

AISLAMIENTO DE FALLA LATERAL

Referencia Cruzada con Solicitud Relacionada

La presente solicitud reivindica el beneficio de prioridad de la Solicitud Provisional de EE. UU. No. 63/588,845, presentada el 9 de octubre de 2023, la descripción de la cual se incorpora expresamente en la presente por referencia para todos los fines.

Antecedentes de la Invención

Campo de la Invención

La presente descripción es concerniente en general con un sistema y método para proporcionar aislamiento de fallas en una red de distribución de energía.

Discusión de la Técnica Relacionada

Una red de distribución de energía eléctrica, a menudo denominada como red eléctrica, incluye en general plantas generadoras de energía, cada una tiene generadores de energía, tales como turbinas de gas, reactores nucleares, generadores a base de carbón, represas hidroeléctricas, etc. Las plantas generadoras proporcionan energía a una variedad de tensiones medias que luego se elevan mediante transformadores a una señal de CA de alta tensión para ser conectada a líneas de transmisión de alta tensión que suministran energía eléctrica a subestaciones en general ubicadas dentro de una comunidad, en donde la tensión se reduce a una tensión media para distribución. Las subestaciones proporcionan la energía de

tensión media a alimentadores trifásicos que incluyen tres líneas de alimentación monofásicas que transportan la misma corriente, pero separadas 120° en fase. Las líneas laterales trifásicas y/o monofásicas se derivan del alimentador que
5 proporciona la tensión media a varios transformadores de distribución, en donde la tensión se reduce a una baja tensión y se proporciona a cargas, tales como hogares, negocios, etc.

Periódicamente, ocurren fallas en la red de distribución de factores tales como el contacto de animales con las líneas,
10 caída de rayos, caída de ramas de árboles sobre las líneas, colisión de vehículos con postes de electricidad, etc. Las fallas pueden crear un cortocircuito que aumenta la tensión en la red, lo cual puede provocar que el flujo de corriente aumente significativamente, por ejemplo, muchas veces por encima de la
15 corriente normal, a lo largo de la trayectoria de falla. Esta cantidad de corriente provoca que las líneas eléctricas se calienten de manera significativa y posiblemente se fundan y también podría provocar daños mecánicos a varios componentes en la red. Estas fallas son a menudo fallas transitorias o
20 intermitentes, a diferencia de una falla persistente o de perno, en donde lo que provocó la falla es removido poco tiempo después que ocurre la falla, por ejemplo, la caída de un rayo. En tales casos, la red de distribución comenzará a funcionar con normalidad casi de inmediato después de una breve
25 desconexión de la fuente de energía.

Tradicionalmente, se instala un fusible como dispositivo de protección primaria contra sobrecargas en transformadores de distribución y otros dispositivos y el tipo y clasificación se seleccionan de tal manera que el fusible no opere para magnitudes de corriente normalmente esperadas, tal como la corriente de entrada del transformador, sino que opera a tiempos de operación más rápidos en comparación con la curva de resistencia o daños de protección contra fallas de paso del transformador. Sin embargo, los fusibles de expulsión a menudo producen productos secundarios cuando operan, lo cual tiene inconvenientes evidentes en algunas circunstancias.

Los reconectadores y otros dispositivos de interrupción de fallas relacionados se usan a menudo por ingenieros de distribución como dispositivos de protección en postes de servicios públicos y otras ubicaciones. Estos reconectadores detectan comúnmente la corriente y/o tensión en la línea para monitorear el flujo de corriente y tienen controles que indican problemas con el circuito de red, tal como detección de un evento de falla de alta corriente. Si se detecta una corriente de falla tan alta, el reconectador se abre en respuesta a ello y luego, tras un breve retraso, se cierra para determinar si la falla es transitoria. Si fluye una corriente de falla alta cuando el reconectador se cierra después de la apertura, se vuelve a abrir inmediatamente. Si la corriente de falla se detecta una segunda o varias veces durante las operaciones de

apertura y cierre posteriores, lo que indica una falla persistente, entonces el reconectador permanece abierto y se puede caer de su soporte o proporcionar otra forma de indicación de que está bloqueado en posición abierta, en donde
5 el tiempo entre pruebas de detección puede aumentar después de cada prueba.

Cuando se detectar una falla, es deseable que el primer dispositivo de interrupción de fallas aguas arriba de la falla se abra tan pronto como sea posible para que la falla sea
10 removida rápidamente de la red para impedir daños a los equipos, lesiones del personal, incendios, etc. y de tal manera que las cargas aguas arriba del dispositivo de interrupción de fallas no se desconecten de la fuente de alimentación ni se interrumpa el servicio. Además, es deseable que, si el primer
15 dispositivo de interrupción de fallas aguas arriba de la falla no se abre por cualquier motivo, entonces un siguiente dispositivo de interrupción de fallas aguas arriba de la falla se abra y así sucesivamente. Con el fin de obtener esto, es necesario usar algún tipo de esquema de protección de
20 comunicaciones o coordinación en la red, de tal manera que el dispositivo de interrupción de fallas deseado se abra en respuesta a la falla.

Un esquema de protección conocido para este propósito es referido en la técnica como esquema de coordinación de curvas
25 características de tiempo-corriente (TCC). En general, para un

esquema de coordinación de TCC, a cada dispositivo de interrupción de fallas en una serie particular de dispositivos de interrupción de fallas se le asigna una curva de TCC que define que tan rápido el dispositivo de interrupción de fallas se abrirá en respuesta a la corriente detectada, en donde el valor de temporización de la curva de TCC es mayor para corrientes más bajas y es menor para corrientes más altas y en donde los ajustes o configuración introducidos al control específico del reconectador define la curva de TCC.

10 Dispositivos con curvas de TCC duales (rápida y lenta) se usan normalmente en sistemas en donde la protección consiste de fusibles y dispositivos de interrupción de fallas con relés y/o reconectores. En sistemas sin fusibles, se usa más comúnmente una sola curva de TCC. Ya que los dispositivos de

15 interrupción de fallas se proporcionan aguas abajo de la fuente, son configurados comúnmente con curvas de TCC más rápidas, de tal manera que el primer dispositivo de interrupción de fallas aguas arriba de una falla detectada se abrirá antes de un siguiente dispositivo de interrupción aguas

20 arriba de la falla, en donde el dispositivo de interrupción de fallas particular dejará de cronometrar su curva de TCC una vez que un dispositivo de interrupción de fallas aguas abajo se abre y la falla es removida. Sin embargo, los esquemas tradicionales de coordinación de TCC son limitados en el número

25 de dispositivos de interrupción de fallas que un alimentador

puede tener, debido a que las curvas de TCC no pueden estar demasiado próximas entre sí para que la coordinación sea efectiva. En otras palabras, el número de curvas de TCC que realmente se pueden aplicar es limitada. Además, cuando
5 múltiples dispositivos de interrupción de fallas se aplican en un alimentador, los dispositivos que son instalados más cerca de la fuente necesitan operar a una velocidad relativamente lenta para coordinarse apropiadamente con los múltiples dispositivos de línea descendente.

10 Breve Descripción de la Invención

La siguiente discusión da a conocer y describe un sistema y método para aislar una falla en una red de distribución eléctrica. La red incluye una línea eléctrica, un reconectador conectado a la línea eléctrica y una pluralidad de dispositivos
15 de conmutación conectados a la línea eléctrica aguas abajo del reconectador, en donde cada dispositivo de conmutación es capaz de detectar corriente de falla en respuesta a la falla y detectar la presencia de tensión. El método incluye detectar sobrecorriente en la red debido a la falla por el reconectador
20 y todos los dispositivos de conmutación ubicados a lo largo de la trayectoria de falla entre el reconectador y la ubicación de la falla, interrumpir la sobrecorriente al abrir el reconectador en base a una curva de TCC de perfil de disparo inicial y detectar pérdida de tensión o ausencia de corriente
25 cuando el reconectador se abre mediante los dispositivos de

conmutación a lo largo de la trayectoria de falla. El método también incluye registrar un conteo de fallas por cada dispositivo de conmutación que detectó sobrecorriente y posteriormente pérdida de tensión o ausencia de corriente,

5 abrir cada dispositivo de conmutación que registró un número predeterminado de conteos de fallas y cambiar la curva de TCC del perfil de disparo inicial del reconectador a una curva de TCC de perfil de disparo operacional que es más lenta que la curva de TCC de perfil de disparo operacional y es coordinada

10 con curvas de TCC de perfil de disparo de interrupción de fallas de los dispositivos de conmutación a lo largo de la trayectoria de falla, cuando el reconectador se abre y se ha alcanzado el número predeterminado de conteos de fallas. El método también incluye cerrar un primer dispositivo de

15 conmutación aguas abajo del reconectador, después de un período de tiempo de cierre predeterminado cuando el reconectador cierra; activar una curva de TCC del perfil de disparo de interrupción de fallas del primer dispositivo de conmutación durante un tiempo de espera antes de que finalice el período

20 de tiempo de cierre predeterminado y cerrar un siguiente dispositivo de conmutación aguas abajo del primer dispositivo de conmutación, después del período de tiempo de cierre predeterminado cuando el primer dispositivo de conmutación cierra. El método incluye además activar una curva de TCC de

25 perfil de disparo de interrupción de falla del siguiente

dispositivo de conmutación durante un tiempo de espera, antes de que finalice el período de tiempo de cierre predeterminado, desactivar la curva de TCC del perfil de disparo de interrupción de falla del primer dispositivo de conmutación, antes de que cierre el siguiente dispositivo de conmutación y cerrar secuencialmente dispositivos de conmutación a lo largo de la trayectoria de falla hasta que un dispositivo de conmutación inmediatamente aguas arriba de la falla cierra y detecta sobrecorriente de la falla y luego se abre debido a su curva de TCC rápida, en donde aquel dispositivo de conmutación permanece abierto.

Características adicionales de la descripción se harán evidentes de la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas, tomadas en conjunción con los dibujos adjuntos.

15 Breve Descripción de los Dibujos

La figura 1 es un diagrama esquemático simplificado de una red de distribución de energía eléctrica que incluye dispositivos de interrupción de fallas;

La figura 2 es un diagrama de bloques esquemático simplificado de un dispositivo de interrupción de fallas;

La figura 3 es una gráfica logarítmica con la corriente en amperios en el eje horizontal y el tiempo en segundos en el eje vertical, que muestra una curva de TCC del perfil de disparo inicial para el reconectador que se muestra en la figura 1 y

La figura 4 es una gráfica logarítmica con la corriente

en amperios en el eje horizontal y el tiempo en segundos en el eje vertical, que muestra una curva de TCC de perfil de disparo operativo alternativo para el reconectador que se muestra en la figura 1 y una curva de TCC de perfil de disparo de interrupción de falla para los seccionadores que se muestran en la figura 1.

Descripción Detallada de las Modalidades

La siguiente discusión de modalidades de la descripción concerniente con un sistema y método para proporcionar aislamiento de fallas en una red de distribución de energía, en donde el método incluye abrir y cerrar secuencialmente dispositivos de conmutación de línea instalados aguas abajo de un reconectador, lo que resulta en la apertura de solo el dispositivo de conmutación inmediatamente aguas arriba de la falla en respuesta a la detección de sobrecorriente, pérdida de tensión y retorno de tensión es solo ejemplar por naturaleza y de ninguna manera pretende limitar la invención o sus aplicaciones o usos.

La figura 1 es un diagrama esquemático simplificado de una red de distribución de energía eléctrica 10. La red 10 incluye una fuente 12 de corriente alterna (CA), tal como una subestación, que proporciona alimentación en un alimentador trifásico 14, en donde se proporciona un disyuntor 16 en el alimentador 14 próximo a la fuente 12. El alimentador 14 alimenta una línea principal monofásica 18 y la línea 18

alimenta las líneas secundarias monofásicas 20 y 22. En otras modalidades, las líneas 18, 20 y 22 podrían ser bifásicas o trifásicas. Un reconectador 24 es proporcionado en la línea 18 cerca de la ubicación de conexión al alimentador 14. Un
5 seccionador de fallas 26 es provisto en la línea 18, entre las sub-líneas 20 y 22, un seccionador de fallas 28 es provisto en la línea 18 aguas abajo de la sub-línea 22; un seccionador de fallas 30 es provisto en la sub-línea 20 cerca de la ubicación de conexión a la línea 18 y un seccionador de fallas 32 es
10 provisto en la sub-línea 22 cerca de la ubicación de conexión a la línea 18, en donde los seccionadores 26-32 incluyen contactos 34 y un dispositivo apropiado 36 para detectar pérdida y retorno de tensión. El reconectador 24 y los seccionadores 26-32 se muestran en su posición cerrada.

15 Esta descripción propone un esquema de aislamiento de fallas para una red de distribución eléctrica. Si ocurre una falla 38, por ejemplo, en la sub-línea 22, el esquema de protección operará de tal manera que el seccionador 32 se abrirá, cortando la alimentación a las cargas alimentadas por
20 la sub-línea 22, pero se mantendrá la alimentación del resto de la red 10. El reconectador 24 tiene capacidad de reconexión, pero los seccionadores 26-32, si bien están diseñados y contruidos para cerrarse ante una falla, no funcionan de la misma manera como el reconectador 24. Los seccionadores de
25 falla 26-32 pueden identificar un evento de falla al detectar

una sobrecorriente seguida de una pérdida de tensión o ausencia de corriente como resultado de la apertura del reconectador 24 en una operación de reconexión para despejar la falla, mientras que los seccionadores 26-32 registran cada evento de falla como un conteo de falla. Cada seccionador 26-32 es programado para abrir sus contactos 34 si registra un número predeterminado de conteos de fallas después de un cierto retardo. Cada seccionador 26-32 es también programado para abrirse después de un cierto número de conteos de fallas que sería menor que el número de detecciones de sobrecorriente por el reconectador 24, de tal manera que todos los seccionadores aguas arriba de la falla y aguas abajo del reconectador en la trayectoria de corriente de falla se abrirían antes de que el reconectador 24 se abra. Los seccionadores 26-32 pueden detectar o medir corriente, pero no es necesario que midan tensión, solo determinar la presencia de tensión en la modalidad específica que es discutida. En otras modalidades, los seccionadores 26-32 pueden operar de la manera descrita en la presente al solo detectar sobrecorriente y la ausencia de corriente y no la presencia de tensión.

La figura 2 es un diagrama de bloques esquemático simplificado de un dispositivo de interrupción de fallas 50 que pretende ser una representación general no limitativa del reconectador 24 o uno de los seccionadores de fallas 26-32. El dispositivo 50 incluye un interruptor 52, por ejemplo, un

interruptor de vacío, sensores de tensión/corriente 54, un controlador 56, una memoria 58 y un dispositivo de comunicaciones opcional 60, por ejemplo, una radio celular u otro dispositivo de tecnología de comunicaciones, en donde la memoria 58 almacena código ejecutable para efectuar los varios cálculos y operaciones descritos en la presente.

La figura 3 es una gráfica logarítmica con la corriente en amperios en el eje horizontal y el tiempo en segundos en el eje vertical, que muestra la curva de TCC de perfil de disparo inicial 70 para el reconectador 24. La curva 70 tiene un ancho determinado, en donde el lado izquierdo de la curva 70 es el tiempo mínimo de disparo del reconectador 24 y el lado derecho de la curva 70 es el tiempo de despeje máximo despeje del reconectador 24 cuando se aplican todas las tolerancias. Como se detallará más adelante, cuando el reconectador 24 se abre en respuesta a detectar una corriente de falla en base a la curva de TCC 70, cambiará su perfil de disparo de curva de TCC, de tal manera que es coordinado con los seccionadores aguas abajo 26 - 32 para permitir que los seccionadores despejen la falla antes de que el reconectador 24 vuelva a operar.

La figura 4 es una gráfica logarítmica con la corriente en amperios en el eje horizontal y el tiempo en segundos en el eje vertical, que muestra un ejemplo de una curva de TCC del perfil de disparo operativo 72 para el reconectador 24 y los seccionadores 26-32 después que la falla 38 es detectada e

interrumpida por el reconectador 24, en donde la curva de TCC 72 reemplaza a la curva de TCC 70 para el reconectador 24 y una curva de TCC de perfil de disparo de interrupción de fallas 72 se usa por todos los seccionadores a lo largo de la trayectoria de falla. Como es evidente de la figura 4, los seccionadores 26-32 operarán antes que el reconectador 24 y así el reconectador 24 permanecerá abierto y cerrará una vez por cualquier falla aguas abajo de cualquiera de los seccionadores 26-32.

10 Cuando la falla 38 ocurre en la sub-línea 22 aguas abajo del seccionador 32, el reconectador 24 y los seccionadores 26 y 32 a lo largo de la trayectoria de corriente de falla detectan la sobrecorriente y el reconectador 24 se abre en base a la curva de TCC del perfil de disparo inicial 70, eliminando así la tensión en la línea 18. Los seccionadores 26 y 32 registran un conteo de fallas debido a que detectaron sobrecorriente seguida por pérdida de tensión cuando se abre el reconectador 24. Alternativamente, como se menciona anteriormente, los seccionadores 26 y 32 podrían no detectar tensión y, en cambio, registrarán un conteo de fallas por sobrecorriente detectada seguida de ausencia de corriente cuando se abre el reconectador 24. Los seccionadores 28 y 30 no están en la trayectoria de corriente de falla, por lo que no detectan suficiente sobrecorriente y, por lo tanto, no registran un conteo de fallas cuando pierden tensión. En este ejemplo, los

seccionadores 26 y 32 son programados para abrirse con un conteo de falla de 1, por lo que ambos se abrirían después de la apertura del reconectador 24. El reconectador 24 cambia a la curva de TCC 72 cuando es abierto para coordinarse con la
5 curva de TCC 74 para los seccionadores 26 y 32 cuando funcionan como dispositivos de interrupción de fallas mientras está abierto, como se explica a continuación.

El reconectador 24 se cierra a continuación y suministra tensión a la línea 18, el cual es detectado por el seccionador
10 26 y el cual alimenta las cargas a lo largo de la línea 18 aguas arriba del seccionador 26 y en la sub-línea 20. Cuando el reconectador 24 se cierra y el seccionador 26 detecta el retorno de tensión, el seccionador 26 se prepara para cerrar después de un período de tiempo predeterminado, por ejemplo,
15 cuarenta y cinco segundos. El seccionador 26 funciona como dispositivo de interrupción de fallas con la curva de TCC de perfil de disparo 74 durante este tiempo de espera para cerrar. Cuando el seccionador 26 cierra cuando expira el tiempo de espera, el seccionador 32 detecta el retorno de tensión y se
20 prepara para cerrar cuando ha expirado su período de tiempo predeterminado. El seccionador 26 no observa ninguna corriente de falla cuando se vuelve a reconectar ya que la falla 38 se encuentra aguas abajo del seccionador 32, que aún se encuentra en el estado abierto. El seccionador 32 está ahora funcionando
25 como dispositivo de interrupción de fallas con la curva de TCC

de perfil de disparo 74. Sin embargo, cuando el seccionador 26 no detecta corriente de falla por un intervalo de tiempo predeterminado, la curva de TCC de perfil de disparo 74 para el seccionador 26 se desactiva antes de que el seccionador 32 cierre para reducir el número de dispositivos de interrupción de fallas a lo largo de la trayectoria de falla que requieren coordinación de tiempo-corriente. Después del período de tiempo predeterminado, el seccionador 32 se cierra y detecta sobrecorriente de la falla 38 y se abre de nuevo. El seccionador 32 se puede cerrar en falla 38 y reabrirse en una operación de recierre un número predeterminado de veces y luego se puede salir de su soporte cortado para proporcionar una indicación visual de que se ha abierto para despejar la falla 38. Si los seccionadores 26 y 32 no pueden detectar tensión, se pueden programar para cerrarse al final del tiempo de espera predeterminado sin detectar el retorno de tensión.

Después de un período de tiempo predeterminado en que el reconectador 24 no detecta sobrecorriente, se restablecerá a la curva de TCC del perfil de disparo 70. Si hubiera otros seccionadores a lo largo de la ruta de falla entre los seccionadores 26 y 32, entonces estos operarían de manera secuencial de aguas arriba a aguas abajo, como lo hizo el seccionador 26 discutido anteriormente. En otras palabras, cada seccionador aguas arriba del seccionador 32 detectaría tensión y no sobrecorriente y operaría temporalmente como un

dispositivo de interrupción de fallas.

Debido a que solo un seccionador funciona como dispositivo de interrupción de falla con la curva de TCC de perfil de disparo de interrupción de falla 74 en un punto particular en el tiempo durante la operación de despeje de fallas, se pueden proporcionar más seccionadores a lo largo de una ruta de falla determinada de lo que era posible anteriormente.

Se describe un segundo método de despeje de fallas que usa generación de fallas en lugar de interrupción de fallas, como se describe anteriormente. En este método y usando el ejemplo descrito anteriormente, el cierre secuencial de los seccionadores de falla 26 y 32 a lo largo de la trayectoria de falla que se abrieron al alcanzar su conteo de fallas, dependería del reconectador 24 para interrumpir la corriente de falla después de que el seccionador 32, inmediatamente aguas arriba de la falla 38 cerrara en la falla, en lugar de que los seccionadores 26 y 32 operen como dispositivos de interrupción de fallas. En este método, el reconectador 24 no cambia de la curva de TCC 70 a la curva de TCC 72 al operar por primera vez y los seccionadores 26 y 32 no usan la curva de TCC 74.

Más en particular, los seccionadores 26 y 32 se abrirían cuando se alcance su recuento de fallas, de la misma manera descrita anteriormente. Cuando el reconectador 24 se vuelve a cerrar, el seccionador 26 detecta el retorno de tensión y se cierra, pero no detecta sobrecorriente y no realiza ninguna

otra acción por el seccionador 26. Cuando el seccionador 26 se cierra, el seccionador 32 detecta el retorno de tensión y se cierra y esta acción restablece una sobrecorriente detectable de la falla 38, de tal manera que la lógica de control indicaría

5 que debe ser el primer seccionador aguas arriba de la falla 38. Sin embargo, en lugar de que el seccionador 32 se abra en respuesta a la detección de la sobrecorriente, permanece cerrado y el reconectador 24 detecta la sobrecorriente y se abre una segunda vez usando su curva de TCC normal 70. Dado

10 que la lógica del seccionador 32 concluye que cerró en la falla 38, se abre, o se desconecta, después de detectar pérdida de tensión resultante de la segunda apertura del reconectador 24. El reconectador 24 se reconecta por segunda vez y, dado que el seccionador 26 permanece cerrado y el seccionador 32 está

15 abierto o desconectado, el reconectador 24 no detecta corriente de falla y permanece cerrado. Si se desea realizar otra operación de reconexión, entonces el seccionador 32 se podría cerrar al detectar el retorno de tensión la segunda vez, en donde el reconectador 24 detectaría de nuevo sobrecorriente,

20 se abriría y luego se reconectaría. Además, si los seccionadores estuvieran operando con un número de fallas mayor, entonces el reconectador 24 se abriría el número de veces requerido por aquel número.

El beneficio principal del segundo método con respecto al

25 primer método es que no se requiere la coordinación de la curva

de TCC entre el reconectador 24 y los seccionadores de falla
aguas abajo. El reconectador 24 se dispararía y reconectaría
por lo menos dos veces antes de que un seccionador aislara una
falla permanente y se reactivaran secciones laterales sin
5 falla. Las fallas temporales que se despejan después de una
operación del reconectador producirían una operación de cierre
de los seccionadores 26 y 32.

La exposición anterior da a conocer y describe solo
ejemplos de modalidad de la presente descripción. Aquel de
10 habilidad en la técnica reconocerá fácilmente de tal exposición
y de los dibujos y reivindicaciones adjuntos que se pueden
hacer varios cambios, modificaciones y variaciones sin
apartarse del espíritu y alcance de la descripción, como se
define en las reivindicaciones siguientes.

15