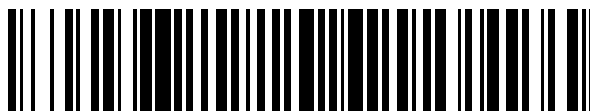


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 916**

51 Int. Cl.:

**G01R 31/12** (2006.01)

**H02H 1/00** (2006.01)

**G01R 27/26** (2006.01)

**G05B 23/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2010 PCT/BR2010/000421**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2011 WO11120112**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2010 E 10848636 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 2553480**

54 Título: **Mejoras introducidas en un sistema de monitorización del estado dieléctrico de equipos de alta tensión con aislamiento capacitivo, tales como aisladores pasatapas capacitivos, transformadores de corriente, transformadores de potencial y similares**

30 Prioridad:  
**29.03.2010 US 748885**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.02.2019**

73 Titular/es:  
**SANTOS, EDUARDO PEDROSA (100.0%)  
Praça Claudino Alves, 141 - Centro  
CEP-12940-800 Atibaia - SP, BR**

72 Inventor/es:  
**SANTOS, EDUARDO PEDROSA**

74 Agente/Representante:  
**ALBERTO, Paz Espuche**

ES 2 701 916 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

Mejoras introducidas en un sistema de monitorización del estado dieléctrico de equipos de alta tensión con aislamiento capacitivo, tales como aisladores pasatapas capacitivos, transformadores de corriente, transformadores de potencial y similares

## 5 Campo técnico

La presente invención contempla mejoras en un procedimiento para una monitorización directa y continua de defectos de evolución rápida en un aislamiento capacitivo que también permite una monitorización en tiempo real de aisladores pasatapas capacitivos y de otros equipos de alta tensión. También permite la monitorización de aisladores pasatapas dotados de dispositivos de potencial tipo aislador pasatapas (BPD) al igual que la monitorización de aisladores pasatapas utilizados en sistemas de corriente continua de alta tensión (HVDC).

## Introducción

En equipos de alta tensión, tales como transformadores y reactores de potencia, transformadores de corriente, transformadores de potencial y otros aisladores pasatapas, el sumamente normal el uso de sistemas aislantes capacitivos, en los que se realiza progresivamente el aislamiento de alta tensión con respecto al potencial de tierra, con divisores capacitivos de tensión y utilizando sistemas de aislamiento capacitivo.

Debido a la importancia de tales equipos de alta tensión para la fiabilidad de la generación de energía eléctrica, la transmisión y la distribución, la monitorización en tiempo real de sus estados es una práctica cada vez más normal que tiene como objetivo la detección y el diagnóstico precoz de defectos ocasionales, evitando, por lo tanto, interrupciones o "apagones" en el suministro de energía.

Entre las varias partes de los equipos monitorizados en busca de una detección de defectos, se señalan los sistemas aislantes de tipo capacitivo, utilizados en aisladores pasatapas, transformadores, transformadores de potencial y otros, una vez que se somete a tales sistemas aislantes a esfuerzos elevados y su fallo total provoca con frecuencia explosiones, al igual que incendios que también pueden dañar otros equipos en las inmediaciones y provocar graves lesiones a personas en su entorno.

## 25 Estado de la técnica

Una de las técnicas principales utilizadas en el estado de la técnica para una monitorización en tiempo real de aislamientos capacitivos, tales como los empleados en aisladores pasatapas, al igual que en otros equipos, es el vector suma de las corrientes de fuga, según se describe en la patente de invención estadounidense número 6.177.803. En el documento US5640154 se encuentra otra técnica de ese tipo.

30 Cuando se energiza un equipo de alta tensión, se somete a su aislamiento a una diferencia de potencial con respecto a tierra que provoca una corriente que atraviesa su aislamiento. Tal magnitud de corriente es una función de la tensión de fase-tierra aplicada al igual que de la impedancia del aislamiento. A su vez, esta impedancia es el resultado de la composición del aislamiento al igual que de sus pérdidas resistivas, denominadas Tangente Delta. De esta forma, cualquier alteración bien en la capacitancia o bien en la tangente delta del aislamiento provocará una alteración correspondiente en la corriente de fuga, que podría ser utilizada, en teoría, para detectar alteraciones en el aislamiento y para diagnosticar su estado. Sin embargo, el uso directo de la corriente de fuga del aislamiento para su diagnóstico choca con el tamaño de las alteraciones cuya monitorización es deseada, una vez que las alteraciones importantes, desde el punto de vista del diagnóstico del aislamiento, puede provocar muy poca corriente de fuga.

40 Por lo tanto, se utiliza la técnica del vector suma de la corriente de fuga de los aislamientos de las tres fases en un sistema trifásico para superar esta limitación práctica. En una disposición como esta, las tres corrientes de fuga tienen un desfase de aproximadamente 120 grados y normalmente también tienen el mismo tamaño. De esta forma, la suma de las corrientes de fuga tiende a ser un valor notablemente inferior a cada una de las corrientes de fuga tomadas individualmente. Cualquier alteración en una de las corrientes de fuga, aunque sea insignificante, provoca una alteración exactamente igual en la suma de las tres corrientes, con la diferencia de que tal alteración, que era insignificante en comparación con la magnitud de la corriente de fuga, es ahora perfectamente medible en comparación con la suma de las corrientes, y permite la detección de alteraciones en la capacitancia y/o en la tangente delta del aislamiento al igual que el diagnóstico de su estado.

50 Sin embargo, existe otro factor que puede provocar variaciones en la corriente de fuga al igual que en la suma de corrientes: las alteraciones en las tensiones del sistema eléctrico de fase-tierra. En el vector suma de las corrientes utilizado en la metodología del estado de la técnica, se elimina esta influencia mediante un filtrado estadístico de mediciones realizado durante un periodo de tiempo razonablemente prolongado, días o semanas. Sin embargo, tal filtrado requiere un retraso en el procedimiento de detección de las alteraciones, de tal forma que se detecten cambios bien en la capacitancia o bien en la tangente delta únicamente unos días después de su incidencia. Como consecuencia, la emisión de alarmas de defecto de aislamiento también se retrasa algunos días, de forma que, en

caso de defectos de evolución rápida, el equipo de alta tensión pueda dar lugar a fallos, con una explosión o un incendio, antes de que el sistema de monitorización pueda emitir ninguna alarma.

En aplicaciones específicas para la monitorización de los aisladores pasatapas capacitivos de equipos de alta tensión, como, por ejemplo, un transformador, la medición de la corriente de fuga del aislamiento del aislador pasatapas se debería llevar a cabo mediante sistemas de monitorización del estado de la técnica conectando el sistema de monitorización con la derivación capacitiva del aislador pasatapas; es decir, nada más que una salida que permite un acceso eléctrico al aislamiento capacitivo del aislador pasatapas. Sin embargo, también se puede utilizar esta misma derivación capacitiva en otra aplicación, la conexión de los denominados “dispositivos de potencial tipo aislador pasatapas – BPD”. Tales BPDs se utilizan principalmente para medir tensiones de fase-tierra de sistemas de alta tensión y, para tal fin, tienen un circuito interior que convierte la tensión al igual que señales de corriente presentes en la derivación capacitiva del aislador pasatapas en una salida de aproximadamente 115V proporcional a la tensión de fase-tierra, actuando, por lo tanto, de una forma similar a la de un PT (transformador de potencial). El circuito interior de un BPD consiste, básicamente, en un condensador que conecta la derivación a tierra, que forma junto con la capacitancia del aislamiento un divisor capacitivo de tensión, haciendo que la tensión en la derivación proporcional a la tensión fase-tierra, al igual que un transformador que convierte la tensión en la derivación a un valor estándar, normalmente 115 V, que están disponibles en la salida de los BPD.

En los casos en los que se utiliza la derivación del aislador pasatapas para la conexión BPD, el uso de esta misma derivación para el sistema de monitorización se vuelve inviable. En estos casos, los sistemas de monitorización del estado de la técnica tienen la desventaja de obligar al usuario bien a escoger mantener el BDP y no instalar el sistema de monitorización en tiempo real o bien a instalar el sistema de monitorización y retirar el BDP, sustituyéndolo por un PT fuera del transformador, de mucho mayor coste.

Otra aplicación en la que los aisladores pasatapas capacitivos desempeñan un papel esencial es en los transformadores de potencial utilizados en corriente continua de alta tensión (HDVC), en los que se convierte la CC (corriente continua) en CA (corriente alterna) mediante algún dispositivo de conmutación, normalmente tiristores, que se intercala entre la tensión continua y los devanados primarios de uno o más transformadores de potencia. Los tiristores conducen e interrumpen cíclicamente el circuito, de forma que se aplique una tensión continua pulsante a los devanados primarios de los transformadores. Tales impulsos son generados en tal secuencia que su integración tenga como resultado un formato de onda aproximadamente sinusoidal que se obtiene en el devanado secundario del transformador en un formato de tensión de CA.

En esta aplicación, los aisladores pasatapas capacitivos conectados con los devanados primarios del transformador no tienen su estado de aislamiento monitorizado en tiempo real, para el formato de la onda aplicada a estos aisladores pasatapas no es una de CA sino más bien una de CC pulsante. Para explicar la dificultad de la monitorización del estado de la técnica en el papel de monitorización del aislador pasatapas en los sistemas de HVDC, será interesante observar inicialmente cómo funciona una monitorización convencional en tiempo real del aislamiento del aislador pasatapas de tensión de CA, en la que la derivación del aislador pasatapas, que permite un acceso a su capacitancia, está conectada directamente con la entrada de medición del sistema de monitorización mediante un adaptador de derivación. De esta forma, la corriente alterna de fuga del aislamiento del aislador pasatapas, fluye directamente a la impedancia de medición del sistema de monitorización que, mediante esta medición de la corriente CA, puede calcular la impedancia, al igual que la tangente delta del aislamiento y, así, su estado que ha de ser diagnosticado. El mismo aislador pasatapas, cuando es sometido a una tensión de CC pulsante del sistema de HDVC, en vez de a la tensión de CA de los sistemas convencionales, no genera en su derivación una corriente sinusoidal de fuga, sino más bien una corriente de fuga muy distorsionada, con componentes armónicos de frecuencia relativamente elevada. Si se aplicase el sistema de monitorización del estado de la técnica a un aislador pasatapas que funcione en tal situación, su entrada no se encontraría con la corriente sinusoidal capacitiva, desfasada 90 grados con respecto a la tensión fase-tierra, que ha dificultado al igual que impedido la aplicación de monitorización en tiempo real a aisladores pasatapas aplicados en sistemas de HVDC.

Por lo tanto, se aumenta el riesgo de fallos catastróficos en tales aisladores pasatapas que funcionan en un régimen de CC una vez que se somete a sus componentes dieléctricos a tensiones elevadas y solo se monitoriza su estado mediante pruebas, no en tiempo real, realizadas con una periodicidad de varios años y que dependen de una desconexión del equipo. De una forma similar, los aisladores pasatapas capacitivos utilizados en los terminales de salida de los tiristores no son monitorizados en tiempo real pues son sometidos a la misma tensión de CC pulsante, siendo sometidos, por lo tanto, a los mismos riesgos de fallos catastróficos.

Mark F Lachman y otros, en “On line Diagnostics of High Voltage Bushing and Current Transformers Using the Sum Current Method” IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, IEEE SERVICE CENTER, Nueva York, Nueva York, EE. UU., vol. 15, nº 1, 1 de enero de 2000 (01-01-2000), XP011049771, ISSN: 0885-897 dan a conocer una experiencia con la aplicación del procedimiento de corriente suma a un diagnóstico en línea de aisladores pasatapas de alta tensión y de transformadores de corriente.

Edison G Peres y otros, en “Field experience with on-line DC bushing monitoring in HVDC system at IBIÜ-NA substation”, 1 de enero de 2009 (01-09-2009), páginas 1-8, XP055109412 da a conocer que la monitorización de la

capacitancia en línea y del tangente delta del aislador pasatapas de AC ha obtenido buenos resultados en su aplicación en reactores y en transformadores de alimentación.

Descripción de la invención

5 La presente invención versa acerca de "MEJORAS INTRODUCIDAS EN UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DEL ESTADO DIELECTRICO DE EQUIPOS DE ALTA TENSIÓN CON AISLAMIENTO CAPACITIVO, TALES COMO AISLADORES PASATAPAS CAPACITIVOS, TRANSFORMADORES DE CORRIENTE, TRANSFORMADORES DE POTENCIAL Y SIMILARES" en el que se monitoriza directa y continuamente la corriente de fuga del aislamiento, comparándola con un valor límite, programado por el usuario que, si se supera, excitará una alarma indicadora de un deterioro grave del aislamiento, en la que, al contrario de las soluciones conocidas:

10 - el sistema de monitorización está configurado y dispuesto para contar el periodo de tiempo en el que la corriente estaría por encima de ese valor límite, suprimiendo cualquier emisión de alarma hasta que el recuento no alcanzara el valor programado de temporización programado por el usuario;

15 - el sistema de monitorización está configurado y dispuesto para permitir una emisión de alarma después de que el recuento haya alcanzado la temporización programada y, en el supuesto caso de que la corriente de fuga vuelva a un valor en el límite programado durante la operación de recuento, se interrumpiría y anularía el recuento de tiempo;

20 - el sistema de monitorización está configurado y dispuesto para comprobar la coherencia de la medición de la corriente de fuga mediante una comparación de la alteración en las corrientes individuales de fuga con la alteración en el vector suma de las corrientes de fuga, y para calcular la diferencia vectorial entre la alteración sufrida por la corriente de fuga y la alteración sufrida por la corriente suma;

25 - en el supuesto caso de que la diferencia vectorial sea menor que el valor límite programado, el sistema de monitorización puede considerar que las alteraciones detectadas son válidas y corregir al igual que permitir la emisión de alarmas de aislamiento deteriorado, y, en el supuesto caso de que la diferencia vectorial sea mayor que el valor límite programado el sistema de monitorización está configurado y dispuesto para considerar que las alteraciones detectadas no sean válidas y para bloquear la emisión de alarmas de aislamiento deteriorado; y

30 - el sistema de monitorización está configurado y dispuesto para contar el tiempo durante el cual la diferencia vectorial se encontraría por encima del valor límite programado, emitiendo una alarma de fallo del sistema de monitorización, en el supuesto caso de que el recuento alcanzara un valor de temporización fijado con anterioridad, estando también configurado y dispuesto para interrumpir y anular el recuento de tiempo, en el supuesto caso de que la diferencia vectorial vuelva a un valor por debajo del límite.

Se describen otras realizaciones de la invención según las reivindicaciones adjuntas 2 a 10.

35 Descripción de los dibujos

Figura 1: Diagrama esquemático de la monitorización directa continua de la corriente de fuga del aislamiento;

Figura 2: Diagrama vectorial de la comprobación de la coherencia de la medición de la corriente de fuga;

40 Figura 3: Diagrama del cálculo de la diferencia vectorial entre la alteración sufrida por la corriente de fuga y la alteración sufrida por la corriente suma;

Figura 4: Diagrama esquemático de la mejora de la monitorización de los aisladores pasatapas capacitivos con dispositivos de potencial de tipo aislador pasatapas;

45 Figura 5: Diagrama esquemático de la mejora de la monitorización de la capacitancia al igual de la tangente delta del aislador pasatapas aplicado en sistemas de HVDC que funcionan sometidos a una corriente continua pulsante;

50 Figura 6: Diagrama esquemático del acondicionamiento de señales para una monitorización de aisladores pasatapas de HDVC.

Descripción de algunas realizaciones

La nueva invención descrita en la presente memoria contempla mejoras introducidas en el estado dieléctrico de equipos de alta tensión con sistemas de monitorización del aislamiento capacitivo, tales como aisladores pasatapas capacitivos, transformadores de corriente, transformadores de potencial y similares.

55 Con referencia a la figura 1, cuando se energiza un equipo de alta tensión, se somete a su aislamiento (2) a una diferencia de potencial con respecto a tierra (4) que provoca la circulación de una corriente (3) a través de su aislamiento (2). La magnitud de cada corriente es función de la tensión aplicada (1) de fase-tierra y también de la impedancia del aislamiento. Tal impedancia, a su vez, es el resultado de la composición (2A) de la capacitancia del

aislamiento, al igual que de sus pérdidas resistivas (2B, denominada tangente delta. De esta forma, cualquier alteración bien en la capacitancia (2A) o bien en la tangente delta (2B) del aislante (2) tendrá como resultado un aumento correspondiente en los componentes resistivos (3B), al igual que en los capacitivos (3A) de la corriente (3) de fuga, dando lugar a que aumente su valor.

5 En función de tal hecho, la primera mejora consiste en la monitorización continuamente directa de la corriente (3) de fuga del aislamiento (2), comparándola con un valor límite que, cuando es superado, indica la incidencia de un serio deterioro en el aislamiento (2), activando una alarma en el sistema de monitorización, sin los retrasos que hay presentes en los sistemas de monitorización del estado de la técnica, normalmente horas o días. Con el fin de evitar la emisión de falsas alarmas debidas al aumento de la corriente (3) de fuga provocada por el aumento de la tensión de fase-tierra (1) del sistema eléctrico, se programa tal valor por el usuario tomando el valor (3) de la corriente de fuga en condiciones de operación normal, con su aislamiento (2) en un buen estado, al igual que la tensión (1) de fase-tierra en su valor nominal y calculando con tal valor (3) de corriente de fuga un incremento porcentual superior al mayor incremento porcentual permanente previsto para la tensión (1) de fase-tierra del sistema eléctrico.

15 Con el fin de evitar también incidencias de falsas alarmas debido a un aumento en la tensión (1) de fase-tierra del sistema mayor que el incremento porcentual considerado, aunque sea durante un breve periodo, cuando se detecta que la corriente (3) de fuga supera el valor límite programado, el sistema de monitorización comienza a contar el tiempo durante el cual duró la corriente (3) superando tal límite. Aunque tal recuento de tiempo no alcance el valor de temporización programado por el usuario, no se emitirá la alarma y después de que el recuento alcance la temporización programada, se emitirá la alarma que indica el aislamiento deteriorado. En el supuesto caso de que la corriente (3) de fuga vuelva a un valor por debajo del límite durante este recuento de tiempo, se interrumpirá y anulará tal recuento, con el fin de evitar una emisión de falsa alarma.

Dado que el valor de temporización programado por el usuario está en torno a segundos o minutos, tal función de temporización no retrasa sustancialmente la emisión de alarmas de aislamiento deteriorado. Además, el usuario puede programar tal temporización tan pequeña como desee, minimizando cualquier retraso.

25 De forma similar a lo indicado anteriormente, el sistema de monitorización permite que el usuario programe más de un valor límite para la corriente (3) de fuga del aislamiento (2), emitiendo una alarma distinta para cada límite programado. De esta forma, con una programación apropiada de los diversos límites, cada alarma emitida también puede indicar un distinto grado de deterioro del aislamiento (2). Tal recurso también permite, en el supuesto caso de que se alcance un estado de deterioro crítico, que la alarma emitida por el sistema de monitorización sea usada por el usuario para forzar la desconexión de emergencia del equipo de alta tensión. Para tal fin, las alarmas de deterioro pueden estar asociadas con uno o más contactos eléctricos de salida del sistema de monitorización, que se utilizan para enviar la orden de desconexión de emergencia del equipo de alta tensión.

35 El sistema de monitorización descrito también permite que se realice automáticamente la programación de los límites superiores para las corrientes (3) de fuga, según se ha descrito anteriormente, en un procedimiento que consiste en un periodo de aprendizaje, tiempo de duración que puede ser programado por el usuario, durante el cual el sistema de monitorización medirá las corrientes (3) de fuga y registrará los valores máximos que hayan alcanzado. Al final del tiempo de aprendizaje, se añadirá a tales valores máximos un porcentaje programado anteriormente, obteniéndose, por lo tanto, los límites de corrientes de fuga, incorporando ya una tolerancia para evitar falsas alarmas.

40 En sistemas de monitorización del estado de aislamiento, la incidencia de falsas alarmas es muy poco deseable, porque pueden dar lugar innecesariamente a quitar de la circulación a un equipo vital para el suministro de energía eléctrica a una zona. Por tal razón, las mejoras introducidas en el sistema de monitorización incluyen una verificación de la medición de la corriente de fuga que utiliza el vector suma de las tres corrientes de fuga en un sistema trifásico.

45 Como muestra la figura 2, la verificación de la coherencia está basada en el hecho de que una alteración en cualquiera de las corrientes individuales de fuga de las fases A (3FA), B (3FB) o C (3FC) del sistema provoca una alteración de la misma magnitud y ángulo en el vector suma (3S) de las tres corrientes (3FA, 3FB, 3FC) de fuga. Por lo tanto, en el supuesto caso de que el aislamiento de la fase A, por ejemplo, sufra un deterioro que provoque una alteración (3MA) en la corriente de fuga, que cambia de un valor inicial (3FA) a uno final (3FAF), la suma de las corrientes también sufrirá una alteración (3MS) de prácticamente el mismo valor que el de la alteración (3MA), cambiando del valor inicial (3S) al final (3SF).

55 Como ilustra ampliamente la figura 3, el sistema de monitorización calcula, por lo tanto, la diferencia vectorial (3D) entre la alteración (3MA) sufrida por la corriente (3FA) de fuga de la fase A y la alteración (3MS) sufrida por la corriente suma (3S). En el supuesto caso de que el aumento de la corriente (3FA) de fuga de la fase A sea real y no provocado por algún fallo en el sistema de monitorización o en sus conexiones eléctricas, tal diferencia será pequeña. En el supuesto caso de que la diferencia vectorial (3D) sea menor que el límite programado, el sistema de monitorización considerará que las alteraciones detectadas son válidas y correctas, y permitirá la emisión de una alarma de aislamiento deteriorado, en el supuesto caso de que la corriente de fuga dure por encima de los límites superiores durante un tiempo más prolongado que la temporización programada, según se ha explicado ya

anteriormente. En el caso opuesto, en el supuesto caso de que la diferencia vectorial (3D) sea mayor que el valor límite programado, el sistema de monitorización considerará que las alteraciones detectadas no son válidas, y bloqueará la emisión de alarmas de aislamiento deteriorado incluso en el supuesto caso de que la corriente (3FA) de fuga dure por encima de los límites superiores durante un tiempo más prolongado que la temporización programada.

- 5 En el supuesto caso de que la diferencia vectorial (3D) entre la alteración (3MA) sufrida por la corriente (3FA) de fuga y la alteración (3MS) sufrida por el vector suma (3S) sea superior al límite programado detectado, el sistema de monitorización comenzará a contar el tiempo durante el cual la diferencia vectorial (3D) haya durado por encima del valor límite. En el supuesto caso de que este recuento de tiempo alcance un valor fijado anteriormente, se emitirá una alarma que indica que hay un fallo bien en el sistema de monitorización o bien en sus conexiones eléctricas. En el supuesto caso de que, durante este recuento de tiempo, la diferencia vectorial (3D) vuelva a un valor por debajo de este límite, se interrumpirá y anulará el recuento de tiempo, evitando, por lo tanto, la emisión de una alarma innecesaria de fallo.

- 15 Una segunda mejora introducida en el sistema de monitorización, según se ilustra en la figura 4, consiste en permitir la monitorización del aislador pasatapas capacitivo (5) que está dotado de dispositivos (6) de potencial de tipo aislador pasatapas (BPD), conectados con la derivación (5T), que no serían monitorizados en el estado de la técnica debido al hecho de que la derivación (5T) no está disponible para conectarse con el sistema de monitorización.

- 20 En tales aplicaciones, específicas para la monitorización de aisladores pasatapas capacitivos (5) en equipos de alta tensión, como por ejemplo, transformadores (7), los BPD (6) son utilizados principalmente para la medición de las tensiones (1) de fase-tierra del sistema de alta tensión, y para tal fin están dotados de un circuito interior (6B) que convierte las señales de tensión y de corriente presentes en la derivación capacitiva (5T) del aislador pasatapas (5) en una salida (6S) de tensión alterna de aproximadamente 115 V proporcional a la tensión (1) de fase-tensión del sistema, que actúa, por lo tanto, de forma similar a un transformador de tensión (PT). El circuito interior (6B) del BPD (6) consiste, básicamente, en un condensador (6C) que conecta la derivación del aislador pasatapas (5T) con la tierra (4), formando junto con la capacitancia (5C) del aislamiento un divisor capacitivo de tensión, de manera que la tensión en la derivación (5T) será proporcional a la tensión (1) de fase-tierra, y un transformador (6D) que convierte la tensión en la derivación (5T) en un valor estándar, normalmente 115 V, que es puesta entonces a disposición de la salida (6S) del BPD (6).

- 30 La mejora introducida en el sistema de monitorización consiste en utilizar como señal de entrada para el sistema (8) de monitorización la tensión (6S) de salida del BPD (6). Tal combinación es posible debido a que la tensión en la salida (6S) del BPD (6) es afectada directamente por las variaciones en el aislamiento (5C) del condensador del aislador pasatapas (5), de forma que las alteraciones bien de la capacitancia o bien de la tangente delta del aislamiento del aislador pasatapas (5) generarán alteraciones proporcionales en el módulo, así como en la fase (6S) de la tensión de salida del BPD (6).

- 35 Sin embargo, como en la mayoría de las veces en que la entrada (8A) del sistema (8) de monitorización es apropiada para una señal de corriente de algunos miliamperios presentes en la derivación del aislador pasatapas, no será posible una conexión directa de la salida (6S) del BPD (6), que tiene señales de tensión de 115 V, a la entrada (8A) del sistema (8) de monitorización. Para permitir tal conexión, la mejora introducida consiste en el uso de una impedancia (8B) de acoplamiento, que transducirá la tensión alterna de 115 V presente en la salida (6S) del BPD (6) en una señal alterna de algunos miliamperios, apropiada para la entrada (8A) del sistema (8) de monitorización.

- 40 Dado que se asigna la entrada (8A) del sistema (8) de monitorización para medir las señales de corriente, será importante que el sistema (8) de monitorización una operación apropiada la combinación de la salida (6S) del BPD (6) con la impedancia (8B) de acoplamiento se comporte eléctricamente como si fuese una fuente de corriente cercana a una fuente ideal de corriente, es decir, con una derivación de alta impedancia. Para tal fin, la impedancia (8B) de acoplamiento debe ser varias veces mayor que la impedancia (8C) de entrada del sistema (8) de monitorización. El cálculo de la impedancia (8B) se realiza de forma que se pueda producir el menor valor posible de corriente de medición por la entrada (8A) del sistema (8) de monitorización.

- 50 Como impedancia (8B) de acoplamiento se puede utilizar, preferentemente, bien una resistencia o un condensador, siendo posible también el uso de un inductor. En cualquiera de tales casos, el elemento utilizado debe tener características de alta estabilidad en su impedancia bajo variaciones de temperatura al igual que con el paso del tiempo.

Por lo tanto, las alteraciones bien en la capacitancia o bien en la tangente delta del aislamiento del condensador (5C) del aislador pasatapas (5) generarán alteraciones proporcionales en la señal de corriente de miliamperios que llega al sistema (8) de monitorización, permitiendo, por lo tanto, la monitorización de aisladores pasatapas (5) que ya tienen su derivación (5C) ocupada por un BPD (6).

- 55 Otra mejora introducida en el sistema de monitorización, según ilustra la figura 5, ha sido la introducción de alteraciones para permitir la monitorización en tiempo real de la capacitancia al igual que la tangente delta de los aisladores pasatapas (5) aplicados en sistemas de HVDC, que funcionan sometidos a corriente continua pulsante (1). Tal mejora consiste en el uso de un acondicionador (9) de señales, instalado en el adaptador de derivación (8T),

que recibe en su entrada (9E) la corriente (3) de fuga procedente de la capacitancia (5C) del aislamiento (5) del aislador pasatapas. La corriente (3) de fuga, que tiene un formato de onda no sinusoidal, con componentes armónicos de alta frecuencia, es tratada por el acondicionador (9) de señales, que suministra en su salida (9S) una corriente alterna y sinusoidal (91), apropiada para la medición por parte de la entrada (8A) del sistema de monitorización, por la resistencia (8C) de medición. La corriente (91) de salida del acondicionador (9) de señales es influida directamente por las variaciones en la capacitancia del aislamiento (5C) del aislador pasatapas (5) al igual que de la tangente delta, permitiendo, por lo tanto, la monitorización en tiempo real del estado del aislador pasatapas (5) por medio del sistema (8) de monitorización al igual que una prevención de fallo catastrófico.

Como muestran las figuras 5 y 6, el acondicionador (9) de señales tiene en su entrada (9E) un condensador (9C), dimensionado para formar junto con la capacitancia (5C) del aislamiento del aislador pasatapas (5) un divisor capacitivo de tensión, para una tensión proporcional a la tensión pulsante (1) aplicada al aislador pasatapas (5) que ha de ser obtenida en la derivación (5T), que también es influida por las variaciones en la capacitancia, al igual que en la tangente delta del aislamiento (5C). Un inductor (9L) que tiene el deber de limitar la intensidad de la corriente de alta frecuencia que circularía a través del condensador (9C) durante la incidencia de una sobretensión transitoria que puede aparecer en la derivación (5T) debido a rayos u otros fenómenos está conectado en serie con el condensador (9C) de forma que se puedan evitar los daños al condensador (9C). En paralelo con el conjunto formado por el condensador (9C) y por el inductor (9L) hay conectados un disipador de sobretensiones operado por gas al igual que un varistor, con el deber de proteger los circuitos al igual que los componentes del acondicionador (9) de señales cuando se limita la sobretensión transitoria que pueda aparecer en la derivación (5T) debido a rayos u otros fenómenos.

La tensión en el condensador (9C) presenta ahora un formato de onda similar a la tensión pulsante (1) aplicada al aislador pasatapas (5), con un contenido menor de armónicos que la corriente (3) de fuga, pero aún no sinusoidal. Para extraer de la tensión en el condensador (9C) su componente sinusoidal en una frecuencia industrial, 60 Hz o 50 Hz, el condensador (9C) está conectado con la entrada (9F) del filtro de paso bajo, que está constituido por el condensador (9G) al igual que por la resistencia (9D), con una frecuencia de corte dimensionada para atenuar los componentes armónicos al igual que para la mínima atenuación posible del componente en una frecuencia industrial. Para aumentar la eficacia de filtrado, se pueden conectar en cascada varios filtros idénticos (9F) de paso bajo, conectado la salida de un filtro (9F) con la entrada del siguiente (9F), siendo el número total de filtros en cascada igual al orden deseado para la acción de filtrado: segundo orden, tercer orden, etc. Por lo tanto, el condensador (9G) del último filtro (9F) presentará una tensión prácticamente sinusoidal libre de armónicos, proporcional al componente en una frecuencia industrial de la tensión pulsante (1) y sometido a alteraciones en función de deterioros producidos en la capacitancia al igual que en la tangente delta del aislamiento (5C) del aislador pasatapas (5).

Una resistencia (9R) varias veces mayor que la resistencia (8C) de medición en la entrada (8A) del sistema (8) de monitorización está conectado con el condensador (9G) del último filtro (9F) para permitir utilizar el procedimiento de vector suma de fugas, aplicado normalmente por los sistemas (8) de monitorización. Por lo tanto, la salida (9S) del acondicionador (9) de señales actúa como una fuente de corriente para el sistema (8) de monitorización, permitiendo el uso del procedimiento de vector suma de corrientes.

Para la máxima seguridad de los usuarios, la salida del acondicionador (9) de señales tiene un regulador (9L) de tensión, normalmente un supresor de tensiones transitorias o un diodo Zener, que evita que haya presente la tensión en el último filtro (9F) en el condensador (9G) en la salida (9S) del acondicionador (9) en el supuesto caso de que la interconexión con el cable de entrada (8A) se desconecte, limitando a algunos voltios la tensión en la salida (9S) y evitando cualquier riesgo de descarga eléctrica.

Son posibles pequeñas variaciones en el circuito del acondicionador (9) de señales, sin alteración en su rendimiento básico. Algunos ejemplos de variación, sin pretensión en absoluto de agotar todas las posibilidades, implican el varistor (9V), que puede estar conectado en paralelo con el condensador (9C) en vez de en paralelo con el disipador (9P) de sobretensiones operado por gas, o incluso la sustitución del varistor (9V) por un supresor semiconductor de tensiones transitorias, tal como un diodo Zener.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de monitorización de un estado dieléctrico de equipos de alta tensión con un aislamiento capacitivo, incluyendo un aislador pasatapas capacitivo, transformadores de corriente y transformadores de potencial en el que una corriente (3) de fuga del aislamiento (2) está monitorizada continuamente por un sistema de monitorización, comparándola con un valor límite, programado por el usuario que, si se supera, excitará una alarma indicadora de un grave deterioro en el aislamiento (2), caracterizado porque el sistema de monitorización lleva a cabo las siguientes etapas:
- contar el periodo de tiempo en el que la corriente (3) supera ese valor límite, suprimiendo cualquier emisión de alarma hasta que el recuento haya alcanzado un valor programado de temporización programado por el usuario;
  - permitir una emisión de alarma después de que el recuento haya alcanzado el valor programado de temporización y, si la corriente (3) de fuga vuelve a un valor por debajo del límite programado durante la operación de recuento, se interrumpe y anula el recuento de tiempo;
  - comprobar la coherencia de la medición de la corriente de fuga mediante una comparación de la alteración (3MA) en las corrientes individuales (3FA, 3FB, 3FC) de fuga con la alteración (3MS) en el vector suma (3S) de las corrientes (3FA, 3FB, 3FC) de fuga, y calcular la diferencia vectorial (3D) entre la alteración (3MA) sufrida por la corriente individual (3FA) de fuga y la alteración (3MS) sufrida por la corriente suma (3S);
  - si la diferencia vectorial (3D) es menor que el valor límite programado, el sistema de monitorización determina que las alteraciones detectadas son válidas y correctas, y permite la emisión de alarmas de aislamiento deteriorado, y si la diferencia vectorial (3D) es mayor que el valor límite programado, el sistema de monitorización está configurado para determinar que las alteraciones detectadas no son válidas y bloquear la emisión de alarmas de aislamiento deteriorado; y
  - contar el tiempo durante el cual dicha diferencia vectorial (3D) se encuentra por encima del valor límite programado, emitiendo una alarma de fallo del sistema de monitorización si el recuento alcanza un valor de temporización fijado con anterioridad, estando configurado y dispuesto también el sistema de monitorización para interrumpir y anular el recuento de tiempo en el supuesto caso de que la diferencia vectorial (3D) vuelva a un valor inferior al límite.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el sistema de monitorización está configurado y dispuesto para permitir la programación por parte del usuario de más de un valor límite para las corrientes (3) de fuga del aislamiento (2), y para emitir distintas alarmas también para cada uno de los límites programados.
3. El procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que el sistema de monitorización está configurado y dispuesto para permitir el uso de una o más alarmas de deterioro para forzar la desconexión de emergencia del equipo de alta tensión, asociando las alarmas de deterioro a uno o más contactos eléctricos de salida del sistema de monitorización.
4. Un procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que el sistema de monitorización está configurado y dispuesto para realizar automáticamente la programación de las alarmas del límite superior para las corrientes (3) de fuga, mediante un periodo de aprendizaje con un tiempo programable de duración por parte del usuario, durante el cual el sistema de monitorización puede realizar los cálculos de corrientes (3) de fuga y registrar sus mayores valores alcanzados; está configurado y dispuesto para aumentar, al final del tiempo de aprendizaje, tales valores máximos de un porcentaje programado anteriormente por el usuario, obteniendo de esta forma los ajustes de los límites superiores para las corrientes de fuga.
5. El procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que una monitorización adicional mediante dispositivos de potencial tipo aislador pasatapas, o BPD (6), de dicho sistema de monitorización, dotados de aisladores pasatapas capacitivos (5) conectados con una derivación (5T), utilizando la tensión de salida (6S) de los BPD (6) como señal de entrada del sistema (8) de monitorización, en el que se utiliza una impedancia (8B) de acoplamiento para la transducción de una señal de tensión alterna en una salida (6S) del BPD (6) en una señal de corriente alterna de algunos miliamperios, apropiada para entrar en una entrada (8A) del sistema (8) de monitorización, siendo dicha impedancia (8B) de acoplamiento varias veces mayor que la impedancia (8C) de entrada del sistema (8) de monitorización, para producir el menor valor de corriente posible que haya de ser medido en la entrada (8A) del sistema (8) de monitorización.
6. El procedimiento según la reivindicación 5, en el que dicha impedancia (8B) de acoplamiento está constituida por una resistencia, un condensador o un inductor de gran estabilidad de valor de impedancia en función de las variaciones de temperatura y también del paso del tiempo.
7. El procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que se monitoriza, además, mediante dicho sistema de monitorización, en tiempo real, la capacitancia, al igual que la tangente delta de un aislador pasatapas (5) aplicado en un sistema de HVDC que funciona sometido a una tensión continua pulsante (1) utilizando un circuito



- 5 acondicionador (9) de señales, instalado en el interior de un adaptador de derivación (8T), que recibe en su entrada (9E) la corriente no sinusoidal (3) de fuga procedente de la capacitancia (5C) del aislamiento del aislador pasatapas (5), tratando la corriente (3) de fuga y suministrando en su salida (9S) una corriente alterna y sinusoidal (91), influida directamente por las variaciones de la capacitancia y de la tangente delta del aislamiento (5C) del aislador pasatapas y apropiadas para ser medidas por la entrada (8A) del sistema (8) de monitorización.
- 10 8. El procedimiento según la reivindicación 7, en el que dicho acondicionador (9) de señales tiene en su entrada (9E) un condensador (9C), que forma con la capacitancia (5C) del aislamiento del aislador pasatapas (5) un divisor capacitivo de tensión, habiendo conectado en serie un inductor (9L) con el condensador (9C) para limitar la circulación de corrientes de alta frecuencia a través del condensador (9C), y en paralelo con un conjunto formado por el condensador (9C) y en el que el inductor (9L) tiene un disipador (9P) de sobretensiones operado por gas y un varistor (9V) como protección contra sobretensiones transitorias; en el que el condensador (9C) está conectado con el filtro (9F) de paso bajo, que está constituido por el condensador (9G) y por la resistencia (9D), configurado y dispuesto para conectarse en cascada con varios filtros similares (9F) de paso bajo, con la salida de un filtro (9F) conectada con la entrada del siguiente filtro (9F); para que el condensador (9G) del último filtro (9F) se conecte con una resistencia (9R), varias veces mayor que la resistencia (8C) de medición del sistema (8) de monitorización en la entrada (8A), de forma que la salida (9S) del acondicionador (9) de señales pueda actuar como una fuente de corriente para el sistema (8) de monitorización, permitiendo el uso del vector suma de las corrientes; por el hecho de que tiene en la salida del acondicionador (9) de señales un controlador (9L) de tensión, normalmente un supresor de tensiones transitorias o un diodo Zener, que evita que esté presente la tensión de los últimos filtros (9F) en el condensador (9G) en la salida (9S) del acondicionador (9) en el supuesto caso de que se desconecte el cable de interconexión con la entrada (8A), limitando, por lo tanto, la tensión en la salida (9S) a algunos voltios.
- 15 9. El procedimiento según la reivindicación 7 u 8, en el que el acondicionador (9) de señales que lleva a cabo un filtrado utilizando un número variable de filtros (9F) de paso bajo conectados en cascada, siendo el número total de filtros en cascada igual al orden deseado de la función de filtrado.
- 20 10. El procedimiento según la reivindicación 7, 8 o 9, en el que dicho acondicionador (9) de señales permite pequeñas variaciones en sus circuitos, tal como que se conecte el varistor (9V) en paralelo con el condensador (9C) en vez de en paralelo con el disipador (9P) de sobretensiones operado por gas o la sustitución del varistor (9V) por un semiconductor supresor de la tensión transitoria, tal como un diodo Zener, sin pretensión de agotar todas las posibilidades de variaciones y sin alterar el rendimiento básico del acondicionador (9) de señales.
- 25

FIG 1

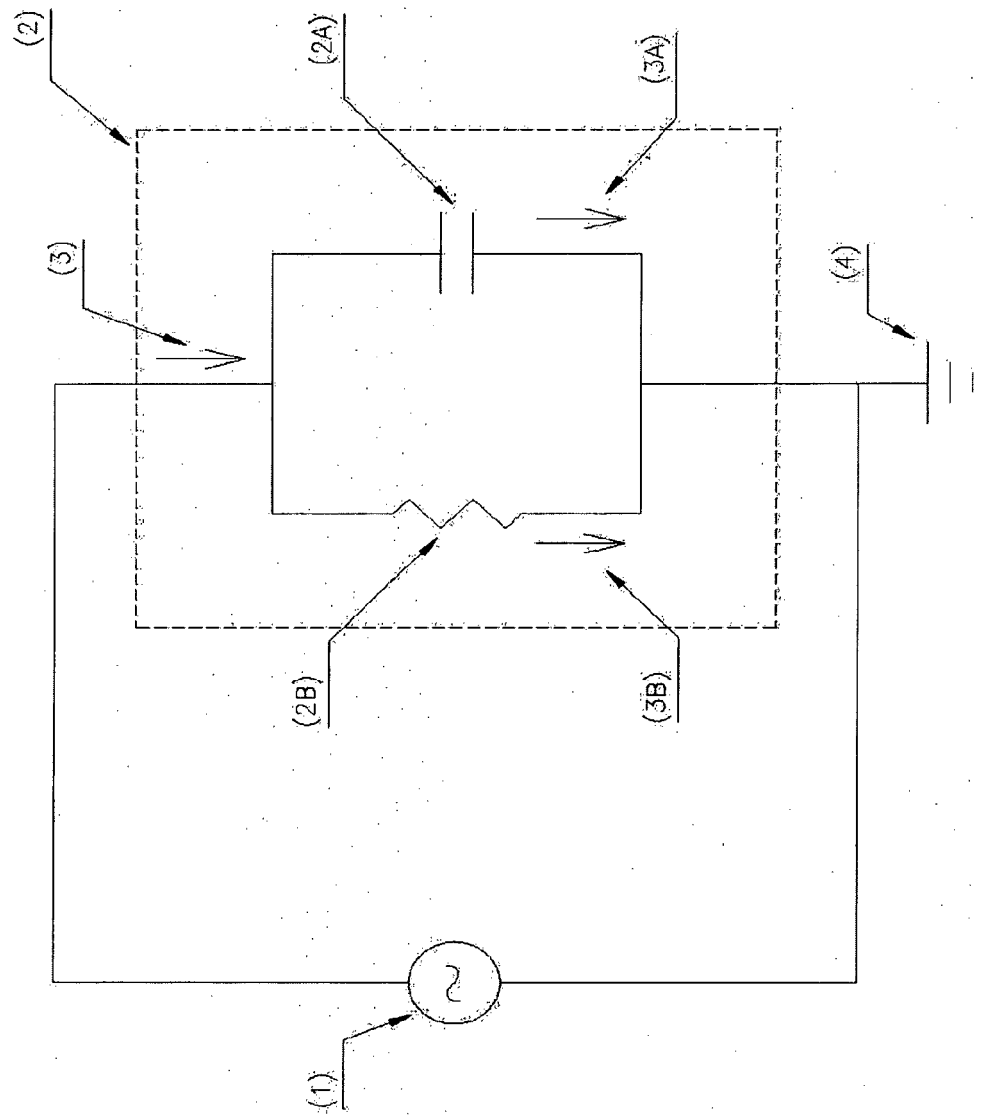


FIG 2

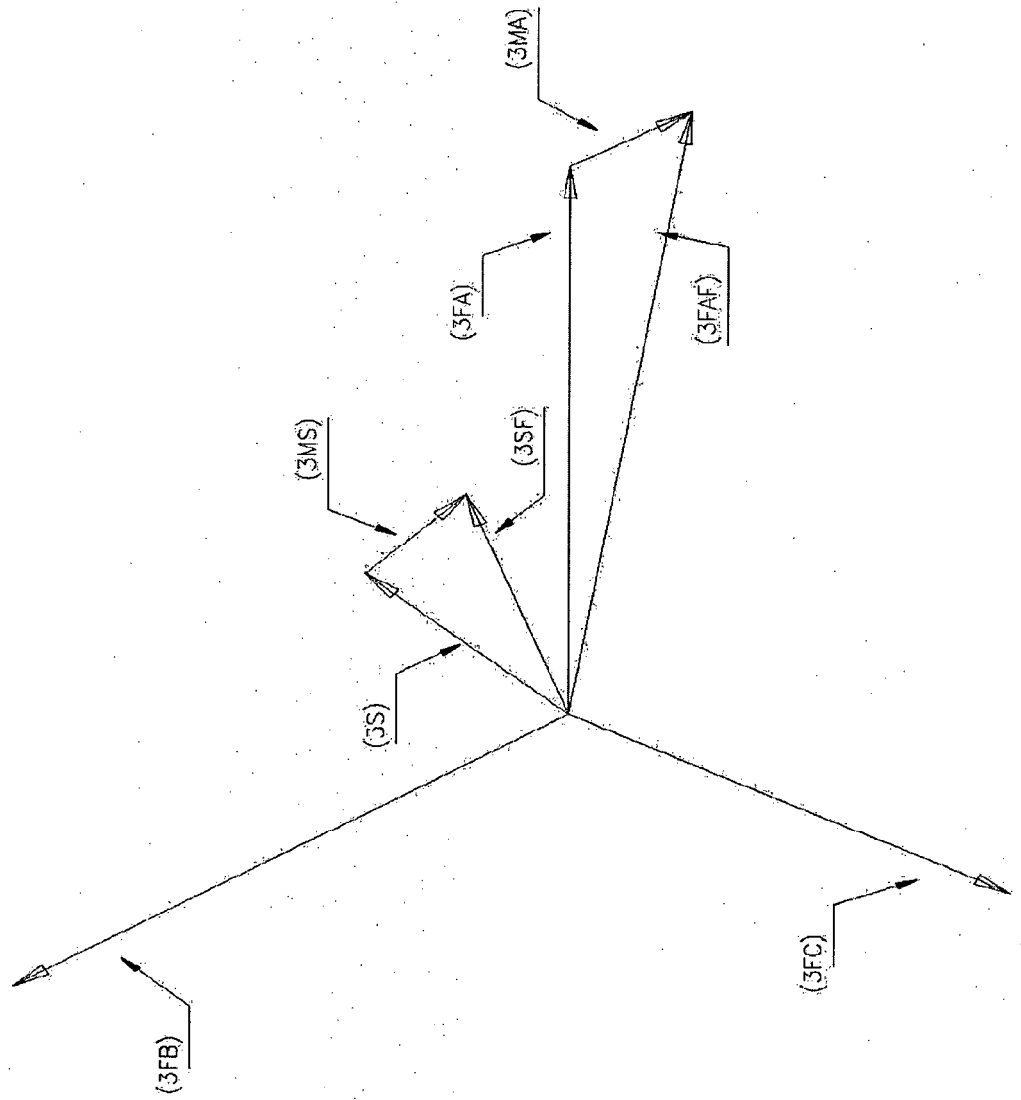


FIG 3

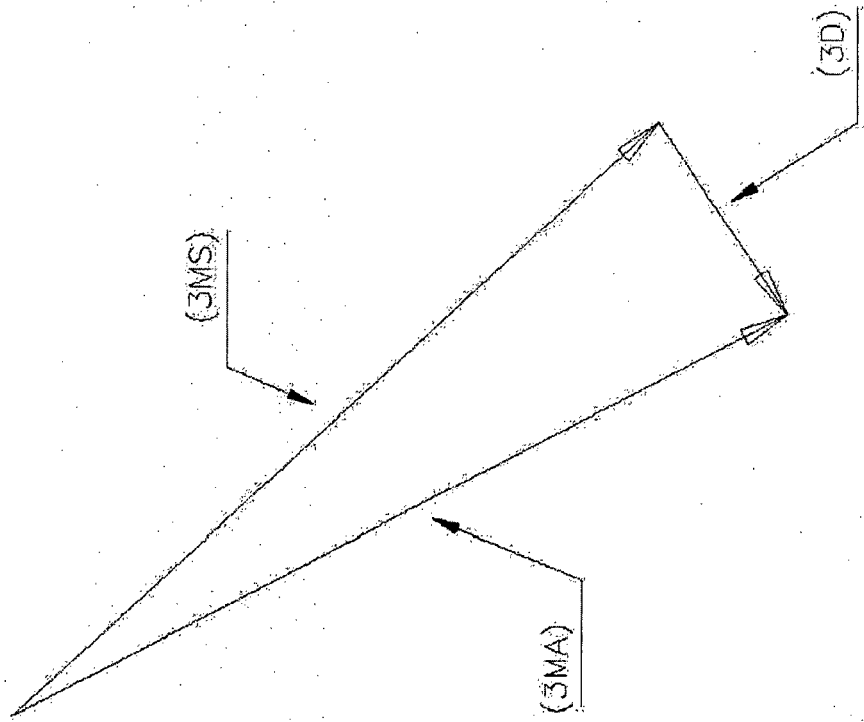


FIG 4

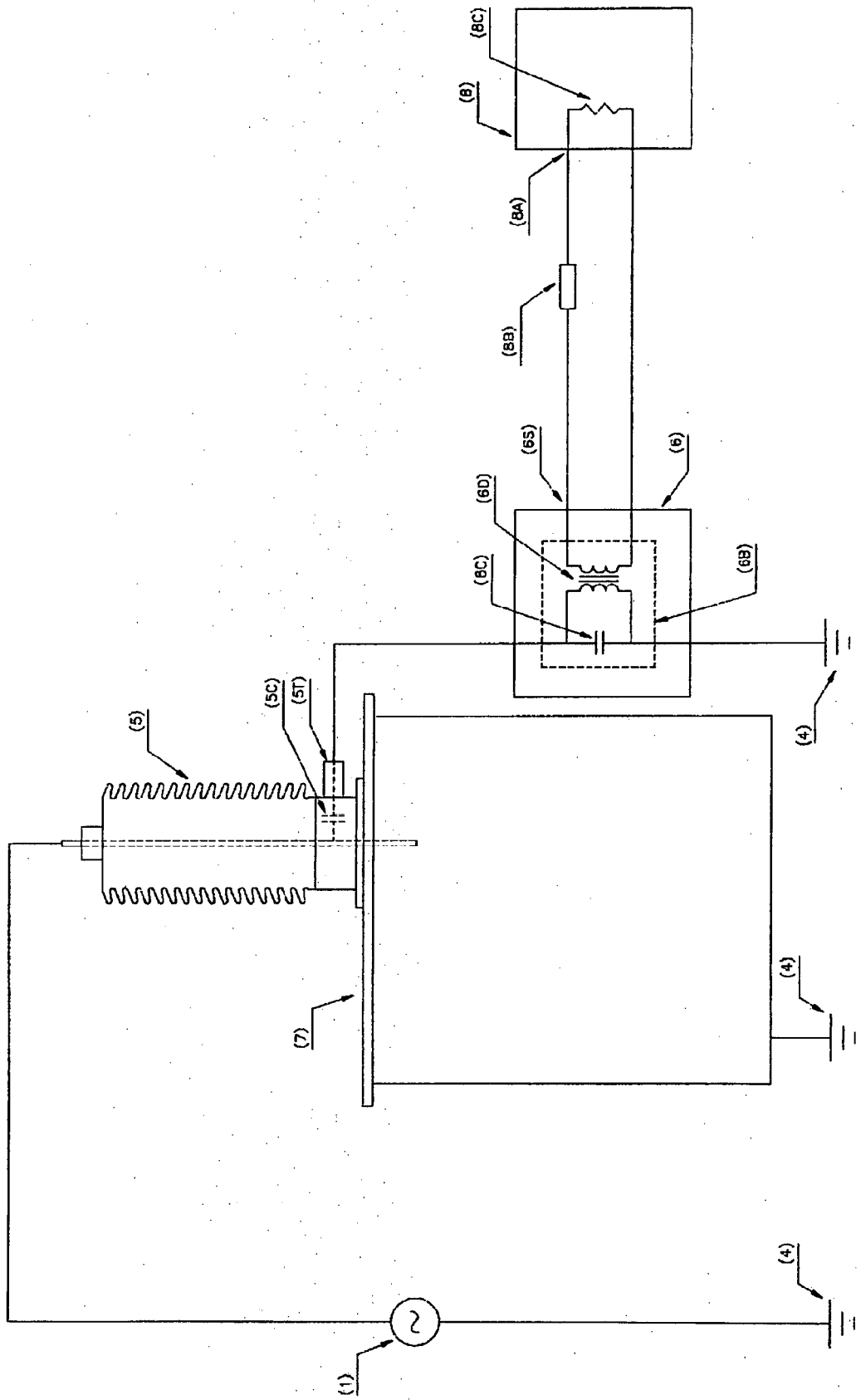




FIG 6

