(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 435 099**

(51) Int. Cl.:

H02H 9/02 (2006.01)
H01H 9/54 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2005** **E 05012971 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2013** **EP 1610432**

(54) Título: **Circuito de control**

(30) Prioridad:

21.06.2004 SE 0401638

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.12.2013

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

JONSSON, TOMAS

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 435 099 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

Circuito de control

Campo técnico

La presente invención se refiere a un dispositivo y a un método para controlar el flujo de energía en una línea de transmisión eléctrica. Más en concreto, la invención se refiere a un método y a un aparato para proteger un circuito de control de una línea de transmisión. El circuito comprende al menos una unidad que contiene un inductor y un elemento semiconductor. Un elemento semiconductor en este contexto debe ser entendido en sentido amplio para que incluya todos los dispositivos que tengan propiedades semiconductoras y que por tanto comprendan diodos además de un elemento de conmutación semiconductor tal como un tiristor o un IGBT. En este contexto debe entenderse que un inductor comprende una o una pluralidad de unidades que comprenden propiedades inductivas. Un inductor por tanto también incluye una combinación de elementos, algunos de los cuales tienen propiedades semiconductoras, que forman una unidad que presenta propiedades inductivas.

Antecedentes de la invención

Un circuito para controlar el flujo de energía de un sistema de transmisión de energía eléctrica a menudo comprende elementos semiconductores. En muchos casos, estos circuitos también incluyen elementos inductores. Tales elementos deben estar protegidos contra un aumento brusco de corriente como resultado de una condición de falla en la línea de transmisión. En una condición de falla, la corriente aumenta en cuestión de milisegundos a niveles muy altos. Normalmente, una condición de falla es detenida por un disyuntor que abre el circuito en cuestión de entre 50 y 150 ms.

Un circuito que comprende un inductor y un elemento semiconductor conectados en paralelo uno con otro, se utiliza para controlar el flujo de energía en una línea de transmisión. Los elementos de tal circuito están normalmente protegidos de sobretensiones por un descargador de sobretensiones conectado en paralelo con el circuito. Los elementos también están protegidos de un flujo de corriente anormal por un conmutador de cierre que forma una derivación de uno o de una pluralidad de circuitos. Este conmutador de cierre tiene una acción mucho más rápida que el disyuntor. Después de que la corriente de falla haya decaído o de que el disyuntor haya abierto el circuito principal, el conmutador de cierre volverá a una posición de apertura normal.

Con el fin de proteger el inductor, el elemento semiconductor y el descargador de sobretensiones, el conmutador de cierre debe cerrarse para formar una derivación antes de que se produzca el primer pico de corriente. Esto exige que el conmutador de cierre tenga un tiempo de funcionamiento de menos de un cuarto de un período de armónicos de la frecuencia fundamental. Por consiguiente, el circuito de control será derivado antes de que la corriente haya alcanzado un cruce por cero.

En cuanto se alimenta una corriente a un inductor, se acumula energía magnética en el inductor. En un circuito CA, la energía magnética se alterará dependiendo de la alteración de la corriente y por tanto no se almacenará energía magnética en el inductor cuando la corriente pase por cero. Cuando la corriente de alimentación se redirige mediante, por ejemplo, una conexión de derivación, la energía magnética almacenada provocará una corriente en el circuito de derivación. Esta sería una corriente CC que fluya hasta que haya decaído por el efecto de la resistencia en el circuito. Así, cuando la resistencia en tal circuito es baja, la corriente fluirá durante un período de tiempo considerable.

Cuando un circuito que comprende un inductor se expone a un aumento brusco de corriente como resultado de una condición de falla, una corriente CC podría quedar así "atrapada" en el circuito. Dado que esta corriente va a seguir fluyendo, el mismo inductor u otros elementos del circuito, tales como elementos semiconductores, pueden ser dañados. La corriente atrapada también evitará que el conmutador de cierre de la derivación se abra hasta que la corriente haya sido reducida a cero. Durante este tiempo, se impide el control de la derivación.

En D1, la US 6 028 471 A (KOYAMA KENICHI [JP] et al, 22 de febrero de 2000), sobre la cual se basa el preámbulo, da a conocer un dispositivo que comprende un elemento de conmutación semiconductor y un descargador de sobretensiones para proteger de sobretensiones, y una segunda trayectoria de derivación, en paralelo al elemento de conmutación y al descargador, que comprende un conmutador.

Resumen de la invención

Un objeto principal de la presente invención es proporcionar un dispositivo de protección para un circuito de control mediante el cual se reduce el efecto perjudicial de una corriente atrapada. Un objeto secundario de la invención es proteger elementos en un circuito de control que contiene un inductor en un sistema de transmisión de energía eléctrica.

Este objeto se consigue de acuerdo con la invención, de acuerdo con las características de la parte caracterizadora de la reivindicación independiente 1 y de acuerdo con un método como se reivindica en la reivindicación independiente 6. En las reivindicaciones dependientes se describen realizaciones preferidas.

En un circuito que comprende un inductor y un elemento semiconductor conectados en paralelo y que está expuesto a un aumento brusco de corriente, la primera medida que se toma es derivar la corriente del circuito. De ese modo, se introduce un conmutador de cierre en paralelo al circuito. Cuanto más corto sea el tiempo de acción del conmutador de cierre, mejor será la protección de los elementos en el circuito. El objetivo es proporcionar una derivación dentro de un cuarto de un período de armónicos de la frecuencia fundamental.

A pesar de que la derivación se logra dentro de un cuarto de un período, puede haber situaciones en las que la corriente aumente rápidamente dentro de ese cuarto de período. Si la corriente aumenta rápidamente en el inductor a varias veces la corriente normal y de repente es interrumpida por la introducción de una derivación, habrá una acumulación de energía magnética atrapada en el inductor. Así, a medida que la corriente de falla, que es una corriente CA, rodea el circuito, hay una corriente CC que resulta de la energía magnética en el inductor, que todavía estará flotando en el circuito de control. Esta corriente CC dañará el inductor o los elementos semiconductores del circuito.

De acuerdo con la invención, la energía atrapada en un circuito de control se detiene mediante la introducción de un elemento de absorción de energía en el circuito de control. En un circuito eléctrico, ese elemento sería un elemento resistivo, que absorbería energía eléctrica mediante transformación térmica.

De acuerdo con una primera realización de la invención, el elemento comprende un resistor conectado en serie al conmutador de cierre. En una condición de falla, cuando el conmutador de cierre está cerrado, esto daría como resultado que el resistor debe soportar tanto la corriente CA de falla como la corriente CC atrapada. Por consiguiente, el resistor debe soportar corrientes muy altas.

La elección del valor del resistor en la trayectoria de derivación es delicada. Cuando se utiliza un valor más alto, una mayor parte de la corriente de falla alimentada externamente fluirá a través del circuito derivado. Si se elige un valor demasiado alto, existe el riesgo potencial de que aún se dañen los componentes del circuito de control.

En otra realización de la invención, el elemento comprende una disposición de filtro. El filtro está compuesto de tal manera que la corriente CA pasa sin resistencia aunque la corriente CC tendría que pasar por un resistor conectado en paralelo al filtro.

En una primera disposición de esta realización, el filtro está conectado en serie con el conmutador de cierre y por tanto en paralelo al circuito de control. En una segunda disposición de la realización, el filtro está conectado en serie con el circuito de control y por tanto en paralelo al conmutador de cierre.

En un segundo aspecto de la invención, los objetos se consiguen mediante un método para introducir absorción de energía en un circuito de control.

Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la presente invención quedarán más claras para una persona experta en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada en combinación con los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es un circuito eléctrico de acuerdo con la presente invención,

La figura 2 es un circuito eléctrico de acuerdo con una realización de la invención,

La figura 3 es un circuito eléctrico de acuerdo con otra realización de la invención,

La figura 4 es un circuito eléctrico de acuerdo con otra realización de la invención, que comprende dos unidades de circuito de control, y

La figura 5 es un circuito eléctrico de acuerdo con otra realización de la invención, en una disposición de transformador.

Descripción detallada de la invención

Un dispositivo que incluye un circuito de control 1 para controlar el flujo de energía en una línea de transmisión de energía eléctrica se muestra en la figura 1. El circuito de control comprende un inductor 2 conectado en paralelo con un elemento semiconductor 3. En la realización, el elemento semiconductor comprende un tiristor bidireccional o una

disposición de dos tiristores antiparalelos. Mediante el control del tiristor, la corriente que fluye a través del circuito bien pasa a través del inductor o bien es derivada por el tiristor. El circuito de control comprende, además, una primera trayectoria de derivación 4 que contiene un descargador de sobretensiones 5 para la protección contra sobretensiones. El circuito de control está protegido de sobrecorrientes por una segunda trayectoria de derivación 6 que comprende un conmutador de cierre 7.

En circuitos como el mostrado en la figura 1, que contiene inductancia y donde se necesita rodear el circuito como protección a una corriente de cortocircuito (Isc), se puede producir una corriente atrapada. Cuando se crea una derivación mediante un dispositivo sin capacidad de interrupción de corriente, a través de un conmutador de cierre 7 o un tiristor 3, la corriente quedará atrapada hasta que se obtenga una corriente cero natural. Puesto que hay que sumar la corriente de falla y la corriente atrapada, que es una corriente CC, es posible que no se obtenga una corriente cero natural en seguida, puesto que la corriente atrapada sólo decae lentamente.

La energía magnética almacenada en el inductor en el instante de la derivación, circulará a través de la trayectoria de derivación con una decaída exponencial determinada por las pérdidas del circuito.

$$I = \hat{I}e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \tau = \frac{L}{r}$$

Dado que las pérdidas del circuito en los dispositivos del sistema de energía son típicamente bajas, con un factor de calidad típicamente en el rango de entre 200 y 500, la constante de tiempo de la decaída de corriente atrapada será de entre 0,6s y 1,6s.

$$q = \frac{\omega L}{r} \Rightarrow \tau = \frac{q}{\omega}$$

La corriente atrapada dará lugar a dos efectos no deseados:

1. Estrés de los tiristores (TY), del inductor (L) y del circuito X

2. Pérdida de la capacidad de control del dispositivo X

De acuerdo con la invención, la solución a este problema es la introducción de una resistencia en el circuito. La resistencia debe conectarse de manera que no introduzca pérdidas en el funcionamiento normal. El resistor también puede comprender propiedades del tipo que no introduzcan pérdidas en el funcionamiento normal. En una primera realización de acuerdo con la figura 1, un resistor en serie 8 está incluido en la segunda derivación 6 que contiene el conmutador de cierre. El resistor reducirá la constante de tiempo de decaída de la corriente atrapada. El resistor en serie 8 tiene que ser especificado para soportar la energía correspondiente a la corriente de cortocircuito (Isc) durante el intervalo de derivación.

En otra realización de la invención de acuerdo con la figura 2, se introduce un filtro en serie 9 en la segunda trayectoria de derivación 6. El filtro en serie comprende un condensador 10 y un segundo inductor 11 conectados en serie y un resistor 8 conectado en paralelo con el condensador y el segundo inductor. El filtro en serie está diseñado para proporcionar una impedancia baja o de cero para la frecuencia fundamental (XCF=-XLF) y resistencia CC suficiente para reducir la constante de tiempo de decaída de la corriente atrapada. La especificación de energía de la resistencia en serie en la realización de la figura 2 es comparable a la realización de acuerdo con la figura 1 reducida a un valor correspondiente a la energía atrapada en el inductor. Los otros componentes del filtro (Cf y Lf) deben ser especificados para la corriente de cortocircuito (Isc) durante el intervalo de derivación.

Aún en otra realización que se muestra en la figura 3, un filtro en serie 12 se introduce en serie con el circuito 1 de control. El filtro en serie 12 comprende un condensador 10 y un segundo inductor 11 conectados en serie y un resistor 8 conectado en paralelo con el condensador y el segundo inductor. El filtro en serie 12 comprende una baja impedancia para la frecuencia fundamental y resistencia CC suficiente para reducir la constante de tiempo de decaída de la corriente atrapada. Con esta disposición, el circuito principal (X) es en efecto derivado por el conmutador de cierre 7 que llevará la corriente de cortocircuito (Isc). El resistor de filtro 8 sólo necesita ser especificado en correspondencia con la energía atrapada en el primer inductor. Los otros componentes del filtro (Cf y Lf) deben ser especificados para la corriente de carga normal.

En la realización de acuerdo con la figura 4, el circuito de control comprende dos unidades de circuito 1a, 1b, comprendiendo cada una un inductor 2, un dispositivo semiconductor 3 y un descargador de sobretensiones 5. Las dos unidades de circuito están protegidas por una sola derivación 6 que comprende un conmutador de cierre 7. De acuerdo con la invención, el circuito de control de acuerdo con la figura 4 comprende también un filtro que tiene una resistencia para absorber energía CC aunque impedancia cero para dejar que pase una corriente CA. Como se mostró en las realizaciones anteriores, la derivación que contiene un filtro 9 o un filtro 12 está conectada en serie con las unidades de circuito de control 1.

En esta realización podría producirse una circunstancia especial. Esta ocurrirá si el primer elemento tiristor 3a se cierra y el segundo elemento tiristor 3b se abre en el momento de una condición de falla. El conmutador de cierre 7 formará rápidamente una derivación 6 para el flujo de corriente principal. La corriente atrapada formará una segunda trayectoria que involucra el primer tiristor 3a, el segundo inductor 2b y la derivación 6. Así, en esta situación, la corriente atrapada dañará no sólo el segundo inductor, sino también el primer tiristor.

Aún en otra realización de acuerdo con la figura 5, el circuito de control está conectado al sistema de alimentación por medio de un transformador 13. En esta realización, la unidad de control comprende una pluralidad de unidades de circuito 1a, 1b, 1c, 1d y un filtro 12 conectados en serie. Cada una de la pluralidad de unidades de circuito de control comprende un inductor, un tiristor y un descargador de sobretensiones. En la realización de la figura 5, el circuito de control comprende una derivación 6 que contiene un conmutador de cierre 7, que rodea toda la pluralidad de unidades de circuito y el filtro.

Aunque ventajosa, la presente invención no se limita a la forma de las realizaciones presentadas. Dentro de las habilidades de una persona experta en la técnica, también estarían comprendidas en el ámbito de aplicación de la invención, otras realizaciones en las que se introduce una resistencia para absorber energía de una corriente atrapada. Por tanto, un circuito de control que comprende una pluralidad de conjuntos de circuito conectados en serie que comprenden un inductor y que están protegidos por una trayectoria de derivación común que contiene un conmutador de cierre, también forma parte de la invención. Aplicaciones para el control de flujo de energía que involucran reactores en serie controlados por un conmutador tiristor paralelo se verán afectadas típicamente por la corriente atrapada durante la derivación de protección. Un requisito previo importante para una especificación optimizada de tiristor es también el uso de un conmutador de derivación rápido como el conmutador de cierre 7 que produce un retraso de derivación de menos de 5 ms.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para controlar un flujo de energía en un sistema de transmisión de energía eléctrica que comprende un circuito de control (1) y una segunda trayectoria de derivación (6) conectada en paralelo con el mismo, comprendiendo el circuito de control (1) un primer inductor (2) y un elemento de conmutación semiconductor (3) conectado en paralelo y una primera trayectoria de derivación (4) que comprende un descargador de sobretensiones (5), y comprendiendo la segunda trayectoria de derivación (6) un conmutador de cierre (7), caracterizado por que el dispositivo comprende un resistor (8) para absorber la energía eléctrica CC atrapada en el circuito de control mediante transformación térmica.

2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el resistor (8) está comprendido en la segunda trayectoria de derivación (6).

3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el resistor (8) está conectado en serie con el circuito de control (1)

4. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en el que el dispositivo comprende un condensador (10) y un segundo inductor (11) conectados en paralelo con el resistor (8) para formar un filtro (9, 12) que tiene una baja impedancia para la frecuencia fundamental.

5. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el circuito de control (1) comprende una pluralidad de unidades de circuito (1a - 1d).

6. Método para proteger un circuito de control (1) de una corriente atrapada, comprendiendo el circuito de control (1) un primer inductor (2), un elemento de conmutación semiconductor (3) y una primera trayectoria de derivación (4) que comprende un descargador de sobretensiones (5) conectado en paralelo, y una segunda trayectoria de derivación (6) que comprende un conmutador de cierre (7), caracterizado por proporcionar un resistor (8) para absorber la energía eléctrica CC atrapada en el circuito de control (1) mediante transformación térmica.

7. Método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la absorción comprende la absorción de una corriente CC, mientras que una corriente CA es derivada por un filtro.

8. Uso de un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 y según un método de acuerdo con la reivindicación 6 o 7 en una conexión por medio de transformador para controlar un flujo de energía en un sistema de transmisión de energía eléctrica

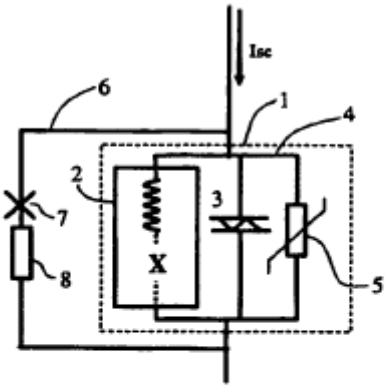

Fig 1

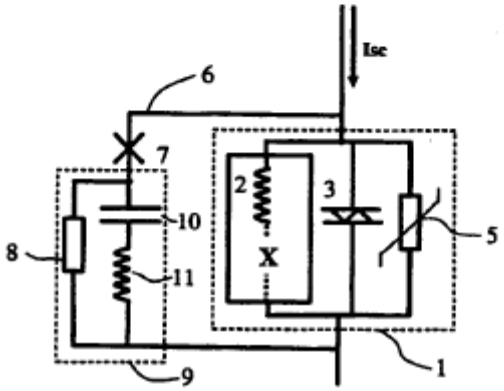

Fig 2

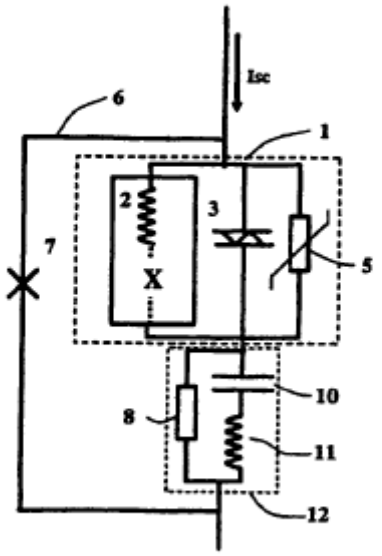

Fig 3

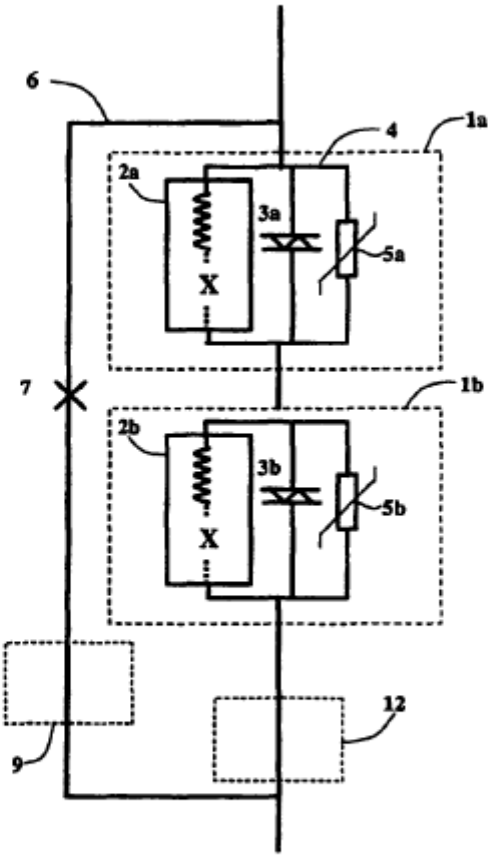

Fig 4

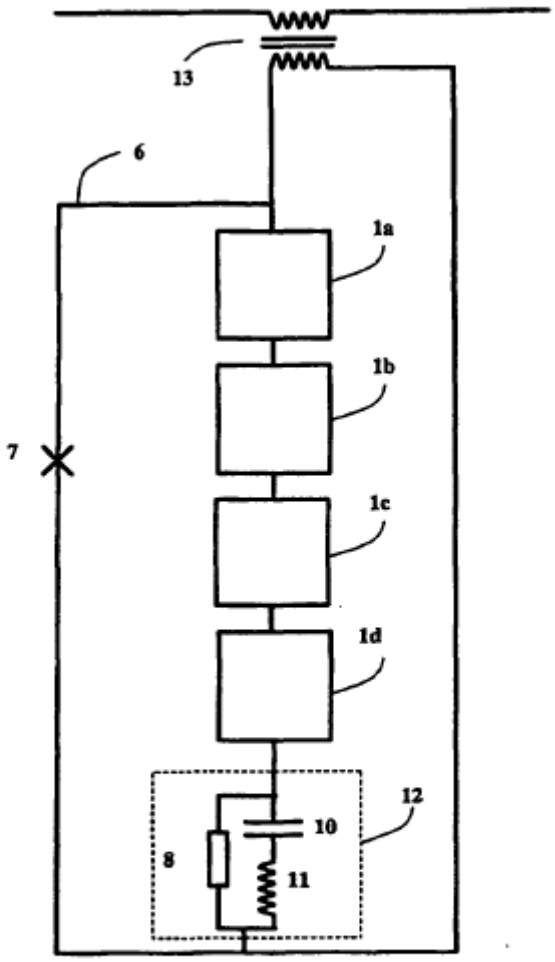

Fig 5