

DISPOSITIVO PARA LA INTERRUPCIÓN Y RECONEXIÓN AUTOMÁTICA DE CIRCUITOS DE MEDIA TENSIÓN INSTALABLE EN BASES INTERCAMBIABLES

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la Invención

[002] La presente invención se relaciona con dispositivos electromecánicos de protección y maniobra en circuitos de media tensión, particularmente con interruptores y reconectores automáticos instalables en bases intercambiables.

2. Descripción del arte previo

[003] Los dispositivos de protección para circuitos de media tensión proporcionan aislamiento eléctrico cuando se detecta una falla en las líneas de distribución con el fin de prevenir la propagación de la falla. Dependiendo de su ubicación en la red, el esquema de coordinación de protecciones y de los niveles de corriente de falla, estos dispositivos pueden ser interruptores, seccionadores, fusibles y reconectores, siendo estos últimos demasiado grandes y pesados para ser instalables en bases intercambiables.

[004] Comúnmente, los fusibles desconectan el circuito en presencia de una falla. Esta desconexión consiste en una apertura visible que se efectúa mediante la caída de uno de los extremos del porta-fusible, el cual se separa de la línea de distribución, mientras el otro extremo se balancea y bascula sobre un pivote de la base intercambiable. Luego de despejar la falla, el fusible debe ser reemplazado y el porta-fusible reconectado manualmente por un operario usando una pértiga u otro elemento adecuado. Esta reconexión manual requiere la movilización de una cuadrilla que, usualmente, debe recorrer varios kilómetros hasta identificar el porta-fusible caído, lo que repercute en altos costos y largos tiempos de reconexión.

[005] Por su parte, los reconectores son dispositivos capaces de reestablecer la conexión de la línea de media tensión de manera automática una vez la falla ha sido despejada. No obstante, estos dispositivos son usualmente grandes, pesados, costosos y requieren su propia fuente de alimentación.

[006] Existen dispositivos que efectúan la reconexión automática de la línea y que son lo suficientemente pequeños y livianos como para ser instalables en bases intercambiables. Estos dispositivos comprenden un contacto móvil que se separa de un contacto fijo cuando se detecta una falla, interrumpiendo el circuito. Al momento de la reconexión, el contacto móvil vuelve a su estado inicial, entrando en contacto nuevamente con el contacto fijo y reestableciendo la conexión. La apertura y el recierre de los contactos debe ser suficientemente rápida como para impedir la propagación de la falla y para evitar la formación de arcos eléctricos entre los contactos. Para garantizar velocidades altas, estos dispositivos usualmente involucran fuerzas de apertura y recierre muy altas, provocando que los contactos choquen con demasiada fuerza y se desgasten rápidamente. Como consecuencia, la vida útil de estos dispositivos tiende a reducirse.

[007] Así mismo, los dispositivos de interrupción y reconexión automática instalables en bases intercambiables usualmente incorporan un actuador electromagnético que es accionado directamente con la corriente de falla. La línea de media tensión es desviada hacia el actuador electromagnético y, cuando la corriente alcanza un límite preestablecido, indicando una falla, el actuador cambia su estado. Dependiendo de las características de la falla y la configuración del dispositivo, un controlador determina el tiempo después del cual se efectúa la reconexión. Si bien esta configuración permite la detección oportuna de la falla, el hecho de que no se realice una medida de la corriente de la línea impide obtener información adicional de la misma.

[008] Además, los equipos existentes de interrupción y reconexión automática instalables en bases intercambiables quedan en estado de falla permanente después de un último intento de reconexión, pues desenganchan mecánicamente el contacto superior de la base intercambiable y caen, quedando basculantes sobre el pivote o contacto inferior de manera similar a como lo hace un fusible convencional. Consecuentemente, es necesaria la movilización de una cuadrilla que debe reponer manualmente el dispositivo, repercutiendo en altos tiempos y costos de reconexión.

[009] El costo de los equipos comerciales instalables en bases intercambiables rivaliza con el de los reconectores convencionales, lo cual impide su popularización para uso en redes, en particular en sistemas de distribución rural. De manera similar, estos equipos no cuentan con una fuente interna de energía que les dé autonomía por largos intervalos de

tiempo, de manera que pierden cualquier posibilidad de operación, comunicación y reporte hasta ser repuestos manualmente.

[0010] Existe entonces en la técnica la necesidad de un dispositivo de interrupción y reconexión diseñado para ser instalable en bases intercambiables que presente una vida útil larga y que permita obtener información detallada acerca de las características eléctricas de la línea. Así mismo, existe la necesidad de que estos dispositivos sean suficientemente autónomos para no depender de la energía proporcionada por la corriente del circuito donde están instalados, y que puedan operar de manera automática y con control a distancia, aún en condiciones de falla permanente sin exigir el desplazamiento de cuadrillas en cada evento de falla permanente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

[0011] La presente invención se relaciona con dispositivos de protección y maniobra en circuitos de media tensión, particularmente con fusibles, seccionalizadores y reconectadores automáticos instalables en bases intercambiables. El dispositivo (100) detecta si hay una falla en la línea de media tensión y efectúa la apertura de un interruptor de vacío (210). Después de un tiempo que depende de las características de la falla y la configuración del dispositivo, el dispositivo (100) efectúa el recierre automático del interruptor de vacío (210).

[0012] El dispositivo (100) aquí revelado se caracteriza porque evita la necesidad de que un operario o una cuadrilla se movilicen para efectuar la reconexión dado que las desconexiones no se realizan mediante la caída y balanceo del dispositivo (100) sobre el pivote de la base intercambiable (150). No obstante, la conexión con la base intercambiable (150) permite que un operario desconecte manualmente el dispositivo (100), produciendo la caída y consecuente balanceo, con el fin de efectuar una desconexión visible.

[0013] La detección de la falla se realiza mediante la medición constante de la corriente de la línea usando sensores de corriente (320) dispuestos alrededor de la misma. El dispositivo (100) comprende también transformadores de corriente (330) en los que se induce una corriente que se usa para alimentar el dispositivo (100) y la cual es dirigida a

súper-capacitores (340) que almacenan la energía eléctrica. Esta disposición de los transformadores de corriente (330) hace que el dispositivo (100) aquí revelado sea autoalimentado, y el almacenamiento de energía en los súper-capacitores (340) le brinda autonomía pues le permite operar aun cuando no haya corriente de línea.

[0014] Adicionalmente, el dispositivo (100) según la presente invención puede incluir sensores de voltaje y/o campo eléctrico (321a, 321b) con los que se obtiene información adicional de la línea como su frecuencia, impedancia, factor de potencia, dirección de flujo de corriente, etc.

[0015] El dispositivo (100) de acuerdo con la presente invención se caracteriza porque los componentes móviles están alineados sobre un único eje, evitando los choques tangenciales o radiales entre los contactos del interruptor de vacío (210). Adicionalmente, el dispositivo (100) aquí revelado incluye el control activo de velocidad del contacto móvil (211) del interruptor de vacío (210), con lo que se atenúa la fuerza de los choques entre los contactos (211, 212) mientras se asegura que la velocidad de apertura y recierre sea suficientemente alta para evitar la generación de arcos eléctricos. La combinación de estas dos características (alineación axial y control de velocidad) le permite al dispositivo (100) tener una vida útil superior a la de otros dispositivos similares, pues se reduce el desgaste mecánico de los contactos (211, 212) del interruptor de vacío (210).

[0016] La presente invención también revela un dispositivo (100) que incluye un módulo de comunicaciones inalámbricas (720) que le permite a un operario, mediante un panel de control inalámbrico (900), monitorear y controlar el estado del dispositivo (100) de manera remota. Además, el módulo de comunicaciones (720) permite la comunicación entre distintos dispositivos para efectuar interrupciones y reconexiones sincronizadas en líneas polifásicas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0017] La Figura 1 muestra una vista general del dispositivo (100) de acuerdo con la presente invención.

[0018] La Figura 2a muestra un corte transversal del dispositivo (100) cuando el interruptor de vacío (210) está cerrado.

[0019] La Figura 2b muestra un corte transversal del dispositivo (100) cuando el interruptor de vacío (210) está abierto.

[0020] La Figura 3 muestra los sensores de corriente (320) y los transformadores de corriente (330) rodeando el conductor flexible (310) que está en serie con la línea de media tensión.

[0021] La Figura 4 muestra una realización no limitativa del panel de control (900).

[0022] La Figura 5a muestra el mecanismo de acople magnético (530) unido al indicador mecánico (520) cuando el interruptor de vacío (210) está cerrado.

[0023] La Figura 5b muestra el mecanismo de acople magnético (530) unido al indicador mecánico (520) cuando el interruptor de vacío (210) está abierto.

[0024] La Figura 6 muestra una realización no limitativa de la carcasa (810) que incluye la válvula de liberación de presión (811).

[0025] La Figura 7 muestra una realización no limitativa del cargador externo (611) y su conexión (610) al dispositivo (100).

[0026] La Figura 8 muestra una realización no limitativa de los puntos de conexión eléctrica (830) entre el dispositivo (100) y la base intercambiable (150).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

[0027] La presente invención se relaciona con dispositivos de protección y maniobra en circuitos de media tensión, particularmente con fusibles, seccionalizadores y reconectadores automáticos instalables en bases intercambiables. Se revela un dispositivo (100) que mide la corriente de una línea de media tensión y determina si se presenta una falla eléctrica. En caso de detectar falla, el dispositivo (100) efectúa la desconexión de la

línea y, con base en las características de la falla detectada y su configuración, determina el tiempo después del cual se realiza la reconexión automática. La presente invención evita la necesidad de que un operario realice la reconexión de forma manual después de que se ha despejado la falla, reduciendo los costos asociados con la movilización de la cuadrilla y acortando los tiempos de reconexión. En caso de que se detecte una falla permanente, el dispositivo (100) mantendrá la interrupción de la línea hasta que reciba la orden contraria. Adicionalmente, el dispositivo (100) descrito permite la operación bifásica y/o trifásica y contempla el control, monitoreo y actualización por medio de comunicación inalámbrica.

[0028] La presente invención se caracteriza porque revela un dispositivo (100) instalable en bases intercambiables para la interrupción y reconexión automática de circuitos de media tensión. Al ser instalable en bases intercambiables, el dispositivo (100) aquí descrito es compatible con estándares internacionales, es liviano y fácil de instalar.

[0029] El dispositivo (100) de acuerdo con la presente invención comprende un interruptor de vacío (210), un actuador electromagnético (220) y un mecanismo tensor (410) conectados mecánicamente al contacto móvil (211) del interruptor de vacío (210), un mecanismo de amortiguación (420) dispuesto de tal manera que actúa en contra de la inercia del actuador electromagnético (220) durante la apertura y el cierre del dispositivo (100), uno o más conductores flexibles (310) conectados en serie entre el contacto móvil (211) del interruptor de vacío (210) y la línea de media tensión, uno o más sensores de corriente (320) y uno o más transformadores de corriente (330) cada uno de ellos rodeando los conductores flexibles (310), uno o más súper-capacitores (340) y un módulo de control (710). La Figura 1 muestra un diagrama general del dispositivo (100) descrito.

[0030] El dispositivo (100) de acuerdo con la presente invención permite realizar la reconexión automática del interruptor de vacío (210) y, a diferencia de como operan dispositivos similares, no efectúa una desconexión de la línea mediante la caída del dispositivo (100), evitando así la necesidad de que un operario efectúe la reconexión manual. No obstante, el dispositivo (100) aquí divulgado sí brinda la posibilidad de que un operario, de manera manual, use una pértiga u otro elemento adecuado para causar que el dispositivo (100) caiga y se balancee sobre un pivote de la base intercambiable (150). Esta caída permite efectuar la desconexión visible del dispositivo (100), la cual es

necesaria de acuerdo con estándares de seguridad a la hora de realizar operaciones de revisión, reparación y mantenimiento en líneas de media tensión.

[0031] De manera ventajosa, el dispositivo (100) aquí revelado también se caracteriza porque presenta una vida útil más larga que otros dispositivos similares. Esta ventaja surge como consecuencia de la reducción en el desgaste mecánico de los contactos, lo cual se logra mediante la combinación de las siguientes características particulares del dispositivo:

(i) la disposición coaxial de los elementos involucrados en la apertura y el recierre de los contactos, a saber, el contacto móvil (211) del interruptor de vacío (210), el actuador electromagnético (220), el mecanismo tensor (410) y el mecanismo de amortiguación (420). De acuerdo con la presente invención, todas las fuerzas se ejercen a lo largo del eje del contacto móvil (211), de manera que no existen torques que puedan desalinear los elementos mecánicos del dispositivo (100) y producir choques no normales, es decir, con componente tangencial o radial, entre los contactos (211, 212) del interruptor de vacío (210).

(ii) el control de velocidad del contacto móvil (211). De acuerdo con la presente invención, se realiza un control activo de velocidad del contacto móvil (211) durante la apertura y el recierre del dispositivo (100). Este control activo evita que el choque entre los contactos (211, 212) sea demasiado fuerte como para producir un desgaste excesivo de los mismo, y a la vez garantiza que la velocidad de apertura y recierre sea lo suficientemente alta como para minimizar la formación de arcos eléctricos. Este control de velocidad también reduce el rebote mecánico durante la apertura y el recierre, favoreciendo la integridad de los contactos durante la operación del dispositivo (100) y previniendo las falsas reconexiones.

[0032] El dispositivo (100) según la presente invención también se caracteriza porque permite obtener información detallada de la señal de la línea de media tensión a partir de los uno o más sensores de corriente (320). Como sensores de corriente (320) se utilizan bobinas dispuestas alrededor de los conductores flexibles (310) en las que se induce una corriente eléctrica proporcional a la señal de la línea que desea medirse, de manera que se obtiene información detallada de la línea de media tensión, incluyendo su forma de onda, frecuencia, amplitud, asimetrías, picos de corriente, etc. Adicionalmente, el

dispositivo (100) de la presente invención incluye sensores de voltaje y/o de campo eléctrico (321a, 321b) que permiten determinar información adicional tal como su frecuencia, impedancia, factor de potencia, dirección de flujo de corriente, etc.

[0033] El dispositivo (100) de acuerdo con la presente invención mide la corriente de la línea de media tensión y, si se detecta una falla eléctrica en el circuito, el módulo de control (710) genera una señal que hace que el actuador electromagnético (220) se desplace, separando el contacto móvil (211) del interruptor de vacío (210) del contacto fijo (212) y generando la interrupción de la línea. Para efectuar la reconexión, el módulo de control (710) envía una segunda señal que hace que el actuador electromagnético (220) regrese a su estado inicial, provocando que el contacto móvil (211) vuelva a estar en contacto con el contacto fijo (212).

[0034] La invención revela que el módulo de control (710) efectúa de manera automática la apertura del circuito luego de un primer tiempo que depende de las características de la corriente de falla medida por los uno o más sensores de corriente (320). De igual manera, el módulo de control (710) efectúa de manera automática la reconexión del circuito luego de un segundo tiempo que depende de las características de la corriente de falla medida por los uno o más sensores de corriente (320) y la configuración del dispositivo (100).

[0035] El dispositivo (100) de la presente invención comprende además un capacitor de disparo (350) con el que se opera el actuador electromagnético (220). El capacitor de disparo (350) está conectado al actuador electromagnético (220) y le envía a éste un pulso de corriente con el cual se invierte la polaridad del actuador electromagnético (220) con el fin de cambiar su estado. De acuerdo con la presente invención, el pulso de disparo puede ser un tren de pulsos de frecuencia variable.

[0036] Para efectuar la apertura del interruptor, el capacitor de disparo (350) envía al actuador electromagnético (220) un pulso o tren de pulsos de corriente en una dirección. Para efectuar el cierre del interruptor, el capacitor de disparo (350) envía al actuador electromagnético (220) un pulso o tren de pulsos de corriente en la dirección opuesta. El dispositivo (100) aquí revelado comprende además un circuito de inversión de polaridad (734) que invierte la dirección de la corriente que acciona el actuador electromagnético (220), de manera que el pulso enviado por el capacitor de disparo (350) es invertido según

sea el estado del dispositivo (100). El circuito de inversión de polaridad (734) está conectado entre el capacitor de disparo (350) y el actuador electromagnético (220), y el módulo de control (710) determina su estado. Durante la apertura del interruptor de vacío (210), el módulo de control (710) comanda al circuito de inversión de polaridad (734) para que la corriente enviada por el capacitor de disparo (350) llegue al actuador electromagnético (220) con una dirección. Durante el cierre del interruptor de vacío (210), el módulo de control (710) comanda al circuito de inversión de polaridad (734) para que la corriente enviada por el capacitor de disparo (350) llegue al actuador electromagnético (220) con la dirección opuesta. En una realización preferida, el circuito de inversión de polaridad (734) es un Puente H.

[0037] El actuador electromagnético (220) de acuerdo con la presente invención se selecciona del grupo que comprende actuadores magnéticos monoestables y actuadores magnéticos biestables. De acuerdo con una modalidad preferida, el actuador electromagnético (220) es monoestable, unipolar y que está configurado de manera que ejerce una fuerza en la dirección de cierre del interruptor de vacío (210).

[0038] Cuando el actuador electromagnético (220) está configurado de manera que ejerce una fuerza en la dirección de cierre del interruptor de vacío (210), el mecanismo tensor (410) está dispuesto de tal manera que favorece la apertura del interruptor de vacío (210). En esta realización, el mecanismo tensor (410) ejerce una fuerza sobre el actuador electromagnético (220) en la dirección en la que se abre el interruptor de vacío (210). La fuerza ejercida por el mecanismo tensor (410) es inferior y opuesta a la fuerza ejercida por los imanes permanentes del actuador electromagnético (220) de manera que el interruptor de vacío (210) se mantiene cerrado.

[0039] La apertura y cierre del interruptor de vacío (210) ocurren de acuerdo con el balance de las fuerzas ejercidas por el actuador electromagnético (220) y el mecanismo tensor (410). Durante la operación normal del dispositivo (100), es decir, sin haber detectado fallas, los imanes permanentes del actuador electromagnético (220) ejercen una fuerza para cerrar el interruptor de vacío (210) la cual es superior a la fuerza que el mecanismo tensor (410) ejerce para abrirlo. En el momento en que se detecta la falla, el módulo de control (710) comanda al capacitor de disparo (350) para que envíe un tren de pulsos de corriente al actuador electromagnético (220) con el propósito de reducir su

campo magnético y disminuir la fuerza en la dirección del cierre. Como consecuencia, el balance de fuerzas entre el actuador electromagnético (220) y el mecanismo tensor (410) da como resultado una fuerza neta que desplaza el contacto móvil (211) del interruptor de vacío (210) hacia su estado de apertura.

[0040] En otra modalidad preferida, el actuador electromagnético (220) está configurado de manera que ejerce una fuerza en la dirección de apertura del interruptor de vacío (210), y el mecanismo tensor (410) está dispuesto de tal manera que favorece el cierre del interruptor de vacío (210). En esta realización, el mecanismo tensor (410) ejerce una fuerza sobre el actuador electromagnético (220) en la dirección en la que se cierra el interruptor de vacío (210). La fuerza ejercida por el mecanismo tensor (410) es superior y opuesta a la fuerza ejercida por los imanes permanentes del actuador electromagnético (220) de manera que el interruptor de vacío (210) se mantiene cerrado.

[0041] Según esta realización, durante la operación normal del dispositivo (100), es decir, sin haber detectado fallas, los imanes permanentes del actuador electromagnético (220) ejercen una fuerza para abrir el interruptor de vacío (210) la cual es inferior a la fuerza que el mecanismo tensor (410) ejerce para cerrarlo. En el momento en que se detecta la falla, el módulo de control (710) comanda al capacitor de disparo (350) para que envíe un tren de pulsos de corriente al actuador electromagnético (220) con el propósito de incrementar su campo magnético y aumentar la fuerza en la dirección de apertura. Como consecuencia, el balance de fuerzas entre el actuador electromagnético (220) y el mecanismo tensor (410) da como resultado una fuerza neta que desplaza el contacto móvil (211) del interruptor de vacío (210) hacia su estado de apertura.

[0042] Según otra modalidad preferida, el mecanismo tensor (410) es un elemento elástico, preferentemente un resorte.

[0043] La presente invención también revela el control de velocidad del contacto móvil (211) del interruptor de vacío (210) mediante el control del tren de pulsos de corriente que el capacitor de disparo (350) envía al actuador electromagnético (220). El módulo de control (710) efectúa la modulación de ancho de pulso (PWM) al tren de pulsos enviado por el capacitor de disparo (350), regulando así la inversión de la polaridad del actuador electromagnético (220) y, consecuentemente, el balance de fuerzas entre el actuador

electromagnético (220) y el mecanismo tensor (410). Esta regulación permite el control activo de la velocidad de apertura y recierre del interruptor de vacío (210).

[0044] En adición al control por modulación de ancho de pulso (PWM), una realización preferida de la invención incluye un sensor de distancia (322) con el que se mide la posición relativa de los contactos del interruptor de vacío (210). La medida de posición relativa de los contactos del interruptor de vacío (210) en función del tiempo permite determinar la velocidad de desplazamiento del contacto móvil (211) para así controlar su dinámica.

[0045] En una realización aún más preferida, el sensor de distancia (322) se selecciona del grupo que comprende: sensores de desplazamiento lineal, sensores ópticos, sensores capacitivos, sensores inductivos y sensores por ultrasonido. De acuerdo con otra modalidad, el dispositivo (100) comprende además un sensor de final de carrera (323) con el que se determina que el contacto móvil (211) ha alcanzado su recorrido máximo.

[0046] Adicionalmente, el contacto móvil (211) del interruptor de vacío (210) se encuentra conectado mecánicamente a un mecanismo de amortiguación (420) el cual está configurado para actuar en contra de la inercia del actuador electromagnético (220) durante la apertura y recierre del dispositivo (100). El mecanismo de amortiguación (420) regula la velocidad de desplazamiento del contacto móvil (211) del interruptor de vacío (210) con el fin de amortiguarlo. De esta manera se reduce el desgaste mecánico que sufre el dispositivo (100), particularmente los contactos del interruptor de vacío (210), durante la etapa de reconexión y se alarga su vida útil.

[0047] De acuerdo con una modalidad preferida, el mecanismo de amortiguación (420) es un elemento elástico, preferentemente un resorte.

[0048] Adicionalmente, el contacto móvil (211) del interruptor de vacío (210) se encuentra limitado mecánicamente mediante un componente limitador de desplazamiento (440) el cual está configurado para impedir que, durante la apertura del dispositivo (100), el actuador electromagnético (220) se desplace más allá de una distancia predefinida, reduciendo así el rebote generado por la inercia del actuador electromagnético (220). De esta manera también se reduce el desgaste mecánico que

sufre el dispositivo (100), particularmente los contactos del interruptor de vacío (210), durante la etapa de apertura y se alarga su vida útil.

[0049] De acuerdo con una modalidad preferida, el componente limitador de desplazamiento (440) es un polímero termoplástico, preferentemente una poliamida y más preferentemente está hecho de Nylon.

[0050] Es una característica de la presente invención que el contacto móvil (211) del interruptor de vacío (210), el actuador electromagnético (220), el mecanismo tensor (410) y el mecanismo de amortiguación (420) se encuentran dispuestos coaxialmente y unidos mecánicamente mediante un eje (430). Las Figuras 2a y 2b muestran un corte transversal del dispositivo (100) de la presente invención en donde se evidencia que todos los componentes involucrados en el movimiento del contacto móvil (211) del interruptor de vacío se encuentran ubicados sobre el mismo eje. Por lo tanto, todas las fuerzas mecánicas se ejercen a lo largo del eje del contacto móvil (211), y no existen torques ni fuerzas radiales o trasversales que puedan desalinear los elementos mecánicos del dispositivo (100) y generar choques no normales, es decir, con componente tangencial, entre los contactos.

[0051] La disposición coaxial de los elementos atenúa el desgaste mecánico de los contactos durante el recierre del dispositivo (100), ya que minimiza los deslizamientos radiales entre los contactos (211, 212) reduciendo la generación de soldadura entre los contactos al interior del interruptor de vacío (210). Consecuentemente, se alarga la vida útil del dispositivo (100), lo que se traduce en una mayor cantidad de ciclos de operación y un menor costo asociado a su mantenimiento y cambio.

[0052] Con el fin de proteger los circuitos electrónicos que constituyen los módulos de control (710), comunicaciones (720) y potencia (730), el dispositivo (100) comprende además un elemento aislante (360) que aísla eléctricamente los contactos (211, 212) de los circuitos electrónicos. El elemento aislante (360) se encuentra ubicado entre el mecanismo de amortiguación (420) y el actuador electromagnético (220) y evita el contacto eléctrico entre la electrónica del dispositivo (100) y los elementos que están al potencial de la línea, a saber, el interruptor de vacío (210) y el eje (430). Como se muestra en las Figuras 2a y 2b, el elemento aislante (360) separa el eje (430) en dos secciones: una

primera sección del eje (431) que se encuentra al potencial de la línea y una segunda sección del eje (432) aislada eléctricamente de la primera sección. De manera preferente, el elemento aislante (360) está hecho de un polímero termoplástico. De manera preferente el elemento aislante (360) es una poliamida y de manera aún más preferente está hecho de Nylon.

[0053] El dispositivo (100) de acuerdo con la presente invención comprende además uno o más conductores flexibles (310) conectados en serie entre el contacto móvil (211) del interruptor de vacío (210) y la línea de media tensión. Como se muestra en la Figura 3, los uno o más conductores flexibles (310) se conectan al contacto móvil (211) del interruptor de vacío (210) y al contacto que va unido al pivote de la base intercambiable (150). Los uno o más conductores flexibles (310) se sujetan a la estructura del dispositivo (100) mediante una o más mordazas metálicas que facilitan su posicionamiento. El incluir los uno o más conductores flexibles (310) permite a la presente invención disponer sensores de corriente (320) y transformadores de corriente (330) alrededor de la línea de media tensión, de manera que se induce en éstos una corriente proporcional a la corriente de la línea. Esta disposición mejora las mediciones realizadas e incrementa la eficiencia de conversión energética pues los inductores usados tanto para los sensores de corriente (320) como para los transformadores de corriente (330) son adyacentes a la línea de media tensión. De acuerdo con una realización preferida, los uno o más conductores flexibles (310) son cables.

[0054] El dispositivo (100) de acuerdo con la presente invención emplea además uno o más sensores de corriente (320) con los cuales se mide la señal de la línea de media tensión. Con base en las medidas realizadas por estos sensores de corriente (320), el módulo de control (710) determina si ha ocurrido una falla en el circuito y, de ser así, las características de la falla. Como se muestra en la Figura 3, los uno o más sensores de corriente (320) se encuentran cada uno rodeando los uno o más conductores flexibles (310) de manera que se induce en ellos una corriente proporcional a la corriente de la línea de media tensión. La señal medida por los uno o más sensores de corriente (320) es transmitida al módulo de control (710) para determinar si se presenta una falla eléctrica y las características de ésta. Así mismo, el módulo de control (710) puede medir armónicos de la señal de corriente y hacer un muestreo de la línea con base en la señal medida por los uno o más sensores de corriente (320).

[0055] De acuerdo con realizaciones preferidas, los uno o más sensores de corriente (320) de acuerdo con la presente invención se seleccionan del grupo que comprende: transformadores de corriente y bobinas de Rogowski.

[0056] Adicionalmente, el dispositivo (100) descrito según la presente invención comprende uno o más transformadores de corriente (330) ubicados cada uno rodeando los uno o más conductores flexibles (310) como se muestra en la Figura 3. En los transformadores de corriente (330) se induce una corriente eléctrica proporcional a la corriente de la línea de media tensión la cual es usada para alimentar los circuitos que constituyen el resto del dispositivo (100). La corriente inducida en los uno o más transformadores de corriente (330) es además transmitida a reguladores de tensión (732) encargados de cargar el capacitor de disparo (350) y los súper-capacitores (340).

[0057] El dispositivo (100) según la presente invención incluye también uno o más súper-capacitores (340) en los que se almacena parte de la energía eléctrica recolectada por los transformadores de corriente (330). Estos súper-capacitores (340) brindan independencia al dispositivo (100) y permiten que éste pueda funcionar apropiadamente aún durante la interrupción de la línea sin necesidad de incorporar baterías o conexiones a fuentes de energía externas. El dispositivo (100) comprende además un módulo de potencia (730) que rectifica la energía inducida en los transformadores de corriente (330) y la entrega a los súper-capacitores (340) para ser almacenada.

[0058] De acuerdo con realizaciones preferidas, la corriente inducida en los uno o más transformadores de corriente (330) es transmitida a un primer regulador de tensión (732a) con el que se carga el capacitor de disparo (350). Según otras modalidades, la corriente inducida en los uno o más transformadores de corriente (330) es transmitida a un segundo regulador de tensión (732b) con el que se cargan los súper-capacitores (340).

[0059] Otra realización de la invención comprende un elevador de tensión DC-DC (731) con el que se convierte la tensión de salida del segundo regulador de tensión (732b) a la tensión de salida del primer regulador de tensión (732a), de manera que la energía almacenada en los súper-capacitores (340) pueda ser empleada para cargar el capacitor de disparo (350).

[0060] De acuerdo con una modalidad preferida, el primer regulador de tensión (732a) tiene una salida de entre 50 V y 100 V. De acuerdo con otra modalidad preferida, el segundo regulador de tensión (732b) tiene una salida de entre 2 V y 15 V.

[0061] Adicionalmente, en una realización de la invención, el dispositivo (100) comprende un sensor de voltaje (321a) que permite medir la señal de voltaje de la línea, es decir, la tensión en función del tiempo. Este sensor puede restringirse a un sensor de campo eléctrico (321b) con el que se detecta la presencia de campo eléctrico en la línea y/o su frecuencia independientemente del valor de tensión en el tiempo.

[0062] De acuerdo con otra realización, el módulo de control (710) calcula el factor de potencia de la señal eléctrica con base en las mediciones de los uno o más sensores de corriente (320) y el sensor de voltaje o campo eléctrico (321a, 321b). De manera similar, el módulo de control (710) puede calcular la dirección de flujo de corriente y detectar fallas de alta impedancia con base en la medida de los uno o más sensores de corriente (320) y el sensor de voltaje o campo eléctrico (321a, 321b).

[0063] Por otro lado, el dispositivo (100) de acuerdo con la presente invención también puede incluir un módulo de comunicaciones inalámbricas (720) el cual incluye uno o más módulos de radiofrecuencia (721). El módulo de comunicaciones (720) puede además comprender uno o más módulos para redes celulares (722a) públicas y/o privadas, y/o uno o más módulos para redes de radio (722b) públicas y/o privadas. A través del módulo de comunicaciones (720), el dispositivo (100) se puede comunicar con otros dispositivos, con un panel de control, o en general con una red tipo SCADA. La conexión inalámbrica vía radiofrecuencia permite la sincronización de dos o más de los dispositivos aquí divulgados. Cuando estos dispositivos están instalados en fases distintas de un circuito bifásico o trifásico, la sincronización permite la interrupción y recierre simultáneo de las dos o tres fases, garantizando la concordancia entre ellas.

[0064] De acuerdo con la presente invención, el módulo de comunicaciones (720) además permite la comunicación del dispositivo (100) con un panel de control externo (900) desde el cual se efectúa el control, la configuración y el monitoreo del dispositivo (100). El panel de control externo (900) también permite operar manualmente el dispositivo (100) a

distancia, evitando así la necesidad de que un operario escale el poste en el que el dispositivo (100) está instalado, reduciendo los costos y los tiempos asociados a la operación manual. Específicamente, la conexión entre el módulo de comunicaciones (720) y el panel de control externo (900) permite también la reconexión manual y remota del interruptor de vacío (210). Adicionalmente, la verificación y reprogramación del software del dispositivo (100) puede ser realizada mediante el panel de control externo (900) a través del módulo de comunicaciones (720). La Figura 4 muestra una realización no limitativa del panel de control externo (900) de acuerdo con la presente invención en donde el panel de control externo (900) incluye un dispositivo de visualización en el que se muestran parámetros de estado del dispositivo (100). El panel de control también incluye un elemento de entrada de datos, por ejemplo, un teclado numérico, con el que se seleccionan los modos de operación del dispositivo (100), sus parámetros de configuración, y se definen las posibles instrucciones que se le dan, tales como apertura, cierre y lectura de eventos pasados.

[0065] El dispositivo (100) de acuerdo con la invención también puede incluir uno o más medios de señalización (500) con los que se muestra su estado. Estos medios de señalización (500) pueden ser indicadores luminosos (510), tales como LEDs, y/o indicadores mecánicos (520). Los indicadores mecánicos (520) según la invención aquí revelada consisten en un elemento opaco (521) dispuesto sobre una lámina (522) u otro material que contiene franjas de dos o más colores. Según sea el estado del dispositivo (100) (cerrado o abierto), el elemento opaco (521) o la lámina (522) se desplazan para que una o más de las franjas de colores queden cubiertas, de tal manera que las franjas restantes sean visibles a través de una ventanilla hacia el exterior del dispositivo (100). Los medios de señalización (500) sirven como mecanismos redundantes para que un operario pueda conocer el estado del dispositivo (100) en caso de que existan fallas en la electrónica del dispositivo (100), la comunicación o el panel de control.

[0066] En una realización, el elemento opaco (521) se desplaza sobre la lámina (522) para cubrir una o más de las franjas de colores, de tal manera que las franjas restantes sean visibles. En otra realización, el elemento opaco (521) mantiene su posición y la lámina (522) se desplaza de tal manera que una o más de las franjas de colores queden cubiertas por el elemento opaco (521) y las franjas restantes sean visibles.

[0067] Una realización preferida revela que el dispositivo (100) comprende un mecanismo de acople magnético (530) para accionar al menos uno de los indicadores mecánicos (520). Según esta realización, el elemento opaco (521) incluye un material magnético y su movimiento se debe al movimiento del mecanismo de acople magnético (530) ubicado en el lado posterior de la lámina (522). El mecanismo de acople magnético (530) está unido mecánicamente al eje (430), de tal manera que cuando el interruptor de vacío (210) se encuentra cerrado el eje (430) se encuentra en una posición elevada de manera que el elemento opaco (521) del indicador mecánico (520) se encuentra en una primera posición y se muestra un primer color de la lámina (522). De manera similar, cuando el interruptor de vacío (210) se encuentra abierto el eje (430) se encuentra en una posición baja de manera que el elemento opaco (521) del indicador mecánico (520) se encuentra en una segunda posición y se muestra un segundo color de la lámina (522). Las Figuras 5a y 5b muestran cómo el indicador mecánico (520) cambia su posición en función del estado del dispositivo (100).

[0068] Según otra realización, la lámina (522) contiene un material magnético cuyo movimiento se debe al movimiento del mecanismo de acople magnético (530) ubicado detrás del elemento opaco (521). El mecanismo de acople magnético (530) está unido mecánicamente al eje (430), de tal manera que cuando el interruptor de vacío (210) se encuentra cerrado el eje (430) se encuentra en una posición elevada de manera que la lámina (522) del indicador mecánico (520) se encuentra en una primera posición y se muestra un primer color de la lámina (522). De manera similar, cuando el interruptor de vacío (210) se encuentra abierto el eje (430) se encuentra en una posición baja de manera que la lámina (522) del indicador mecánico (520) se encuentra en una segunda posición y se muestra un segundo color de la lámina (522). Las Figuras 5a y 5b muestran cómo el indicador mecánico (520) cambia su posición en función del estado del dispositivo (100).

[0069] La presente invención también revela que el dispositivo (100) se encuentra encerrado por una carcasa (810) compuesta de al menos dos partes independientes: una parte superior y una parte inferior. Según una realización de la invención, la carcasa (810) está hecha de un material polimérico que le brinda protección y resistencia al impacto.

[0070] Para evitar daños asociados con los efectos del medio ambiente, la carcasa (810) se sella alrededor del dispositivo (100). Por lo tanto, y con el fin reducir las diferencias de

presión y temperatura entre el interior y el exterior del dispositivo (100), la carcasa (810) puede incluir una válvula de liberación de presión (811) que permite regular la presión y la temperatura al interior del dispositivo (100). De manera preferida, la válvula de liberación de presión (811) permite igualar la presión y la temperatura al interior del dispositivo (100) con las condiciones atmosféricas. La Figura 6 muestra una realización preferida de la válvula de presión en la carcasa (810).

[0071] La presente invención revela además que el dispositivo (100) puede incluir un chasis interior (820) que soporta los elementos internos del dispositivo (100) y mantiene su alineación sin necesidad de depender de la carcasa (810) externa.

[0072] Además de los súper-capacitores (340) que almacenan energía eléctrica y dan autonomía al dispositivo (100), realizaciones preferidas revelan que el dispositivo (100) comprende una o más conexiones a una fuente externa de energía (600) la cual se selecciona del grupo que comprende: baterías externas y elementos de cosecha de energía, tales como paneles solares. Las una o más conexiones a una fuente externa de energía (610) permiten la operación del dispositivo (100) sin corriente de la línea, aun cuando los súper-capacitores (340) están descargados.

[0073] Cuando al menos una de las una o más fuentes de energía externa (600) corresponde a una batería externa, el dispositivo (100) incluye al menos una conexión un cargador externo (611) que consiste en puntos de contacto que sobresalen de la carcasa (810) y que son contraparte de las terminales del cargador externo (611). La instalación del cargador externo (611) puede efectuarse desde el suelo usando una pértiga sin necesidad de desinstalar o des-energizar el dispositivo (100). La carcasa (810) del dispositivo (100) actúa como guía para facilitar la instalación del cargador externo (611). Las terminales de carga del cargador externo (611) pueden tener una forma de gancho de tal manera que se facilite su instalación. La Figura 7 muestra una realización preferida y no limitativa del cargador externo (611) y su conexión al dispositivo (100).

[0074] Adicionalmente, la presente invención revela una conexión con un puerto de datos (724) que permite al dispositivo (100) establecer una conexión física con un panel de control externo (900) para la transferencia de datos, medidas eléctricas y señales de control. El panel de control externo (900) es cualquier dispositivo que permita enviar y

recibir datos hacia y desde el dispositivo (100), por ejemplo un computador, una interfaz hombre-máquina (IHM), un equipo de pruebas, o un dispositivo móvil como un smartphone. La conexión entre el dispositivo (100) y el panel de control externo (900) a través del puerto de datos (724) permite también la reconexión manual del interruptor de vacío (210), así como la verificación y reprogramación del software del dispositivo (100). El puerto de datos (724) se encuentra embebido en la carcasa (810) para que un operario pueda conectar el medio externo con facilidad. De acuerdo con una modalidad preferida, el puerto de datos (724) es un puerto IP67.

[0075] Con el fin de mejorar la conexión entre el dispositivo (100) y la base intercambiable (150) y además proveer seguridad ante eventos de hurto y vandalismo, la invención aquí descrita revela puntos de conexión eléctrica (830) integrados en los contactos superior y/o inferior del dispositivo (100) que permiten hacer una conexión eléctrica adicional entre el dispositivo (100) y la base intercambiable (150). Estos puntos de conexión reducen la resistencia de contacto entre el dispositivo (100) y la base intercambiable (150). Los puntos de conexión eléctrica (830) incluyen conectores estándar a los cuales se puede conectar un primer extremo de un conductor de manera que, cuando el segundo extremo del conductor se conecte a la base intercambiable (150), el camino eléctrico entre el dispositivo (100) y la base intercambiable (150) se reduzca. De acuerdo con una modalidad preferida de la invención, los puntos de conexión eléctrica (830) permiten conectar cables entre el dispositivo (100) y la base intercambiable (150).

[0076] La Figura 8 muestra una realización preferida en donde los conectores superior e inferior que conectan el dispositivo (100) con la base intercambiable (150) incluyen los puntos de conexión eléctrica (830) que permiten conectar un cable entre el dispositivo (100) y la base intercambiable (150).

[0077] De acuerdo con una realización preferida, el dispositivo (100) incluye puntos de conexión eléctrica (830) únicamente en el contacto inferior, es decir, junto al pivote con el que el dispositivo (100) bascula sobre la base intercambiable (150). Otra realización revela que el dispositivo (100) incluye puntos de conexión eléctrica (830) únicamente en el contacto superior, es decir, junto al contacto con el que el dispositivo (100) se ajusta a la base intercambiable (150). De acuerdo con otra realización, el dispositivo (100) incluye puntos de conexión eléctrica (830) en ambos contactos con la base intercambiable (150).

[0078] Cuando el dispositivo (100) incluye al menos un punto de conexión eléctrica (830) para conectarse con el contacto superior de la base intercambiable (150), el dispositivo (100) comprende además un mecanismo de desconexión (840) que permite deshacer esta conexión con el fin de eliminar las ataduras mecánicas que eviten que el dispositivo caiga y bascule sobre el pivote cuando se necesita efectuar una desconexión visible. Este mecanismo de desconexión (840) puede ser activado de manera remota mediante el panel de control (900) o manualmente por un operario usando una pértiga u otro elemento adecuado.