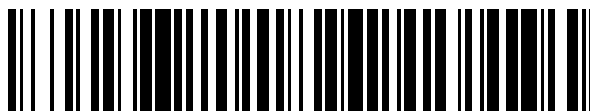


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 528 443**

51 Int. Cl.:

H02H 7/16 (2006.01)

G01R 31/02 (2006.01)

H02H 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2011** **E 11705501 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.11.2014** **EP 2676346**

54 Título: **Método y disposición para detectar un fallo interno en un banco de condensadores conectado en puente en H**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.02.2015

73 Titular/es:

ABB RESEARCH LTD. (100.0%)
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH

72 Inventor/es:

GAJIC, ZORAN;
WANG, JIANPING y
IBRAHIM, MUSTAFA

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 528 443 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

Método y disposición para detectar un fallo interno en un banco de condensadores conectado en puente en H.

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al campo de la detección de un fallo interno en un banco de condensadores conectado en una fase o más fases, respectivamente, a un sistema de energía. Se refiere en particular a la detección de un fallo interno en un banco de condensadores en puente en H, en donde el banco de condensadores comprende una pluralidad de unidades de condensador y cada una de las unidades de condensador comprende una pluralidad de elementos de condensador conectados en paralelo y/o en serie, y en donde las unidades de condensador están divididas, además, en dos cadenas. Los puntos medios de las dos cadenas están ligados uno a otro a través de un transformador de corriente. Por tanto, las unidades de condensador están divididas adicionalmente en cuatro cuadrantes y el fallo interno puede estar en uno o más elementos o unidades de condensador e implica uno o más cuadrantes de condensadores en el banco de condensadores.

Técnica anterior

15 Se instalan bancos de condensadores para mejorar la calidad de un suministro eléctrico proporcionando compensación de potencia reactiva y corrección de factor de potencia en un sistema de energía. El uso de bancos de condensadores ha aumentado debido a que son relativamente baratos, resultan fáciles y rápidos de instalar y pueden ser desplegados casi en cualquier sitio de una red interconectada del sistema de energía. Las instalaciones de bancos de condensadores tienen otros efectos beneficiosos sobre el sistema, tal como una mejora del perfil de voltaje, una mejor regulación del voltaje, una reducción de las pérdidas, un aumento de la capacidad de transmisión de energía y una reducción o posposición de inversiones en la capacidad de transmisión y generación.

20 Un banco de condensadores está constituido por una pluralidad de unidades de condensador individuales. Cada unidad de condensador individual es un bloque de construcción básico del banco de condensadores e incluye una pluralidad de elementos de condensador individuales, dispuestos en grupos conectados en paralelo/serie, dentro de un recinto metálico. Las unidades pueden estar externa o internamente protegidas con fusibles, carecer de fusibles o no llevar protección de fusibles dependiendo de la aplicación del banco. Los elementos pueden conectarse a fusibles y un grupo de elementos es puesto normalmente en derivación por una resistencia de descarga interna a fin de reducir el voltaje residual de las unidades después de que dichos elementos se desconecten del sistema de energía. Cada uno de los elementos de condensador se construye enrollando dos electrodos de lámina de aluminio separados por varias capas de papel o aislados con película de plástico o un dieléctrico mixto de papel y película de plástico.

30 Los bancos de condensadores se construyen normalmente, además, utilizando unidades de condensador individuales conectadas en serie y/o en paralelo para obtener un voltaje nominal requerido.

35 Sin embargo, puede producirse un fallo interno en términos de fusibles operados, elementos fallidos y/o unidades fallidas en uno o más cuadrantes debido a, por ejemplo, la selección inapropiada del voltaje nominal diseñado que puede dar como resultado un esfuerzo continuo de alto voltaje para el banco de condensadores seleccionada y finalmente puede conducir a un fallo dieléctrico de elementos de condensador. Otras causas de fallo interno pueden ser sobrecorriente, sobrevoltaje, cortocircuito, fallo térmico y esfuerzo interno. Esto puede incluir también malfuncionamiento de los fusibles debido a mala coordinación de los mismos.

40 Los esquemas existentes de protección contra desequilibrio están típicamente disponibles para detectar un fallo interno de esta clase. Por ejemplo, la protección contra el desequilibrio puede utilizarse en una diversidad de conexiones de bancos de condensadores: estrella puesta a tierra, estrella no puesta a tierra, triángulo y monofase. La protección existente contra fallos internos de un puente en H se basa en una medición de corriente, típicamente usando un transformador de corriente, en el eslabón fusible que conecta dos cadenas de condensadores una a otra en los puntos medios de las dos cadenas. Cualquier cambio en la capacitancia de cualquier condensador producirá un cambio en la corriente de la H, llamada también corriente de desequilibrio.

45 Sin embargo, las protecciones existentes contra desequilibrio basadas en el esquema del puente en H son propensas a detectar incorrectamente el número de fallos internos debido a que se puede cancelar una señal de desequilibrio por fallo interno al tener una combinación de fallos internos en dos o más cuadrantes adyacentes cualesquiera. En consecuencia, esto da como resultado una ambigüedad en términos de detección del número de fallos internos. Además, tal ambigüedad así causada puede dar como resultado fallos sin detectar en el banco de condensadores, lo que puede conducir a un riesgo de fuego o explosión acompañado de un daño severo de toda el banco de condensadores antes de tomar una acción preventiva temprana.

55 Además, dado que un banco de condensadores comprende una pluralidad de unidades que incluyen cada una de ellas una pluralidad de elementos, el dejar de identificar la localización de un fallo interno da como resultado un costoso mantenimiento debido a que se tiene que parar todo el banco de condensadores y hay que realizar una

búsqueda exclusiva. Como consideración más importante, esto podría afectar a la disponibilidad del banco de condensadores.

5 El documento US4956739 describe un sistema de protección para un banco de condensadores que tiene una disposición de puente en doble H, en donde se miden las corrientes de desequilibrio utilizando dos transformadores de corriente, y en donde se localizan fallos mediante cálculos del ángulo de fase. Sin embargo, no se ha
 10 contrapuesto ninguna medida para lograr un efecto de cancelación, lo que es una consecuencia de la combinación experimentada de fallos internos en dos cuadrantes adyacentes cualesquiera en bancos de condensadores en puente en H. Por tanto, el sistema no podría determinar el número exacto de fallos internos en el banco, lo que afecta a la fiabilidad y sensibilidad del sistema. Además, es aplicable solamente siempre que haya dos transformadores de corriente que dividan cada fase en 6 baterías iguales de unidades de condensador con bancos conectados en doble H, no los bancos típicos conectados en H con un transformador de corriente.

15 El documento US4219856 (DANFORS ET AL) (D2) muestra un dispositivo protector para un banco capacitivo que cuenta sobreintensidades de corriente (véase la reivindicación 1) y que cuenta el número de fallos internos basándose en el número de estas sobreintensidades, y que incluye unos medios sensores de polaridad para distinguir entre sobreintensidades que emanan de una o la otra de las ramas de condensadores (reivindicación 6). Además, el documento D2 revela (columna 2, líneas 25-30) el uso del relé de protección contra corriente de desequilibrio estacionaria revelado en el documento US3143687 (HJERTBERG ET AL) (D3). Sería también útil que estos dispositivos proporcionaran una detección más fiable, especialmente en vista de la detección de combinaciones de fallos internos con las posibilidades de efectos de cancelación.

20 Por tanto, se desea un esquema de detección y protección de fallos internos más sensible y exacto para una disposición de puente en H.

Objetos y sumario de la invención

25 El objeto de la presente invención consiste en proporcionar un método mejorado para detectar un fallo interno en un banco de condensadores basándose en un cálculo del cambio en escalón de la corriente de desequilibrio de un puente en H, en donde el fallo interno puede producirse en uno o más elementos/unidades de condensador y/o implica uno o más cuadrantes de condensadores en el banco de condensadores.

30 El objeto se consigue mediante un método de detección de corriente de desequilibrio según se define en el preámbulo de la reivindicación 1, caracterizado por que el método comprende, además, calcular continuamente un valor por unidad de la corriente de desequilibrio en base al valor eficaz calculado de la corriente de fase medida y al valor eficaz calculado de la corriente de desequilibrio medida, rastrear y detectar un cambio en la corriente de desequilibrio calculada entre el presente valor por unidad calculado de la corriente de desequilibrio y el previo valor por unidad calculado de la corriente de desequilibrio, determinar el cambio en escalón del valor por unidad de la corriente de desequilibrio, determinar el número de fallos internos y sus localizaciones correspondientes en base al cambio en escalón determinado del valor por unidad de la corriente de desequilibrio y al ángulo de fase detectado, e
 35 iniciar una alarma y/o una señal de disparo cuando el número total determinado de fallos de elementos internos excede de un primero o un segundo valor umbral.

40 Cuando se produce un fallo en el banco de condensadores, éste dará como resultado un cambio de la corriente de desequilibrio en el puente en H. Este fallo puede implicar uno o más fallos internos. El fallo puede distinguirse detectando la aparición de un pico de corriente de desequilibrio como evento de fallo que tuvo lugar durante la formación de arco sobre los condensadores defectuosos. Sin embargo, en caso de que dos fallos internos sucesivos impliquen dos cuadrantes adyacentes, el fallo interno de un cuadrante puede cancelar la señal de corriente de desequilibrio generada por otro cuadrante, lo que da como resultado una ausencia de detección de corriente de desequilibrio o una ausencia de detección de cambio de corriente de desequilibrio. En consecuencia, no se puede determinar correctamente el número exacto de fallos internos. Según la invención, se excluye tal efecto de cancelación determinando el número exacto de los fallos internos en base al comportamiento de cambio en escalón
 45 de la corriente de desequilibrio y a la relación entre el signo de ese cambio en escalón del valor por unidad de la corriente de desequilibrio de la corriente de fase correspondiente y el ángulo de fase detectado. Por tanto, la invención hace posible determinar el número exacto de los fallos internos.

50 Debido al hecho de que la invención hace posible determinar el número exacto de los fallos internos, la invención hace posible tomar una acción correcta enviando una alarma apropiada y/o una señal de disparo apropiada en base a esta información más precisa, lo que proporciona, además, un esquema y una solución más sensibles y fiables de protección de un puente en H contra desequilibrio.

55 Además, basándose en la relación entre el signo del cambio en escalón del valor por unidad de la corriente de desequilibrio y el ángulo de fase detectado se puede determinar la localización del fallo interno en términos de la detección de los dos cuadrantes posibles que experimentaron el evento de fallo mientras los dos cuadrantes están localizados diagonalmente. Es ventajoso que se identifique la localización de los fallos internos para realizar más efectivamente el mantenimiento del banco de condensadores. Teóricamente, el método inventado ahorra un 50% del

tiempo dedicado a detectar los defectos.

Otra ventaja de la invención consiste en que se puede evitar un mantenimiento programado en caso de que no haya fallos internos detectados o el número de fallos internos por fase sea inferior a un cierto límite.

5 Es ventajoso utilizar el valor por unidad de la corriente de desequilibrio debido a que éste es independiente de los transitorios del sistema y depende menos de la variación de temperatura y frecuencia del banco de condensadores. Por tanto, no hay necesidad de compensar la señal de desequilibrio debido a tales variaciones ni de considerar un tiempo de retardo para evitar transitorios. Este valor por unidad puede escalarse, además, hasta un valor umbral predefinido de modo que se pueda determinar el número de fallos internos correspondientes a esta corriente de desequilibrio particular.

10 Otra ventaja más de la invención consiste en que no se necesita compensar la corriente de desequilibrio natural para obtener una señal de desequilibrio precisa. Esto es debido a que la detección se basa en el cambio en escalón de la corriente de desequilibrio.

15 Según una realización de la invención, el cambio en escalón se determina detectando un cambio de la corriente de desequilibrio, rastreando el cambio de la corriente de desequilibrio y comparando continuamente el cambio con un valor umbral predefinido. Esto se consigue iniciando el rastreo del cambio de la corriente de desequilibrio después de un corto retardo para evitar el efecto del cambio brusco durante una formación de arco seguida por un decaimiento de la corriente de desequilibrio, y terminando el rastreo cuando la corriente de desequilibrio alcanza un estado constante.

20 Según otra realización de la invención, se normaliza el ángulo de fase detectado, por ejemplo para que sea de 0° o 180°, y se determina el número de fallos interno en base al cambio en escalón determinado del valor por unidad de la corriente de desequilibrio y al ángulo de fase normalizado.

Según una realización de la invención, se determina la señal de alarma cuando el número de los fallos internos en cualquiera de los cuadrantes excede del primer umbral.

25 Según una realización de la invención, se determina la señal de disparo cuando el número de los fallos internos en cualquiera de los cuadrantes excede del segundo umbral.

30 Según una realización de la invención, los valores umbral primero y segundo corresponden a un nivel de alarma y un nivel de disparo, respectivamente. Por tanto, el nivel de alarma es equivalente al número de elementos o unidades averiados o al número de fusibles operados que, dependiendo de la configuración en cualquier cuadrante, excede de un límite de sobrevoltaje predefinido a través de los componentes sanos, pudiendo ajustarse este límite por encima de los errores naturales para funcionar fiablemente después de fallos internos. El nivel de disparo es el número máximo de elementos averiados, fusibles operados o unidades cortocircuitadas que, dependiendo de la configuración, da como resultado un voltaje extra en los condensadores sanos que no excede de la capacidad de sobrevoltaje de contingencia de estos condensadores. Sin embargo, se pueden introducir también nuevos valores umbral.

35 El objeto de la invención se consigue también por medio de una disposición como la definida en la reivindicación 9. Tal disposición comprende, para cada fase individual, un primer transformador de corriente, un segundo transformador de corriente, una unidad computadora y una unidad detectora. El primer transformador de corriente está concebido para medir la corriente de fase. El segundo transformador de corriente está dispuesto en los puntos medios de las dos cadenas para medir la corriente de desequilibrio. Una unidad computadora está configurada para
40 calcular continuamente el valor eficaz de la corriente de fase medida, calcular continuamente el valor eficaz de la corriente de desequilibrio medida y calcular continuamente el valor por unidad de la corriente de desequilibrio en base al valor eficaz calculado de la corriente de fase medida y al valor eficaz calculado de la corriente de desequilibrio medida. La unidad detectora está configurada para detectar el ángulo de fase entre la corriente de fase
45 medida y la corriente de desequilibrio medida correspondiente, rastrear y detectar un cambio en la corriente de desequilibrio calculada entre el presente valor por unidad calculado de la corriente de desequilibrio y el previo valor por unidad calculado de la corriente de desequilibrio, determinar el cambio en escalón del valor por unidad de la corriente de desequilibrio, determinar el número de fallos internos y sus localizaciones correspondientes en base al cambio en escalón determinado del valor por unidad de la corriente de desequilibrio y al ángulo de fase detectado, e
50 iniciar una alarma y/o una señal de disparo cuando el número determinado de fallos de los elementos excede de un primero o un segundo valor umbral.

Además, la unidad protectora está configurada adicionalmente para rastrear el cambio de la corriente de desequilibrio y comparar continuamente el cambio con un valor umbral predefinido para determinar el cambio en escalón del valor por unidad de la corriente de desequilibrio.

55 Además, la unidad protectora está configurada también para normalizar el ángulo de fase detectado y determinar el número de fallos internos y sus localizaciones correspondientes en base al cambio en escalón determinado del valor

por unidad de la corriente de desequilibrio y al ángulo de fase normalizado.

Según una realización de la invención, el presente método se implementa con un producto de programa informático definido en la reivindicación 14.

5 Tal producto de programa informático comprende recibir una corriente de fase medida, calcular el valor eficaz de la corriente de fase medida, recibir una corriente de desequilibrio medida, calcular el valor eficaz de la corriente de desequilibrio medida, detectar el ángulo de fase entre la corriente de fase medida y su correspondiente corriente de desequilibrio medida, calcular el valor por unidad de la corriente de desequilibrio en base al valor eficaz calculado de la corriente de fase medida y al valor eficaz calculado de la corriente de desequilibrio medida, rastrear y detectar un cambio en la corriente de desequilibrio calculada entre el presente valor por unidad calculado de la corriente de desequilibrio y el previo valor por unidad calculado de la corriente de desequilibrio, determinar el cambio en escalón del valor por unidad de la corriente de desequilibrio, determinar el número de los fallos internos y la localización de cada uno de los fallos internos en base al cambio en escalón determinado del valor por unidad de la corriente de desequilibrio y al ángulo de fase detectado, e iniciar una alarma y/o una señal de disparo cuando el número total determinado de fallos internos excede de un primero o un segundo valor umbral.

15 El producto de programa informático puede comprender, además, normalizar el ángulo de fase detectado y determinar el número de fallos internos y sus correspondientes localizaciones en base al cambio en escalón determinado del valor por unidad de la corriente de desequilibrio y al ángulo de fase normalizado.

20 Tal programa informático puede cargarse desde un medio legible en la memoria de un procesador computador, por ejemplo el procesador computador de un dispositivo eléctrico para proporcionar esta protección mejorada contra corriente de desequilibrio para un banco de condensadores en puente en H.

Breve descripción de los dibujos

Se explica ahora la invención con más detalle mediante la descripción de diferentes realizaciones de la invención y con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

25 La figura 1, es una ilustración en diagrama de flujo del método inventado para detectar un fallo interno en un banco de condensadores en puente en H según una realización de la invención.

Las figuras 2a-c ilustran, respectivamente, una forma de onda de corriente de desequilibrio instantánea, el valor por unidad correspondiente de la corriente de desequilibrio y el ángulo de fase entre la corriente de desequilibrio y la corriente de fase en un ensayo de simulación en un ejemplo en el que se detectan seis eventos de fallo.

30 Las figuras 3a-b muestran, respectivamente, el número de fallos internos en cada uno de dos grupos de cuadrantes diagonalmente dispuestos correspondientes a los eventos de fallo instantáneos mostrados en la figura 2a.

La figura 4 muestra un ejemplo de cómo se mantiene y registra en una tabla información para cada uno de los eventos de fallo instantáneos a fin de tomar una decisión de emitir una alarma o una señal de disparo.

Las figuras 5a-b ilustran dos escenarios, en cada uno de los cuales puede aparecer una detección ambigua.

35 La figura 6 ilustra esquemáticamente una disposición para detectar un fallo interno en un banco de condensadores, en donde el banco de conectadores está conectado a un sistema de energía trifásica y cada fase incluye un esquema de protección de puente en H, según una realización de la invención.

Las figuras 6a-b ilustran a modo de ejemplo una configuración esquemática de las unidades de condensador dispuestas en cada uno de los cuadrantes y una configuración esquemática de elementos de condensador en cada una de las unidades de condensador del banco de condensadores mostrado en la figura 6.

40 La figura 7 muestra un ejemplo de una tabla de búsqueda que presenta el número de fallos internos correspondientes al cambio en escalón del valor por unidad de la corriente de desequilibrio en base a la disposición mostrada en las figuras 6a-b.

Descripción detallada de realizaciones preferidas de la invención

45 Con referencia a la figura 6 y la figura 1, una disposición 1 para detectar un fallo interno de un banco de condensadores está conectada, en un extremo de sus terminales, a un sistema de energía eléctrica trifásica A, B y C y está puesta a tierra en el otro extremo de sus terminales. Un banco 3A, 3B, 3C de condensadores en puente en H está conectado a cada una de las fases A, B y C. Cada uno de los puentes en H incluye un primer transformador de corriente CT_{1A} , CT_{1B} , CT_{1C} concebido para medir cada respectiva corriente de fase I_{pha} , I_{phb} , I_{phc} en el paso 100, un segundo transformador de corriente CT_{2A} , CT_{2B} , CT_{2C} dispuesto para medir cada respectiva corriente de desequilibrio I_{una} , I_{unb} , I_{unc} en el paso 120, una unidad computadora 4 y una unidad de protección 6.

El segundo transformador de corriente CT_{2A}, CT_{2B}, CT_{2C} está dispuesto en el punto medio de las dos cadenas de modo que las unidades de condensador están divididas en cuatro cuadrantes Q1a, Q2a, Q3a y Q4a; Q1b, Q2b, Q3b y Q4b; Q1c, Q2c, Q3c y Q4c. Las unidades de condensador en cada cuadrante pueden estar conectadas en paralelo y/o en serie, incluyendo cada una de ellas una pluralidad de elementos de condensador conectados en paralelo y/o en serie.

En este ejemplo, en cada una de las fases el banco de condensadores 3A, 3B, 3C está dividido en 4 cuadrantes idénticos; cada cuadrante tiene 14 unidades de condensador distribuidas sobre tres cadenas. Dos cadenas tienen dos grupos en serie de dos unidades de condensador conectadas en paralelo, mientras que la tercera cadena tiene dos grupos en serie de tres unidades de condensador conectadas en paralelo, como se muestra en la figura 6a. Cada unidad de condensador tiene dos grupos en serie de 19 elementos de condensador conectados en paralelo, como se muestra en la figura 6b.

Sin embargo, deberá entenderse que la invención no se limita a esta configuración específica. Deberá entenderse que, aunque en este ejemplo particular el banco de condensadores tiene una configuración interna protegida con fusibles, la invención es aplicable también a cualquier tipo de bancos de condensadores protegidos con fusibles, carentes de fusibles o no protegidos con fusibles. Además, el banco de condensadores puede no estar puesto a tierra.

La unidad computadora 4 está conectada a los transformadores de corriente primero y segundo CT_{1A} y CT_{2A}, CT_{1B} y CT_{2B}, CT_{1C} y CT_{2C} de cada fase individual A, B, C. Además la unidad computadora 4 está configurada para recibir las mediciones de los transformadores de corriente primero y segundo y calcular, respectivamente, los valores eficaces de la corriente de fase y la corriente de desequilibrio medidas en los pasos 110 y 130. Todas las mediciones se basan en un muestreo de las corrientes instantáneas. Las muestras pueden mantenerse en un búfer de una memoria para proporcionar una instantánea móvil de la señal de entrada y aplicar cálculos de corriente eficaz recursivos.

Además, el valor por unidad de la corriente de desequilibrio puede calcularse como sigue, en el paso 145, en base a la relación entre el valor eficaz calculado de la corriente de desequilibrio medida y el valor eficaz medido calculado de la corriente de fase,

$$I_{unpu} = \frac{I_{uneficaz}}{I_{pheficaz}}$$

Además, este valor por unidad puede escalarse adicionalmente hasta un valor preespecificado contenido en una tabla de búsqueda (véase la figura 7 como ejemplo), en donde, para cada uno de los valores de corriente de desequilibrio, se proporciona el número de fallos internos correspondientes a este valor. En este ejemplo, el número de fallos internos se presenta como el número de fusibles fundidos o elementos fallidos.

La unidad protectora 6 está configurada para comunicarse con la unidad computadora 4 y su función principal consiste en determinar el número de fallos internos y la localización de los fallos y emitir una señal de alarma y/o una señal de disparo en base al número de los fallos internos. Las señales de alarma o de disparo pueden ser enviadas a una pantalla de supervisión de un operador en una subestación de automatización y la señal de disparo puede ser enviada adicionalmente a un disyuntor para desconectar la conexión eléctrica al sistema de energía. En esta realización la unidad computadora 4 y la unidad protectora 6 están configuradas como dos módulos separados. Sin embargo, pueden estar integradas formando una unidad como un dispositivo electrónico inteligente (IED). La unidad computadora 4 y la unidad protectora 6 pueden ser, por ejemplo, un microprocesador computador, un procesador de señales digitales, una matriz de puertas programable en campo o un ordenador estándar.

Basándose en los valores eficaces calculados de la corriente de fase medida y la corriente de desequilibrio medida, la unidad protectora 6 está configurada adicionalmente para detectar el ángulo de fase en el paso 140. El ángulo de fase calculado puede normalizarse también para que sea de 0° o 180° a fin de detectar los dos cuadrantes posibles que experimenten el evento de fallo.

En la configuración mostrada en la figura 6b, en caso de que el cuadrante Q2a o Q3a esté experimentando el evento de fallo, la corriente de desequilibrio está en fase con la corriente de fase, lo que significa que el ángulo de fase calculado es igual a 0°. En caso de que el cuadrante Q1a o Q4a esté experimentando el evento de fallo, la corriente de desequilibrio está desfasada con respecto a la corriente de fase, lo que significa que el ángulo de fase calculado es igual 180°. Sin embargo, para bancos de condensadores carentes de fusibles y no protegidos con fusibles, el ángulo de corriente de desequilibrio equivalente a fallos de elementos en cuadrantes es el opuesto a este ejemplo, es decir que 180° es equivalente a fallos de elementos en los cuadrantes Q2a o Q3a, mientras que 0° es equivalente a fallos de elementos en los cuadrantes Q1a o Q4a.

Se explica adicionalmente la invención con referencia a los ejemplos mostrados en las figuras 2a-c. En este

experimento el banco de condensadores 3A conectado a la fase A ha experimentado 6 eventos de fallo en la fase A, partiendo del instante de 0,9 segundos, y los eventos de fallo se distinguen por 6 apariciones de picos de corriente, como se muestra en la figura 2a. Estos picos se produjeron durante la formación de arcos sobre los elementos de condensador antes de que se rompieran los eslabones fusibles. Cada uno de los eventos de fallo es reconocido como un cambio de la corriente de desequilibrio entre la presente magnitud calculada de la corriente de desequilibrio y la previa magnitud calculada de la corriente de desequilibrio en el paso 160. Este cambio puede determinarse comparando el cambio con un umbral predefinido y, si el cambio es mayor que el umbral, se rastreará el cambio. La figura 2b ilustra la correspondiente forma de onda de corriente de desequilibrio por unidad de la corriente de fase y los límites de corriente típicos ajustados para señales tanto de alarma como de disparo se corresponden con uno o diez fallos internos. La figura 2c muestra los ángulos de fase entre la corriente de desequilibrio y la corriente de fase correspondiente a los eventos de fallo. Rastreando el cambio hasta que este alcanza su estado constante, el cambio en escalón de la corriente de desequilibrio se determina en el paso 170.

Basándose en el cambio en escalón de la corriente de desequilibrio y en el ángulo de fase detectado entre la corriente de desequilibrio y la corriente de fase, se puede determinar en el paso 200 el número de fallos internos y la localización de cada uno de los fallos.

Las figuras 5a y 5b explican dos ejemplos de escenarios, cada uno de los cuales podría dar como resultado una detección ambigua. El primer ejemplo mostrado en la figura 5a es de un escenario en el que tiene lugar un efecto de cancelación completa. El primer evento de fallo es de dos fusibles fundidos en el cuadrante Q1a a 1,15 s y el segundo evento de fallo a 2,05 s es de otros dos fusibles fundidos en el cuadrante Q2a o Q3a. Debido a que la corriente de desequilibrio se presenta en dirección opuesta a la corriente del fallo previo, esto da como resultado una negación de que la señal de desequilibrio sea cero y una detección ambigua debido a que no se detectó ninguna corriente de desequilibrio. El segundo ejemplo mostrado en la figura 5b es de un segundo escenario en el que tiene lugar un efecto de cancelación parcial. Un fallo de un solo elemento en Q1a a 1,0 s. 0,8 segundos más tarde fallan simultáneamente dos elementos, pero en un cuadrante adyacente (Q2a o bien Q3a). La corriente de desequilibrio causada por el segundo evento de fallo es casi dos veces mayor que la causada por el primero, pero en dirección opuesta, lo que hace que no se vea ningún cambio en la corriente de desequilibrio.

Estas ambigüedades se resuelven con la realización del método inventado. En caso de que se detecte un cambio en escalón de la corriente de desequilibrio, se puede obtener el número de fallos internos en base a una tabla de búsqueda, como se ejemplifica en la figura 7. Se determina entonces la localización de los fallos internos calculando el número de fallos internos, el cual puede ser registrado por un contador de fallos internos en cualquiera de los cuadrantes Q1a o Q4a o en cualquiera de los cuadrantes Q2a o Q3a. Se actualiza entonces el contador de manera correspondiente. Esta rama resuelve el problema del efecto de cancelación completa.

En caso de que no haya un cambio en escalón de la corriente de desequilibrio y se detecte al menos un evento de fallo, esto significa que se detecta un efecto de cancelación parcial y se determina entonces el número de fallos internos.

Las figuras 3a y 3b juntas muestran un ejemplo del número de fallos internos registrados en cada uno de dos grupos de cuadrantes diagonalmente dispuestos correspondientes a cada uno de los eventos de fallo instantáneos, en donde se introducen nuevos límites de alarma y de disparo. Los nuevos límites se ajustan inicialmente en base al número máximo admisible de fallos internos antes de hacer que el voltaje en los condensadores sanos restantes exceda de la capacidad de sobrevoltaje de contingencia de estos condensadores. En este ejemplo el límite de alarma se ajusta después de dos fallos internos y la señal de disparo se ajusta después de diez fallos internos.

En los dos casos anteriormente descritos el procedimiento termina con la actualización de la información de fallos internos en una tabla mostrada en la figura 4, en la que se actualizan de manera correspondiente la información acerca del número de fallos internos y la localización de los fallos para tomar una decisión referente a emitir una alarma y/o una señal de disparo, paso 210.

La invención presentada supera los problemas de ambigüedad resultantes de la detección errónea. Esta detección errónea se producía debido a un efecto de cancelación que daba como resultado que no se emitiera la señal de disparo apropiado, según se ha explicado en el ejemplo demostrado en la figura 2b. La invención supera este problema explicado y demostrado en las figuras 3a y 3b emitiendo las señales de alarma y de disparo apropiadas. Las señales de acción, por ejemplo señales de alarma y de disparo, se emiten en base a los nuevos límites introducidos. Los nuevos límites se basan en el número real de fallos en vez de basarse en el método existente, que depende de la última corriente de desequilibrio medida.

REIVINDICACIONES

1. Un método para detectar un fallo interno en un banco de condensadores conectado en una fase o más fases, respectivamente, a un sistema de energía, en el que el banco de condensadores comprende una pluralidad de unidades de condensador, comprendiendo cada una de las unidades de condensador una pluralidad de elementos de condensador conectados en paralelo y/o en serie, y en el que las unidades de condensador están divididas en dos cadenas y un transformador de corriente está dispuesto en los puntos medios de las dos cadenas de modo que las unidades de condensador están divididas adicionalmente en cuatro cuadrantes y el fallo o los fallos internos pueden ocurrir en uno o más elementos o unidades de condensador e implica uno o más cuadrantes de condensadores, cuyo método comprende
- 5
- 10 - medir la corriente de fase de cada fase individual del banco de condensadores (100),
 - calcular continuamente el valor medio cuadrático, denotado por valor eficaz, de la corriente de fase medida (110),
 - medir la corriente de desequilibrio (120),
 - calcular continuamente el valor eficaz de la corriente de desequilibrio medida (130) y
- 15 - detectar el ángulo de fase entre la corriente de fase medida y su corriente de desequilibrio medida correspondiente (140),

caracterizado por que el método comprende además

- calcular continuamente un valor por unidad de la corriente de desequilibrio en base al valor eficaz calculado de la corriente de fase medida y al valor eficaz calculado de la corriente de desequilibrio medida (145),
- 20 - rastrear y detectar un cambio en la corriente de desequilibrio calculada entre el presente valor por unidad calculado de la corriente de desequilibrio y el previo valor por unidad calculado de la corriente de desequilibrio (160)
 - determinar el cambio en escalón del valor por unidad de la corriente de desequilibrio (170),
 - determinar el número de fallos internos en base al cambio en escalón determinado del valor por unidad de la corriente de desequilibrio y al ángulo de fase detectado (200).
- 25

2. Método según la reivindicación 1, en el que el método comprende, además, rastrear el cambio de la corriente de desequilibrio y comparar continuamente el cambio con un valor umbral predefinido para determinar el cambio en escalón del valor por unidad de la corriente de desequilibrio.

3. Método según la reivindicación 1, en el que el método comprende, además, localizar los defectos internos para dos posibles cuadrantes diagonalmente dispuestos en base al ángulo de fase detectado.
- 30

4. Método según la reivindicación 3, en el que el método comprende, además, normalizar el ángulo de fase detectado y determinar el número de fallos internos y sus localizaciones correspondientes en base al cambio en escalón determinado del valor por unidad de la corriente de desequilibrio y al ángulo de fase normalizado.

5. Método según la reivindicación 3, en el que se inicia una señal de alarma cuando el número de fallos internos en cualquier grupo de dos cuadrantes diagonalmente dispuestos excede de un primer umbral.
- 35

6. Método según la reivindicación 3, en el que se inicia una señal de disparo cuando el número de fallos internos en cualquier grupo de dos cuadrantes diagonalmente dispuestos excede de un segundo umbral.

7. Método según la reivindicación 1, en el que el método comprende, además, iniciar una alarma y/o una señal de disparo cuando el número total determinado de fallos internos de los elementos excede de un primero o un segundo valor umbral (210).
- 40

8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que los valores umbral primero y segundo corresponden a un límite inferior y un límite superior de un voltaje excesivo admisible sobre las restantes partes sanas del banco de condensadores.

9. Una disposición (1) para detectar un fallo interno en un banco de condensadores conectado en una fase o más fases (A, B, C), respectivamente, a un sistema de energía, en la que el banco de condensadores comprende una pluralidad de unidades de condensador y cada una de las unidades de condensador comprende una pluralidad de elementos de condensador, y en la que las unidades de condensador están divididas adicionalmente en dos cadenas y cada una está dividida adicionalmente en dos grupos en un punto medio de modo que las unidades de condensador están divididas en cuatro cuadrantes (Q1a, Q2a, Q3a y Q4a; Q1b, Q2b, Q3b y Q4b; Q1c, Q2c, Q3c y Q4c) y el fallo o fallos internos pueden producirse en uno o más elementos o unidades de condensador e implican uno o más cuadrantes de condensadores, comprendiendo la disposición (1)
- 45
- 50

- un primer transformador de corriente (CT_{1A}, CT_{1B}, CT_{1C}) concebido para medir la corriente de fase de cada fase individual,

- un segundo transformador de corriente (CT_{2A}, CT_{2B}, CT_{2C}) dispuesto en los puntos medios de las dos cadenas para medir una corriente de desequilibrio de cada fase individual,
- una unidad computadora (4) configurada para
 - calcular continuamente el valor eficaz de la corriente de fase medida,
 - calcular continuamente el valor eficaz de la corriente de desequilibrio medida,
 - calcular continuamente el valor por unidad de la corriente de desequilibrio en base al valor eficaz calculado de la corriente de fase medida y al valor eficaz calculado de la corriente de desequilibrio medida, y
- una unidad protectora (6) configurada para
 - detectar el ángulo de fase entre la corriente de fase medida y su correspondiente corriente de desequilibrio medida y
 - rastrear y detectar un cambio en la corriente de desequilibrio calculada entre el presente valor por unidad calculado de la corriente de desequilibrio y el previo valor por unidad calculado de la corriente de desequilibrio,

caracterizada por que la unidad protectora (6) está configurada, además, para

- determinar el cambio en escalón del valor por unidad de la corriente de desequilibrio,
- determinar el número de fallos internos en base al cambio en escalón determinado del valor por unidad de la corriente de desequilibrio y al ángulo de fase detectado.

10. Disposición según la reivindicación 9, en la que la unidad protectora (6) esta configurada, además, para rastrear el cambio de la corriente de desequilibrio y comparar continuamente el cambio con un valor umbral predefinido para determinar el cambio en escalón del valor por unidad de la corriente de desequilibrio.

11. Disposición según la reivindicación 9, en la que la unidad protectora (6) está configurada, además, para localizar los defectos internos en dos posibles cuadrantes diagonalmente opuestos en base al ángulo de fase detectado.

12. Disposición según la reivindicación 11, en la que la unidad protectora (6) está configurada, además, para normalizar el ángulo de fase detectado y determinar el número de fallos internos y sus correspondientes localizaciones en base al cambio en escalón determinado del valor por unidad de la corriente de desequilibrio y el ángulo de fase normalizado.

13. Disposición según la reivindicación 9, en la que la unidad protectora (6) está configurada, además, para iniciar una alarma y/o una señal de disparo cuando el número determinado de fallos de los elementos excede de un primero o un segundo valor umbral.

14. Un producto de programa informático para detectar un fallo interno en un banco de condensadores conectado en una fase o más fases, respectivamente, a un sistema de energía, en el que el banco de condensadores comprende una pluralidad de unidades de condensador, comprendiendo cada una de las unidades de condensador una pluralidad de elementos de condensador conectados en paralelo y/o en serie, y en el que las unidades de condensador están divididas en dos cadenas y un transformador de corriente está dispuesto en los puntos medios de las dos cadenas de modo que las unidades de condensador están divididas adicionalmente en cuatro cuadrantes y el fallo o fallos internos pueden producirse en uno o más de los elementos o unidades de condensador e implican uno o más cuadrantes de condensadores, en donde el producto de programa informático puede cargarse directamente en una memoria interna de un ordenador y comprende un software para realizar los pasos de

- recibir una corriente de fase medida,
- calcular el valor eficaz de la corriente de fase medida,
- recibir una corriente de desequilibrio medida,
- calcular el valor eficaz de la corriente de desequilibrio medida,
- detectar el ángulo de fase entre la corriente de fase medida y su correspondiente corriente de desequilibrio medida,
- calcular el valor por unidad de la corriente de desequilibrio en base al valor eficaz calculado de la corriente de fase medida y al valor eficaz calculado de la corriente de desequilibrio medida,
- rastrear y detectar un cambio en la corriente de desequilibrio calculada entre el presente valor por unidad calculado de la corriente de desequilibrio y el previo valor por unidad calculado de la corriente de desequilibrio,
- determinar el cambio en escalón del valor por unidad de la corriente de desequilibrio,
- determinar el número de fallos internos en base al cambio en escalón determinado del valor por unidad de la corriente de desequilibrio y al ángulo de fase detectado.

15. Producto de programa informático según la reivindicación 14, en el que el producto de programa informático comprende, además, un software para realizar un paso de localización de los defectos internos en dos posibles cuadrantes diagonalmente dispuestos en base al ángulo de fase detectado.

16. Producto de programa informático según la reivindicación 15, en el que el producto de programa informático comprende, además, un software para realizar los pasos de normalizar el ángulo de fase detectado y determinar el número de fallos internos y sus correspondientes localizaciones en base al cambio en escalón determinado del valor

por unidad de la corriente de desequilibrio y al ángulo de fase normalizado.

17. Producto de programa informático según la reivindicación 14, en el que el producto de programa informático comprende, además, un software para realizar el paso de iniciar una alarma y/o una señal de disparo cuando el número total determinado de fallos internos excede de un primero o un segundo valor umbral.

- 5 18. Un medio legible por ordenador que tiene un programa registrado en el mismo, en donde el programa es para hacer que un ordenador realice los pasos de las reivindicaciones 14 y 16 cuando se ejecuta dicho programa en el ordenador.

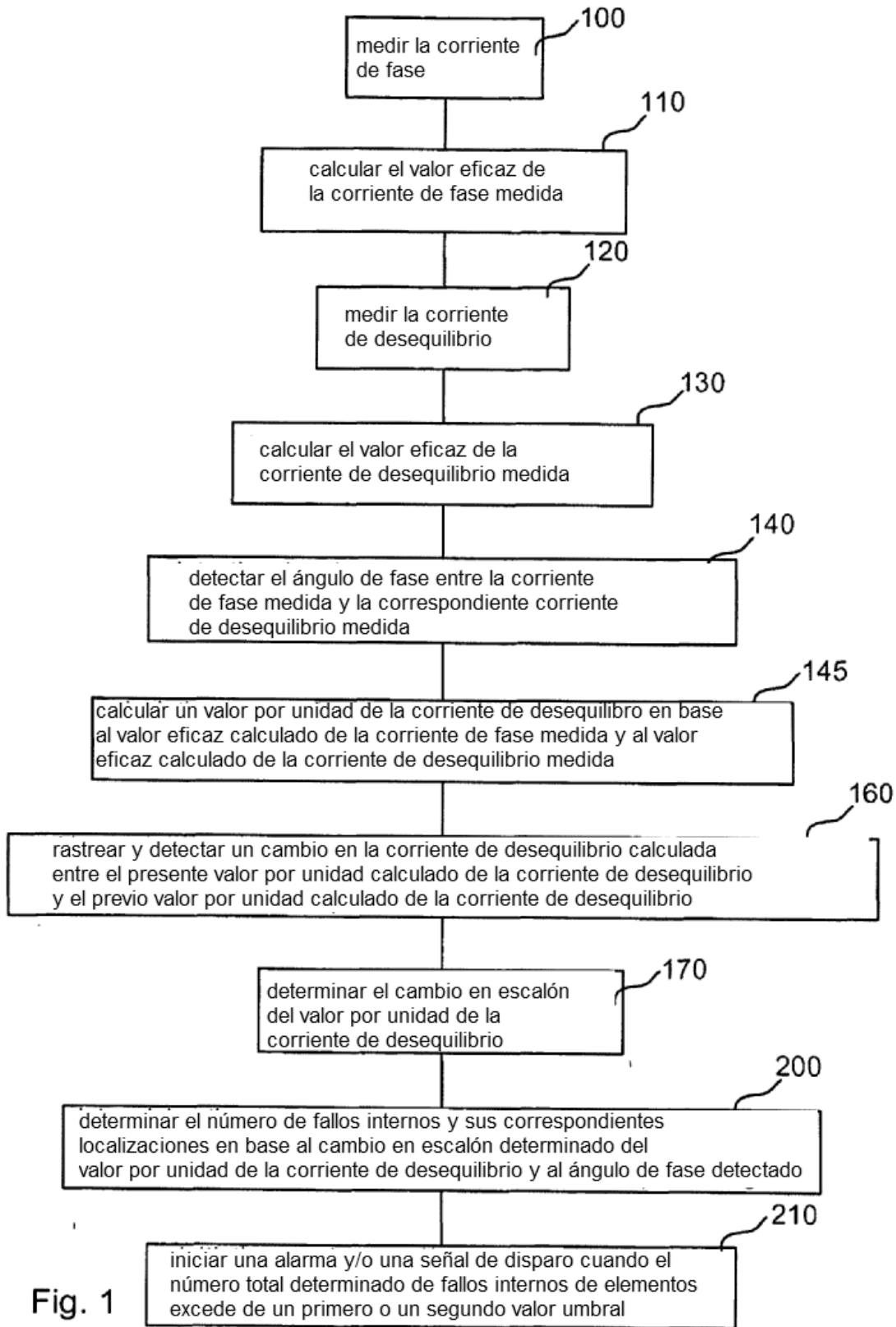


Fig. 1

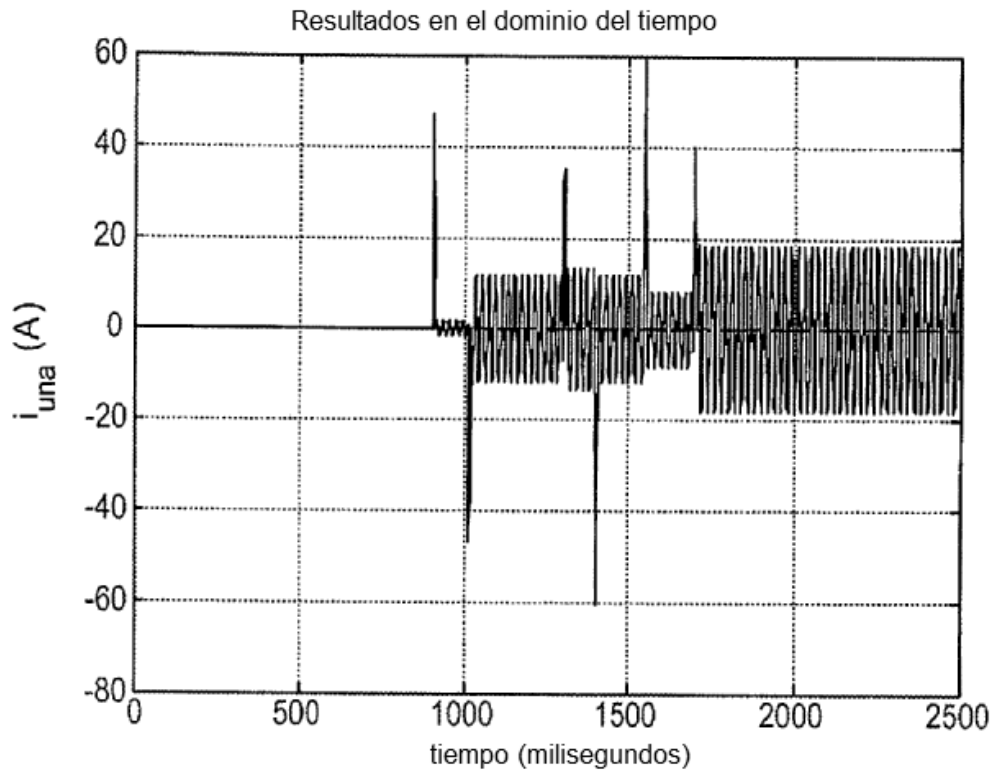


Fig. 2a

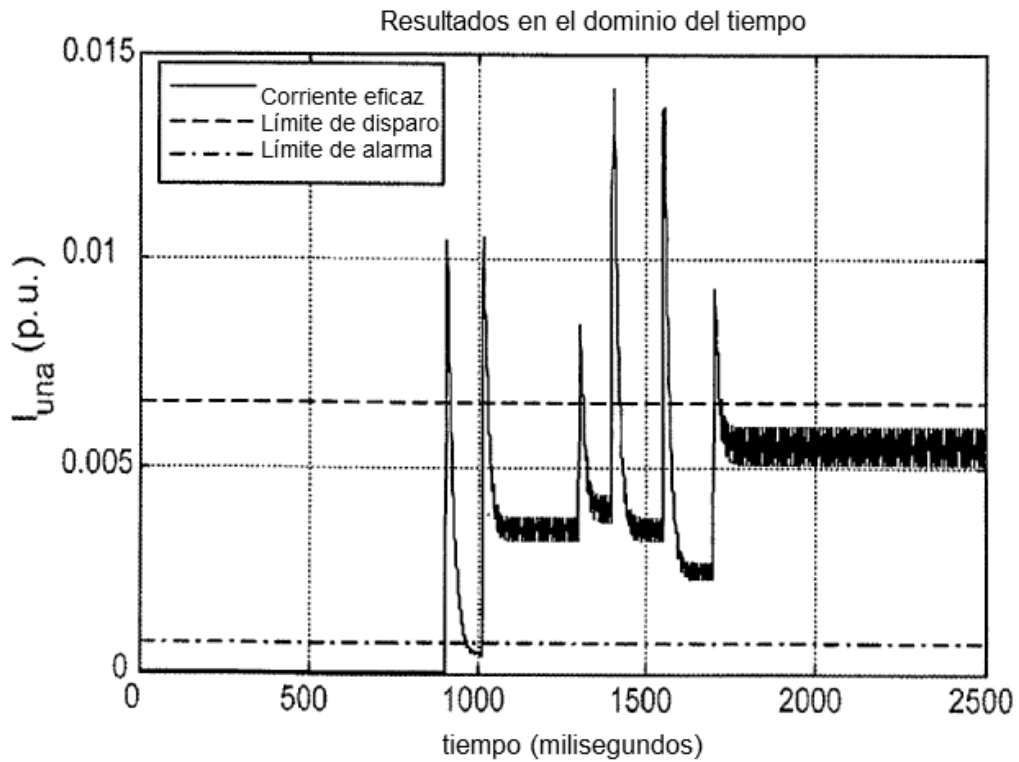


Fig. 2b

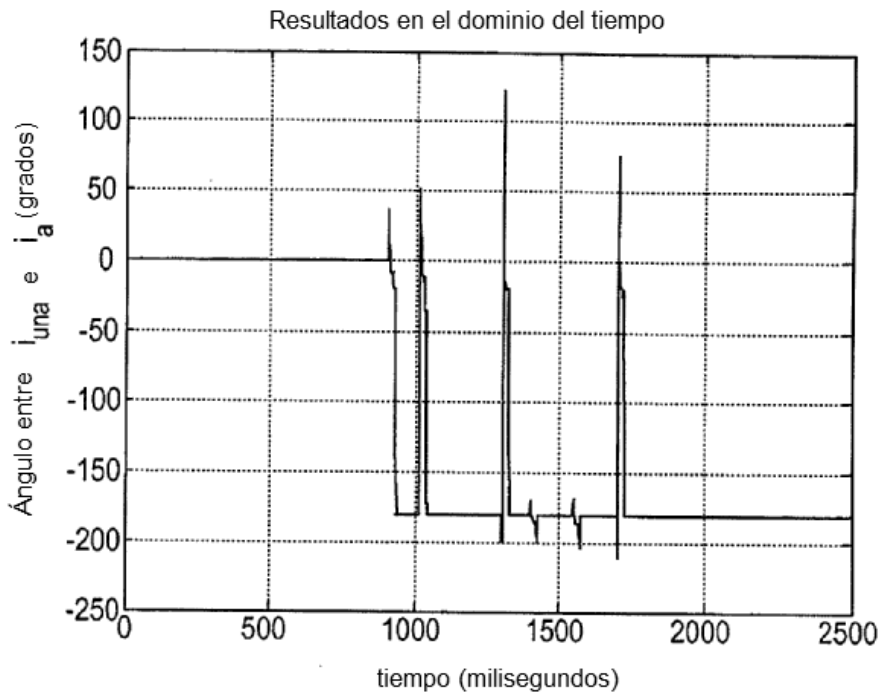
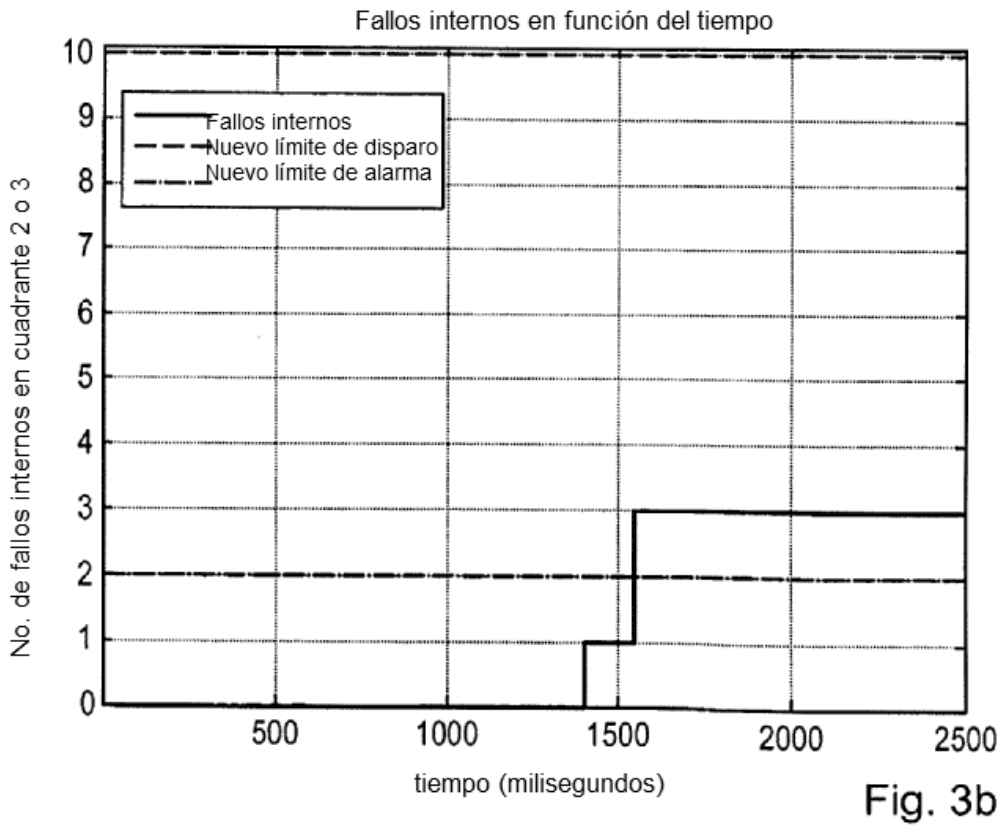
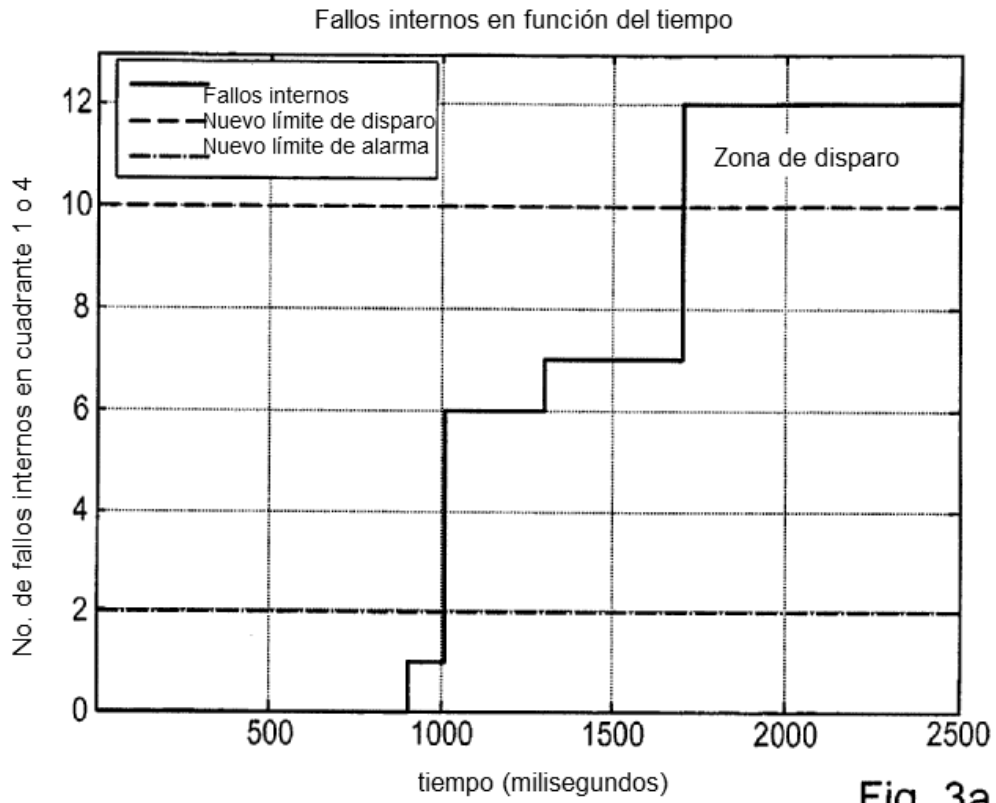


Fig. 2c

Evento de fallo	Instante del evento de fallo (s)	Corriente de desequilibrio I_{un} (p.u.)	Cambio en escalón de corriente de desequilibrio ($I_{un_{estación}}$)	Ángulo de fase de las corrientes $\theta(I_{un}I_{pv})$ (grados)	Fallos internos en cuadrante 1 o 4	Fallos internos en cuadrante 2 o 3
0	-	0	0	0	0	0
1	0.9	0,000486	0,000486	180	1	0
2	1.01	0,003537	0,003051	180	5	0
3	1.3	0,004023	0,000486	180	1	0
4	1.4	0,003537	-0,000486	180	0	1
5	1.55	0,002529	-0,001008	180	0	2
6	1.7	0,005580	0,003051	180	5	0

Fig. 4



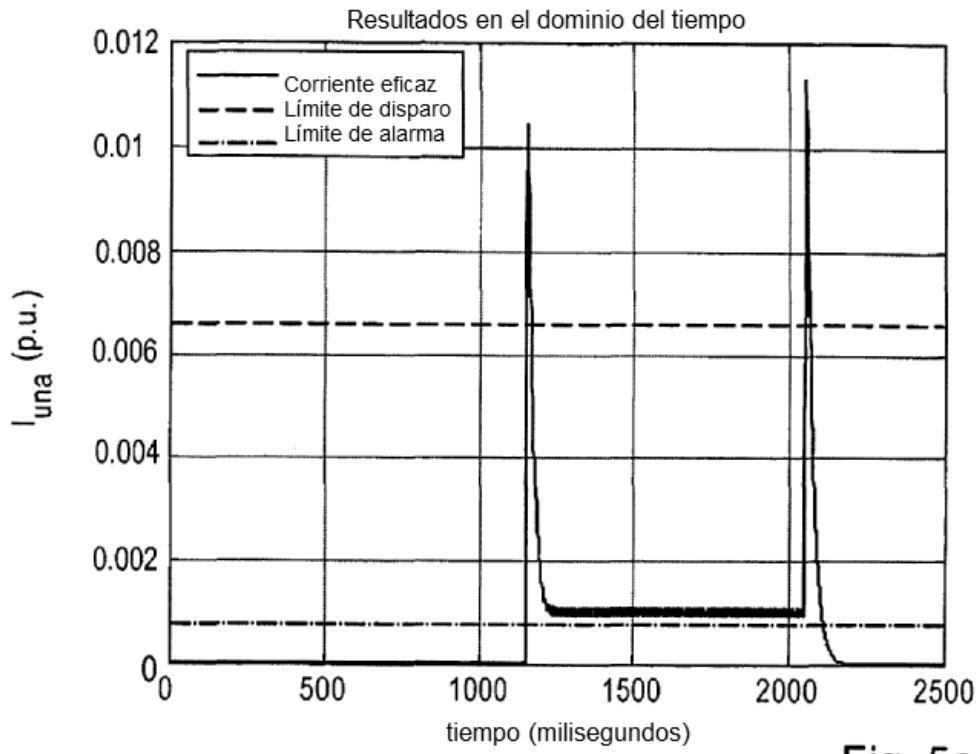


Fig. 5a

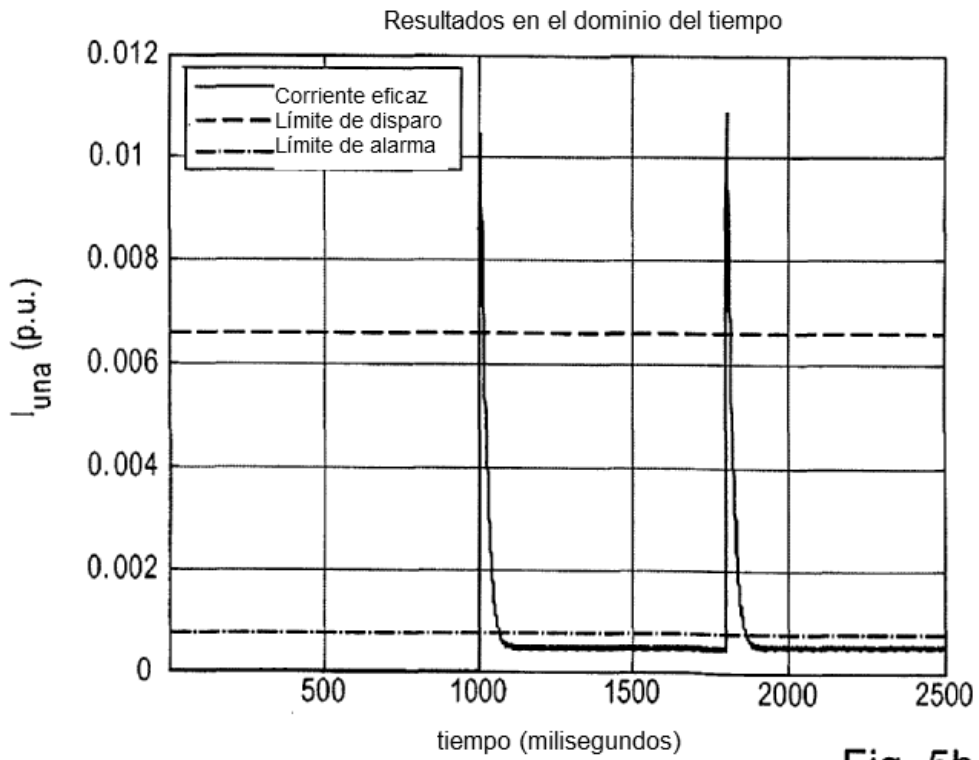


Fig. 5b

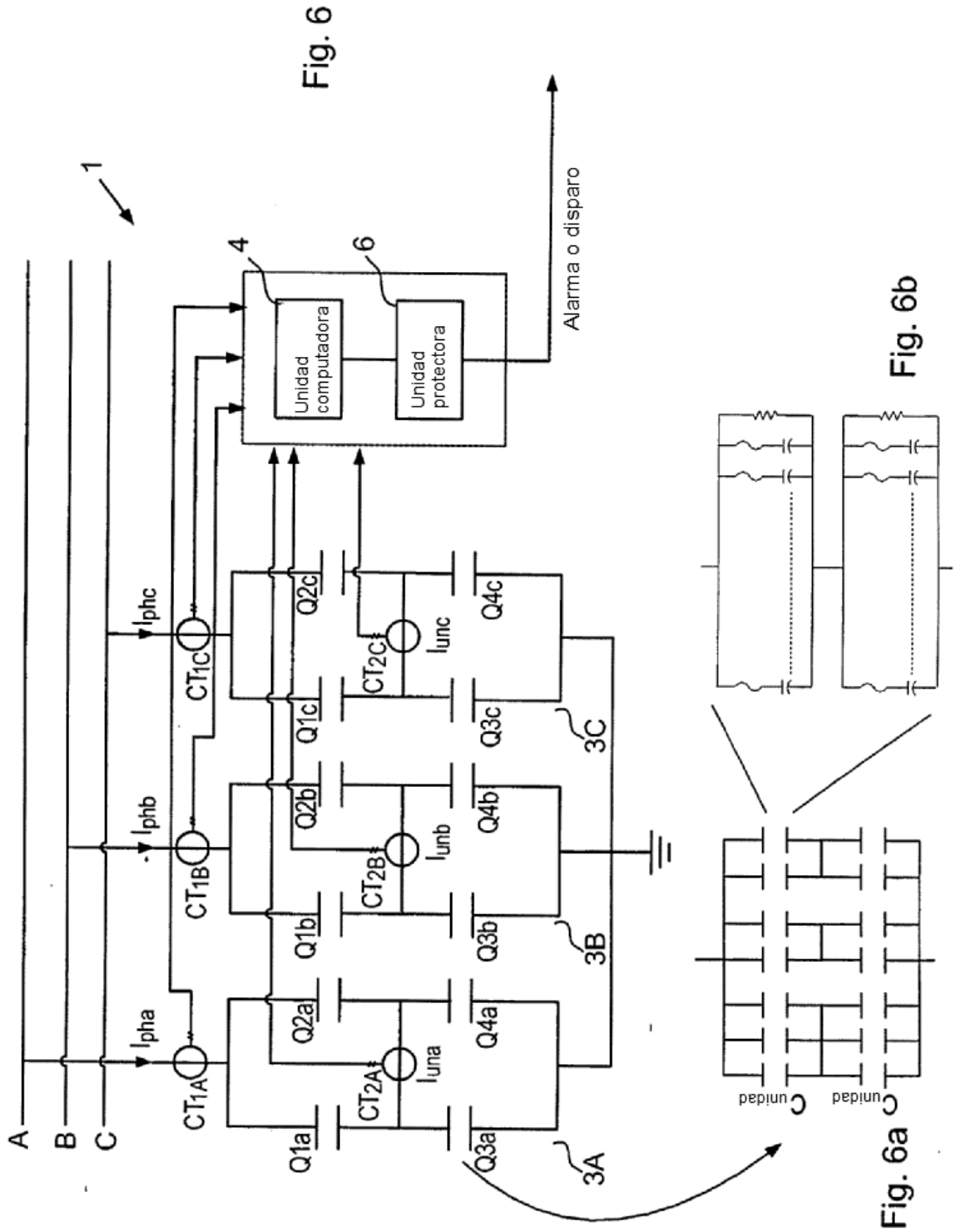


Fig. 6

Fig. 6b

Fig. 6a

Fusibles fundidos	Corriente "H" de desequilibrio por unidad de corriente de fase total	Porcentaje de cambio en escalón de corriente (valor de ajuste de relé)
f	I_{un}	I_{ajuste}
0	0.000000	0.000000%
1	0.000486	0.024311%
2	0.001007	0.074681%
3	0.001567	0.128739%
4	0.002171	0.186908%
5	0.002823	0.249675%
6	0.003529	0.317607%
7	0.004298	0.391370%
8	0.005137	0.471749%
9	0.006057	0.559676%
10	0.007069	0.656267%
11	0.008189	0.762869%
12	0.009434	0.881127%
13	0.010827	1.013064%
14	0.012397	1.161201%
15	0.014178	1.328719%
16	0.016216	1.519695%
17	0.018572	1.739434%
18	0.021327	1.994974%
19	0.024590	2.295859%

Fig. 7