones (103) informar a los operadores de red el estado de la red con el fin de hacer apertura y cierre de circuitos oportunamente. Tomando la norma referencia de ENEL-CODENSA LA503 se hace un esquema con la ubicación de cada dispositivo; el sensor dieléctrico (100) se dispondrá físicamente en cada una de las fases de la red de media tensión por medio de grapas para operar en caliente o elementos especializados de acuerdo con la experiencia del operador de red; el equipo de protección (101) se instalará sobre el sensor dieléctrico (100) conectando el apantallamiento del mismo el cable de tierra (123) en los terminales (120) del equipo (101). El dispositivo de procesamiento de señales (102) y un dispositivo de comunicaciones (103) se ubicarán en una caja IP66 metálica resistente a la intemperie (132) junto con las baterías para suplencia del dispositivo de procesamiento de señales (102); el dispositivo de comunicaciones (103) está unido al dispositivo de procesamiento de señales (102) por medio de un conector DB9. La trama de datos obtenida por medio del dispositivo de procesamiento de señales (102) será enviada al centro de control por medio del módulo de comunicaciones 4G del dispositivo de comunicaciones (103). En la Figura 11 se muestra de manera gráfica la aplicación del sistema para medición, procesamiento y comunicación de tensiones, frecuencia y secuencias de fase aguas arriba y aguas abajo de los reconectadores en la red de media tensión.

Para medir, procesar y comunicar datos de tensiones, frecuencias y secuencias en una red de media tensión se deberían seguir las siguientes etapas:

- i. Ubicar e instalar los sensores dieléctricos en la fase A, fase B y fase C entre la red de media tensión y las entradas del reconectador aguas arriba.
- ii. Ubicar e instalar los sensores dieléctricos en la fase A, fase B y fase C entre la red de media tensión y las entradas del reconectador aguas abajo.
- iii. Ubicar e instalar el equipo para protección contra perturbaciones sobre el sensor dieléctrico, este proceso se haría abrazando la capa metálica exterior y asegurando el conductor que sale de la pantalla metálica del cable a las terminales del equipo para protección contra sobretensiones.

- iv. Transmitir la señal desde el equipo para protección contra perturbaciones hasta el dispositivo de procesamiento de señales por medio de un cable apantallado y un conector IP65.
- v. Transmitir los datos procesados desde el dispositivo de procesamiento de señales hasta el dispositivo de comunicaciones por medio de señal desde el equipo para protección contra perturbaciones hasta el dispositivo de procesamiento de señales por medio de un cable apantallado y un conector IP65.
- vi. Se debe garantizar la existencia de conexión entre el equipo para protección de perturbaciones y tierra. Esto se hace conectando un conductor desnudo desde una de las terminales del equipo de protección para perturbaciones y el sistema de puesta a tierra de cada poste.
- vii. Obtener la señal por medio de las capacitancias que se forman en el interior del cable por efecto del campo eléctrico y potencial eléctrico.
- viii. Transmitir la señal atenuada producida por el sensor dieléctrico por medio del equipo para protección contra perturbaciones.
- ix. Transmitir la señal desde el equipo para protección contra perturbaciones hasta el dispositivo de procesamiento de señales por medio de un cable apantallado y un conector IP65.
- x. Instalar el dispositivos de procesamiento de señales y el dispositivo de comunicaciones al interior de una caja IP66 en el poste.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ELEMENTOS DE ELECTROMAGNETISMO, EDICIÓN 3, MATHEW N.O. SADIKU

TEORIA ELECTROMAGNETICA: CAMPOS Y ONDAS, CARL T. A. JOHNK

NORMA TÉCNICA DE CODENSA LA503, ENEL - CODENSA.

DISPOSITIVO MEDIDOR DE CORRIENTE PARA REDES DE ALTA Y MEDIA TENSIÓN MEDIANTE GMR Y MEDIDOR DE TENSIÓN MEDIANTE PLACA CONDUCTORA. PATENTE NO NC2019/0007926

DISPOSITIVO PARA INTERRUPCIÓN Y RECONEXIÓN AUTOMÁTICA DE CIRCUITOS DE MEDIA TENSIÓN INSTALABLE EN BASES INTERCAMBIABLES. PATENTE NO NC2018/0006379.

MONITORING VOLTAGE LEVELS ON POWER LINES AND RECLOSER OPERATION. PATENTE NO US10128664B1.

SYSTEM AND METHOD FOR MONITORING A POWER LINE. PATENTE NO US20140207399A1.

OUTDOOR ELECTRIC POWER LINE WIRELESS MONITORING SYSTEM. PATENTE NO CN105629118A.