

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 533 797**

51 Int. Cl.:

**G01R 27/16** (2006.01)  
**G01R 27/18** (2006.01)  
**G01R 31/02** (2006.01)  
**G01R 31/06** (2006.01)  
**G01R 31/34** (2006.01)  
**H02H 5/10** (2006.01)  
**H02H 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.07.2010 E 10735255 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.01.2015 EP 2596373**

54 Título: **Dispositivo y método para la detección de una falla a tierra**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**14.04.2015**

73 Titular/es:  
**ABB TECHNOLOGY AG (100.0%)**  
**Affolternstrasse 44**  
**8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:  
**GAJIC, ZORAN**

74 Agente/Representante:  
**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 533 797 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**

Dispositivo y método para la detección de una falla a tierra.

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere al campo de la protección de un dispositivo eléctrico, tal como un generador, un reactor o un motor eléctrico conectado en una línea eléctrica de corriente alterna. Se refiere a una disposición y a un método para detectar una falla a tierra. Se refiere en particular a detectar una falla a tierra que puede producirse cerca de un punto neutro de la máquina eléctrica.

**Estado de la técnica**

10 Una falla a tierra en una máquina eléctrica que está conectada a una red eléctrica puede suponer un peligro considerable para el funcionamiento correcto de la máquina eléctrica. Por ejemplo, una falla a tierra de estator es el tipo más común de falla a la que está sometido un generador. Es la causa más frecuente de daños al devanado del estator del generador y puede ser una causa directa de una falla entre fases consiguiente. La máquina eléctrica está conectada a tierra a través de un sistema de puesta a tierra, tal como una impedancia, para limitar las tensiones mecánicas y daños por falla en la máquina, para limitar la tensión transitoria durante las fallas, y para proporcionar  
15 medios para la detección de fallas a tierra dentro de la máquina eléctrica. Aunque la primera corriente de falla a tierra puede ser despreciable y no causará daño inmediato, dos fallas a tierra sucesivas pueden dar lugar a una corriente de cortocircuito que no pueda ser limitada por el sistema de puesta a tierra, lo que por lo tanto puede tener como resultado un daño serio para la máquina eléctrica y tal daño puede ser muy costoso.

20 Por ejemplo, para un generador eléctrico trifásico, una protección de falla a tierra del estator se consigue mediante la medición de tensión de secuencia cero en el punto neutro del generador, lo que puede proporcionar un 95% de protección de un devanado de estator de los terminales del generador, mientras que el 5% del devanado del estator cerca del punto neutro no puede ser protegido por este esquema. A menudo, los usuarios finales requieren un 100% de protección frente a fallas a tierra del devanado del estator, lo que significa que el último 5% del devanado del estator tiene que ser protegido.

25 El documento EP 1 936 393 A1 se refiere a una disposición para medir una impedancia de un dispositivo eléctrico. La disposición comprende una unidad de inyección de señal para inyectar una señal de prueba en una frecuencia no nominal en un circuito eléctrico del dispositivo eléctrico, una unidad de conversión de señal para medir cantidades eléctricas a partir de la señal de prueba inyectada y un dispositivo de procesamiento para recibir las cantidades eléctricas medidas para determinar la característica eléctrica. Tal característica eléctrica puede ser usada, por  
30 ejemplo, para detectar fallas a tierra para un generador. La redundancia para la determinación de características eléctricas del dispositivo eléctrico puede conseguirse aplicando dos disposiciones, una primera y una segunda disposición. Una primera unidad de inyección de señal de la primera disposición inyecta una primera señal de prueba a una primera frecuencia no nominal en un primer circuito eléctrico del dispositivo y una segunda unidad de inyección de señal inyecta una segunda señal de prueba a una segunda frecuencia no nominal dentro de un  
35 segundo circuito eléctrico del dispositivo. Un primer y un segundo dispositivos de procesamiento calculan las características eléctricas basándose en la cantidades eléctricas medidas recibidas, respectivamente, de la primera y la segunda unidad de conversión de señal. Una señal de salida es determinada en base a una primera señal de salida generada por la primera unidad de procesamiento y una segunda señal de salida generada por el segundo procesamiento.

40 El documento WO 2010/069739 A1 describe una disposición similar que comprende todas las características del preámbulo de las reivindicaciones 1 y 10.

Dos esquemas han sido descritos en la Guía de la IEEE para la protección de tierra de generador, el estándar IEEE C37.101, proporcionando ambos un 100% de protección del devanado del estator.

45 El primer esquema se basa en un principio de que un tercer armónico puede ser producido por un generador en funcionamiento y puede aparecer en el punto neutro de un generador como cantidad de secuencia cero. Midiendo el tercer armónico en el neutro y los terminales y comparando los valores medidos, se puede determinar si se ha producido una falla a tierra y la localización de la falla a tierra, es decir, si la falla a tierra se produce en el neutro o en los terminales. Sin embargo, este esquema no funcionará cuando la máquina esté parada y otra desventaja es que el esquema depende de la producción del tercer armónico de la máquina y es un hecho que no todo generador  
50 eléctrico produce un tercer armónico en el neutro.

El funcionamiento del segundo esquema se basa en la inyección de una señal a una frecuencia diferente de la frecuencia fundamental del sistema en el que es operada una máquina eléctrica. Una señal es inyectada en uno de los subarmónicos. Un valor típico puede ser, por ejemplo, 12,5 Hz o 20 Hz con respecto a una frecuencia fundamental de 50 Hz o 60 Hz. Al medir la variación de las cantidades eléctricas subarmónicas que resultan por la  
55 señal inyectada puede ser detectada una falla a tierra. Sin embargo, este esquema tiene una dependencia de un sistema de puesta a tierra de la máquina eléctrica, lo que significa que los componentes y la disposición del esquema son modificados en consecuencia, por ejemplo se puede inyectar la señal en el neutro o en el terminal de

la máquina. En general, tienen que ser medidas tanto la corriente como la tensión, lo que tiene como resultado una solución costosa.

5 Además de las fallas a tierra, una máquina eléctrica está sometida también a otros tipos de fallas, por ejemplo sobretensión, corriente desequilibrada, sobrecalentamiento, falla entre espiras, falla entre fases, etc. Para proteger la máquina eléctrica frente a varias fallas están previstos varios sistemas de protección equipados con varios dispositivos de medición. Por ejemplo, un transformador de instrumento que tiene un devanado primario y un devanado secundario está previsto a menudo en el neutro de la máquina eléctrica para la medición de tensiones. En base a la medición un relé de protección puede inicializar un esquema de protección correspondiente. Otra disposición típica es que una unidad transformador/transformador elevador está conectada a la máquina eléctrica.

## 10 **Objetos y sumario de la invención**

El objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo simplificado para la detección de una falla a tierra que supere los inconvenientes de la técnica anterior mencionados anteriormente.

Este objeto se consigue por una disposición para la detección de una falla a tierra como se define en la reivindicación 1.

15 El principio de funcionamiento de la invención se basa en que si se produce una falla a tierra en el punto neutro o cerca de él, la señal inyectada resultante medida disminuirá o desaparecerá en el punto neutro, mientras que durante un funcionamiento normal, la señal inyectada estará presente en el punto neutro.

20 Mediante la medición y el examen de la señal inyectada en el punto neutro puede ser detectada una falla a tierra que se produce en el punto neutro o cerca de él. Esto es particularmente importante para la detección de una falla a tierra del estator, ya que permite un 100% de protección de falla a tierra de estator cuando se usa junto con un relé de protección de falla a tierra del estator al 95% ya mencionado.

Una ventaja de la invención, en comparación con el primer esquema de la técnica anterior, es que la invención puede detectar una falla a tierra incluso si la máquina está parada porque la invención se basa en señales inyectadas en lugar de la generación de un tercer armónico de la máquina eléctrica.

25 En el caso de que ambos o uno cualquiera del transformador de instrumento y el transformador de tensión ya existan en el circuito eléctrico para otros fines de protección, pueden estar configurados, respectivamente, para inyectar la señal y para medir la señal inyectada. En este caso, la invención tiene una ventaja adicional en comparación con el segundo esquema de la técnica anterior debido a que la invención hace posible que no se necesiten instrumentos adicionales además de los instrumentos de medida ya existentes. Esto permite una solución con un precio que merezca la pena especialmente cuando la máquina protegida es un pequeño generador, por ejemplo. Esto significa que reutilizar mediciones ya existentes en la red tiene como resultado una solución rentable para los clientes.

30 De acuerdo con una realización de la invención, la unidad de detección de falla a tierra está configurada además para comparar la señal medida con un umbral especificado y si la señal medida está por debajo del umbral es detectada una falla a tierra cerca del punto neutro. La unidad de detección de falla a tierra puede inicializar además una señal a una unidad de protección que puede inicializar además una señal de disparo basada en la severidad de la falla a tierra detectada.

35 Según otra realización de la invención, el transformador de tensión está configurado para medir la señal inyectada en sus devanados secundarios. La unidad de detección de falla a tierra está configurada para detectar una falla a tierra basándose en la señal medida del transformador de tensión y la señal medida del transformador de instrumento.

De acuerdo con una realización de la invención, el punto neutro de la máquina eléctrica está o bien puesto a tierra mediante impedancia o bien no puesto a tierra.

40 De acuerdo con una realización de la invención, la máquina eléctrica es cualquier generador, motor o reactor y sus devanados de estator están conectados en estrella.

De acuerdo con una realización de la invención, el transformador de instrumento conectado al punto neutro puede ser o bien un transformador de tensión o bien un transformador de distribución.

45 De acuerdo con una realización de la invención, la señal inyectada es o bien una señal de tensión o una señal de corriente. La señal es inyectada con una cantidad que varía con el tiempo, lo que significa que la señal inyectada tiene una forma de onda de corriente alterna, tal como sinusoidal, cuadrada, etc.

Según una realización de la invención en el caso de que la máquina eléctrica sea operada a una frecuencia fundamental del sistema, la señal inyectada tiene una frecuencia diferente de la frecuencia fundamental del sistema.

Según una realización de la invención, la señal inyectada tiene una magnitud de tensión inferior a 2V en el caso de que la señal inyectada sea una señal de tensión.

5 El objeto de la presente invención se consigue también mediante un método como se define en la reivindicación 10. Tal método comprende las etapas de inyectar una señal al devanado secundario del transformador de unidad, medir la señal inyectada resultante en el devanado secundario del transformador de instrumento y determinar si se ha producido o no una falla a tierra cerca del punto neutro en base a la señal inyectada resultante medida.

El método puede comprender además las etapas de comparar la señal medida con un umbral especificado y determinar si hay una falla a tierra en base al resultado de la comparación.

10 Además, el método puede comprender también las etapas de medir la señal inyectada en el devanado secundario del transformador de tensión y determinar una localización de una falla a tierra en base a la señal inyectada medida del transformador de tensión y la señal inyectada resultante medida del instrumento transformador.

### Breve descripción de los dibujos

La invención se explicará ahora con más detalle por la descripción de diferentes realizaciones de la invención y con referencia a las figuras adjuntas.

15 Fig. 1, muestra un diagrama esquemático de una disposición para detectar una falla a tierra del devanado del estator de un generador, de acuerdo con una realización de la invención;

Fig. 2, muestra un diagrama de flujo del método inventado para detectar una falla a tierra de una máquina eléctrica; y

Fig.3, ilustra un diagrama esquemático de otra disposición de la invención.

### 20 Descripción detallada de realizaciones preferidas de la invención

En los siguientes ejemplos la invención es utilizada para detectar una falla a tierra del estator de un generador y es inyectada una señal de tensión al devanado secundario de un transformador de tensión. Sin embargo, la invención no está limitada a la inyección de la señal de tensión y la máquina eléctrica puede ser un reactor por ejemplo.

25 La figura 1 muestra un circuito eléctrico 1 que comprende un generador trifásico 10 y un transformador de unidad 20. El generador comprende además devanados del estator 12 que tienen un punto neutro 14 y terminales 13 conectados a los devanados primarios del transformador de unidad. En este ejemplo, los devanados primarios del transformador de unidad están conectados en triángulo a los terminales del generador para aislar el generador de fallos externos de la red. Sin embargo, también es posible tener los devanados primarios del transformador de unidad conectados en estrella.

30 Una disposición 2 está formada para detectar una falla a tierra de los devanados de estator y comprende una unidad de inyección de señal 20, un transformador de tensión 30, un transformador de instrumento 40 y una unidad de detección de falla 50. El transformador de tensión 30 y el transformador de instrumento 40 tienen una tensión nominal de 100 -120 V en el lado secundario.

35 El transformador de tensión 30 está conectado a los terminales 13 de los devanados del estator a través de su devanado primario 31, mientras que sus devanados secundarios 32 están conectados en triángulo abierto y un resistor 35 está conectado transversalmente a los dos extremos de los devanados secundarios 32. La unidad de inyección de señal está conectada a los devanados secundarios 32 del transformador de tensión 30 y dispuesta para generar una señal que a su vez es inyectada a los devanados secundarios 32 del transformador 30 a través del canal de conexión 34.

40 El punto neutro 14 de los devanados del estator está conectado al devanado primario 48 del transformador de instrumento 40 y puesto a tierra mediante impedancia a través de un resistor 42 que está conectado a través del devanado secundario 49 del transformador de instrumento para conectar a tierra el punto neutro de los devanados del estator, lo que es una configuración de lo más común dentro de los sistemas regulados por ANSI. El resistor está adaptado para limitar la corriente de falla a tierra a un valor que sea seguro para el aislamiento del estator del generador en caso de que se produzca una falla a tierra en el estator. Este límite está típicamente en un rango de 3-45 25 A.

Aunque en este esquema la máquina está puesta a tierra basándose en un sistema de puesta a tierra mediante impedancia, sin embargo, la invención no está limitada a este sistema de puesta a tierra. También es aplicable en el caso de que no esté presente ningún sistema de puesta a tierra o cuando se utiliza un sistema de puesta a tierra primario. Esto significa que la invención es aplicable a una máquina eléctrica con independencia de su sistema de puesta a tierra y una señal es inyectada siempre desde el lado terminal de la máquina eléctrica como se recomienda y medida en el punto neutro, lo que contrasta con el segundo esquema del estado de la técnica.

Más precisamente, un transformador de tensión 45 es utilizado para transformar las tensiones en el punto neutro del estator hasta un nivel medible. En lugar de un transformador de tensión puede ser utilizado un transformador de distribución para el mismo propósito. En tal caso, el transformador de distribución puede tener un voltaje nominal de hasta 240 V en el lado secundario.

5 Además, la respuesta de la señal inyectada es medida en los devanados secundarios del transformador 45 a través de la conexión 44 y es comunicada además a la unidad de detección de falla a tierra que está configurada para comparar la señal medida con un valor umbral especificado y para determinar si se ha producido una falla a tierra cerca del punto neutro de los devanados de estator. Durante todas las condiciones de funcionamiento normal estará presente la señal inyectada en el punto neutro. En caso de una falla a tierra la respuesta de la señal inyectada  
10 disminuirá y eventualmente desaparecerá en el punto neutro 14 y en consecuencia, también disminuirá y eventualmente desaparecerá en los devanados secundarios del transformador 45.

Para detectar tales fallas a tierra y dar protección a la máquina eléctrica frente a fallas a tierra, puede ser usada una sencilla función de protección de baja tensión, que puede estar localizada en el mismo lugar que el transformador de tensión 45. Las fallas en otras partes del devanado del estator serán detectadas y protegidas por una protección de  
15 falla a tierra de estator estándar de 95% para proporcionar una protección de falla a tierra del 100% para los devanados del estator de un generador, por ejemplo.

La Figura 3 muestra un diagrama esquemático de otra realización de la invención, en el que el transformador de tensión 30 está configurado además para medir la señal inyectada en sus devanados secundarios través de la conexión 36. Las señales inyectadas son medidas en el transformador de tensión 30 y el transformador de tensión  
20 45, respectivamente, y son comunicadas a la unidad de detección de falla 50. La unidad de detección de falla 50 está configurada para supervisar y comparar las señales medidas. Mediante la comparación de las señales medidas en los terminales y el punto neutro, la unidad de detección puede determinar si existe o no una falla a tierra mediante la determinación de una resistencia de falla a tierra.

La Figura 2 es una ilustración de un diagrama de flujo del método inventado para la detección de una falla a tierra de una unidad de máquina eléctrica conectada en un circuito eléctrico.

El método se inicia mediante la inyección de una señal al devanado secundario del transformador de tensión, la etapa 100. La señal inyectada en el caso más sencillo puede ser una señal sinusoidal. Pero también puede tener cualquier otra forma adecuada que comprenda múltiples frecuencias con una frecuencia dominante, como por ejemplo una señal de pulso rectangular. En el caso de que la máquina eléctrica sea operada a una frecuencia  
30 fundamental, la señal será inyectada a una frecuencia diferente. La frecuencia puede ser seleccionada para que sea asíncrona respecto a cualquier otro armónico presente en la máquina eléctrica, de modo que la frecuencia sea distinguible y fácilmente escogida del espectro de la señal cuando se analiza la señal. Por ejemplo, la frecuencia seleccionada puede estar en un rango de 1.6 a 1.9 veces la frecuencia fundamental. Preferiblemente, la señal inyectada será una señal de tensión y tendrá una magnitud menor de 2V, preferiblemente en un intervalo de 0,5 V a  
35 2,0 V.

En la siguiente etapa 110 es medida la señal inyectada resultante en el devanado secundario del transformador de instrumento conectado al punto neutro. Además, la señal inyectada es medida en el devanado secundario del transformador de tensión, etapa 120. La señal inyectada resultante medida en el devanado secundario del transformador de instrumento es comparada con un umbral especificado, etapa 130 o, alternativamente, con la señal inyectada medida en los devanados secundarios del transformador de tensión que está conectado a lado terminal de la máquina eléctrica, etapa 130'.

Si la comparación muestra que la señal inyectada resultante medida está por debajo del umbral o, alternativamente, la señal inyectada resultante medida disminuye, mientras que señal inyectada resultante medida aumenta en el lado terminal, se detecta una falla a tierra cerca del punto neutro, etapa 140. Al detectar la falla a tierra, una señal de disparo puede ser inicializada y la máquina eléctrica será desconectada del circuito eléctrico por un interruptor automático.

**REIVINDICACIONES**

1. Disposición (2) para detectar una falla a tierra en un circuito eléctrico de corriente alterna (1) que comprende:
- una máquina eléctrica (10) que tiene un lado neutro (14) que se conecta a un punto neutro y a un lado terminal (13), y
- 5 - un transformador de unidad (16) conectado al lado terminal (13) de la máquina (10),  
en la que la disposición comprende:
- una unidad de inyección de señal (20),
  - un transformador de tensión (30) que tiene un devanado primario (31) conectado al lado terminal (13) de la máquina eléctrica y un devanado secundario (32) que está conectado en triángulo abierto,
- 10 - un transformador de instrumento (40, 45) que tiene un devanado primario (48) conectado al punto neutro (14) de la máquina eléctrica y un devanado secundario (49), y
- una unidad de detección de falla a tierra (50),
  - estando configurada la unidad de inyección de señal (20) para inyectar una señal al devanado secundario (32) del transformador de tensión (30),
- 15 - estando configurada la unidad de detección de falla a tierra (50) para detectar una falla a tierra en base a la señal inyectada resultante medida,  
caracterizada por que el transformador de instrumento (40, 45) está configurado para medir la señal inyectada resultante en su devanado secundario (49) en forma de tensión.
- 20 2. Disposición según la reivindicación 1, en la que la unidad de detección de falla a tierra está configurada además para comparar la señal inyectada resultante medida con un umbral especificado y si la resultante medida de la señal inyectada está por debajo del umbral, es detectada una falla a tierra cerca del punto neutro.
- 25 3. Disposición según la reivindicación 1, en la que el transformador de tensión (30) está configurado para medir la señal inyectada en su devanado secundario (32), la unidad de detección de falla a tierra (50) está configurada para detectar una falla a tierra en base a la señal inyectada medida del transformador de tensión (30) y la señal resultante medida del transformador de medida (40).
4. Disposición según la reivindicación 1, en la que el punto neutro de la máquina eléctrica está puesto a tierra mediante impedancia o no está puesto a tierra.
5. Disposición según la reivindicación 1, en la que la máquina eléctrica es un generador, un motor, o un reactor y sus devanados están conectados en estrella.
- 30 6. Disposición según la reivindicación 1, en la que el transformador de instrumento es o bien un transformador de tensión, o bien un transformador de distribución.
7. Disposición según la reivindicación 1, en la que la señal inyectada es o bien una señal de tensión o una señal de corriente que tiene una forma de onda de corriente alterna.
- 35 8. Disposición según la reivindicación 1, en la que cuando la máquina eléctrica funciona a una frecuencia fundamental del sistema, la señal inyectada tiene una frecuencia diferente de la frecuencia fundamental del sistema.
9. Disposición según la reivindicación 1, en la que en el caso de que la señal inyectada sea una señal de tensión, la señal inyectada tiene una magnitud de tensión inferior a 2V.
10. Método para detectar una falla a tierra en un circuito eléctrico de corriente alterna (1) que comprende:
- una máquina eléctrica (10) que tiene un lado neutro (14) que conecta a un punto neutro y a un lado terminal (13),
- 40 - un transformador de unidad (16) conectado al lado terminal (13) de la máquina (10),
- un transformador de tensión (30) que tiene un devanado primario (31) conectado al lado del terminal (13) de la máquina (10) y un devanado secundario (32) que está conectado en triángulo abierto, y
  - un transformador de instrumento (40, 45) que tiene un devanado primario (48) conectado al punto neutro (14) y un devanado secundario (49),
- 45 comprendiendo el método las etapas de:

- inyectar (100) una señal (20) al devanado secundario (32) del transformador de tensión (30), y

- determinar (140) si se ha producido o no una falla a tierra en el punto neutro (14) en base a la señal inyectada resultante medida,

5 caracterizado por que dicha señal inyectada resultante es medida (140) en el devanado secundario (49) del transformador de instrumento (40, 45) en forma de tensión.

11. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10-11, en el que el método comprende además las etapas de comparar la señal medida con un umbral especificado y determinar si hay una falla a tierra en base al resultado de comparación (130, 140).

10 12. Método según la reivindicación 10, en el que el método comprende además las etapas de medir la señal inyectada en el devanado secundario del transformador de tensión (120) y determinar la localización de una falla a tierra en base a la señal inyectada medida del transformador de tensión y la señal inyectada resultante medida del transformador de instrumento (130', 140).

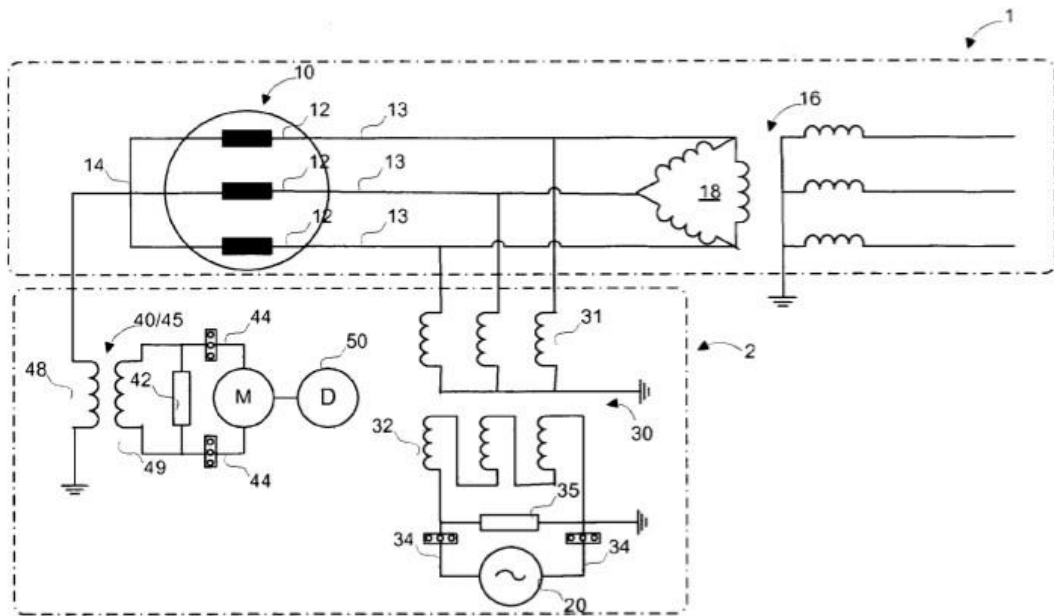


Fig. 1



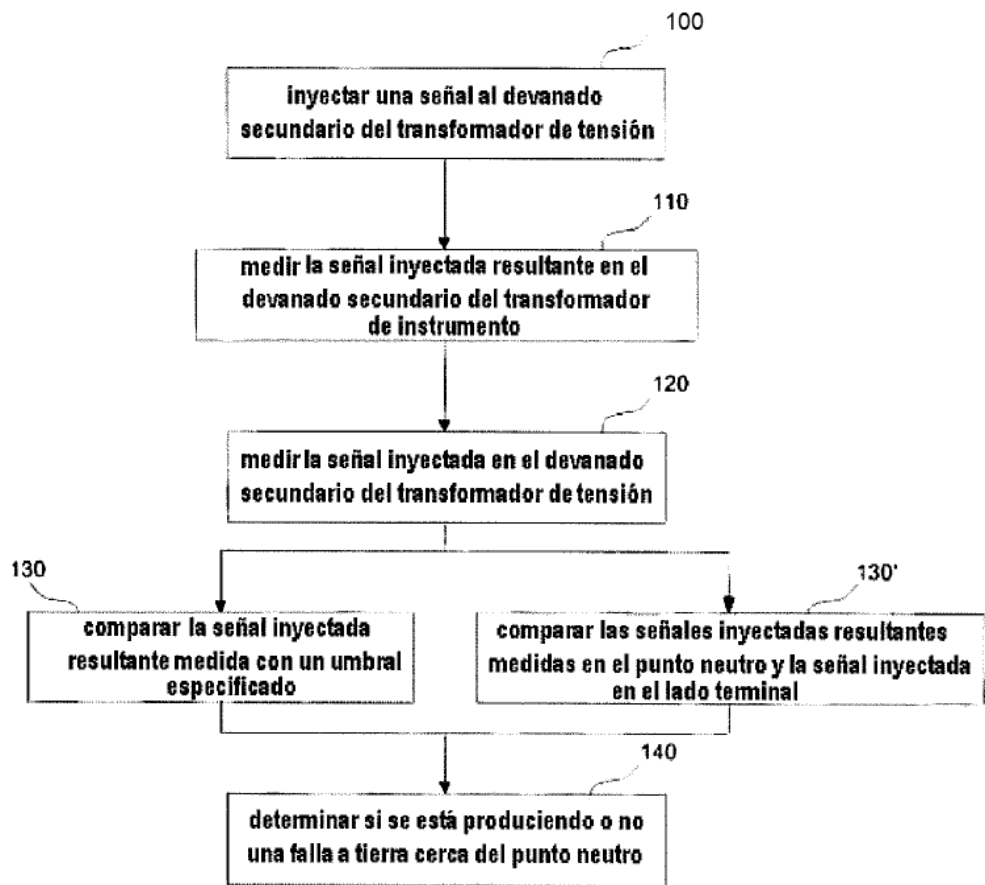


Fig. 2

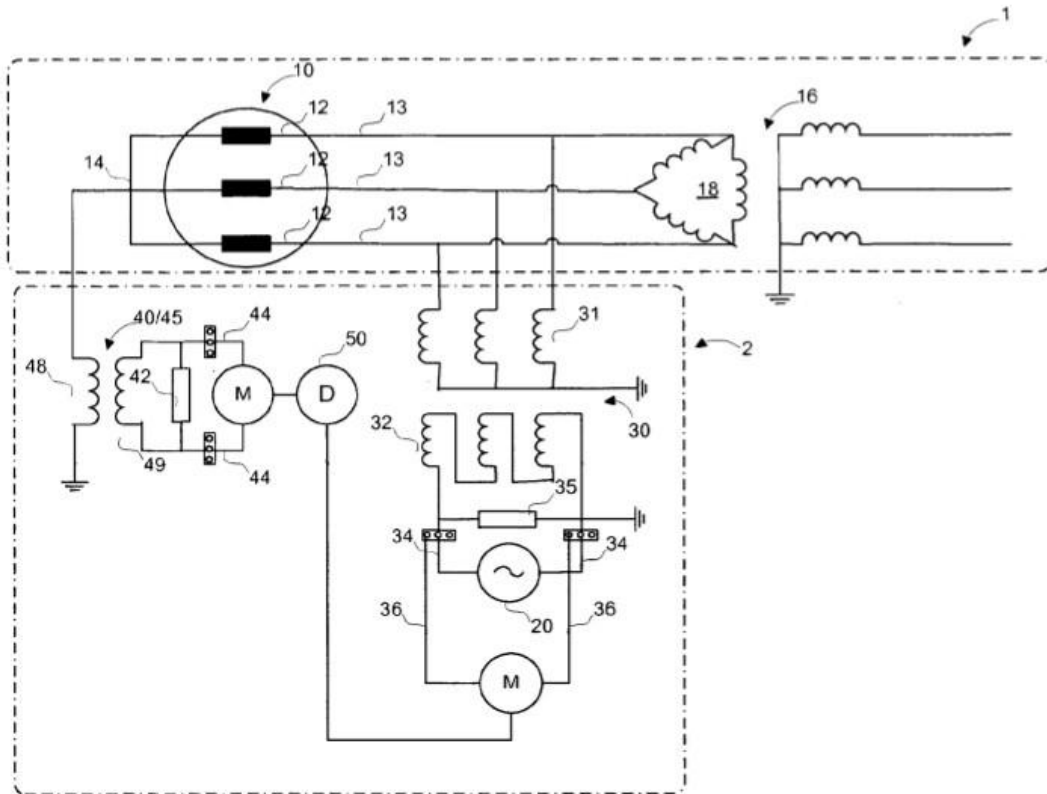


Fig. 3