

MÉTODO DE DETECCIÓN DE POLARIDAD DE PUNTO SOBRE ONDA PARA**MITIGACIÓN DE SATURACIÓN****DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

Esta descripción se refiere en general a un sistema y
5 método para operar un interruptor y, más particularmente, a un
sistema y método para operar un interruptor de vacío en un
interruptor de reinicio automático.

Una red de distribución de energía eléctrica, a
menudo denominada red eléctrica, incluye típicamente una serie
10 de plantas de generación de energía, cada una de las cuales
tiene una serie de generadores de energía, tales como turbinas
de gas, reactores nucleares, generadores alimentados con
carbón, represas hidroeléctricas, etc. Las plantas de energía
proporcionan energía a una variedad de voltajes medios que
15 luego se elevan mediante transformadores a una señal de CA de
alto voltaje para ser conectadas a líneas de transmisión de
alto voltaje que entregan energía eléctrica a una serie de
subestaciones ubicadas típicamente dentro de una comunidad,
donde el voltaje se reduce a un voltaje medio para
20 distribución. Las subestaciones proporcionan la energía de
voltaje medio a una serie de alimentadores trifásicos que
incluyen tres líneas de alimentación monofásicas que
transportan la misma corriente, pero están separadas 120° en
fase. Una serie de líneas laterales monofásicas y trifásicas se
25 derivan del alimentador que proporcionan el voltaje medio a

varios transformadores de distribución, donde el voltaje se reduce a un voltaje bajo y se proporciona a una serie de cargas, tal como hogares, empresas, etc. Las redes de distribución de energía del tipo mencionado anteriormente
5 incluyen típicamente una serie de dispositivos de conmutación, disyuntores, reconectadores, interruptores, etc. que controlan el flujo de energía a través de la red.

Periódicamente, ocurren fallas en la red de distribución como resultado de varias cosas, como animales que
10 tocan las líneas, impacto de un rayo, ramas de árboles que caen sobre las líneas, colisiones de vehículos con postes de servicios públicos, etc. Las fallas pueden crear un cortocircuito que aumenta el voltaje en la red, lo que puede hacer que el flujo de corriente aumente significativamente, por
15 ejemplo, muchas veces por encima de la corriente normal, a lo largo de la ruta de falla. Esta cantidad de corriente hace que las líneas eléctricas se calienten significativamente y posiblemente se fundan, y también podría causar daños mecánicos a varios componentes de la red. Estos fallos son a menudo
20 fallos transitorios o intermitentes en contraposición a un fallo persistente o repentino, donde lo que causó el fallo se elimina poco tiempo después de que se produce el fallo, por ejemplo, un impacto de un rayo. En tales casos, la red de distribución comenzará a funcionar normalmente casi
25 inmediatamente después de una breve desconexión de la fuente de

energía.

Tradicionalmente, se utiliza un fusible como un dispositivo de protección de sobrecarga primaria para proteger transformadores de distribución y otros dispositivos que tienen una cierta clasificación de modo que el fusible funcione por encima de una corriente de entrada del transformador, pero por debajo de una curva de resistencia o daño de protección contra fallos de paso del transformador. Sin embargo, los fusibles a menudo crean un arco cuando funcionan, lo que tiene peligros y desventajas de seguridad obvios.

Se ha vuelto cada vez más popular reemplazar el fusible tradicional con un dispositivo de interrupción de fallas autoalimentado montado en un cortacircuitos que emplea un interruptor de vacío y un accionador magnético para operar el interruptor de vacío. Un interruptor de vacío es un conmutador que emplea contactos opuestos, uno fijo y uno móvil, colocados dentro de un recinto de vacío. Cuando se abre el interruptor de vacío al accionar el accionador magnético para mover el contacto móvil lejos del contacto fijo para evitar el flujo de corriente a través del interruptor, se crea un arco de plasma entre los contactos que es contenido y extinguido rápidamente por el vacío en el siguiente cruce de corriente cero. Cuando el dispositivo detecta una corriente de falla, el interruptor de vacío se abre y el dispositivo puede liberarse o "desconectarse" de su montaje, lo que indica que ha funcionado.

La conmutación de punto sobre onda (POW) a veces se utiliza para este tipo de dispositivos, que es una técnica de conmutación basada en microprocesador que se utiliza para eliminar la naturaleza aleatoria de los dispositivos de conmutación mecánicos. La conmutación POW determina el ángulo de fase del ciclo de voltaje o corriente y abre o cierra el interruptor de vacío en un punto predeterminado en la onda de CA para reducir los transitorios de conmutación y la formación de arcos.

Estos tipos de dispositivos de interrupción de fallas autoalimentados detectan típicamente la corriente y/o el voltaje en la línea para monitorear el flujo de corriente y tienen controles que indican problemas con el circuito de red, tal como detectar un evento de falla de corriente alta. Si se detecta una corriente de falla alta de este tipo, el dispositivo de interrupción se abre en respuesta a ello y luego, después de un breve retraso, se cierra para determinar si la falla es una falla temporal. Si fluye una corriente de falla alta cuando el dispositivo de interrupción se cierra después de la apertura, se vuelve a abrir inmediatamente. Si la corriente de falla se detecta una segunda vez, o varias veces, durante operaciones de apertura y cierre posteriores que indican una falla persistente, entonces el dispositivo de interrupción permanece abierto y puede desconectarse, donde el tiempo entre pruebas de detección puede aumentar después de

cada prueba.

Los dispositivos de interrupción de fallas empleados para la protección de equipos corriente abajo donde normalmente se usaría un fusible requieren tiempos de despeje de un ciclo o
5 más rápidos, lo que requiere sistemas capaces de recolección de energía. Por lo tanto, estos dispositivos de interrupción de fallas a menudo emplean transformadores de corriente que están conectados en serie con la línea de energía para proporcionar la auto alimentación para operar el accionador y la electrónica
10 del dispositivo. La saturación del transformador es un estado de magnetización que se alcanza cuando la densidad de flujo del núcleo deja de aumentar con el aumento de la corriente primaria a través del transformador y es un fenómeno bien conocido. Si bien la saturación de los transformadores de instrumentación
15 puede tener un efecto perjudicial significativo en los relés de protección, los transformadores de corriente utilizados para la recolección de energía de la línea eléctrica pueden funcionar saturados de forma parcial o temporal para permitir el paso de corrientes de gran magnitud, siempre que puedan suministrar la
20 cantidad de energía deseada. La limpieza de un ciclo es especialmente difícil cuando se vuelve a cerrar en una corriente de falla porque la recolección de energía de la corriente del sistema no puede comenzar hasta que se complete la operación de cierre, donde cualquier energía recolectada
25 durante este tiempo se consumiría ya que el accionador está

siendo accionado. Para un tipo de dispositivo, el accionador se acciona durante aproximadamente 7 ms después del inicio del flujo de corriente, que es casi la mitad del ciclo de potencia a 60 Hz. Esto se ve agravado por el ángulo de fase de cierre
5 aleatorio y el flujo residual del transformador de corriente, que puede limitar aún más la capacidad de recolección de energía del transformador de corriente.

A menudo es deseable reducir el tamaño y el peso de estos tipos de dispositivos de interrupción de fallas por
10 varias razones, tal como reducir el costo y la complejidad de la instalación al poder instalar y quitar los dispositivos del poste en el que están montados utilizando una pértiga. Dado que un transformador de corriente es típicamente un dispositivo grande y pesado, es un área en la que se investiga la reducción
15 de tamaño y peso. Dado que la reducción del tamaño del transformador hace que se sature a menor potencia y no funcione correctamente como un transformador de corriente para fines de recolección de energía, la reducción del tamaño del transformador de corriente crea una serie de desafíos.

20 El siguiente análisis divulga y describe un sistema y un método para operar un conmutador utilizando energía recolectada de un transformador de corriente. En una modalidad no limitante, el conmutador es un interruptor de vacío accionado magnéticamente en un interruptor de reinicio
25 automático. Para esa modalidad, el método incluye detectar la

corriente de falla utilizando energía recolectada del transformador de corriente, abrir el interruptor de vacío una primera vez y almacenar la polaridad del último medio ciclo de corriente. El método determina entonces una polaridad de cierre y un ángulo de fase de modo que la reconexión se produce en el mismo semiciclo de polaridad que la polaridad que se almacenó cuando se abrió el interruptor de vacío y que la actuación de cierre del interruptor de vacío termina en un cruce por cero del primer semiciclo de corriente, cierra el interruptor de vacío y abre el interruptor de vacío una segunda vez después de que el interruptor de vacío se cierra utilizando la energía recolectada del transformador de corriente.

Las características adicionales de la divulgación se harán evidentes a partir de la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas, tomadas junto con los dibujos adjuntos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIGURA 1 es una vista isométrica de un ensamblaje del conmutador conectado a un aislador montado en un poste y que incluye un dispositivo de conmutación accionado magnéticamente que tiene un interruptor de vacío;

la FIGURA 2 es una línea de tiempo que ilustra una operación de cierre de POW y detección de polaridad para el dispositivo de conmutación; y

la FIGURA 3 es una línea de tiempo que ilustra una

operación de cierre aleatoria conocida para el dispositivo de conmutación.

El siguiente análisis de las modalidades de la descripción dirigidas a un sistema y método para operar un interruptor es meramente de naturaleza ejemplar, y de ninguna manera pretende limitar la descripción o sus aplicaciones o usos. Más específicamente, el sistema y el método se analizan a continuación en relación con el funcionamiento de un interruptor de vacío en un interruptor de reinicio automático.

10 Sin embargo, el sistema y el método tendrán otras aplicaciones.

La FIGURA 1 es una vista isométrica de un ensamblaje del conmutador montado en poste que incluye un dispositivo 12 de conmutación accionado magnéticamente y autoalimentado monofásico destinado a representar cualquier dispositivo de conmutación que funcione como un interruptor de reinicio automático adecuado para los fines analizados en la presente.

El dispositivo 12 de conmutación se acopla a un ensamblaje 14 de acoplamiento superior en un extremo de la parte superior y a un ensamblaje 16 de acoplamiento inferior en un extremo de la parte inferior. El ensamblaje 14 superior se fija a un extremo de un aislador 18 que tiene faldones 20 y el ensamblaje 16 inferior se fija a un extremo opuesto del aislador 18, donde el aislador 18 se monta en un soporte 24 que puede estar fijado a un poste de servicios públicos (no mostrado). El ensamblaje 16 inferior incluye un retén 26 de canal que acepta una biela 28

pivotante asociada con un ensamblaje 30 de soporte giratorio que tiene un soporte giratorio 32 acoplado al dispositivo 12 y que se acopla eléctricamente a un contacto de la parte inferior de la unidad (no mostrado). Un conector 34 acepta un cable (no
5 mostrado) en un lado de carga del dispositivo 12 que se acopla eléctricamente al contacto de la parte inferior de la unidad. El ensamblaje 14 superior incluye una lengüeta 40 de montaje superior, una lengüeta 42 de extensión y un resorte 44 colocado entre las lengüetas 40 y 42. El ensamblaje 14 superior también
10 incluye una lengüeta 46 de soporte asegurada a la lengüeta 40 de montaje y un par de cuernos 48 de montaje acoplados a, y que se extienden desde la lengüeta 46 de soporte opuesta a la lengüeta 42 de extensión. Un contacto 50 de la parte superior unitario se coloca entre los cuernos 48 y se engancha a la
15 lengüeta 42 contra la inclinación del resorte 44 para sujetar el dispositivo 12 de conmutación en el ensamblaje 14 superior. Un conector 52 acepta un cable (no mostrado) en un lado de fuente del dispositivo 12 que se acopla eléctricamente al contacto 50 de la parte superior unitario del dispositivo 12 a
20 través del ensamblaje 14 superior. Un miembro 54 de anillo de tracción guía se acopla a una parte superior del dispositivo 12 y permite que un trabajador retire fácilmente el dispositivo 12 del poste de servicios públicos tirando del miembro 54 de anillo para desenganchar el contacto 50 del ensamblaje 14
25 superior, girando el dispositivo 12 hacia afuera sobre la biela

28 pivotante y luego levantando el dispositivo 12 fuera del
retén 26.

El dispositivo 12 de conmutación incluye un
interruptor 60 de vacío que tiene un alojamiento 62 exterior,
5 donde el interruptor 60 de vacío es representativo de cualquier
interruptor de vacío conocido en la técnica adecuado para los
fines analizados en la presente. El interruptor 60 de vacío
incluye una cámara de vacío que encierra un contacto fijo que
se acopla eléctricamente al contacto 50 de la parte superior de
10 la unidad y un contacto móvil que se acopla eléctricamente al
contacto de la parte inferior de la unidad, donde los contactos
fijo y móvil están en contacto entre sí dentro de la cámara de
vacío cuando el interruptor 60 de vacío está cerrado. Cuando el
interruptor 60 de vacío se abre moviendo el contacto móvil
15 lejos del contacto fijo, el arco que se crea entre los
contactos se extingue por el vacío en un cruce de corriente
cero. El dispositivo 12 de conmutación también incluye un
accionador 64 magnético que se acopla al interruptor 60 de
vacío mediante un mecanismo de transmisión (no mostrado) para
20 abrir y cerrar el interruptor 60 de vacío. El dispositivo 12 de
conmutación incluye además un transformador 66 de corriente que
recolecta energía para operar el dispositivo 12 de conmutación
y abrir el interruptor 60 de vacío cuando se detecta una
corriente de falla de una manera bien entendida por aquellos
25 expertos en la técnica. El dispositivo 12 de conmutación

también incluye un sistema 68 de control que es representativo de todos los dispositivos y algoritmos necesarios para detectar y procesar mediciones de corriente y voltaje, proporcionar señales de comando, etc., para los fines de la descripción en la presente, e incluye al menos un procesador y un dispositivo de memoria que almacena datos y código ejecutable.

Esta descripción propone una técnica de detección de polaridad y punto sobre onda (POW) que aumenta la capacidad de recolección de energía del transformador 66 de corriente. En otras palabras, la técnica descrita permite que el transformador 66 de corriente se sature, pero aun así proporcione la cantidad deseada de energía para abrir el interruptor 60 de vacío. Por lo tanto, se puede emplear un transformador de corriente más pequeño y liviano.

La capacidad de recolección de energía del transformador 66 de corriente depende, entre otras cosas, del nivel de flujo remanente y su polaridad. Estos valores se determinan por la magnitud y polaridad del último semiciclo de corriente primaria. De ello se deduce que al cerrarse en una falla, la capacidad de recolección de energía del transformador 66 depende de la magnitud y polaridad del último bucle de corriente asociado con la falla anterior. De la relación $V = N d\phi/dt = L di/dt$, se deduce que el transformador 66 de corriente es más eficaz en la recolección de energía cuando di/dt está en su nivel más alto, lo que ocurre cerca de los cruces por cero

de corriente. Combinando todo lo anterior, el transformador 66 de corriente es más eficaz en la recolección de energía cerca de un cruce por cero de corriente cuando la corriente pasa a la polaridad opuesta del último semiciclo de corriente.

5 Cuando se detecta una corriente de falla y el interruptor 60 de vacío se abre en respuesta a ello, la polaridad del último bucle de corriente de falla se almacena en la memoria y se utiliza para determinar la polaridad de cierre. El ángulo de cierre de POW se establece de manera que el primer
10 semiciclo de corriente tenga una duración equivalente al tiempo en que se impulsa el accionador 64 después del inicio de la corriente de falla. De esta manera, al completarse la operación de cierre, el transformador 66 de corriente se presenta con una transición de cruce por cero de corriente en la polaridad
15 opuesta, lo que permite que el dispositivo recolecte energía más rápido y elimine la falla en un ciclo de energía.

La FIGURA 2 es una línea de tiempo que muestra una operación de detección de polaridad y cierre de POW para el dispositivo 12 de conmutación que ilustra la técnica descrita
20 anteriormente, donde la línea 70 es la corriente de falla detectada, la línea 72 es el voltaje en la salida del devanado secundario del transformador 66 de corriente y la línea 74 es el accionamiento del accionador 64 magnético para las operaciones de apertura y cierre. Cuando se presenta una
25 corriente de falla en el tiempo 76, hay voltaje disponible en

la salida del transformador 66 de corriente y la energía se almacena, por ejemplo, en un condensador (no mostrado) en el tiempo 78 hasta que el transformador 66 de corriente se satura cerca de un pico de corriente y el voltaje cae en el tiempo 80.

5 La energía que se ha almacenado ahora está disponible para abrir el interruptor 60 de vacío, donde la secuencia de apertura del dispositivo 12 de conmutación comienza en el tiempo 82 después de aproximadamente un cuarto de un ciclo de potencia después del inicio de la corriente de falla. En el

10 siguiente cruce por cero de la corriente, el transformador 66 ya no está saturado y la energía está nuevamente disponible para ser almacenada, lo que generalmente coincide con el tiempo en que los contactos en el interruptor 60 de vacío se separan aproximadamente en el tiempo 86. La secuencia de apertura se

15 completa en el tiempo 88 y el arco se extingue en el siguiente cruce por cero en el tiempo 90. El sistema 68 de control registra la polaridad del ciclo de corriente, aquí positiva, cuando se completa la secuencia de apertura del interruptor 60 de vacío. Esto determina la polarización de los dominios

20 magnéticos en el núcleo del transformador 66 de corriente.

Para la operación de reconexión, y suponiendo que la corriente de falla todavía está presente, se ordena el cierre del interruptor 60 de vacío en un tiempo 94 calculado en base a la fase medida del voltaje a través del dispositivo 12 de

25 conmutación de modo que cuando los contactos del interruptor de

vacío se enganchan, la corriente de falla es de la misma polaridad que cuando el interruptor 60 de vacío se abrió por última vez. La energía recolectada almacenada en el condensador desde la última vez que se recolectó energía del transformador 66 de corriente se ha utilizado previamente para abrir el interruptor 60 de vacío, de modo que la operación de cierre utiliza energía de otra fuente, tal como del potencial de voltaje a través del interruptor 60 de vacío. El accionador 64 mueve el contacto móvil, que engancha el contacto fijo en el tiempo 96 y la corriente comienza a aumentar. El contacto eléctrico entre los contactos fijos y móviles del interruptor 60 de vacío se produce en un punto en la onda que produce un semiciclo asimétrico menor de corriente. Además, durante la operación de cierre, el devanado secundario del transformador 66 de corriente se cortocircuita de modo que no se sature, lo que evita que el transformador 66 recolecte energía durante la operación de cierre, como se muestra mediante la línea 72. El accionador 64 todavía está impulsando el contacto móvil después del tiempo 96 contra la inclinación de un resorte de flexibilidad hasta el tiempo 98. El tiempo de la operación de cierre se establece de modo que el tiempo 98 coincida con el cruce por cero del bucle de corriente menor. Debido a que la polaridad de la corriente y la polaridad del dominio magnético en el núcleo del transformador 66 están cambiando de positiva a negativa en el tiempo 98, el transformador 66 de corriente sale

de la saturación y se produce una recolección de energía significativa después del tiempo 100. Se recolecta suficiente energía dentro de un cuarto de ciclo para comenzar la operación de apertura del interruptor 60 de vacío en el tiempo 102, donde
5 los contactos fijos y móviles en el interruptor 60 de vacío se separan en el tiempo 104 y la operación de apertura termina en el tiempo 106, que es una operación de cierre-apertura rápida.

La FIGURA 3 es una línea de tiempo que muestra una operación de cierre aleatoria conocida para el dispositivo 12
10 de conmutación para ilustrar el tiempo más largo entre el cierre y la apertura del dispositivo 12 de conmutación durante la operación de reconexión, donde los elementos similares se identifican con el mismo número de referencia. La detección de fallas y la apertura del interruptor 60 de vacío cuando se
15 detecta una corriente de falla son las mismas, sin embargo, no se registra la polaridad del ciclo de corriente cuando se completa la operación de apertura del interruptor 60 de vacío. El cierre del interruptor 60 de vacío en el tiempo 94 es aleatorio en relación con el ángulo de fase de la corriente y,
20 para este ejemplo, el punto de contacto entre los contactos fijo y móvil en el tiempo 96 ocurre durante una polaridad negativa del ciclo de corriente. El final de la operación de cierre en el tiempo 98 ocurre cerca de un pico de corriente del ciclo de potencia donde el transformador 66 de corriente
25 todavía está en saturación y el sistema 68 no puede recolectar

de manera efectiva suficiente energía para ejecutar una operación de apertura. La mayor parte de la energía requerida para la operación de apertura del interruptor 60 de vacío se recolecta después del siguiente cruce por cero de corriente en el tiempo 110, donde se tarda hasta el tiempo 112 en proporcionar suficiente energía para abrir el interruptor 60 de vacío. Desde una perspectiva de recolección de energía, el tiempo desde el final de la operación de cierre en el tiempo 98 del dispositivo 12 de conmutación hasta el primer cruce por cero en el tiempo 110 es tiempo perdido y da como resultado un tiempo de despeje más largo para el dispositivo 12 de conmutación. Esto ilustra cómo se puede utilizar la técnica de detección de polaridad y POW para mejorar las capacidades de recolección de energía y el rendimiento de interrupción del dispositivo 12 de conmutación. Por lo tanto, el uso de la técnica de detección de polaridad y cierre POW analizada anteriormente permite un tamaño inferior al del transformador 66 de corriente, lo que se traduce en una reducción en el tamaño, el peso y el costo del dispositivo 12 de conmutación. Más específicamente, para eliminar una falla durante la operación de reconexión en la cantidad de tiempo deseada como se muestra en la FIGURA 2, se requeriría un transformador de corriente más grande para lograr el mismo tiempo de despeje para la operación mostrada en la FIGURA 3.

Como comprenderán bien los expertos en la técnica,

los diversos pasos y procesos que se analizan en la presente para describir la divulgación pueden referirse a operaciones realizadas por una computadora, un procesador u otro dispositivo de cálculo electrónico que manipulan y/o transforman datos utilizando fenómenos eléctricos. Esas computadoras y dispositivos electrónicos pueden emplear diversas memorias volátiles y/o no volátiles, incluyendo un medio legible por computadora no transitorio con un programa ejecutable almacenado en el mismo que incluye diversos códigos o instrucciones ejecutables que pueden ser ejecutadas por la computadora o el procesador, donde la memoria y/o el medio legible por computadora pueden incluir todas las formas y tipos de memoria y otros medios legibles por computadora.

El análisis anterior divulga y describe meramente modalidades ejemplares de la presente descripción. Un experto en la técnica reconocerá fácilmente a partir de dicha descripción y de los dibujos y reivindicaciones adjuntos que se pueden realizar diversos cambios, modificaciones y variaciones en la misma sin apartarse del espíritu y alcance de la descripción tal como se define en las reivindicaciones siguientes.