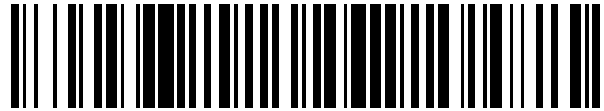


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 431 138**

51 Int. Cl.:

H02H 3/17

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.08.2006 E 06445061 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2013 EP 1890369**

54 Título: **Detección de fallos de conexión a tierra**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.11.2013

73 Titular/es:

**ABB RESEARCH LTD (100.0%)
AFFOLTERNSTRASSE 44
8050 ZÜRICH, CH**

72 Inventor/es:

**OLGUIN, GABRIEL;
JOHANSSON, STEFAN G.;
FULCZYK, MAREK;
BENGTSSON, TORD y
LINDAHL, STURE**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 431 138 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

Detección de fallos de conexión a tierra

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general a la detección de fallos de conexión a tierra y más particularmente a una disposición de detección de fallos de conexión a tierra.

10 **Antecedentes**

Los fallos de conexión a tierra en un generador bobinado del estator son el fallo más frecuente de un generador eléctrico interno, y la causa más frecuente de daño en el estator del generador y una causa directa del fallo de fase a fase del estator del generador. Todos los demás fallos eléctricos siempre están precedidos por fallos de conexión a tierra. Un fallo de conexión a tierra se provoca por un daño físico a la bobina del estator o el envejecimiento del aislamiento del estator. Por lo tanto, la protección de fallos de conexión a tierra del estator es el elemento principal de un sistema de protección para un generador. El uso inadecuado de la protección de fallos de conexión a tierra del estator aumenta la posibilidad de que un fallo de conexión a tierra se transforme en un fallo de fase a fase, que en última instancia, dañará el generador.

Para proteger eficazmente los generadores conectados a la unidad contra los efectos de los fallos de tierra en las bobinas del estator, los fenómenos que acompañan a estos fallos deben ser entendidos. Los efectos de los fallos de conexión a tierra dependen de la energía emitida en un canal de fallos de conexión a tierra y en sobretensiones de fallos de conexión a tierra. Mediante el funcionamiento adecuado de la protección de fallos de conexión a tierra es posible crear condiciones en las que la erosión del circuito magnético o del marco del estator causada por un arco de fallos de conexión a tierra es insignificante o totalmente eliminado. Por lo tanto, la ocurrencia de fallos de fase a fase en el generador es prácticamente imposible, si la protección de fallos de conexión a tierra opera correctamente. En estas condiciones se garantiza una protección óptima de unidades de generador-transformador contra los efectos de los fallos de conexión a tierra en las bobinas del estator. El tiempo de reparación de una línea de fallos de conexión a tierra debe ser bastante corto, ya que sólo tiene que ser cambiada una bobina del estator. El tiempo de reparación de un fallo de fase a fase puede durar varios meses, lo que implica un reapilado (parcial) del núcleo del estator.

Para minimizar la posibilidad de mal funcionamiento de un sistema de protección de fallos de conexión a tierra para un generador, los distintos tipos de protecciones que forman el sistema deben usar diferentes parámetros de excitación. El punto de neutro de un generador no es por lo general directamente a tierra, y las corrientes de fallos de conexión a tierra del estator son entonces relativamente bajas, sobre todo en los generadores de las unidades de generador-transformador. Pero incluso estas pequeñas corrientes pueden causar daños considerables al hierro del estator del generador. También pueden transformarse en fallos de fase a fase.

El procedimiento utilizado para la protección de un generador contra fallos de conexión a tierra en la bobina del estator depende del procedimiento de conexión del generador al sistema de potencia. Hay varias posibilidades que van desde neutro a tierra directamente, diferentes niveles de conexión resistivo e inductivo del neutro, a la utilización de neutro aislado. Los generadores resistivos a tierra están conectados ya sea con una resistencia directamente o transformada a través de un transformador de conexión a tierra neutro utilizando una resistencia de baja tensión en el lado secundario del transformador. Un generador directamente conectado a las barras de bus y el sistema de alimentación sin elevador de transformador generalmente es de bajo consumo de energía, y la protección de fallos de conexión a tierra se basa entonces en la supervisión de la amplitud o la dirección de la corriente de neutro. Un generador conectado al sistema de alimentación a través de un transformador elevador es teóricamente muy simple, debido a que el circuito primario del transformador elevador está siempre conectado y forma una barrera neutra para los fallos de conexión a tierra en el lado de voltaje más alto. Los fallos de conexión a tierra en la bobina del estator a continuación pueden ser detectados por el control de la tensión entre el punto neutro del generador y tierra.

Hay principalmente dos procedimientos, que en relación con un sistema de protección basado en secuencia cero, pueden garantizar una protección del 100% para la bobina del estator del generador. Uno de los procedimientos utiliza la tercera armónica en tensiones en el punto neutro del generador y en su terminal. El otro procedimiento inyecta una señal de baja frecuencia al circuito generador.

Hay tres limitaciones principales que influyen en la longitud de la bobina del estator, que está cubierto por esta protección durante las diferentes condiciones de funcionamiento. Están conectados con los siguientes valores o parámetros del generador y el sistema de protección: corriente de fallos de conexión a tierra máxima que fluye en el punto neutro del generador; tensión de inyección mínima que se puede medir con una buena precisión, y máximo de componentes de secuencia cero en el punto neutro del generador durante fallos de conexión a tierra en la bobina del estator. Las primera y tercera limitaciones son independientes del sistema de protección y sólo dependen de parámetros del generador, el sistema de conexión a tierra y la unidad del transformador. Sin embargo, la segunda limitación se puede utilizar para mejorar la protección de fallos de conexión a tierra dependiente del sistema de

protección.

Además, los procedimientos de inyección existentes utilizan una frecuencia de inyección por debajo de 50 Hz, dado que las frecuencias más altas aumentan la corriente capacitiva haciendo difícil detectar cambios en la resistencia usada para detectar fallos de conexión a tierra.

Además, el documento WO 00/77906 A describe un dispositivo de detección de fallos de conexión a tierra para una máquina eléctrica síncrona trifásica. La máquina eléctrica tiene un punto neutro conectado a tierra y la disposición de detección de fallos de conexión a tierra comprende medios de inyección dispuestos para inyectar una tensión de frecuencia no nominal entre el punto neutro y la conexión a tierra.

Sumario de la invención

Un objeto de la presente invención es proporcionar una disposición de detección de fallos de conexión a tierra, que puede detectar fallos de tierra menos importantes en una máquina eléctrica síncrona trifásica.

La invención se basa en la constatación de que al medir las corrientes resultantes de la tensión de inyección en más de una posición en la máquina eléctrica síncrona trifásica se consigue la detección mejorada, sin aumentar la tensión de inyección.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una disposición de detección de fallos de conexión a tierra tal como se define en la reivindicación 1 adjunta.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema eléctrico como se define en la reivindicación 9 adjunta.

De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento como se define en la reivindicación 10 adjunta.

Otras realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

La primera corriente se mide preferentemente entre el punto neutro y la tierra de la máquina eléctrica síncrona trifásica, ya que esta posición es la menos perturbada y todavía cubre todas las tres fases de la máquina eléctrica.

La disposición de detección de fallos de conexión a tierra comprende preferentemente un transformador de tensión o un transformador de conexión a tierra, cuando se utiliza un punto neutro conectado a tierra en la máquina eléctrica.

La segunda corriente se mide preferentemente en un lado secundario de un transformador de tensión o transformador de conexión a tierra, entre el suelo y un lado primario del transformador de conexión a tierra o transformador de tensión, o se monta en las bobinas de fase de la máquina eléctrica trifásica.

La máquina eléctrica es preferentemente un generador. El generador puede ser un generador de alto voltaje por lo general consta de un estator de cable bobinado y tensiones en los terminales muy por encima de 25 kV. Debido al coste asociado de una unidad de inyección de la técnica anterior, la inyección de una señal de baja frecuencia se ha unido sobre todo a un tipo mayor de generadores con un rango de voltaje de terminal de típicamente 5-25 kV y clasificaciones por encima de decenas de MVA. Mediante el uso de la inyección desde el lado de baja tensión de un transformador de tensión de acuerdo a, por ejemplo la primera realización de la presente invención, el principio de inyección puede ser proporcionado por costes mucho menores que antes y por lo tanto se puede utilizar para muchas más aplicaciones.

La disposición de detección de fallos de conexión a tierra comprende preferentemente un medio de detección de la temperatura dispuesto para detectar una temperatura de trabajo de la máquina eléctrica, en particular, la resistencia de neutro y otros dispositivos auxiliares, permitiendo que la detección de fallos de conexión a tierra sea compensada por temperatura.

Mediante la medición de un valor complejo de la corriente resultante, la inyección de tensión puede ser utilizada para frecuencias muy por encima de 50 Hz, ya que ahora se pueden medir los pequeños cambios en la resistencia a pesar de una gran reactancia capacitancia, que será beneficiosa para, por ejemplo evitando la interferencia eléctrica con medidores de velocidad existentes .

Además, mediante la medición de un valor complejo de la corriente resultante, una disposición de detección de fallos de conexión a tierra de acuerdo con la presente invención también se encargará de todos los tipos de procedimientos de conexión a tierra en generadores de una manera similar que ofrece ventajas para la producción.

65

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se comprenderá más completamente a partir de la descripción detallada de las realizaciones dadas a continuación y los dibujos que se acompañan, que se dan sólo a modo de ilustración, y por lo tanto, no son limitativos de la presente invención, donde:

- 5 La figura 1 muestra esquemáticamente una máquina eléctrica síncrona trifásica con una resistencia de neutro y un transformador de tensión;
- 10 La figura 2 muestra esquemáticamente un sistema de detección de fallos de conexión a tierra de acuerdo con una primera realización de la presente invención, para una máquina eléctrica síncrona trifásica tal como se muestra en la figura 1;
- 15 La figura 3 muestra un diagrama equivalente, en una situación de fallos de conexión a tierra, del sistema de detección de fallos de conexión a tierra que se muestra en la figura 2;
- La figura 4 muestra esquemáticamente una máquina eléctrica síncrona trifásica sin una resistencia de neutro pero con un transformador de tensión;
- 20 La figura 5 muestra esquemáticamente un sistema de detección de fallos de conexión a tierra de acuerdo con una segunda realización de la presente invención, para una máquina eléctrica síncrona trifásica, como se muestra en la figura 4;
- 25 La figura 6 muestra un diagrama equivalente, en una situación de fallos de conexión a tierra, del sistema de detección de fallos de conexión a tierra que se muestra en la figura 5;
- La figura 7 muestra esquemáticamente una máquina eléctrica síncrona trifásica con un transformador de conexión a tierra de distribución;
- 30 La figura 8 muestra esquemáticamente un sistema de detección de fallos de conexión a tierra de acuerdo con una tercera realización de la presente invención, para una máquina eléctrica síncrona trifásica, como se muestra en la figura 7;
- 35 La figura 9 muestra un diagrama equivalente, en una situación de fallos de conexión a tierra, del sistema de detección de fallos de conexión a tierra que se muestra en la figura 8;
- La figura 10 muestra esquemáticamente una máquina eléctrica síncrona trifásica con una resistencia de neutro pero sin un transformador de tensión;
- 40 La figura 11 muestra esquemáticamente un sistema de detección de fallos de conexión a tierra de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención, para una máquina eléctrica síncrona trifásica, como se muestra en la figura 10;
- 45 La figura 12 muestra un diagrama equivalente, en una situación de fallos de conexión a tierra, del sistema de detección de fallos de conexión a tierra que se muestra en la figura 11; y
- La figura 13 es un diagrama de flujo de un procedimiento para la detección de fallos de conexión a tierra común para las formas de realización de la presente invención.

50 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

En la siguiente descripción, para el propósito de explicación y no de limitación, se exponen los detalles específicos, tales como técnicas y aplicaciones específicas para proporcionar una comprensión completa de la presente invención. Sin embargo, será evidente para una persona experta en la materia que la presente invención puede 55 ponerse en práctica en otras realizaciones que se apartan de estos detalles específicos. En otros casos, la descripción detallada de los procedimientos y aparatos conocidos se omiten para no oscurecer la descripción de la presente invención con detalles innecesarios.

Una primera realización de la presente invención se describirá ahora con referencia a las figuras 1-3.

- 60 Una parte de estator de una máquina eléctrica síncrona trifásica, tal como un generador, se muestra esquemáticamente en la figura 1. La máquina eléctrica síncrona trifásica está conectada en Y y está en su punto neutro conectada a tierra. La máquina eléctrica síncrona trifásica comprende una resistencia neutra R_n entre el punto neutro y tierra, para reducir las posibles corrientes de fallos de conexión a tierra. La resistencia neutro R_n por lo general está adaptada para reducir las corrientes máximas de fallos de conexión a tierra para fallos en el estator en el orden de 5-15 amperios. La máquina eléctrica síncrona trifásica comprende además un transformador de

tensión potencial V colocado en paralelo con la resistencia de tierra R_n . El transformador de tensión potencial V se utiliza por ejemplo para otras aplicaciones de protección, tales como protección del 95% o protección del tercer armónico de las bobinas del estator de la máquina eléctrica. Un transformador de potencial de tensión por lo general tiene una relación entre la tensión máxima esperada en el neutro a 110 V y aproximadamente 20-100 VA.

5 Para detectar fallos de conexión a tierra en la instalación eléctrica, en cualquiera de sus tres fases, una disposición de detección de fallos de conexión a tierra está dispuesta para inyectar una tensión de frecuencia no nominal U_i entre el punto neutro de la máquina eléctrica y tierra. La frecuencia de la tensión inyectada U_i es, por lo general, de decenas de Hz a unos pocos cientos de Hz y diferentes a, o no nominal, la frecuencia nominal de la máquina eléctrica. La tensión inyectada U_i se inyecta a través del transformador de tensión potencial V . La tensión U_i , por lo tanto, se inyecta en paralelo con la resistencia neutra R_n , que se ilustra en las figuras 2 y 3.

15 La disposición de detección de fallos de conexión a tierra está provista de unos primeros medios de medición, tales como una derivación de corriente o un transformador de corriente, dispuestos para medir una primera corriente en una primera posición de la máquina eléctrica. La primera corriente es resultante de la tensión inyectada U_i . La disposición de detección de fallos de conexión a tierra está provista además de un segundo medio de medición, tal como una derivación de corriente o un transformador de corriente, dispuesto para medir una segunda corriente en una segunda posición, diferente de la primera posición de la máquina eléctrica. La segunda corriente es resultante de la misma tensión U_i que se inyecta como la primera corriente. Alternativamente, una bobina de Rogowski puede ser utilizada para recoger las mediciones de corriente.

25 La primera posición está, preferentemente, entre el punto neutro de la máquina eléctrica y la tierra, es decir, una de las posiciones 1, 2 ó 4 en la figura 2, o entre el inyector y el generador de potencial de tensión, es decir, la posición 3 en la figura 2. La(s) segunda(s) posición(es) está(n) preferentemente en las tres fases de la máquina eléctrica, es decir, la posición 5 en la figura 2, en un lado secundario del transformador de tensión potencial, es decir, la posición 3 en la figura 2, entre la tierra y un lado primario del transformador de tensión potencial, es decir la posición 4 en la figura 2, entre el punto neutro y el lado primario del transformador de tensión potencial, es decir, la posición 2 en la figura 2, entre el generador de tensión y su potencial transformador, es decir, la posición 6 en la figura 2, o sobre la resistencia neutra R_n , es decir, la posición 7 en la figura 2.

30 Mediante la medición de la corriente resultante, al menos en dos posiciones diferentes de la máquina eléctrica se mejora la exactitud de la disposición de detección de fallos de conexión a tierra sin aumentar sustancialmente los costes y sin influir en el cableado principal de la máquina. Permitirá tener un diseño similar independiente del procedimiento de conexión a tierra de la máquina eléctrica.

35 En el caso de que el procedimiento de conexión a tierra use una alta resistencia neutra de la deriva de temperatura de la resistencia, y/o la deriva de temperatura de la temperatura de trabajo de la máquina eléctrica, se puede utilizar para ajustar el valor de la resistencia, que a su vez puede utilizarse para ajustar las corrientes resultantes. Esto permitirá una supervisión inherente de la resistencia neutra indicando pequeños cambios de su valor. Por lo tanto, la integridad de la resistencia se controla estrechamente con la presente invención.

40 Para la posición de los medios de medición en los bobinados de fase, la presente invención también discrimina en qué fase se ha producido un fallo de conexión a tierra. En esta situación, se utilizan más de dos corrientes para detectar el fallo, ya que las fases sin fallos de los bobinados tendrán características diferentes en comparación con la fase que falla.

45 La disposición de detección de fallos de conexión a tierra comprende además unos medios de control, tales como un microprocesador o similar, dispuestos para detectar un fallo de conexión a tierra mediante cálculos basados en las dos corrientes, o sobre la base de más de dos corrientes. Usualmente, este cálculo se basa en una resistencia de fallos R_f , aparte de la resistencia neutra R_n , pero la precisión de los cálculos también se puede mejorar basando tales cálculos en una impedancia de fallos que comprende la resistencia R_f en paralelo con una capacitancia de fallos C_e .

50 Los medios de inyección preferentemente también comprenden un filtro de paso de banda BP, de manera que el circuito de inyección no será una carga para el transformador de tensión potencial en una sola línea de 50 Hz de fallos de conexión a tierra.

55 Para proteger la máquina eléctrica de los fallos de conexión a tierra, la disposición de detección de fallos de conexión a tierra se complementa con medios de protección conocidos por la persona experta en la materia. Una disposición de detección de fallos de conexión a tierra así complementada y una máquina eléctrica síncrona trifásica juntas forman un sistema eléctrico, que protege la máquina eléctrica de fallos de conexión a tierra.

60 A pesar de que la tensión inyectada ha sido descrita como inyectada en paralelo con la resistencia neutra, alternativamente se puede inyectar en serie con la resistencia neutra.

65

Una segunda realización de la presente invención se muestra en las figuras 4 a 6, que es idéntica a la primera realización de la presente invención que se ha descrito anteriormente, aparte de que no se utiliza ninguna resistencia neutra en la máquina eléctrica. Además, como no se utiliza ninguna resistencia neutra, las posiciones de medición 1 y 2 serán la misma posición, y la posición 7 no existe.

5 Una tercera realización de la presente invención se muestra en las figuras 7 a 9, que es idéntica a la segunda realización de la presente invención que se ha descrito anteriormente, aparte de que no se utiliza ningún transformador de conexión a tierra de distribución en la máquina eléctrica para transformar la resistencia neutra a un diseño de baja tensión. Además, la disposición de detección de fallos de conexión a tierra de acuerdo con la
10 presente invención está dispuesta en el lado secundario de la misma, para inyectar una señal directamente en el lado de baja tensión de la misma.

Un tipo de transformador de conexión a tierra de distribución generalmente tiene un nivel de tensión secundaria de 240 V y una calificación de 15 a 300 kVA.

15 La segunda y tercera realizaciones de la presente invención se pueden combinar con un transformador de tensión potencial y un transformador de conexión a tierra de distribución, colocando la disposición de detección de fallos de conexión a tierra en el lado secundario de cualquiera de los transformadores, o incluso combinando las tres funciones en un transformador.

20 Una cuarta realización de la presente invención se muestra en las figuras 10 a 12, que es idéntica a la primera realización de la presente invención que se ha descrito anteriormente, aparte de que ningún transformador de tensión potencial se utiliza en la máquina eléctrica. Además, como no se utiliza ningún generador de tensión potencial, las posiciones de medición 3 y 6 estarán en la misma posición.

25 Las etapas del procedimiento para la detección de fallos de conexión a tierra en una máquina eléctrica, como por ejemplo un generador, de las realizaciones descritas anteriormente se muestran en la figura 13. El procedimiento comienza mediante la inyección de una tensión de frecuencia no nominal U_i entre el punto neutro de la máquina eléctrica síncrona trifásica y la conexión a tierra. La siguiente etapa comprende medir una primera corriente, resultante de la tensión de frecuencia no nominal U_i inyectada, en una primera posición 1, 2, 3, 4 de la máquina eléctrica. La siguiente etapa comprende la medición de una segunda corriente, resultante de la tensión de frecuencia no nominal U_i inyectada, en una segunda posición 3, 4, 5, 6, 7, diferente de la primera posición, de la máquina eléctrica. La etapa final comprende la detección de un fallo de conexión a tierra mediante cálculos basados en la
30 primera y segunda corrientes.

35 Será evidente que la presente invención puede variarse en una pluralidad de maneras. Tales variaciones no han de considerarse como un alejamiento del alcance de la presente invención como se define mediante las reivindicaciones adjuntas. Todas estas variaciones, como serían evidentes para una persona experta en la materia, se pretende que estén incluidas dentro del alcance de la presente invención como se define mediante las
40 reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una disposición de detección de fallos de conexión a tierra para una máquina eléctrica síncrona trifásica, cuya máquina eléctrica síncrona trifásica tiene un punto neutro conectado a tierra, donde dicho dispositivo de detección de fallos de conexión a tierra comprende medios de inyección dispuestos para inyectar una tensión de frecuencia no nominal (U_i) entre dicho punto neutro y dicha conexión a tierra, **caracterizada por que** dicha disposición de detección de fallos de conexión a tierra comprende:
- unos primeros medios de medición dispuestos para medir una primera corriente, resultante de dicha tensión inyectada, en una primera posición (1, 2, 3, 4) de dicha máquina síncrona trifásica eléctrica,
- unos segundos medios de medición dispuestos para medir una segunda corriente, resultante de dicha tensión inyectada, en una segunda posición (3, 4, 5, 6, 7) diferente de dicha primera posición de dicha máquina eléctrica síncrona trifásica, y
- unos medios de control dispuestos para detectar un fallo de conexión a tierra en dicha máquina eléctrica síncrona trifásica sobre la base de dichas primera y segunda corrientes.
2. La disposición de detección de fallos de conexión a tierra de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicha máquina eléctrica síncrona trifásica comprende una resistencia neutra (R_n) entre dicho punto neutro y dicha conexión a tierra, o un transformador de distribución de conexión a tierra entre dicho punto neutro y dicha conexión a tierra.
3. La disposición de detección de fallos de conexión a tierra de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, donde dicha primera posición (1, 2, 4) está entre dicho punto neutro y dicha conexión a tierra.
4. La disposición de detección de fallos de conexión a tierra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde dicha segunda posición (5) está montada en los bobinados de fase de dicha máquina eléctrica síncrona trifásica.
5. La disposición de detección de fallos de conexión a tierra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde dicha máquina eléctrica síncrona trifásica comprende un transformador de conexión a tierra de distribución o un transformador de tensión potencial.
6. La disposición de detección de fallos de conexión a tierra de acuerdo con la reivindicación 5, donde dicha segunda posición (3, 4, 5, 6) está en un lado secundario de dichos transformadores, entre la conexión a tierra y un lado primario de dichos transformadores, o está colocado en los bobinados de fase de dicha máquina eléctrica síncrona trifásica.
7. La disposición de detección de fallos de conexión a tierra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde dicha máquina eléctrica es un generador.
8. La disposición de detección de fallos de conexión a tierra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende unos medios de detección de temperatura dispuestos para detectar una temperatura de trabajo de dicha máquina eléctrica y sus auxiliares, preferiblemente la deriva de temperatura de una resistencia neutra o los transformadores utilizados para fines de medición.
9. Un sistema eléctrico que comprende una disposición de detección de fallos de conexión a tierra de acuerdo con la reivindicación 1 y una máquina eléctrica síncrona trifásica, cuya máquina eléctrica síncrona trifásica tiene un punto neutro conectado a tierra.
10. Un procedimiento para la detección de fallos de conexión a tierra en una máquina trifásica eléctrica síncrona, cuya máquina eléctrica síncrona trifásica tiene un punto neutro conectado a tierra, que comprende las siguientes etapas:
- inyectar una tensión de frecuencia no nominal (U_i) entre dicho punto neutro y dicha conexión a tierra, y se **caracterizado por** la siguiente etapa:
- medir una primera corriente, resultante de dicha tensión de frecuencia no nominal (U_i) inyectada, en una primera posición (1, 2, 3, 4) de dicha máquina eléctrica síncrona trifásica;
- medir una segunda corriente, resultante de dicha tensión de frecuencia no nominal (U_i) inyectada, en una segunda posición (3, 4, 5, 6, 7) diferente de dicha primera posición de dicha máquina eléctrica síncrona trifásica; y
- detectar un fallo de conexión a tierra en dicha máquina eléctrica síncrona trifásica mediante cálculos en base a dichas primera y segunda corrientes.

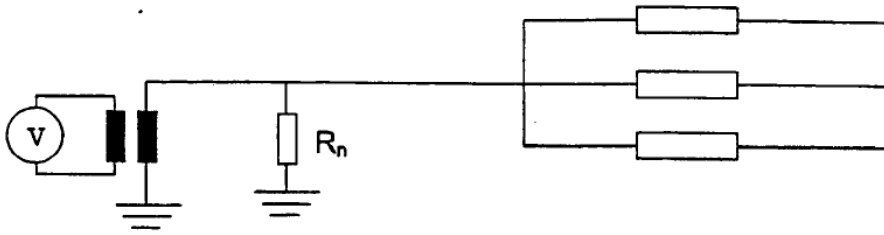


Fig. 1

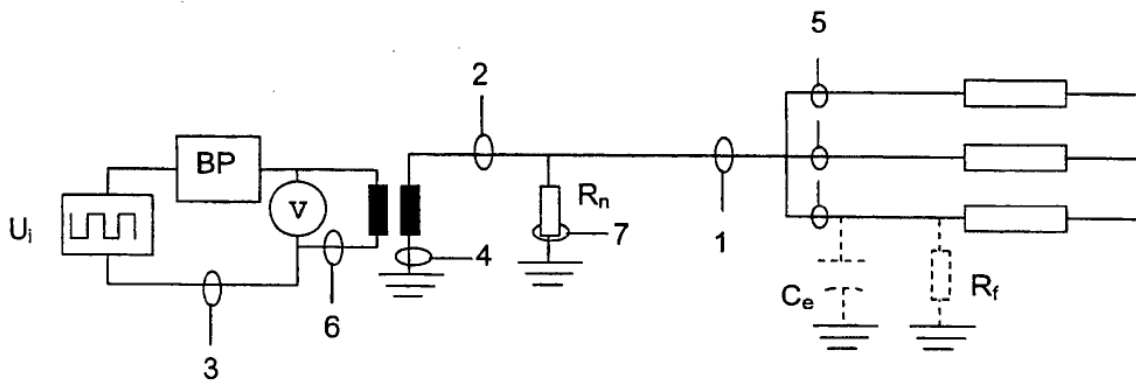


Fig. 2

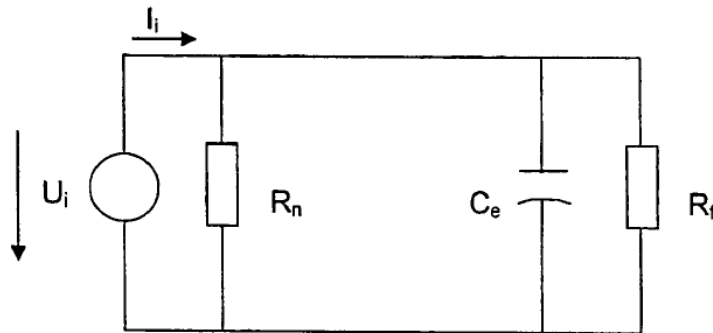


Fig. 3

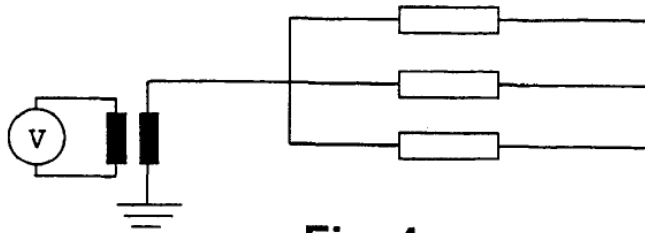


Fig. 4

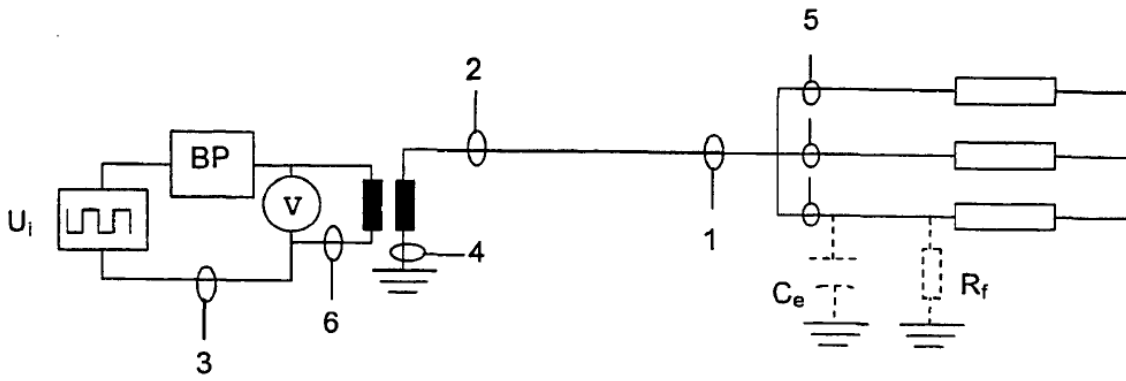


Fig. 5

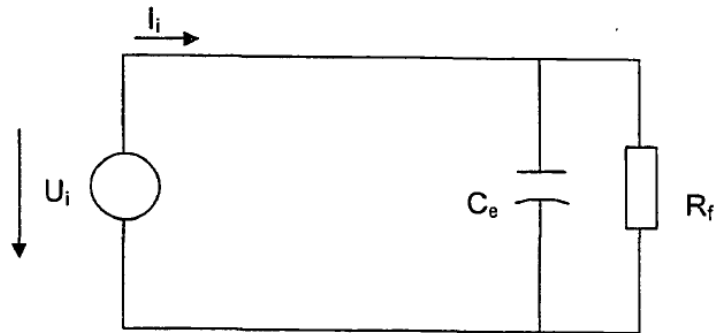


Fig. 6

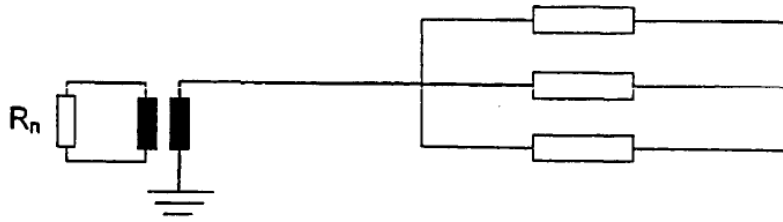


Fig. 7

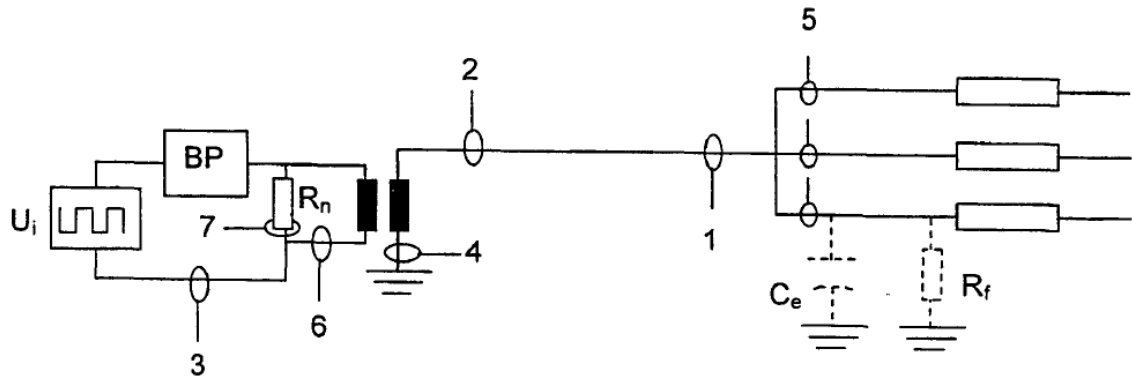


Fig. 8

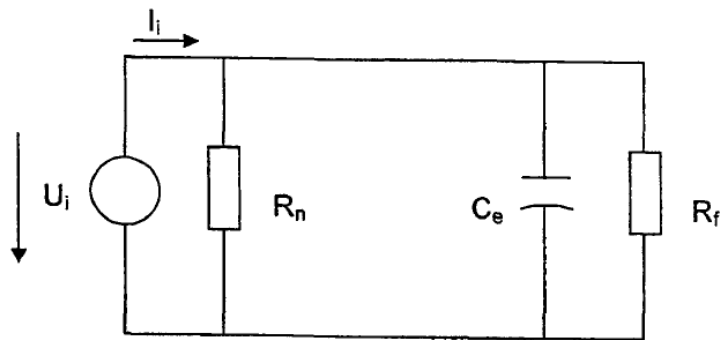


Fig. 9

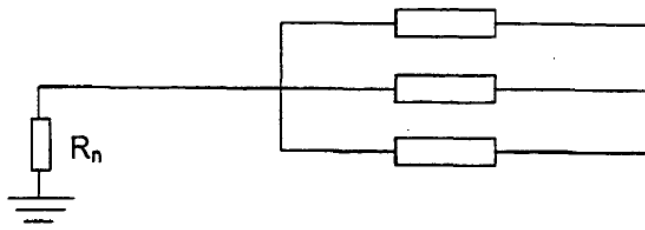


Fig. 10

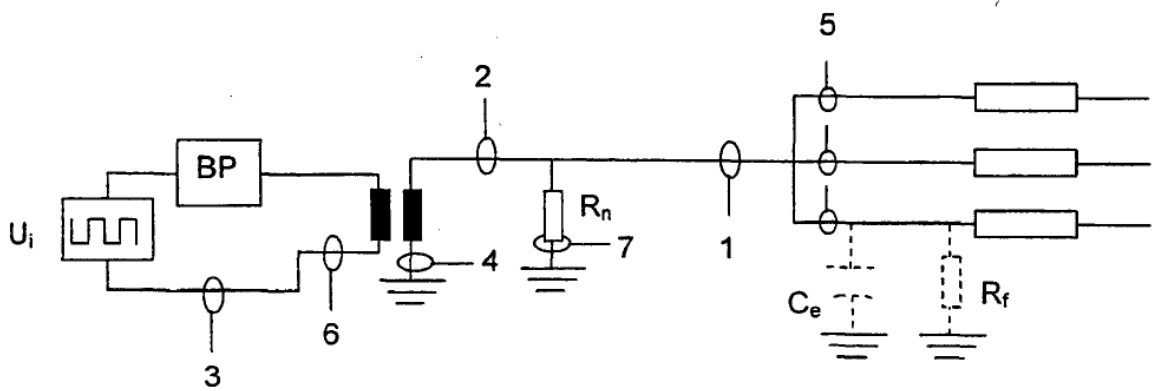


Fig. 11

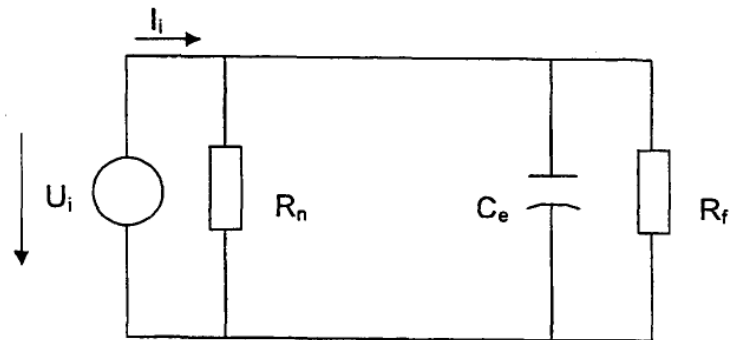


Fig. 12

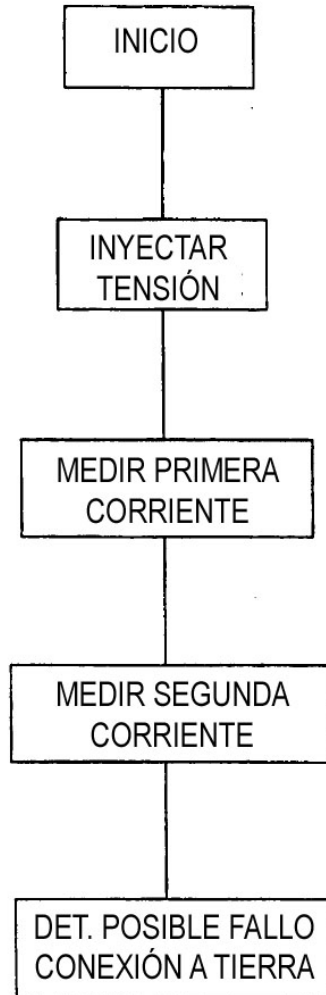


Fig. 13