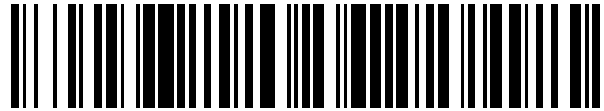


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 462 525**

51 Int. Cl.:

H02J 3/18

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2012 E 12153361 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2014 EP 2485357**

54 Título: **Sistema y procedimiento de restablecimiento de la tensión dinámica**

30 Prioridad:

08.02.2011 US 201113023487

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

23.05.2014

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)

1 River Road

Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

PAMULAPARTHY, BALAKRISHNA;

GOLI, VISWESH y

SHARMA, MANISHKUMAR RAMCHANDRA

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 462 525 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento de restablecimiento de la tensión dinámica

La materia divulgada en el presente documento versa, en general, acerca de sistemas de energía eléctrica y, más en particular, acerca de técnicas para regular la calidad de la energía eléctrica.

5 A medida que, de manera creciente, continúan dependiendo los consumidores y las industrias de los sistemas de energía eléctrica para suministrar energía eléctrica a una variedad de cargas, que pueden incluir diversos tipos de dispositivos electrónicos que van desde electrodomésticos de consumo hasta equipos industriales, los problemas relativos a la calidad de la energía eléctrica están convirtiéndose una preocupación cada vez mayor. Por ejemplo, incidentes que afectan a la calidad de la energía eléctrica (por ejemplo, que pueden manifestarse como fallos o variaciones en una señal transmitida de energía eléctrica) pueden incluir caídas de tensión, picos de tensión, armónicos, sobretensiones transitorias o desequilibrios, todo lo cual puede afectar negativamente al consumo de energía eléctrica y también pueden provocar daños a las cargas eléctricas acopladas a un sistema de energía eléctrica, en particular a las cargas eléctricamente sensibles.

10 Con respecto a condiciones de caída de tensión, normalmente se entienden las caídas de tensión como una reducción repentina en la tensión RMS, a veces durante una duración desde aproximadamente medio ciclo hasta un minuto. Varias causas pueden contribuir a las caídas de tensión que se producen en un sistema de transmisión de energía eléctrica, tales como disyuntores desconectados, fallos de cortocircuitos, fallos de equipos eléctricos (por ejemplo, fallos de cables, sobrecarga, etc.), clima inclemente y/o contaminación. Además, las caídas de tensión también pueden producirse debido a incidentes en el extremo de recepción de una señal de energía eléctrica, tales como fallos eléctricos en una instalación industrial o en el arranque de dispositivos grandes basados en inducción, tales como un motor de inducción. Lamentablemente, las caídas de tensión pueden contribuir a la interrupción y/o el funcionamiento defectuoso de cargas sensibles a la tensión, lo que puede incluir accionadores, generadores, motores de velocidad ajustable (por ejemplo, síncronos, de inducción, etc.) y equipos sensibles de control (por ejemplo, ordenadores, controladores lógicos programables, etc.). Además, estudios recientes han mostrado que las condiciones de caída de tensión tienen una probabilidad generalmente alta de producirse, y son uno de los tipos que se producen más frecuentemente de incidentes de calidad de la energía eléctrica. En consecuencia, existe una necesidad de un mejor control y de regular la calidad de la energía eléctrica mediante la detección y la corrección de condiciones de caída de tensión para proteger mejor las cargas sensibles a tensiones procedentes de una interrupción y/o un funcionamiento defectuoso.

15 El documento US-A-5 329 222 versa acerca de un sistema y un procedimiento para un restablecimiento de la tensión dinámica de redes de distribución eléctrica. Los fenómenos transitorios de la línea de distribución, tales como caídas de tensión, se compensan al insertar una señal de tensión en serie con la señal de distribución que tiene una magnitud y una fase para cancelar de forma eficaz la desviación de la tensión.

20 El documento WO-A-2007/111541 versa acerca de un dispositivo para un control del flujo de energía eléctrica en una línea de transmisión de CA trifásica que comprende una unidad de transformadores en serie, una unidad de transformadores en derivación y una unidad de reactancia. La unidad de reactancia comprende, para cada fase, un par de reactancias controlables, cuyos valores de reactancia están controlados por medio de una unidad de control.

25 En un aspecto, un sistema incluye un sistema de detección de fallos de tensión según está definido en la reivindicación 1 adjunta. El sistema de detección de fallos de tensión puede estar configurado para adquirir una señal de tensión de referencia procedente de una línea de alimentación para determinar si hay presente una condición de caída de tensión en la línea de alimentación, determinar una tensión de corrección para corregir la condición de caída de tensión, utilizar la tensión de referencia para producir la tensión de corrección y aplicar la tensión de corrección a la línea de alimentación.

30 En otro aspecto, un sistema de energía eléctrica incluye una vía de transmisión de la energía eléctrica y un sistema de control acoplado a la vía de transmisión de la energía eléctrica según se define en la reivindicación 7 adjunta. El sistema de control puede estar configurado para detectar y corregir una condición de caída de tensión que ocurre en la vía de transmisión de la energía eléctrica y puede incluir una unidad de adquisición de datos configurada para adquirir una tensión en la vía de transmisión de la energía eléctrica como una señal de tensión de referencia, una unidad de corrección configurada para recibir la señal de tensión de referencia procedente de la unidad de adquisición de datos, comparar la señal de tensión de referencia con una tensión diana, y determinar una tensión requerida de corrección en función de una diferencia entre la tensión diana y la señal de tensión de referencia, circuitería de transformadores en derivación configurada para aplicar la tensión de corrección a la vía de transmisión de la energía eléctrica para corregir la condición de caída de tensión.

35 En una realización adicional, se proporciona un circuito e incluye una entrada para recibir una tensión de referencia de una línea de alimentación, lógica de procesamiento configurada para determinar si la tensión de referencia se desvía de una tensión diana, y circuitería de corrección configurada para utilizar la tensión de referencia para producir una tensión de corrección para corregir la desviación.

Se comprenderán mejor diversos aspectos, características y ventajas de la presente invención cuando se lea la siguiente descripción detallada con referencia a los dibujos adjuntos en los que los caracteres similares representan partes similares en todos los dibujos, en los que:

- 5 La FIG. 1 es un diagrama de bloques que muestra una realización de un sistema de energía eléctrica que puede incluir un sistema de detección de fallos de tensión configurado para detectar y corregir condiciones de caída de tensión;
- la FIG. 2 es un gráfico que muestra un ejemplo de una incidencia de una caída de tensión en un sistema convencional de energía eléctrica que no incluye el sistema de detección de fallos de tensión mostrado en la FIG. 1;
- 10 la FIG. 3 es un diagrama más detallado de bloques que muestra componentes que puede haber presentes en la realización de la circuitería de detección de fallos de tensión de la FIG. 1;
- la FIG. 4 es un diagrama esquemático parcial del circuito que ilustra una realización de circuitería de transformadores en derivación y de circuitería de transformadores en serie que pueden formar parte del sistema de detección de fallos de tensión mostrado en la FIG. 3; y
- 15 la FIG. 5 es un diagrama de flujo que muestra un procedimiento para detectar y corregir condiciones de caída de tensión, según una realización de la presente invención.

A continuación se describirán una o más realizaciones específicas de la presente invención. En un empeño por proporcionar una descripción concisa de estas realizaciones, puede que no se describan todas las características de una implementación real en la memoria. Se debe apreciar que en el desarrollo de cualquier implementación real de ese tipo, como en cualquier proyecto técnico o de diseño, se deben tomar numerosas decisiones específicas de implementación para conseguir los objetivos específicos de los inventores, tales como una conformidad con las limitaciones relacionados con el sistema y relacionados con el negocio, que pueden variar de una implementación a otra. Además, se debe apreciar que tal esfuerzo de desarrollo puede ser complejo y llevar mucho tiempo, pero sería, no obstante, un proyecto rutinario de diseño, de fabricación y de creación para personas con un nivel normal de dominio de la técnica que tengan el beneficio de la presente divulgación.

20 Cuando se presentan elementos de diversas realizaciones de la presente invención, se pretende que los artículos "un", "una", "el", "la" y "dicho" signifiquen que existen uno o más de los elementos. Se pretende que las expresiones "que comprende", "que incluye" y "que tiene" sean inclusivas y signifiquen que puede haber elementos adicionales además de los elementos enumerados.

30 Como se expone adicionalmente a continuación, ciertas realizaciones proporcionan técnicas para una detección y una corrección de fallos de tensión en un sistema de energía eléctrica. Por ejemplo, se puede proporcionar un sistema de detección de fallos de tensión que sea capaz de una detección de fallos de tensión en una línea de alimentación, tal como condiciones de caída de tensión. El sistema de detección de fallos puede derivar una tensión de corrección que es aplicada a la línea de alimentación, de forma que las cargas eléctricas corriente abajo no se vean afectadas por la caída de tensión. Según las realizaciones divulgadas, la tensión de corrección puede derivarse utilizando un transformador en derivación que recibe en un devanado primario una señal de tensión de referencia procedente de la línea de alimentación correspondiente a la tensión medida de la señal de energía eléctrica. Se puede controlar un cambiador de tomas (OLTC) acoplado al devanado secundario del transformador en derivación para seleccionar un punto de toma en el devanado secundario que provocará que se induzca la tensión requerida de corrección en el secundario del transformador en derivación. Entonces, se puede aplicar esta tensión de corrección a la línea de alimentación. Por lo tanto, las realizaciones del sistema de detección de fallos de tensión divulgado en el presente documento pueden ser capaz de generar una tensión de corrección necesaria para corregir una condición de caída de tensión directamente en función de la tensión de referencia y sin requerir dispositivos separados adicionales de almacenamiento de energía.

45 Teniendo estos puntos en cuenta, la FIG. 1 muestra un diagrama simplificado del sistema que muestra una realización de un sistema 10 de energía eléctrica. El sistema ilustrado 10 de energía eléctrica incluye una estación 12 de generación de energía eléctrica, un sistema 14 de transmisión de energía eléctrica, una subestación 16 de distribución, una subestación 18 de carga eléctrica regional y una carga eléctrica 20. Además, el sistema 10 de energía eléctrica incluye un sistema 22 de detección de fallos de tensión. Como se expondrá adicionalmente a continuación, el sistema 22 de detección de fallos de tensión puede estar configurado para detectar y corregir (por ejemplo, restablecer) ciertas condiciones de fallos de tensión, tales como una caída de tensión. Por lo tanto, aunque se ha hecho referencia al sistema 22 como un "sistema de detección de fallos de tensión", se debe comprender que tal sistema es capaz no solo de detectar tales fallos, sino también de corregirlos (por ejemplo, restablecimiento).

55 La estación 12 de generación de energía eléctrica puede ser una instalación que esté configurada para generar energía eléctrica. Por ejemplo, la estación 12 de generación de energía eléctrica puede estar diseñada para generar energía eléctrica mediante la generación de potencia mecánica para mover un generador que, a su vez, convierte el potencia mecánica en energía eléctrica. En algunas realizaciones, se puede producir potencia mecánica mediante la combustión de combustibles, tal como utilizando sistemas de turbina de combustión interna, a modo de vapor a presión, tal como utilizando una turbina de vapor, o utilizando una combinación tanto de una combustión de combustible como un vapor a presión (por ejemplo, un sistema de turbina de ciclo combinado). En otras

realizaciones, se puede producir la energía eléctrica por medio de la estación 12 de generación de energía eléctrica utilizando reactores nucleares, tecnologías geotérmicas o de energía renovable, que puede incluir el uso de biocombustibles, hidroelectricidad (del agua), energía solar (de la luz solar) o energía eólica o una combinación de tales tecnologías de producción de energía eléctrica.

5 La energía eléctrica generada por medio de la estación 12 de generación de energía eléctrica es normalmente energía eléctrica (número 24 de referencia) de corriente alterna (CA), que puede ser energía eléctrica de CA trifásica o monofásica y puede ser proporcionada al sistema 14 de transmisión de la energía eléctrica. El sistema 14 de transmisión de la energía eléctrica puede incluir una red de líneas interconectadas de transmisión de energía eléctrica, disyuntores, cables, conmutadores, transformadores y otros componentes adecuados, que pueden transmitir la energía eléctrica 24 a uno o más destinos, tales como la subestación ilustrada 16 de distribución. A modo de ejemplo, las líneas de transmisión de energía eléctrica del sistema 14 de transmisión de energía eléctrica pueden incluir líneas aéreas de energía eléctrica, cables subacuáticos y/o subterráneos de energía eléctrica o una combinación de los mismos. Tal sistema 14 de transmisión de energía eléctrica puede ser denominado red eléctrica. En algunas realizaciones, en particular cuando se debe transmitir energía eléctrica a grandes distancias, se puede utilizar corriente continua de alta tensión (HVDC). Por ejemplo, la energía eléctrica de CA generada en la estación 12 de generación de energía eléctrica puede ser convertida en energía eléctrica de CC, que normalmente es menos susceptible a pérdidas de línea, transmitida, y luego convertida de nuevo en energía eléctrica de CA en una subestación de recepción.

20 Como se muestra en la FIG. 1, la energía eléctrica 26 transmitida por el sistema 14 de transmisión de energía eléctrica puede ser recibida por una subestación 16 de distribución, que puede distribuir la energía eléctrica a un sistema de distribución que da servicio a una región particular. La subestación 16 de distribución puede incluir uno o más transformadores configurados para disminuir o reducir la tensión de la energía eléctrica 26 recibida del sistema 14 de transmisión de energía eléctrica. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la energía eléctrica 26 transmitida mediante el sistema 14 de transmisión de energía eléctrica puede ser a una tensión elevada, es decir, un intervalo desde entre aproximadamente 11 kilovoltios (kV) hasta aproximadamente 765 kV, y la subestación 16 de distribución puede reducir la tensión de la energía eléctrica 26 hasta un intervalo desde entre aproximadamente 2,4 kV hasta aproximadamente 33 kV, en función de valores que son adecuados para una distribución a la región local.

30 En la realización ilustrada, la energía eléctrica 28 con una tensión reducida es transmitida adicionalmente desde la subestación 16 de distribución hasta la subestación 18 de carga eléctrica regional (denominada a veces "alimentadores"), que puede estar configurada para reducir o disminuir adicionalmente la tensión de la energía eléctrica recibida 28 hasta un nivel que sea adecuado para una distribución a los consumidores (por ejemplo, residenciales, comerciales, industriales, etc.), que pueden utilizar la energía eléctrica (número 30 de referencia) para alimentar la carga eléctrica 20. La energía eléctrica 30 proporcionada por la subestación 18 de carga eléctrica regional puede suministrar energía eléctrica a la que se pueden conectar directamente los consumidores (por ejemplo, mediante un enchufe eléctrico hembra o una toma eléctrica de pared). Como puede apreciarse, la tensión de la energía eléctrica 30 suministrada mediante la red de energía eléctrica puede variar dependiendo de la región local (por ejemplo, normalmente entre 100 V y 240 V). Por ejemplo, en los Estados Unidos de América, la red de energía eléctrica normalmente suministra energía eléctrica con una tensión nominal de aproximadamente 120 V (con una frecuencia de 60 hercios (Hz)). En otras regiones, tales como en ciertas partes de Europa y en la India, la red de energía eléctrica puede suministrar energía eléctrica con una tensión nominal de aproximadamente 230 V (con una frecuencia de 50 Hz). Además, en ciertas aplicaciones industriales, la carga eléctrica 20 puede incluir motores industriales grandes, que pueden ser accionados por energía eléctrica suministrada desde la red con tensiones más elevadas, es decir, entre aproximadamente 2000 y 5000 V. Aunque la presente realización solo muestra una única subestación de distribución, la subestación de carga eléctrica regional, y una carga eléctrica para fines ilustrativos, se debe apreciar que el sistema 14 de transmisión de energía eléctrica puede proporcionar en realidad energía eléctrica a múltiples estaciones de distribución que, a su vez, pueden proporcionar energía eléctrica para impulsar múltiples cargas eléctricas en diversas ubicaciones.

50 Durante condiciones operativas ideales, es deseable mantener el sistema 10 de energía eléctrica en un estado equilibrado, en el que las tensiones y las impedancias de la línea y de la carga eléctrica estén equilibrados, lo que tiene como resultado, por lo tanto, una corriente equilibrada. Por ejemplo, cuando el sistema 10 de energía eléctrica es un sistema de energía eléctrica trifásica, se puede considerar que las tensiones y las corrientes están equilibradas cuando una suma instantánea de las tensiones y corrientes trifásicas en cualquier punto en el tiempo es igual a cero. Por lo tanto, es deseable un estado equilibrado, dado que es menos probable que las tensiones y las corrientes equilibradas dañen las cargas eléctricas sensibles a la tensión (por ejemplo, accionadores de velocidad ajustable, motores síncronos y de inducción, sistemas de control a base de ordenadores, controladores lógicos programables, generadores, etc.). Sin embargo, como se ha expuesto anteriormente, inevitablemente se producen ciertos incidentes que pueden afectar negativamente la calidad de la energía eléctrica y el uso. Tales incidentes pueden incluir caídas de tensión, picos de tensión, armónicos y/o sobretensiones transitorias, todo lo cual puede llevar el sistema 10 de energía eléctrica a un estado desequilibrado. Cuando el sistema 10 de energía eléctrica se encuentra en un estado desequilibrado, las cargas eléctricas sensibles a la tensión pueden interrumpirse, fallar, o funcionar defectuosamente de otra manera, lo que puede tener como resultado interrupciones no planificadas de producción y necesitar una reparación o sustitución de equipos.

En particular, las caídas de tensión pueden ser particularmente problemáticas, debido al menos en parte a su probabilidad y frecuencia de incidencia, generalmente altas. Como se ha expuesto anteriormente, diversas causas pueden contribuir a las condiciones de caída de tensión, o pueden provocar las mismas, en el sistema 10 de energía eléctrica, incluyendo la desconexión de disyuntores, fallos de corto circuito, fallos de equipos eléctricos (por ejemplo, fallos de cables, sobrecarga, etc.), clima inclemente y/o contaminación. Además, las caídas de tensión también pueden producirse debido a incidentes en el extremo de recepción de una señal de energía eléctrica, tales como fallos eléctricos en una instalación industrial o los arranques rápidos de dispositivos grandes basados en la inducción (por ejemplo, motores o accionadores de inducción). Para clarificar la terminología que se utilizará en la presente divulgación, se entenderá que una “caída de tensión” o “condición de caída de tensión” o similares, hace referencia a una reducción repentina en la tensión RMS (en cualquier fase para la energía eléctrica trifásica), haciendo referencia la caída de tensión a la cantidad de la reducción, es decir, bien un valor de tensión o bien un porcentaje con respecto a un estándar de tensión nominal. Por ejemplo, la reducción en la tensión puede prolongarse una duración desde aproximadamente medio ciclo hasta un minuto. Como se apreciará, la caída de tensión está definida a veces por los estándares IEEE como un incidente en el que una reducción repentina en la tensión RMS se encuentra dentro de aproximadamente un 10 a un 90 por ciento de un estándar dado, tal como 120 V para Norteamérica o 230 V para la India. Sin embargo, como se expone a continuación, las realizaciones y las técnicas divulgadas en el presente documento pueden ser capaces de corregir cualquier intervalo de caídas o reducciones de tensión y no están limitadas únicamente a incidentes que satisfagan las definiciones del IEEE. Por lo tanto, para los fines de la presente divulgación, una condición de caída de tensión puede hacer referencia a una reducción repentina en la tensión RMS de cualquier cantidad perceptible.

A veces, se pueden utilizar de forma intercambiable la expresión caída de tensión y la expresión “bajada de tensión” y, además, a veces se utiliza la expresión caída de tensión para hacer referencia a la tensión restante en vez de a la cantidad de reducción. Por ejemplo, si se adopta esta definición, se podría hacer referencia a una reducción de 24 V desde una tensión nominal de 120 V como una caída de tensión del 80 por ciento (dado que la tensión restante, 96 V, es 80 por ciento de 120 V). Sin embargo, para los fines de la presente divulgación, se expresará una caída de tensión como un porcentaje o valor que disminuye la tensión con respecto a una tensión nominal. Por lo tanto, para el anterior ejemplo, se puede hacer referencia a una reducción de 24 V desde una tensión nominal de 120 V como una caída de tensión del 20 por ciento (dado que 24 V es una reducción de un 20 por ciento desde 120 V).

En el gráfico 40 de la FIG. 2 se ilustra un ejemplo de una condición de caída de tensión que puede producirse en una señal de energía eléctrica, según la presente divulgación. La tensión de una señal de energía eléctrica de CA está representada por la línea 42 a trazos. Desde el instante t_0 hasta el t_1 , la señal de energía eléctrica tiene una tensión que es aproximadamente equivalente a una tensión nominal, V_{NOM} . Se produce una condición de caída de tensión entre los instantes t_1 y t_2 , en la que una reducción en la V_{NOM} provoca que la tensión caiga hasta V_{CAIDA} . Entonces, en t_2 , se recupera la condición de caída de tensión, y la tensión de la señal de energía eléctrica vuelve a V_{NOM} entre los instantes t_2 y t_3 . Además, se debería comprender que las condiciones de caída de tensión pueden afectar no solo a la amplitud de la tensión, sino también a ángulos de fase. Por lo tanto, esto también puede afectar negativamente (por ejemplo, causar funcionamientos defectuosos) en dispositivos y equipos que dependen de las fases de tensión de alimentación, tales como convertidores de energía eléctrica que controlan su patrón de disparo en función de las fases de tensión de alimentación. Por lo tanto, haciendo referencia de nuevo a la FIG. 1, para mitigar o reducir de otra manera los efectos de las condiciones de caída de tensión, el sistema 10 de energía eléctrica de la FIG. 1 incluye el sistema 22 de detección de fallos de tensión, que es denominado a veces un sistema de restablecimiento de tensión dinámica (DVR). Además, como puede apreciarse, puede producirse una caída de tensión en cualquier etapa en la transmisión de la energía eléctrica entre el sistema 14 de transmisión de la energía eléctrica y la carga eléctrica 20, y las caídas de tensión que se producen corriente arriba (por ejemplo, en la energía eléctrica 26) pueden afectar a la calidad de la energía eléctrica en etapas corriente abajo (por ejemplo, la energía eléctrica 28, 30). Por lo tanto, en general, el sistema 22 de detección de fallos de tensión puede estar configurado para detectar la incidencia de una condición de fallo, tal como una caída de tensión, en cualquier punto dentro de la vía de transmisión de la energía eléctrica y aplicar una tensión apropiada de corrección. Por ejemplo, el sistema 22 de detección de fallos de tensión puede estar configurado para aplicar tensiones de corrección para detectar condiciones de caída de tensión en las líneas de alimentación a través de las cuales se transmite la energía eléctrica 26, 28 y 30, y aplicar tensiones apropiadas de corrección, objeto de referencia en el presente documento por medio del número 32 de referencia. Además, aunque en la realización de la FIG. 1 se muestra un único sistema 22 de detección de fallos de tensión, otras realizaciones pueden incluir lógica separada de detección de fallos de tensión distribuidas por las diversas etapas distintas de la vía de transmisión de la energía eléctrica (por ejemplo, la vía por la que se proporciona finalmente la energía eléctrica 26 a la carga eléctrica 20).

La FIG. 3 ilustra una realización del sistema 22 de detección de fallos de tensión que incluye lógica 50 de adquisición de datos, lógica 52 de corrección, un circuito 54 de transformadores en derivación que incluye un dispositivo cambiador de tomas bajo carga (OLTC), un circuito 56 de transformadores en serie y una reactancia 58 en serie. Esencialmente, el sistema 22 de detección de fallos de tensión funciona como un sistema de control que detecta una condición de caída de tensión, determina una desviación entre la tensión prevista y la tensión real, y luego aplica una tensión de corrección a la línea de alimentación, de forma que se elimine la desviación en la tensión, de forma que los componentes y las cargas eléctricas corriente abajo no experimenten la caída de tensión.

Como se muestra, se proporciona la tensión de salida desde la subestación 16 de distribución como una señal 60 de tensión de referencia a la lógica 50 de adquisición de datos. En una realización, la lógica 50 de adquisición de datos puede incluir una o más placas de circuito impreso de entrada/salida (I/O) controladas por medio de un microprocesador. Por ejemplo, en un sistema de energía eléctrica trifásica, la lógica de adquisición de datos puede adquirir señales 60 de tensión de referencia representativas de la tensión para cada una de las tres fases. Entonces, se remiten las señales 60 de referencia a la lógica 52 de corrección, que puede estar configurada para comparar las señales de referencia con valores que se corresponden con un conjunto equilibrado de tensiones para cada fase. La lógica 52 de corrección puede estar configurada para implementar un algoritmo de corrección que puede comparar las tensiones 60 de referencia con un conjunto de tensiones diana (por ejemplo, valores previstos de tensión) para cada fase. En una realización, se pueden programar o predefinir las tensiones diana, y pueden corresponderse con valores de tensión que son adecuadas para mantener el sistema 10 de energía eléctrica en un estado equilibrado. A modo de ejemplo, se pueden programar tales valores de tensión diana en una memoria no volátil (por ejemplo, EEPROM, memoria *flash*, etc.) o en uno o más registros de datos en la placa de circuito impreso de I/O de la lógica 50 de adquisición de datos. Además, aunque la presente exposición se centrará en una realización de energía eléctrica trifásica, se debe comprender que también puede conseguirse una realización de energía eléctrica monofásica y, en general, incluirá una señal 60 de tensión de referencia (en vez de tres señales de tensión de referencia como es el caso en el ejemplo de energía eléctrica trifásica).

En función de la comparación mencionada anteriormente, la lógica 52 de corrección determina, para cada fase, si existe una condición de caída de tensión o no. Si existe una condición de caída de tensión, la lógica 52 de corrección determina la desviación entre las señales 60 de tensión de referencia y su tensión diana correspondiente (por ejemplo, correspondiente a la misma fase de la tensión de referencia para energía eléctrica de múltiples fases) para derivar una o más tensiones de corrección. En función de la tensión derivada de corrección para la señal 60 de referencia, se proporcionan señales 62 de control a un controlador de tomas (también denominado excitador de tomas) de un cambiador de tomas bajo carga (OLTC) acoplado a devanados secundarios de un transformador 54 en derivación. Las señales 62 de control pueden indicar las desviaciones para cada tensión en términos de amplitud y de fase.

Como puede apreciarse, el OLTC puede seleccionar un punto de toma que se corresponde con un número particular de espiras de los devanados secundarios del transformador 54 en derivación. Además, se proporcionan las señales 60 de tensión de referencia a los devanados primarios de la circuitería 54 de transformadores en derivación. En una realización de energía eléctrica trifásica, la circuitería 54 de transformadores en serie puede incluir tres transformadores, correspondiéndose cada uno con cada fase de la energía eléctrica trifásica. Como se describirá adicionalmente a continuación en la FIG. 4, la posición de las tomas secundarias del transformador, según se determinan por medio del OLTC, afectan a la relación entre espiras del transformador, permitiendo, de esta manera, un control sobre la tensión de salida de los devanados secundarios del transformador 54 en derivación. Por lo tanto, dependiendo de la posición de las tomas secundarias, el transformador en derivación induce una tensión en cada devanado secundario en función de la tensión primaria (por ejemplo, la tensión 60 de referencia tomada de la línea de alimentación), correspondiéndose la tensión inducida con una tensión de corrección adecuada para compensar una desviación debida a una caída de tensión, según se detecta por medio de la lógica 52 de corrección. En otras palabras, las tensiones de corrección producidas por el sistema 22 de detección de fallos de tensión están derivadas de las propias señales transmitidas de energía eléctrica, sin requerir dispositivos adicionales de almacenamiento de energía ni componentes auxiliares asociados.

Las tensiones de corrección (por ejemplo, la tensión correctora para cada fase), representadas aquí mediante el número 64 de referencia, son proporcionadas entonces a un circuito 56 de transformadores en serie. De nuevo, en una realización de energía eléctrica trifásica, el circuito 56 de transformadores en serie puede incluir tres transformadores. En una realización, cada uno de los transformadores del circuito 56 de transformadores en serie puede tener una relación entre espiras de 1:1, con un devanado secundario acoplado a uno respectivo de los devanados secundarios de la circuitería 54 de transformadores en derivación, y un devanado primario acoplado a la línea de alimentación entre la estación 16 de distribución y la subestación 18 de carga eléctrica regional. Por lo tanto, se proporcionan las tensiones de corrección inducidas en las salidas de los devanados secundarios de la circuitería 54 de transformadores en derivación a los devanados secundarios de la circuitería 56 de transformadores en serie, induciendo, de ese modo, la tensión de corrección en los devanados primarios. Las tensiones de corrección, a las que se hace referencia aquí mediante el número 66 de referencia, pueden ser aplicadas, entonces, a la línea de alimentación, de forma que los componentes corriente abajo (por ejemplo, la carga eléctrica 20, la subestación 18) no vean la condición de caída de tensión.

Además, en la realización mostrada en la FIG. 3, ciertas realizaciones del sistema 22 de detección de fallos de tensión también puede incluir un circuito 58 de reactancia en serie acoplado entre el transformador 54 en derivación y el transformador 56 en serie. La reactancia 58 en serie puede estar configurada para ajustar los ángulos de las fases de las tensiones derivadas 64 de corrección para corregir las desviaciones de fase, como se indica por medio de las señales 62 de control. Además, la presente realización del sistema 22 de detección de fallos de tensión también incluye un bucle 68 de realimentación a través del cual se realimentan las tensiones 66 de corrección producidas por el transformador 56 en serie a la lógica 50 de adquisición de datos. Utilizando esta señal 68 de realimentación, el sistema 22 de detección puede monitorizar la tensión de la energía eléctrica 28 simultáneamente

con las tensiones 66 de corrección, de forma que no se inyecten innecesariamente las tensiones en las líneas de alimentación, tal como en un escenario en el que se recupera una caída en la tensión muy rápidamente antes de que se pueda aplicar la tensión de corrección (por ejemplo, caídas de tensión que se producen únicamente en una duración de menos de medio ciclo, que puede ser menor de 0,02 segundos).

5 Como se comprenderá, aunque el sistema 22 de detección de fallos de tensión mostrado en la FIG. 3 está configurado para detectar y corregir caídas de tensión que ocurren en la energía eléctrica transmitida 28 (por ejemplo, entre la subestación 16 de distribución y la subestación 18 de carga eléctrica regional), el sistema 22 de detección de fallos de tensión puede estar configurado, de forma similar, para detectar y corregir caídas de tensión que se produzcan en la energía eléctrica transmitida 26 (por ejemplo, entre el sistema 14 de transmisión de la energía eléctrica y la subestación 16 de distribución) y la energía eléctrica 30 (por ejemplo, entre la subestación 18 de carga eléctrica regional y la carga eléctrica 20). Por ejemplo, se pueden proporcionar sistemas separados diferenciados 22 de detección de fallos de tensión en cada etapa de la vía de transmisión de la energía eléctrica. Además, el sistema 22 de detección de fallos de tensión puede ser un sistema integrado que esté distribuido a lo largo de la vía de transmisión de la energía e incluye lógica y circuitería de corrección configuradas para producir tensiones de corrección en cualquier etapa en el caso de una caída de tensión.

Se proporcionan los siguientes ejemplos para ilustrar adicionalmente las técnicas de corrección de una caída de tensión que pueden ser llevadas a cabo por medio del sistema 22 de detección de fallos de tensión, como se ha descrito anteriormente en la FIG. 3. En un primer ejemplo, considérese una línea de alimentación que transmite energía eléctrica a una tensión nominal diana de 230 V que experimenta una caída de tensión de un 90 por ciento con una duración de un minuto. En este ejemplo, se proporciona la señal 60 de tensión de referencia a la lógica 50 de adquisición de datos y un devanado primario del transformador 54 en derivación será de aproximadamente 23 V (lo que refleja una reducción de un 90 por ciento desde la tensión nominal de 230 V). Aquí, la lógica 52 de corrección puede determinar que corregir una caída de tensión de un 90 por ciento requerirá una tensión de corrección igual a la desviación entre la tensión de referencia (23 V) y la tensión diana (230 V) o aproximadamente 207 V. En consecuencia, la lógica 52 de corrección proporcionará una señal de control (por ejemplo, la señal 62) a un excitador de tomas, que hace que el OLTC seleccione un punto de toma en el devanado secundario del transformador 54 en derivación, lo que tiene como resultado que el devanado secundario eleve la tensión primaria de 23 V (proporcionada por el devanado primario) hasta una tensión secundaria de 207 V. Entonces, se puede aplicar la tensión secundaria, que sirve como la tensión 66 de corrección, a la línea de alimentación que utiliza el transformador 56 en serie para corregir la condición de caída de tensión para este primer ejemplo.

En un segundo ejemplo, considérese la misma línea de alimentación presentada en el primer ejemplo, pero con una caída de tensión de un 30 por ciento con una duración de un minuto. En este ejemplo, la señal 60 de tensión de referencia que se proporciona a la lógica 50 de adquisición de datos y a un devanado primario del transformador 54 en derivación será de aproximadamente 161 V (lo que refleja una reducción de un 30 por ciento desde la tensión nominal de 230 V). Aquí, la lógica 52 de corrección puede determinar que la corrección de una caída de tensión de un 30 por ciento requerirá una tensión de corrección igual a la desviación entre la tensión de referencia (161 V) y la tensión diana (230 V) o aproximadamente 69 V. En consecuencia, la lógica 52 proporcionará una señal de control (por ejemplo, la señal 62) a un excitador de tomas, que hace que el OLTC seleccione un punto de toma en el devanado secundario del transformador 54 en derivación, lo que tiene como resultado que el devanado secundario reduzca la tensión primaria de 161 V (proporcionada al devanado primario) hasta una tensión secundaria de 69 V. Entonces, se puede aplicar esta tensión secundaria, que sirve de tensión 66 de corrección, a la línea de alimentación utilizando el transformador 56 en serie para corregir la condición de caída de tensión para este segundo ejemplo.

Como puede verse en los dos ejemplos proporcionados anteriormente, el transformador 54 en derivación puede funcionar bien como un transformador elevador o bien como un transformador reductor dependiendo de la selección de la toma aplicada a los devanados secundarios. Por ejemplo, si la tensión 60 de referencia es inferior a un 50 por ciento de la tensión diana (por ejemplo, 230 V), entonces el transformador 54 en derivación puede actuar como un transformador elevador y, si la tensión 60 de referencia es mayor de un 50 por ciento de la tensión diana, el transformador 54 en derivación puede actuar como un transformador reductor. Por lo tanto, para caídas de tensión que provocan una reducción inferior a un 50 por ciento con respecto a una tensión nominal diana, el transformador 54 en derivación lleva a cabo una función reductora en función de la tensión de referencia para derivar la tensión de corrección, y para caídas de tensión que provocan una reducción superior a un 50 por ciento desde una tensión nominal diana, el transformador 54 en derivación lleva a cabo una función elevadora.

Pasando a la FIG. 4, se muestra una vista más detallada del sistema 22 de detección de fallos de tensión de la FIG. 3, en la que se muestran el circuito 54 de transformadores en derivación y el circuito 56 de transformadores en serie utilizando símbolos esquemáticos de circuito. Según se muestra, la energía eléctrica 28 puede ser energía eléctrica trifásica transmitida desde la subestación 16 de distribución hasta la subestación 18 de carga eléctrica regional utilizando las líneas 69 de transmisión. Cuando se corrigen las condiciones de caída de tensión, se proporcionan señales 60 de referencia a la lógica 50 de adquisición de datos y a la circuitería 54 de transformadores en derivación y pueden incluir una primera señal 60a de referencia, una segunda señal 60b de referencia y una tercera señal 60c

de referencia, correspondiéndose con las fases primera, segunda y tercera de la energía eléctrica trifásica 28, respectivamente.

En la presente realización, la circuitería 54 de transformadores en derivación puede incluir los transformadores 54a-54c dispuestos y configurados como se muestra en la FIG. 4. Cada transformador 54a-54c incluye un devanado primario 70a-70c y un devanado secundario 72a-72b. Según se ilustra, se proporciona la señal 60a de referencia al devanado primario 70a del transformador 54a, se proporciona la señal 60b de referencia al devanado primario 70b del transformador 54b y se proporciona la señal 60c de referencia al devanado primario 70c del transformador 54c. Cada devanado secundario 72a-72c puede incluir un terminal 74 acoplado a tierra 74. Además, cada devanado secundario 72a-72c puede incluir múltiples tomas del transformador. Como se ha expuesto anteriormente, la lógica 62 de corrección puede implementar un algoritmo de corrección para determinar las señales 62 de control que pueden controlar cambiadores de tomas bajo carga (OLTC), representados aquí mediante los números 76a-76c de referencia, para seleccionar una toma en su devanado secundario respectivo 72a-72c para producir tensiones 64 de corrección en las salidas de los devanados secundarios 72a-72c de la circuitería 54 de transformadores en derivación. Por ejemplo, el OLTC 76a puede seleccionar una toma apropiada en el devanado secundario 72a del transformador 54a para producir una tensión 64a de corrección que puede corregir la caída de tensión en la fase correspondiente a la señal 60a de referencia. De forma similar, el OLTC 76b puede seleccionar una toma en el devanado secundario 72b del transformador 54b y el OLTC 76c puede seleccionar una toma en el devanado secundario 72c del transformador 54c, en el que la posición de las tomas en los devanados secundarios 72b y 72c tiene como resultado la producción de las tensiones 64b y 64c que pueden ser utilizadas para corregir la caída de tensión en las fases correspondientes a las señales 60b y 60c de referencia, respectivamente. En otras palabras, se derivan las tensiones 64a, 64b, 64c de corrección utilizando las señales 60a, 60b y 60c de referencia sin requerir dispositivos separados adicionales de almacenamiento de energía. Además, como se muestra en la presente realización, los tres transformadores 54a-54c en derivación pueden ser implementados utilizando un único transformador trifásico (por ejemplo, un transformador de desfase).

En la realización ilustrada, el algoritmo de corrección implementado por la lógica 52 de corrección puede recibir las señales 60a, 60b y 60c y determinar la fase y el ángulo de cada señal de referencia. Entonces, el algoritmo de corrección puede convertir los valores de fase y de ángulo en coordenadas rectangulares, que son comparadas entonces con valores de tensión diana para determinar una desviación (si la hay) entre las señales de tensión de referencia y las tensiones diana. Entonces, se pueden convertir las desviaciones en coordenadas polares, que pueden ser utilizadas entonces para generar las señales 62 de corrección. Además, en una realización, las tomas en los transformadores (54a-54c) pueden estar configuradas de manera que cada toma pueda provocar que el devanado secundario 72 produzca una tensión de salida que es un porcentaje de la tensión 60 de referencia. Por lo tanto, en función de la tensión de referencia recibida en el devanado primario 70 y de la desviación calculada por la lógica 52 de corrección, el OLTC 76 puede seleccionar una toma apropiada en el devanado secundario 72, de forma que la salida del devanado secundario sea una tensión que es un porcentaje (por ejemplo, puede ser mayor que un 100 por cien en casos en los que se eleva la tensión) de la tensión en el devanado primario y equivalente a una tensión de corrección.

La selección de las tomas en los devanados secundarios 72a-72c se puede llevar a cabo utilizando los OLTC 76a-76c junto con un codificador binario de la posición, tal como un sensor de código Gray. Se puede proporcionar el OLTC (76a-76c) utilizando cualquier tipo adecuado de mecanismo de cambiador de tomas. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el OLTC 76 puede incluir cambiadores de tomas basados en reactancias o resistencias eléctricas, cambiadores de tomas a base de aceite, cambiadores asistidos por tiristores, cambiadores de tomas de estado sólido o cualquier combinación de los mismos. Además, en una realización, el OLTC 76 puede incluir un cambiador de tomas que utiliza tecnología de conmutación en vacío. Cuando se compara con ciertos otros tipos de dispositivos cambiadores de tomas OLTC, los OLTC de tipo en vacío pueden ofrecer varias ventajas con respecto a la operatividad y a la fiabilidad. Por ejemplo, los OLTC de tipo en vacío normalmente ofrecen tiempos de conmutación más rápidos en comparación con otros tipos de OLTC, tales como OLTC a base de aceite, en particular en intervalos de aplicaciones de baja y media potencia, y también pueden tener factores de forma menores en comparación con otros tipos de OLTC existentes. Además, los OLTC de tipo en vacío pueden exhibir tiempos de recuperación dieléctrica (por ejemplo, de hasta 10 kV/microsegundo) que son generalmente más rápidos con respecto a otros tipos de OLTC. Esto puede proporcionar menores tiempos de arco (por ejemplo, medio ciclo), incluso en casos en los que hay presentes grandes ángulos de fase entre la corriente y la tensión.

Además, debido a que los OLTC de tipo en vacío son sistemas cerrados herméticamente, los arcos generados por el OLTC no interactúan con un medio circundante y las características de conmutación no son necesariamente dependientes del medio circundante. La tensión de arco en el vacío puede ser considerablemente menor que en otros medios, tales como aceite o hexafluoruro de azufre (SF₆), reduciendo, de ese modo, el consumo energético y el desgaste de contacto. Además, la eliminación del medio aislante también puede reducir o eliminar la creación de ciertos subproductos (por ejemplo, carbono). Esto proporciona una eliminación sencilla y conveniente y no requiere el uso de un filtro en línea. Dado que no hay un envejecimiento de un medio aislante, la tecnología de conmutación en vacío puede proporcionar características de conmutación generalmente constantes y fiables durante toda la vida de los interruptores en vacío. Es decir, la ausencia de una oxidación o interacción del medio durante la conmutación tiene como resultado tasas mejoradas de recondensación de vapor metálico sobre los contactos de un OLTC de tipo

en vacío, extendiendo, de ese modo, la vida útil de los contactos y reduciendo la resistencia de los contactos. Por ejemplo, algunos OLTC de tipo en vacío pueden llevar a cabo hasta 300.000 operaciones o más sin requerir un mantenimiento.

Con referencia aún a la FIG. 4, la reactancia 58 en serie puede recibir las salidas 64a-64c de los devanados secundarios 72a-72c del transformador en derivación, que pueden representar tensiones de corrección, y ajustar los ángulos de fase de las tensiones derivadas 64a-64c de corrección para corregir las desviaciones de fase, según indican las señales 62 de control. Entonces, se reciben las tensiones de corrección por medio del circuito 56 de transformadores en serie, que incluye los transformadores 56a-56c. Cada transformador 56a-56c puede incluir un devanado primario 80a-80c y un devanado secundario 78a-78c. Como se ha expuesto anteriormente, los transformadores 56a-56c pueden tener una relación entre espiras de 1:1. Por lo tanto, las tensiones 64a-64c de corrección proporcionadas a los devanados secundarios 78a-78c provocarán que se induzca una tensión equivalente 66a-66c en los devanados primarios 80a-80c. Se pueden aplicar las tensiones 66a-66c de corrección a las líneas 69 de alimentación para corregir las condiciones de caída de tensión, de forma que las cargas eléctricas corriente abajo (por ejemplo, la carga eléctrica 20, la subestación 18 de carga eléctrica regional) vean la tensión nominal prevista.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo que muestra un procedimiento 90 para corregir la caída de tensión en un sistema 10 de energía eléctrica. En particular, el procedimiento 90 puede ser coherente con la operación de las realizaciones descritas anteriormente del sistema 22 de detección y de corrección de fallos de tensión. El procedimiento 90 comienza en el bloque 92, en el que se adquiere una señal de tensión de referencia (por ejemplo, 60) de una línea de suministro de energía eléctrica (por ejemplo, 69). A continuación, en el bloque 94, se determina una desviación entre la tensión de referencia y la tensión diana. Por ejemplo, la desviación se puede determinar por la lógica 52 de corrección (Fig. 3 y 4). Posteriormente, en la lógica 16 de decisión, la lógica de corrección puede determinar si la desviación indica una condición de caída de tensión. Por ejemplo, si hay presente una condición de caída de tensión, la desviación puede indicar que la tensión de referencia es menor que la tensión diana. De forma similar, si no hay presente una condición de caída de tensión, la desviación puede ser de cero (por ejemplo, la tensión de referencia es igual a la tensión diana).

Si la lógica 96 de decisión indica que no hay presente una condición de caída de tensión, el procedimiento 90 puede volver al bloque 92, como se muestra en la FIG. 5. Si la lógica 96 de decisión indica que hay presente una condición de caída de tensión (por ejemplo, la desviación indica una reducción en la tensión diana), entonces el procedimiento 90 prosigue al bloque 98, en el que se determina la tensión requerida de corrección para corregir la caída de tensión en función de la desviación. Subsiguientemente, en el bloque 100, se puede utilizar un transformador en derivación (por ejemplo, el transformador 54 en derivación) para derivar la tensión requerida de corrección utilizando la señal de tensión de referencia. Por ejemplo, como se ha expuesto anteriormente en la FIG. 4, la lógica 52 de corrección puede proporcionar una señal (por ejemplo, 62) que puede controlar un cambiador de tomas bajo carga para seleccionar una toma en un devanado secundario del transformador en derivación. La toma seleccionada puede elevar o reducir la tensión de referencia, que puede ser proporcionada al devanado primario del transformador en derivación, de forma que se induzca la tensión requerida de corrección en el devanado secundario. Entonces, en el bloque 102, se aplica la tensión de corrección a la línea de suministro de energía eléctrica para corregir la caída de tensión. Por ejemplo, en la realización mostrada en la FIG. 4, se puede ajustar en fase la tensión de corrección proporcionada por el transformador en derivación por medio de una reactancia en serie (por ejemplo, 58) y luego puede ser suministrada a un transformador en serie (por ejemplo, 56) con una relación entre espiras de 1:1 que recibe (por ejemplo, en un devanado secundario) la tensión de corrección (por ejemplo, procedente de un devanado primario), y luego le da salida, para que sea aplicada a las líneas de suministro eléctrico.

Las técnicas y realizaciones descritas anteriormente para una detección y corrección de fallos de tensión pueden ofrecer varias ventajas cuando se comparan con otros tipos de sistemas de detección de fallos de tensión. Por ejemplo, algunos sistemas existentes de detección/corrección de fallos de tensión (por ejemplo, sistemas de restablecimiento de tensión dinámica) que abordan los problemas de caída de tensión pueden operar produciendo una tensión de corrección utilizando un dispositivo separado de almacenamiento de energía, tal como una gran batería de condensadores. Para generar una tensión correctora apropiada utilizando tal dispositivo de almacenamiento de energía, normalmente se requieren equipos auxiliares adicionales, tales como transformadores elevadores, circuitería de filtraje armónico, mecanismos de control, convertidores de fuentes de tensión basados en IGCT, dispositivos de carga de CC (por ejemplo, para cargar la batería de condensadores), controladores de inyección, sistemas de control y de protección, transformadores de inyección en serie, y conmutadores inversores. Por lo tanto, los sistemas existentes, cuando son comparados con las realizaciones divulgadas en el presente documento, pueden requerir varios componentes adicionales y, por lo tanto, pueden ser más costosos de implementar y de mantener. Como se ha expuesto anteriormente, la presente técnica utiliza la tensión de la propia línea de suministro de energía eléctrica para inducir una tensión requerida de corrección y, por lo tanto, no requiere un dispositivo separado de almacenamiento de energía.

Diversos efectos técnicos de la presente divulgación pueden incluir proporcionar un sistema 22 de detección de fallos de tensión en un sistema de energía eléctrica que es capaz de detectar fallos de tensión en una línea de alimentación, tales como condiciones de caída de tensión, y de derivar inmediatamente una tensión de corrección

5 que es aplicada a la línea de alimentación, de forma que las cargas eléctricas corriente abajo no se vean afectadas por la caída de tensión. Se puede derivar la tensión de corrección utilizando un transformador en derivación que recibe una señal de tensión de referencia procedente de la línea de alimentación correspondiente a la tensión medida de la señal de energía eléctrica en su primario. Un cambiador de tomas (OLTC) acoplado al secundario del transformador en derivación puede, en función de una señal de corrección, seleccionar una toma que haga que se induzca la tensión requerida de corrección en el secundario del transformador en derivación. Entonces, se puede aplicar esta tensión de corrección a la línea de alimentación.

10 La presente descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferente, y también para permitir que un experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y llevar a cabo cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica. Se pretende que tales otros ejemplos se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales con respecto al lenguaje literal de las reivindicaciones.

15

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (10) que comprende:

un sistema (22) de detección de fallos de tensión configurado para adquirir una señal (60) de tensión de referencia procedente de una línea (69) de alimentación para determinar si está presente una condición de caída de tensión en la línea (69) de alimentación, determinar una tensión (64, 66) de corrección para corregir la condición de caída de tensión, utilizar la tensión (60) de referencia para producir la tensión (64, 66) de corrección, y aplicar la tensión (64, 66) de corrección a la línea (69) de alimentación; en el que el sistema (22) de detección de fallos de tensión comprende:

un transformador (54) en derivación que tiene un devanado primario (70) y un devanado secundario (72), en el que se proporciona la tensión (60) de referencia al devanado primario (70) y en el que se controla el devanado secundario (72) para inducir la tensión (64) de corrección en función de la tensión (60) de referencia, y un transformador (56) en serie que tiene un devanado primario (80) y un devanado secundario (78), acoplado el devanado secundario (78) del transformador en serie al devanado secundario (72) del transformador en derivación, configurado el devanado secundario (78) del transformador en serie para recibir la tensión (64) de corrección desde el transformador (54) en derivación, y acoplado el devanado primario (80) del transformador en serie a la línea (69) de alimentación, en el que se induce la tensión (66) de corrección en el devanado primario (80) del transformador (56) en serie y es aplicada a la línea (69) de alimentación por medio del transformador en serie.

2. El sistema (10) de la reivindicación 1, en el que el sistema (22) de detección de fallos de tensión comprende lógica (50) de adquisición de datos configurada para adquirir la señal (60) de tensión de referencia.

3. El sistema (10) de cualquier reivindicación precedente, en el que el sistema (22) de detección de fallos de tensión comprende lógica (52) de corrección configurada para comparar la señal (60) de tensión de referencia con una tensión diana, determinar una desviación con respecto a la tensión diana en función de la comparación y determinar la tensión (64) de corrección en función de la desviación.

4. El sistema (10) de la reivindicación 3, en el que la tensión diana se corresponde con una tensión nominal prevista de una señal (28) de energía eléctrica transmitida por la línea (69) de alimentación.

5. El sistema (10) de cualquier reivindicación precedente, en el que el sistema (22) de detección de fallos de tensión comprende un cambiador (76) de tomas bajo carga configurado para seleccionar un punto de toma entre una pluralidad de puntos de toma en el devanado secundario (72) del transformador (54) en derivación en respuesta a una señal (62) de control proporcionada por la lógica (52) de corrección, en el que el punto seleccionado de toma provoca que el devanado secundario (72) del transformador (54) en derivación produzca la tensión (64) de corrección utilizando la tensión (60) de referencia.

6. El sistema (10) de la reivindicación 5, en el que el cambiador (76) de tomas bajo carga comprende un cambiador conmutador de tomas bajo carga de tipo en vacío.

7. Un sistema (10) de energía eléctrica que comprende:

una vía (69) de transmisión de la energía eléctrica; y
un sistema (22) de control acoplado a la vía (69) de transmisión de la energía eléctrica y configurado para detectar y corregir una condición de caída de tensión que ocurre en la vía (69) de transmisión de la energía eléctrica, en el que el sistema (22) de control comprende:

una unidad (50) de adquisición de datos configurada para adquirir una tensión en la vía (69) de transmisión de la energía eléctrica como una señal (60) de tensión de referencia;

una unidad (52) de corrección configurada para recibir la señal (60) de tensión de referencia procedente de la unidad (50) de adquisición de datos, comparar la señal (60) de tensión de referencia con una tensión diana y determinar una tensión requerida (64, 66) de corrección en función de una diferencia entre la tensión diana y la señal (60) de tensión de referencia;

circuitería (54) de transformadores en derivación que comprende un transformador (54a) en derivación que tiene un devanado primario (70a) que recibe la señal (60) de tensión de referencia y un devanado secundario (72a), configurada la circuitería de transformadores en derivación para derivar la tensión (64) de corrección en el devanado secundario utilizando la señal (60) de tensión de referencia; y

circuitería (56) de transformadores en serie que comprende un transformador en serie que tiene un devanado primario y un devanado secundario, acoplado el devanado secundario del transformador en serie al devanado secundario del transformador en derivación, configurada la circuitería de transformadores en serie para aplicar la tensión (66) de corrección a la vía (69) de transmisión de la energía eléctrica para corregir la condición de caída de tensión.

8. El sistema (10) de la reivindicación 7, en el que el devanado secundario (72a) del primer transformador (54a) en derivación está controlado por medio de un primer cambiador (76a) de tomas bajo carga para producir la tensión requerida (64a) de corrección.
- 5 9. El sistema de la reivindicación 8, en el que el primer cambiador (76a) de tomas bajo carga selecciona un punto de toma en el devanado secundario del primer transformador (54a) en derivación en respuesta a una señal de control proporcionada desde la unidad de corrección.
10. El sistema de la reivindicación 7, 8 o 9, en el que la vía de transmisión de la energía eléctrica está configurado para transmitir energía eléctrica trifásica de CA.
- 10 11. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que la señal de tensión de referencia comprende primera, segunda y tercera tensiones de referencia correspondientes a las primera, segunda y tercera fases respectivas de la energía eléctrica trifásica y de la circuitería (54) de transformadores en derivación comprende un segundo transformador en derivación que tiene un devanado primario y un devanado secundario, y un tercer transformador en derivación que tiene un devanado primario y un devanado secundario, y en el que el primer transformador en derivación produce una primera tensión de corrección para corregir la primera fase de la energía eléctrica trifásica de CA, el segundo transformador en derivación produce una segunda tensión de corrección para corregir la segunda fase de la energía eléctrica trifásica de CA, y el tercer transformador en derivación produce una tercera tensión de corrección para corregir la tercera fase de la energía eléctrica trifásica de CA.
- 15
- 20 12. El sistema de la reivindicación 11, en el que el devanado secundario del segundo transformador en derivación está controlado por un segundo cambiador de tomas bajo carga para producir la segunda tensión de corrección en función de la segunda tensión de referencia y el devanado secundario del tercer transformador en derivación está controlado por medio de un tercer cambiador de tomas bajo carga para producir la tercera tensión de corrección en función de la tercera tensión de referencia.
- 25 13. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, en el que el sistema (22) de control comprende una reactancia (58) en serie configurada para proporcionar ajustes de fase para la tensión de corrección, o para cada una de ellas.
14. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, en el que la circuitería (54) de transformadores en derivación comprende transformadores primero, segundo y tercero en derivación correspondientes a los devanados primero, segundo y tercero de un transformador trifásico.
- 30 15. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 14, en el que la circuitería (54) de transformadores en derivación está configurada para llevar a cabo una función elevadora si la caída de tensión es mayor de un 50 por ciento de la tensión diana y llevar a cabo una función reductora si la caída de tensión es menor de un 50 por ciento de la tensión diana.

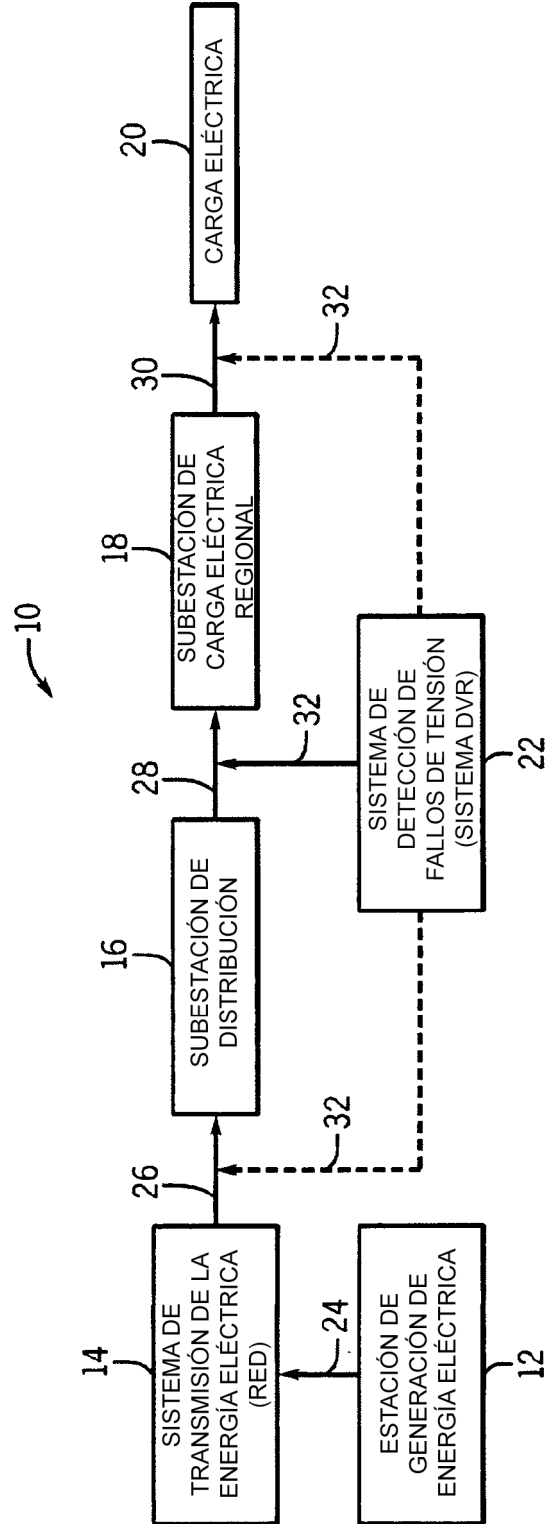


FIG. 1

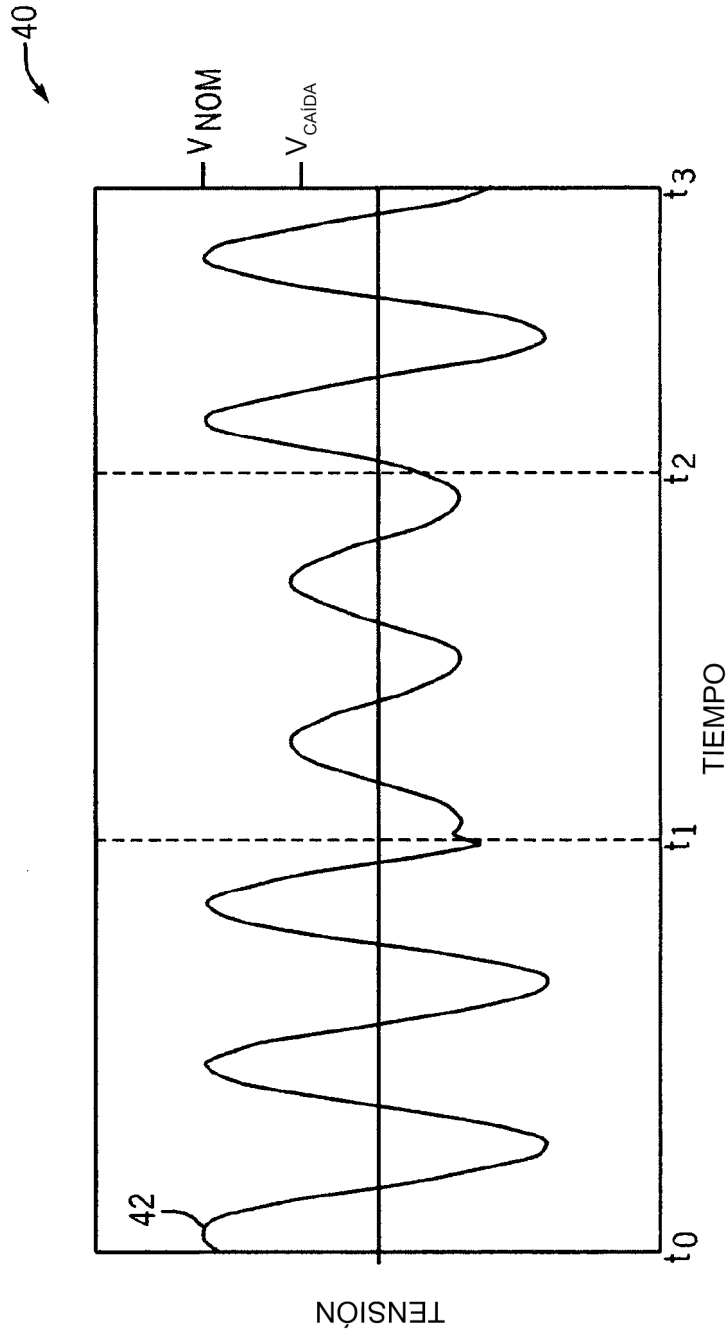


FIG. 2

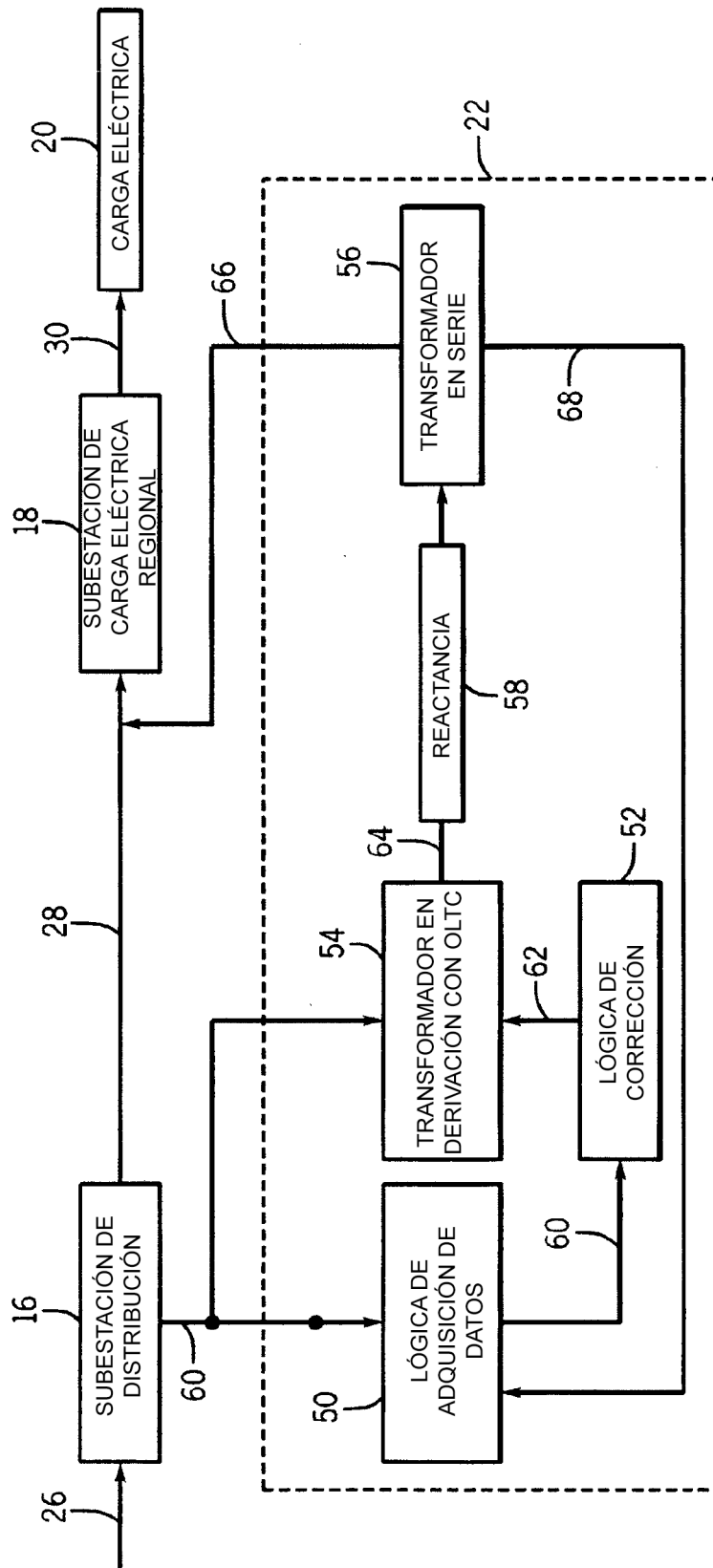


FIG. 3

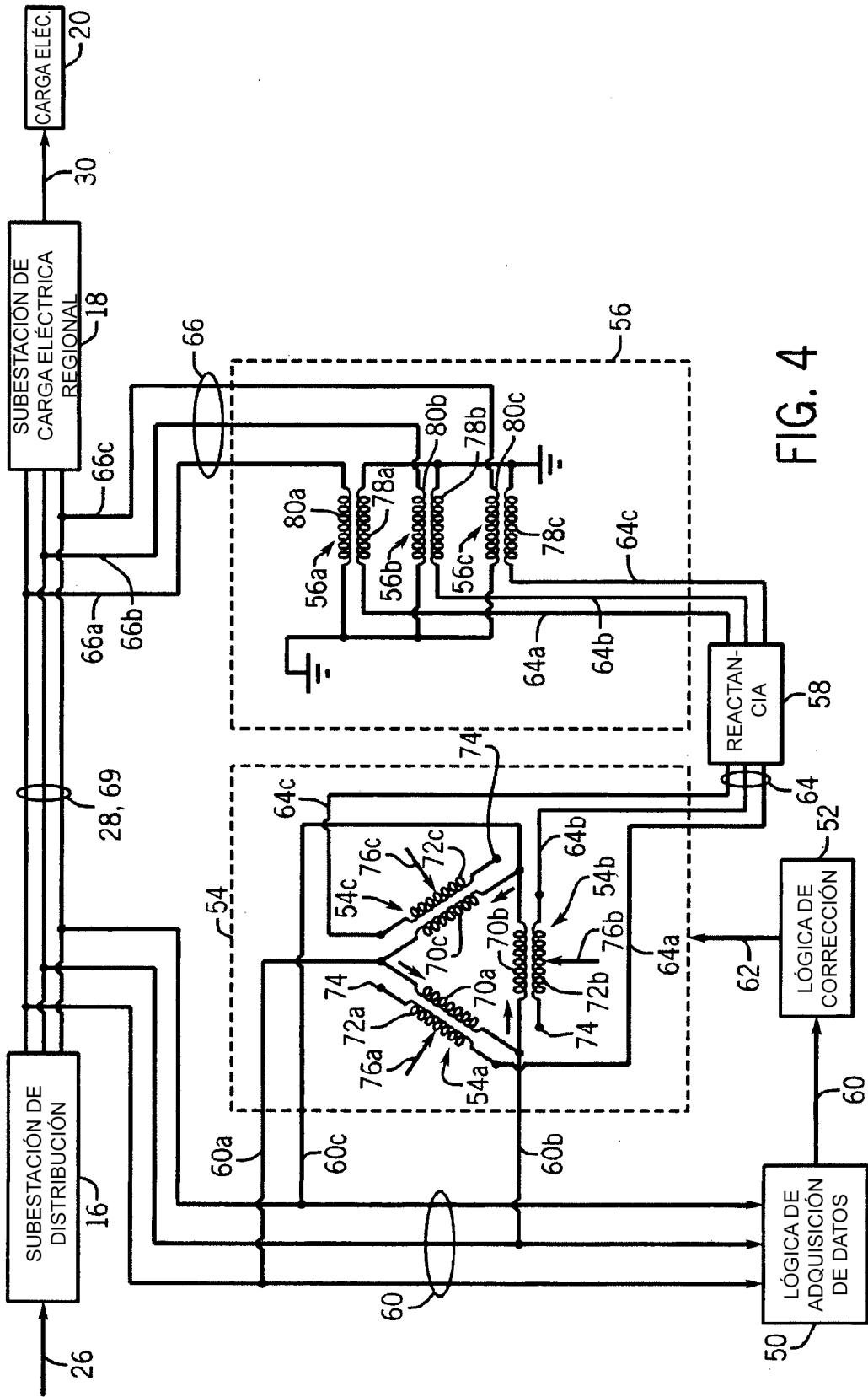


FIG. 4

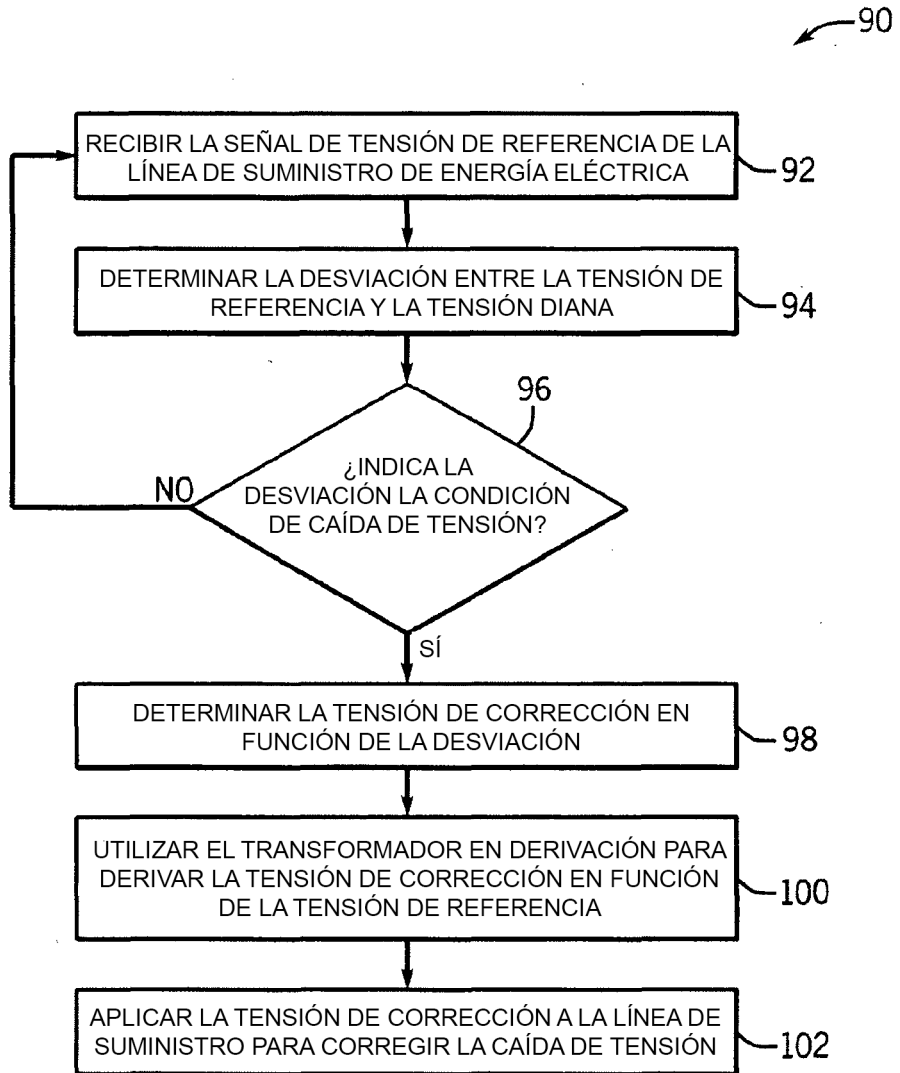


FIG. 5