



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 339 332**

51 Int. Cl.:
H02H 9/02 (2006.01)
H02H 7/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **01962625 .8**
96 Fecha de presentación : **17.08.2001**
97 Número de publicación de la solicitud: **1310031**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.05.2003**

54 Título: **Dispositivo para la desconexión inmediata en el caso de cortocircuitos en redes eléctricas de CC y CA de buques de superficie y submarinos, especialmente, buques de combate e instalaciones en alta mar.**

30 Prioridad: **17.08.2000 DE 100 40 231**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.05.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.05.2010

73 Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72 Inventor/es: **Ahlf, Gerd y**
Wacker, Bernd

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 339 332 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).

ES 2 339 332 T3

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para la desconexión inmediata en el caso de cortocircuitos en redes eléctricas de CC y CA de buques de superficie y submarinos, especialmente, buques de combate e instalaciones en alta mar.

5

La presente invención hace referencia a un dispositivo para la desconexión inmediata en caso de cortocircuitos en redes eléctricas de CC y CA de buques de superficie y submarinos, especialmente, buques para aplicaciones marinas e instalaciones en alta mar.

10 Tales redes de CC y CA, conformadas como redes de a bordo e instalaciones eléctricas de tracción son, de acuerdo a su carácter, redes independientes y en su funcionamiento deben cumplir a requisitos especiales.

15 Las redes de CC, o instalaciones de corriente continua, son usuales, por ejemplo, en buques submarinos. En el caso de las instalaciones de corriente continua suministradas hasta ahora, y en las nuevas instalaciones de corriente continua para buques submarinos planificadas, son posibles las corrientes prospectivas de cortocircuitos acumuladas de, aproximadamente, 100 a, como máximo, 320 kA, lo cual, en el caso de cortocircuito, conduce a una considerable carga dinámica y térmica de toda la instalación de corriente continua, debido a las grandes fuerzas mecánicas por sobrecorrientes momentáneas.

20 Las redes de CA, o instalaciones de corriente trifásica, son muy usuales como instalaciones eléctricas de tracción. En buques de superficie de este tipo se presentan altas potencias de cortocircuito, especialmente, en el caso de grandes potencias de redes de a bordo. El acoplamiento permanente conforme al funcionamiento de instalaciones parciales, o redes parciales, ya no es posible. Una alta potencia de cortocircuito es indeseada, más precisamente, debido a las cargas térmicas y dinámicas de cortocircuito de las instalaciones y los aparatos eléctricos. En cambio, siempre que se trate de la disminución de las reacciones de red, la mejora de la estabilidad de tensión, o la creación de una red más inflexible en el caso de menor impedancia de red, la mejora del comportamiento de funcionamiento de la red, así como el aumento de la seguridad de suministro, sí es deseada. El diseño de instalaciones de corriente trifásica de este tipo es, por ello, un compromiso entre potencias de cortocircuito posibles y relaciones de red más o menos buenas.

30

La intensidad de la corriente de cortocircuito se ajusta a la impedancia de error en el lugar del cortocircuito, así como a los aportes de las fuentes que aún son influenciadas por barras conectoras. Los aportes de corriente de cortocircuito de las fuentes se ajustan de acuerdo a su impedancia.

35 Los dispositivos para la desconexión inmediata conocidos en el estado actual del arte son, por ejemplo, disyuntores que se pueden implementar en redes de CC y CA. Los disyuntores correspondientes utilizables en redes de CC y CA deben ser dimensionados para las cargas dinámicas esperables. Los disyuntores en redes de CC deben ser sometidos a mantenimiento después de desconexiones extremas de cortocircuito, en el cual, eventualmente, se deben sustituir los disyuntores.

40

Además, en redes de CC se utilizan puntos de fusión nominal como dispositivo para la desconexión inmediata. Estos sirven para la limitación de corriente en el caso de altas corrientes de cortocircuito y son conectores de cobre optimizados en su sección transversal, que se funden al sobrepasar el integral de Joule. La derivación, o la red parcial, en la cual se encuentra el punto de fusión nominal ya no se debe abastecer, el punto de fusión nominal primero debe sustituirse.

45

Además, tanto en redes de CC como también en redes de CA, se utilizan fusibles como dispositivos para la desconexión inmediata; estos se queman en caso de cortocircuito y también deben ser sustituidos antes de reiniciar el funcionamiento.

50

Además, se utilizan interruptores semiconductores como dispositivos para la desconexión inmediata; tales interruptores semiconductores poseen, en comparación, altas pérdidas en estado de conducción, que se generan permanentemente durante el funcionamiento. Además, la capacidad de desconexión es limitada debido a la densidad de portadores de carga admisible. Además, como medida de protección, se propone operar las redes de CC y CA que presentan, en cada caso, múltiples redes parciales con acoplamiento de red abierta. En una red de CC o de corriente continua las baterías se pueden descargar de forma diferente. El peligro de altas corrientes de compensación, al colocar el acoplamiento, aumenta con la diferencia de tensión entre ambas redes parciales. En la red de CA o de corriente trifásica resulta una disponibilidad desmejorada en el caso de falla de la generación en una red parcial, ya que recién después de reconocer esta falla se puede colocar el acoplamiento de red. Los consumidores de motor en la barra influenciada pueden caer bajo el momento de sobrecarga y luego sólo pueden acelerar con dificultad o ya no pueden hacerlo.

60

Además, otros aparatos expuestos a los riesgos por caídas de tensión pueden sufrir daños, por ejemplo, el sistema electrónico, ordenadores, etc., también pueden sufrir, por ejemplo, pérdida de datos. Tanto en el caso de falla de la generación de energía, como también en el caso de cortocircuitos, existen caídas de tensión. En el caso de cortocircuitos todos los parámetros eléctricos de la red oscilan, por lo que pueden producirse otras desconexiones de protección y hasta apagones. Especialmente en el caso de la utilización de redes de CC o CA en buques para aplicaciones marinas es vital una red de a bordo segura.

65

ES 2 339 332 T3

Así, por ejemplo, en redes de CC o de corriente continua existen mayores requisitos de seguridad. En los conceptos de cortocircuito utilizados hasta el momento, todas las fuentes y consumidores se encuentran interconectados directamente, o las redes parciales de la instalación de marcha y de red de a bordo se encuentran interconectadas a través de disyuntores o fusibles especiales. En el caso de cortocircuito las redes parciales se separan y, gracias a ello, las corrientes de cortocircuitos máximos se reducen casi a la mitad. Otra reducción se realiza, hasta ahora, con la implementación de puntos de fusión nominal. Estos puntos de fusión nominal deben ser sustituidos tras una desconexión de cortocircuito y los disyuntores eventualmente deben ser reacondicionados o sustituidos. Después de un caso de cortocircuito tal, un buque submarino sólo se puede maniobrar de forma condicionada o no se puede maniobrar en absoluto, según el concepto de protección y el lugar de cortocircuito.

El documento WO-A-98 27635 revela un dispositivo para la desconexión inmediata en el caso de cortocircuito de acuerdo al estado actual del arte.

Es tarea de la presente invención crear un dispositivo para la desconexión inmediata en caso de cortocircuitos en redes eléctricas de CC y CA de buques de superficie y submarinos, especialmente, de buques para aplicaciones marinas e instalaciones en alta mar, con el cual se logre que, al generarse cortocircuitos, muchas piezas de la red de CC o CA no sean influenciadas o puedan seguir funcionando, asimismo, además, se deben impedir ampliamente cargas térmicas y dinámicas provocadas por cortocircuitos.

Conforme a la invención, este objeto es resuelto porque el dispositivo para la desconexión inmediata presenta, al menos, un limitador de corriente superconductor de alta temperatura (HTSL) conforme a la reivindicación 1. Con la implementación de limitadores de corriente HTSL se logra que la corriente ya sea limitada en el primer aumento de corriente. Recién luego tiene lugar una desconexión mecánica, por ejemplo, a través de un disyuntor. Tras la desconexión de un cortocircuito, el limitador de corriente HTSL puede ser colocado nuevamente en el ramal de corriente. La implementación de limitadores de corriente HTSL tiene como consecuencia, por ejemplo, en instalaciones de distribución eléctrica de buques submarinos, una limitación de corriente resistiva rápida en caso de falla, cargas mecánicas y térmicas reducidas, así como un mantenimiento del funcionamiento en la red parcial sin falla. Esto último es de especial importancia para la creciente cantidad de consumidores con electrónica de potencia. La capacidad de maniobra de un buque submarino se puede garantizar mejor al utilizar limitadores de corriente HTSL como dispositivo para la desconexión inmediata.

Con la implementación de limitadores de corriente HTSL, en comparación con el estado actual del arte, se pueden limitar de forma muy rápida, especialmente, corrientes de cortocircuito di/dt muy altas, no influenciadas.

El dispositivo para la desconexión inmediata, equipado conforme a la invención mediante limitadores de corriente HTSL se puede utilizar, convenientemente, en la red de CC (1) o la red de CA (2) en combinación con dispositivos de conmutación y protección utilizados hasta el momento en la red de CC (1) o de CA (2), por ejemplo, puntos de fusión nominal (25), disyuntores (26) y similares.

Si el limitador de corriente HTSL se encuentra dispuesto en serie con un disyuntor o, eventualmente, un selector bajo carga, el disyuntor, o el seleccionador bajo carga, puede ser optimizado en su construcción para tiempos de desconexión cortos, asimismo, no es necesario tener en cuenta una alta resistencia dinámica a cortocircuitos.

Cuando un limitador de corriente HTSL se encuentra dispuesto en un acoplamiento de red que conecta subgrupos de la red eléctrica, es posible acoplar los sistemas parciales en forma permanente, casi sin efecto de reacción. En el caso de un cortocircuito en una red parcial, el aporte de la red parcial intacta se mantiene tan bajo que no se produce un sobrepaso de la capacidad de desconexión, asimismo, la caída de tensión en la red parcial intacta se mantiene lo más corta y baja posible. En caso de cortocircuito, se realiza una limitación de corriente del impulso transitorio inicial en un múltiplo mínimo de la corriente nominal dentro de un ms, con lo que la corriente desciende rápidamente a la corriente limitada y en el punto temporal de desconexión corresponde, aproximadamente, a la corriente nominal INFCL. Tras poco tiempo se separan las redes parciales, dependiendo del tiempo de desconexión del disyuntor activado, asimismo, para la disminución del tiempo de desconexión, la activación puede realizarse a través de un disparador de tensión y un imán de enclavamiento. La falla de tensión en la red parcial intacta es más baja y menos prolongada, prácticamente sólo se produce en el momento del impulso transitorio inicial, es decir, durante un ms. Este corto tiempo de falla de tensión se considera tolerable para aparatos electrónicos y no es crítico para máquinas rotativas.

Si en las fuentes o alimentaciones con las menores impedancias, por ejemplo, baterías, generadores o motores, se encuentran dispuestos limitadores de corriente HTSL en la red eléctrica, la intensidad de la corriente de cortocircuito en redes independientes, como en buques e instalaciones en alta mar es, en una aproximación grosera, más bien independiente del lugar del cortocircuito. En estas ejecuciones, en algunas circunstancias incluso se puede prescindir de puntos de fusión nominal, como por ejemplo, en la instalación de tracción para buques submarinos, con lo que se logra una gran seguridad de alimentación.

De forma ventajosa, un limitador de corriente también se puede disponer en derivaciones de red alimentadas de forma redundante por, al menos, dos redes parciales.

Las ventajas que se pueden lograr con relación a la disposición de un limitador de corriente HTSL en un acoplamiento de red, también se logran si un limitador de corriente HTSL se encuentra dispuesto en una red de CA en un

ES 2 339 332 T3

acoplamiento de red que une redes parciales de la red de CA. Además, es ventajoso que un limitador de corriente HTSL se encuentre dispuesto en una red de CA, en un generador, asimismo, éste puede estar dispuesto en el punto neutro o en la línea de salida del generador.

5 Es posible disponer un limitador de corriente HTSL en una red de CA, en un transformador, y, de manera ventajosa, en su lado de alta tensión, asimismo, el transformador, por su parte, se encuentra dispuesto en una derivación de alimentación de baja tensión. Un limitador de corriente HTSL también puede estar dispuesto en una red de CA, en transformador convertidor dispuesto en una derivación.

10 Siempre que dos redes parciales de baja tensión pertenezcan a una red de CA, es posible prever un limitador de corriente HTSL entre estas dos redes parciales de baja tensión.

15 En una red de CC puede estar dispuesto un limitador de corriente HTSL en un acoplamiento de red que une redes parciales de la red de CC. Además, un limitador de corriente HTSL puede estar dispuesto en una red de CC en un generador, en una batería y/o en un motor, con lo que las fuentes de menor impedancia están provistas de limitadores de corriente HTSL.

20 La implementación antes presentada, de limitadores de corriente HTSL, permite nuevos caminos en el diseño de redes de a bordo o instalaciones de tracción. Además de la disminución de la carga dinámica y térmica de aparatos e instalaciones, se obtiene la posibilidad de la construcción de redes con una mayor potencia de cortocircuito, una mayor fiabilidad de alimentación y la posibilidad de la implementación de instalaciones más económicas:

25 Como ya se mencionó, especialmente en redes independientes, como redes de buques, se implementan altas potencias de convertidores. La potencia de cortocircuito de la red aumenta mientras más bajas sean las impedancias, en este caso, especialmente, la reactancia de los generadores de alimentación, así como la reactancia de los transformadores. Si se operan varias máquinas en paralelo, la impedancia disminuye. De esta manera, aumenta la relación de potencia de cortocircuito respecto de la potencia de convertidor conectado a la red alimentada, que, a su vez, provoca una disminución de las reacciones de la red en la red alimentada, causadas por las cargas de convertidores conectados a la misma. Además, la red se vuelve más inflexible debido al acoplamiento y la consecuente disminución de la impedancia de red, lo cual significa una considerable mejora de la estática de tensión, con lo que la caída de tensión es proporcional a la carga o a la intensidad de corriente a través de la impedancia.

35 El acoplamiento de redes parciales vuelve superflua a la conmutación en caso de falla de un generador de energía de una red parcial. Hasta el momento, es decir, en el estado actual del arte, se trabajaba con acoplamiento abierto. Si en este caso falla la generación de energía de una red parcial, entonces la falla debe ser reconocida y el acoplamiento debe ser desconectado automática o manualmente a través de mecanismos de enclavamiento. Si la duración de la conmutación es demasiado prolongada, se puede producir la caída de cargas térmicas por debajo del momento de sobrecarga, de manera que no se produce una nueva aceleración. En el estado actual del arte, en este caso sólo puede servir, de manera condicionada, un costoso sistema automatizado de conmutación. En un caso desventajoso, las cargas deben ser desconectadas y la toda la instalación se debe reiniciar. Esto es aún más negativo mientras más cargas motoras afecta, como el timón de chorro en la proa, etc., absolutamente necesarias para la capacidad de maniobra.

45 A través de la implementación de limitadores de corriente HTSL, especialmente, en las fuentes de menor impedancia, pero también en el acoplamiento de red, puede ser posible la implementación de instalaciones y aparatos eléctricos económicos debido a las cargas térmicas y dinámicas disminuidas en el caso de cortocircuito. Se pueden implementar, sobre todo, instalaciones de distribución eléctrica más económicas. Los generadores se pueden construir con una mayor relación corriente de cortocircuito a corriente nominal. Los transformadores pueden ser construidos para menores tiempos de cortocircuito en comparación con tiempos de cortocircuito de 2s hasta 5s en el estado actual del arte, más precisamente, para tiempos de cortocircuito en la magnitud de 1 ms. Además, pueden construirse transformadores con menor impedancia de cortocircuito. De esta manera, se logra una mayor estabilidad en la red, por ejemplo, en el caso de arranque de altas cargas motores; se puede prescindir completamente de conmutadores escalonados de carga debido a la menor modificación de tensión dependiente de la carga, en el caso de impedancias más bajas.

55 Los limitadores de corriente HTSL también pueden estar dispuestos en circuitos intermedios de tensión continua o corriente continua, por ejemplo, de convertidores e instalaciones de conmutación de corriente continua, en acoplamientos de red, ramas de alimentación y/o derivación.

60 De manera ventajosa, un limitador de corriente HTSL presenta, como material superconductor de alta temperatura, uniones de Y (itrio) Ba (bario) Cu (cobre) O (oxígeno), dispuestos sobre un sustrato mediante técnica de películas delgadas.

65 De forma preferente, sobre la película delgada del material superconductor de alta temperatura, colocada sobre el sustrato, se encuentra dispuesta una capa de derivación (shunt), que, a su vez, preferentemente, se compone de oro, asimismo, esta capa de derivación es considerablemente más delgada que la película delgada de material superconductor de alta temperatura.

ES 2 339 332 T3

La película delgada de material superconductor de alta temperatura se encuentra medida de manera tal que el valor de corriente en estado de conducción ID del limitador de corriente HTSL corresponde a, aproximadamente, tres veces la corriente nominal INFCL.

5 Para posibilitar un funcionamiento sin interferencias del limitador de corriente HTSL, incluso en la marcha sin ruido, especialmente en el caso de un buque submarino, un criostato del limitador de corriente HTSL se encuentra equipado con una reserva adicional de refrigerante, asimismo, esta reserva adicional de refrigerante puede estar considerada en el criostato mismo, o como un depósito de compensación externo conectado al criostato a través de conductos de unión.

10 A continuación, la invención se explica más detalladamente con ayuda de formas de ejecución, haciendo referencia a los dibujos. Estos muestran:

15 Figura 1 una representación global de un limitador de corriente HTSL, implementado en un dispositivo conforme a la invención para la desconexión inmediata;

Figura 2 una representación esquemática en forma de diagrama del desarrollo funcional de un limitador de corriente HTSL;

20 Figuras 3 a 6 redes de CC de diferente diseño con uno o múltiples limitadores de corriente HTSL; y

Figura 7 una representación esquemática de una red de CA con limitadores de corriente HTSL en diferentes lugares de montaje posibles.

25 Como dispositivo conforme a la invención, para la desconexión inmediata en el caso de cortocircuito en redes eléctricas de CC 1 y CA 2 de buques de superficie y submarinos, especialmente, buques para aplicaciones marinas y buques de crucero e instalaciones en alta mar, encontramos limitadores de corriente HTSL 3, cuya construcción fundamental y su modo de funcionamiento fundamental se explican más detalladamente a continuación, mediante las Figuras 1 y 2.

30 Con relación a la Figura 1, se debe hacer referencia a que un disyuntor no representado en la Figura 1 se encuentra conectado en serie con el limitador de corriente HTSL 3 allí mostrado. En el caso del disyuntor conectado en serie con el limitador de corriente HTSL 3, se puede tratar del disyuntor de una red de CC 1 o de CA 2 existente, o de un nuevo disyuntor o interruptor para circuito de potencia de una red nueva de CC 1 o de CA 2 por concebir.

35 El limitador de corriente HTSL 3 mostrado en la Figura 1 se encuentra diseñado, junto con sus dispositivos adicionales, de forma tal de puede ser integrado en la red de CC 1 o de CA 2 y posee un criostato 4 que en el ejemplo de ejecución representado se trata de un depósito de acero inoxidable antimagnético con paredes dobles con aislamiento de vacío. En el criostato 4 los elementos funcionales reales del limitador de corriente HTSL 3 se encuentran alojados en nitrógeno líquido a una temperatura de, aproximadamente, 77 K. Son posibles temperaturas divergentes si se ajustan otras presiones, mediante evacuación por bomba, por ejemplo, una temperatura de 67 K. A través de pasos de corriente 5, 6 el limitador de corriente HTSL 3 es conectado a una barra colectora que se encuentra a temperatura ambiente.

45 Para la recondensación del nitrógeno líquido evaporado, y ahora, en estado gaseoso, en el criostato 4, se utiliza un refrigerador 7, que consiste, esencialmente, en un condensador de helio 10 y una cabeza fría 9 con un condensador 52. En este caso, se trata de un circuito de refrigeración cerrado dentro del criostato 4; de manera correspondiente, en el funcionamiento normal, no es necesario rellenar refrigerante en forma de nitrógeno líquido (LN2).

50 El condensador de helio 10 abastece la cabeza fría 9 con helio líquido a través de conductos de flujo de avance y de retorno 11, 12 de un sistema de circulación 8. Dentro del criostato 4 se recondensa nitrógeno evaporado en el condensador 52 de la cabeza fría 9 que se introduce en el criostato 4. La refrigeración del condensador de helio 10 se realiza a través de un conducto de abastecimiento de agua refrigerante 13 y de un conducto de evacuación de agua refrigerante 14, asimismo, el agua refrigerante puede ser puesta a disposición, por ejemplo, por un sistema de refrigeración intermedio de un buque.

55 Para poder cumplir con el requerimiento de refrigeración y agente refrigerante en el criostato 4, por ejemplo, en el caso de una marcha sin ruido de un submarino, para el superar el requerimiento de refrigeración y agente refrigerante durante este periodo está prevista una reserva adicional de refrigerante que ya se encuentra considerado en el criostato 4, o está conectado como depósito de compensación externo con el criostato 4, a través de conductos de unión.

De manera alternativa al refrigerador 7 con el sistema de circulación 8, la cabeza fría 9 y el compensador de helio 10, se puede escoger una solución de relleno abierta. Además, en lugar de nitrógeno líquido se pueden implementar otros agentes de refrigeración o frigoríficos. Sin embargo, el nitrógeno líquido posee excelentes propiedades eléctricas, comparativamente, es más económico y posee propiedades ignífugas favorables.

Al limitador de corriente HTSL 3 le pertenece un sistema sensor 15 cuyos sensores se encuentran dispuestos dentro del criostato 4. A través del sistema sensor 15 se controla el estado de funcionamiento de la parte activa del limitador

ES 2 339 332 T3

de corriente HTSL 3. El sistema sensor 15 se encuentra conectado a aparatos de valoración 16 adecuados, con los que se pueden transferir señales análogas y binarias, por ejemplo, a un disparador del disyuntor en el circuito del limitador de corriente y a una central de aviso y control.

5 Además, también es posible generar señales correspondientes desde el refrigerador 7 y transmitir las a la central de aviso y control, para la señalización.

A la estructura eléctrica del limitador de corriente HTSL 3 pertenecen las entradas de corriente 5, 6, módulos limitadores de corriente 17, 18 así como sus elementos de conexión.

10

Una propiedad importante del limitador de corriente HTSL 3 es que no se activa en el caso de corrientes normales de funcionamiento y sobrecorrientes. Dado que el limitador de corriente HTSL 3 actúa como disparador directo, su dimensionamiento se debe diseñar de acuerdo a los requerimientos y considerando la selectividad.

15

Si el limitador de corriente HTSL 3 falla, se debe garantizar la seguridad propia del limitador de corriente HTSL 3. Por ello, el diseño se debe realizar de manera tal que una destrucción interna activada por efectos mecánicos externos o un defecto interno provoque el apagado de un arco voltaico eventualmente generado, y a la separación del circuito de corriente.

20

El modo de funcionamiento del limitador de corriente HTSL 3, representado en la Figura 1, es explicado a continuación con ayuda de la Figura 2. Si la corriente del limitador de corriente supera su valor crítico, entonces el superconductor del limitador de corriente HTSL 3 se encuentra primero en la denominada área de corriente de flujo. El valor crítico de la corriente del limitador de corriente es el valor en el cual la caída de tensión a través del superconductor del limitador de corriente HTSL 3 es menor que $1 \mu\text{V}$ por cada cm de longitud del superconductor. El área de conducción normal del superconductor es alcanzada conforme a su curva característica de tensión y corriente, cuando la caída de tensión a través del superconductor es mucho mayor a $1 \mu\text{V}$ por cada cm de longitud del superconductor. El superconductor recién se vuelve nuevamente superconductor cuando se desciende por debajo de la temperatura crítica y de la corriente crítica, lo cual sólo es posible cuando el circuito de corriente en el que se encuentra el limitador de corriente HTSL 3 se interrumpe, de manera que ya no tiene lugar un calentamiento y que el baño de nitrógeno que rodea al criostato 4 puede retrorefrigerar los elementos funcionales del limitador de corriente HTSL 3 con, por ejemplo, 77 K.

30

En el área entre la caída de tensión de $1 \mu\text{V}/\text{cm}$ y el estado de conducción normal del superconductor no es necesario que se produzca la activación del limitador de corriente HTSL, siempre que no supere su curva característica. Debido a la caída de tensión, se disipa energía en el baño de nitrógeno que se encuentra en el criostato 4. Este estado se puede mantener mientras exista el equilibrio térmico entre el calor de corriente conducido que se presenta en el baño de nitrógeno como energía disipada y el calor que puede ser evacuado por el nitrógeno. La curva característica de disparo del superconductor se puede expresar a través de una curva característica corriente - tiempo como la que se conoce por los fusibles. Esta curva característica corriente - tiempo depende del material del superconductor. En comparación con las de fusibles, los limitadores de corriente HTSL 3 con ejecución de película delgada, poseen una curva característica corriente - tiempo muy rápida. En este caso, la ventaja especial de los limitadores de corriente HTSL 3 es que el valor de paso ID, como se muestra en la Figura 2, se puede limitar, condicionado físicamente, a, aproximadamente, como máximo 3, veces de la corriente crítica o corriente nominal, independientemente de la intensidad de la corriente de cortocircuito no influenciada.

35

40

45

Tras un proceso de limitación con apertura del disyuntor, el superconductor del limitador de corriente HTSL 3 vuelve a enfriarse durante su tiempo de refrigeración de 3 y en poco tiempo vuelve a estar disponible para su utilización. Este tiempo de refrigeración de retorno depende, entre otras cosas, de la temperatura del superconductor en el momento de desconexión y, conforme a la experiencia, dura 1 a 2 segundos. Cuando el disyuntor falla, la corriente sigue atravesando el superconductor del limitador de corriente HTSL 3 y lo calienta de forma tal que se alcanza su límite de temperatura, con lo que el superconductor junto con su sustrato puede ser destruido debido a tensiones termomecánicas. De esta manera, el circuito de corriente también es interrumpido si falla el disyuntor. Por ello, el limitador de corriente HTSL 3 dispone de la característica de la seguridad propia.

50

55

La característica del limitador de corriente HTSL 3, mostrado en la Figura 2, es decir, de limitar la corriente de cortocircuito no influenciada a, aproximadamente, como máximo, 3 veces el valor de paso D, se logra si el limitador de corriente HTSL 3 presenta un superconductor de alta temperatura de un material superconductor de alta temperatura de uniones de Y (itrio) Ba (bario) Cu (cobre) O (oxígeno) y se encuentra realizado en técnica de películas delgadas.

60

La intensidad de la corriente de cortocircuito no influenciada, o el aumento de corriente por cada unidad de tiempo di/dt , prácticamente no tiene influencia sobre la intensidad del valor de paso ID; esto diferencia al limitador de corriente HTSL 3 de los interruptores semiconductores en los que sólo se permite una densidad de portadores de carga admisible, conforme a la hoja de datos.

65

Mediante el limitador de corriente HTSL 3 antes descrito, que limita de manera resistiva con un tiempo de reacción de como máximo 1 ms, se puede lograr una separación casi sin efectos retroactivos de instalaciones parciales de redes de CC 1 y de CA 2. La subsiguiente separación de las instalaciones parciales es realizada por el disyuntor dispuesto en serie con el limitador de corriente HTSL 3 y no mostrado en la Figura 1 que, si es utilizado en combinación con el

ES 2 339 332 T3

limitador de corriente HTSL 3, puede ser optimizado en su construcción para obtener cortos tiempos de desconexión y no, como hasta el momento, para obtener una alta resistencia dinámica a cortocircuitos.

5 Como ya se ha explicado anteriormente, el limitador de corriente HTSL 3 actúa de forma automática como dis-
parador directo y, por ello, no necesita una señal externa, por ejemplo, de un aparato protector que en instalaciones
convencionales sin limitador de corriente HTSL 3 transmite un comando a un disparador del disyuntor.

10 El limitador de corriente HTSL 3 se recupera de forma automática después de su separación de la red de CC 1 o de
CA 2 y se puede volver a utilizar después de un tiempo de refrigeración de retorno de, como máximo 1 a 2 segundos.
Se puede prescindir de un cambio, como es el caso de un fusible o un punto de fusión nominal.

15 No se generan pérdidas en estado de conducción, como en el caso de semiconductores. El limitador de corriente
HTSL 3 mismo es superconductor, de manera que en el funcionamiento normal de la red de CC 1 o de CA 2 no se
produce una caída de tensión.

20 Los requerimientos del dimensionamiento del limitador, o de los limitadores de corriente HTSL 3, son determina-
dos por las condiciones en el lugar de implementación, como la tensión de red presente, las corrientes nominales, los
procesos de funcionamiento y de no funcionamiento, como sobrecorrientes, los criterios de selectividad desde el punto
de vista de la protección eléctrica y la selección del disyuntor que se encuentra conectado en serie con el limitador de
corriente HTSL 3.

25 El limitador de corriente HTSL 3 descrito se utiliza en dispositivos para la desconexión inmediata que se integran
en redes de CC en buques de superficie y submarinos, en redes de CA 2 en buques de superficie y submarinos y en
redes de CA y de CC 2, 1 en instalaciones en alta mar.

30 Dichos limitadores de corriente HTSL 3 pueden ser integrados durante el fortalecimiento, la modernización o la
revisión general de tales redes, por ejemplo, cuando las baterías con mayor capacidad deben reemplazar las baterías
existentes hasta el momento. La implementación de los limitadores de corriente HTSL 3, tanto en redes de CA 2 como
también es redes de CC 1, es posible en combinación con los dispositivos de conmutación y protección ya existentes.
En redes de CC 1 o de CA 2 nuevas, por concebir, se pueden transferir todas las ventajas de diseño que resultan de la
implementación de limitadores de corriente HTSL 3 a toda la instalación.

35 En una red de CC 1 de un buque submarino, mostrada en la Figura 3, se encuentra prevista una red parcial principal
19 y una red parcial de generador 20. Baterías 21, motores 22, así como una conexión de carga 23, son parte de la red
parcial principal 19. Los generadores 24 son parte de la red parcial del generador 20. Los elementos individuales de
la red parcial principal 19 así como de la red parcial de generador 20, se encuentran protegidos a través de puntos de
fusión nominal 25 y disyuntores 26.

40 Entre la red parcial principal 19 y la red parcial de generador 20 se encuentra previsto un acoplamiento de red 27
en el cual se encuentra alojado un limitador de corriente HTSL 3.

45 La forma de ejecución de una red de CC 1 de un buque submarino, mostrada en la Figura 4, se diferencia de la
forma de ejecución descrita en detalle, porque la red de CC 1 presenta una primera red parcial 28 y una segunda red
parcial 29 unidas entre sí a través del acoplamiento de red 27. Ambas redes parciales 28, 29 poseen, en cada caso,
baterías 21, un motor 22 y generadores 24, asimismo, en la segunda red parcial 29 se encuentra prevista la conexión
de carga 23. En el acoplamiento de red 27 está previsto un limitador de corriente HTSL 3.

50 Una forma de ejecución de la red de CC 1 para buques submarinos, mostrada en la Figura 5, posee una primera red
de a bordo 30 y una segunda red de a bordo 31. En ambas redes de a bordo 30, 31 se encuentra previsto el motor 22,
una batería 21 y diodos 32. En la primera red de a bordo 30 se encuentra prevista, además, una instalación de células
de combustible 33, en la segunda red de a bordo 31, un generador 24 así como una conexión de carga 23. Además de
en el acoplamiento de red 27, a través del motor 22, en uno de los otros acoplamientos de red 34 que unen ambas redes
de a bordo 30, 31 se encuentra previsto otro limitador de corriente HTSL 3.

55 En la forma de ejecución de una red de CC 1 para buques submarinos, mostrada en la Figura 6, la conexión entre
dos instalaciones de células de combustible 33 se realiza a través de un regulador CC/AC 35. En este caso, a las fuentes
de menor impedancia como a los generadores 24 y las baterías 21 se encuentran asignados limitadores de corriente
HTSL 3.

60 A través de la implementación de los limitadores de corriente HTSL 3 en las redes de CC de buques submarinos,
más precisamente, en sus acoplamientos de red 27, el aporte de la red parcial alejada, en cada caso, del limitador de
corriente HTSL 3, es reducido en su valor de paso y, por ejemplo, a, aproximadamente, 15 kA para 1 ms y, a conti-
nuación, a, aproximadamente, 5 kA para 29 ms. En el lugar de cortocircuitos, ahora se convierte considerablemente
menos energía. Una ventaja sobresaliente de la implementación de limitadores de corriente HTSL 3 consiste en que la
65 red parcial intacta permanece casi sin influencia, ya que el aporte a la corriente de cortocircuito en el punto de falla es
reducido inmediatamente a, aproximadamente, el valor de la corriente nominal o, de acuerdo al diseño del limitador de
corriente HTSL 3, por encima o por debajo del mismo. De esta manera el buque submarino sigue siendo maniobrable.

ES 2 339 332 T3

En comparación con el estado actual del arte, en todas las redes de CC 1 en las que se implementan limitadores de corriente HTSL 3, se produce una considerable reducción de las corrientes totales, a cargas de aparatos individuales reducidas y, con ello, a menores cargas de cortocircuito dinámicas y térmicas. De esta manera, se obtiene un coste de mantenimiento considerablemente menor.

Además, con la implementación de limitadores de corriente HTSL 3 en redes de CC 1, se logran ahorros de peso y volumen, la supresión de algunos o de todos los puntos de fusión nominales, la reducción de las cámaras de apagado de arcos voltaicos de los disyuntores 26, asimismo, es posible, además, la implementación de disyuntores 26 más sencillos y livianos.

La red de CA 2 mostrada de forma esquemática en diferentes variantes, en la Figura 7, muestra una unidad de limitador de corriente HTSL 3 que se encuentra dispuesta en un generador de tensión media 36 que forma una fuente de menor impedancia. En el punto neutro 37 del generador de tensión media 36 se encuentra dispuesta la unidad de limitador de corriente HTSL 3. El punto neutro 37 del generador de tensión media 36 es especialmente adecuado para la disposición de la unidad de limitador de corriente HTSL 3 ya que generalmente sale hacia fuera en una caja de punto neutro separada, a la cual se pueden conectar otros aparatos. En correspondencia, se puede manejar de forma flexible en lo que respecta al espacio, especialmente, el montaje posterior de una unidad de limitador de corriente HTSL 3.

En un generador de tensión media 38, que también forma una fuente de menor impedancia, se encuentra prevista una unidad de limitador de corriente HTSL 3, asimismo, en el caso del generador de tensión media 38, la unidad de limitador de corriente 3 se encuentra en la línea de salida del generador 39.

Además, es posible disponer una unidad de limitador de corriente HTSL 3 en un acoplamiento de red 40, con la cual se encuentran unidas, o se pueden unir, ambas redes parciales 41, 42. El montaje de la unidad de limitador de corriente HTSL 3 en el acoplamiento de red 40 es adecuado tanto en el caso de una nueva construcción como también en el caso de un reequipamiento, ya que las instalaciones de distribución eléctrica generalmente se encuentran separadas espacialmente entre sí.

En dos derivaciones de alimentación de baja tensión 43, 44, de las cuales una se encuentra asignada directamente a la red parcial 41 y la otra a la red parcial 42, se encuentra dispuesto, en cada caso, un transformador 45 o 46, provistos, respectivamente, del lado de alta tensión, de una unidad de limitador de corriente HTSL 3. A través del montaje del lado de alta tensión de la unidad de limitador de corriente HTSL 3, en el caso de un cortocircuito de bornes, el transformador 45 o 46 también es protegido del lado de baja tensión. En principio, también es posible, de manera alternativa, montar la unidad de limitador de corriente HTSL 3 del lado de baja tensión del transformador 45 o 46; sin embargo, esto es desventajoso para las entradas de corriente que deben ser dimensionadas para corrientes mayores, con lo que, debido a mayores pérdidas, sería necesario un agrandamiento del refrigerador 7 de la respectiva unidad de limitador de corriente 3.

A un transformador convertidor 48, dispuesto en una derivación 47, con el que se puede alimentar, por ejemplo, un accionamiento principal, también se encuentra asignada una unidad de limitador de corriente HTSL 3. De esta manera, las válvulas de convertidor pueden ser dimensionadas para corrientes de cortocircuito menores. Es posible la implementación de componentes más pequeños y menos costosos en cuanto a su técnica de construcción que, además, deben ser dimensionadas con menor seguridad y por ello son más aprovechables.

Además, una unidad de limitador de corriente HTSL 3 puede estar prevista en otro acoplamiento de red 49, asimismo, este acoplamiento de red 49 une ambas instalaciones de baja tensión o redes parciales 50, 51.

Se hace referencia a que, a cada fase de cada una de las unidades de limitador de corriente HTSL 3, como se encuentran representadas en la Figura 7, se encuentra asignado, al menos, un disyuntor 26 en disposición en serie.

ES 2 339 332 T3

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la desconexión inmediata en caso de cortocircuitos en redes eléctricas de CC y CA (1, 2) en buques de superficie y submarinos, especialmente, buques para aplicaciones marinas e instalaciones en alta mar, **caracterizado** porque el dispositivo para la desconexión inmediata presenta, al menos, un limitador de corriente superconductor de alta temperatura (HTSL) (3) con un superconductor de alta temperatura, atravesado por la corriente de cortocircuito, asimismo, el limitador de corriente superconductor de alta temperatura (HTSL) (3) actúa de forma independiente, como disparador directo, y limita a la corriente de cortocircuito ya en el primer aumento de corriente, asimismo, el limitador de corriente superconductor de alta temperatura (HTSL) (3) se encuentra diseñado de manera tal que no se dispare en el caso de corrientes de servicio y sobrecorrientes.
2. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a la reivindicación 1, que se utiliza en la red de CC (1) o la red de CA (2), en combinación con dispositivos de conmutación y de protección utilizados hasta el momento en la red de CC (1) o de CA (2), por ejemplo, puntos de fusión nominal (25), disyuntores (26) y similares.
3. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a la reivindicación 1 o 2, en el cual el limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en serie con un disyuntor (26) o, eventualmente, un seleccionador bajo carga.
4. Dispositivo para la desconexión inmediata conforme a la reivindicación 3, en el cual el disyuntor (26) dispuesto en serie con el limitador de corriente HTSL (3) se encuentra diseñado de forma tal que se encuentra optimizado para tiempos de desconexión cortos.
5. Dispositivo para la desconexión inmediata conforme a una de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual un limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en un acoplamiento de redes (27, 34, 40, 49) que conecta redes parciales (19, 20; 28, 29; 30, 31; 41, 42; 50, 51) de la red eléctrica (1, 2).
6. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a una de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual los limitadores de corriente HTSL (3) se encuentran dispuestos en fuentes o alimentaciones con las impedancias más bajas, como, por ejemplo, baterías (21), generadores (24; 36, 38) o motores (22) en la red eléctrica (1, 2).
7. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a una de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual los limitadores de corriente (3) se encuentran dispuestos en derivaciones de red alimentadas de forma redundante por, al menos, dos redes parciales.
8. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a una de las reivindicaciones 1 a 7, en el cual un limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en una red de CA (2), en un acoplamiento de red (40) que conecta las redes parciales (41, 42) de la red de CA (2).
9. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a una de las reivindicaciones 1 a 8, en el cual un limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en una red de CA (2), en un generador (37, 38).
10. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a la reivindicación 9, en el cual el limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en el punto neutro (37) del generador (36).
11. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a la reivindicación 9, en el cual el limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en la línea salida (39) del generador (38).
12. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a una de las reivindicaciones 1 a 11, en el cual un limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en una red de CA (2), en un transformador (45, 46) dispuesto en una derivación de alimentación de baja tensión (43, 44).
13. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a la reivindicación 12, en el cual un limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en el lado de alta tensión del transformador (45, 46) dispuesto en una derivación de alimentación de baja tensión (43, 44).
14. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a una de las reivindicaciones 1 a 13, en el cual un limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en una red de CA (2) en un transformador convertidor (48) dispuesto en una derivación (47).
15. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a una de las reivindicaciones 1 a 14, en el cual un limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en una red de CA (2) en un acoplamiento de red (49) dispuesto entre dos redes parciales de baja tensión (50, 51).
16. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a una de las reivindicaciones 1 a 7, en el cual un limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en una red de CC (1) en un acoplamiento de red (37, 34) que conecta redes parciales (19, 20; 28, 29; 30, 31) de la red de CC (1).

ES 2 339 332 T3

17. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a una de las reivindicaciones 1 a 7 y 16, en el cual un limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en una red de CC (1) en un generador (24).
18. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a una de las reivindicaciones 1 a 7 y 17, en el cual un limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en una red de CC (1), en una batería (21).
19. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a una de las reivindicaciones 1 a 7 y 16 a 18, en el cual un limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en una red de CC (1) en un motor (22).
20. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a una de las reivindicaciones 1 a 7, en el cual un limitador de corriente HTSL (3) se encuentra dispuesto en circuitos intermedios de tensión continua o corriente continua, por ejemplo, de convertidores e instalaciones de distribución eléctrica de corriente continua, en acoplamientos de red, ramas de alimentación y/o de salida.
21. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a una de las reivindicaciones 1 a 20, cuyo limitador de corriente HTSL (3) se compone de material superconductor de alta temperatura de uniones de Y (itrio) Ba (bario) Cu (cobre) O (oxígeno), dispuestos sobre un sustrato mediante la técnica de películas delgadas.
22. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a la reivindicación 21, en cuyo limitador de corriente HTSL (3), adicionalmente a la película delgada de material superconductor de alta temperatura sobre el sustrato, se encuentra una capa de derivación (shunt), preferentemente, de oro, que es considerablemente más delgada que la película delgada de material superconductor de alta temperatura.
23. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a la reivindicación 21 o 22, en cuyo limitador de corriente HTSL (3) la película delgada de material superconductor de alta temperatura se encuentra medida de manera tal que el valor de corriente en estado de conducción ID del limitador de corriente HTSL (3) corresponde, aproximadamente a, tres veces la corriente nominal INFCL.
24. Dispositivo para la desconexión inmediata, conforme a una de las reivindicaciones 1 a 23, en el cual un criostato (4) del limitador de corriente HTSL (3) se encuentra equipado con una reserva adicional de refrigerante.
25. Dispositivo para la desconexión inmediata conforme a la reivindicación 24, en el cual la reserva adicional de refrigerante es considerada en el criostato (4) mismo.
26. Dispositivo para la desconexión inmediata conforme a la reivindicación 24, en el cual la reserva adicional de refrigerante se encuentra conformada como un depósito de compensación externo conectado al criostato (4) a través de conductos de unión.

40

45

50

55

60

65

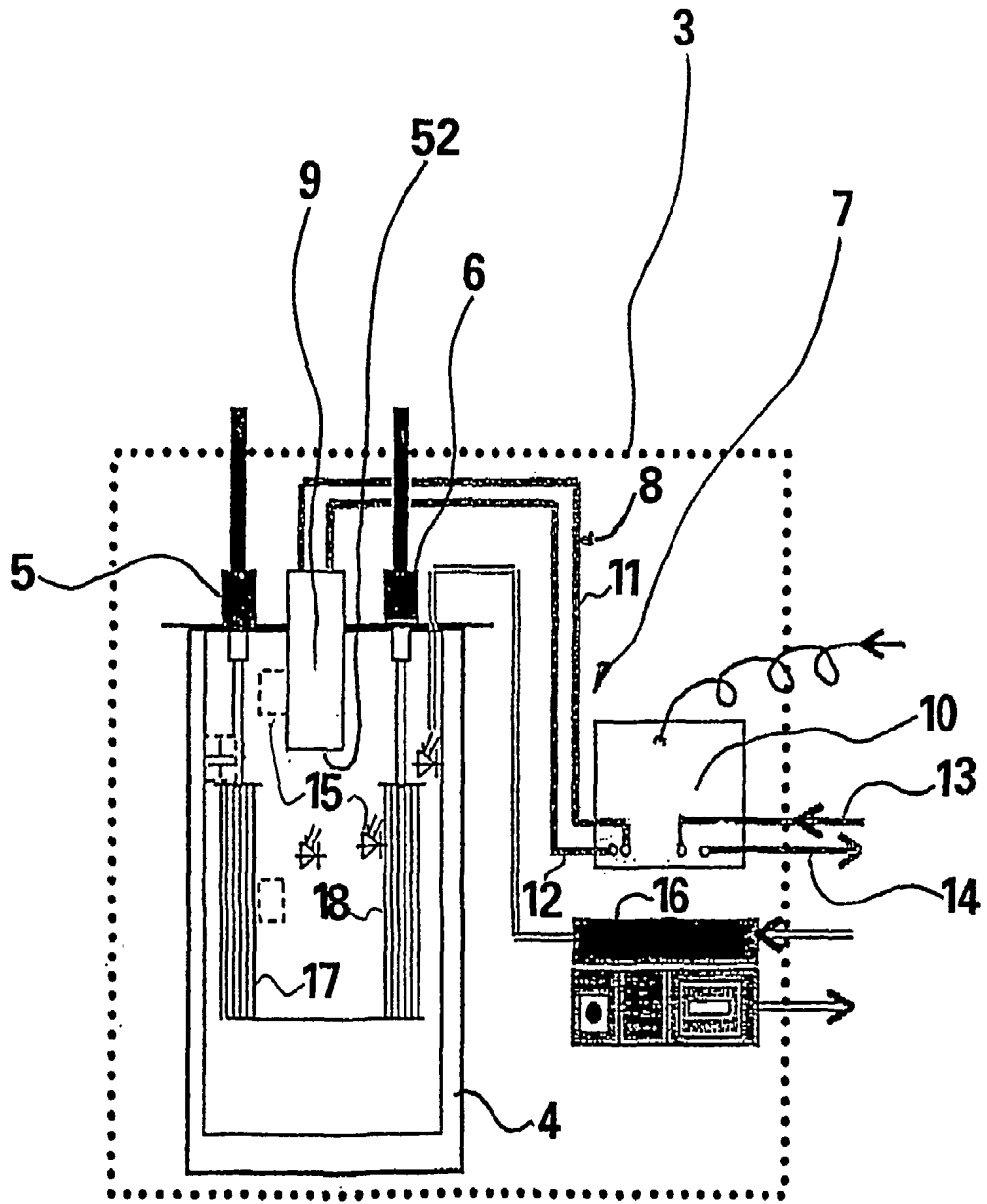


FIG 1

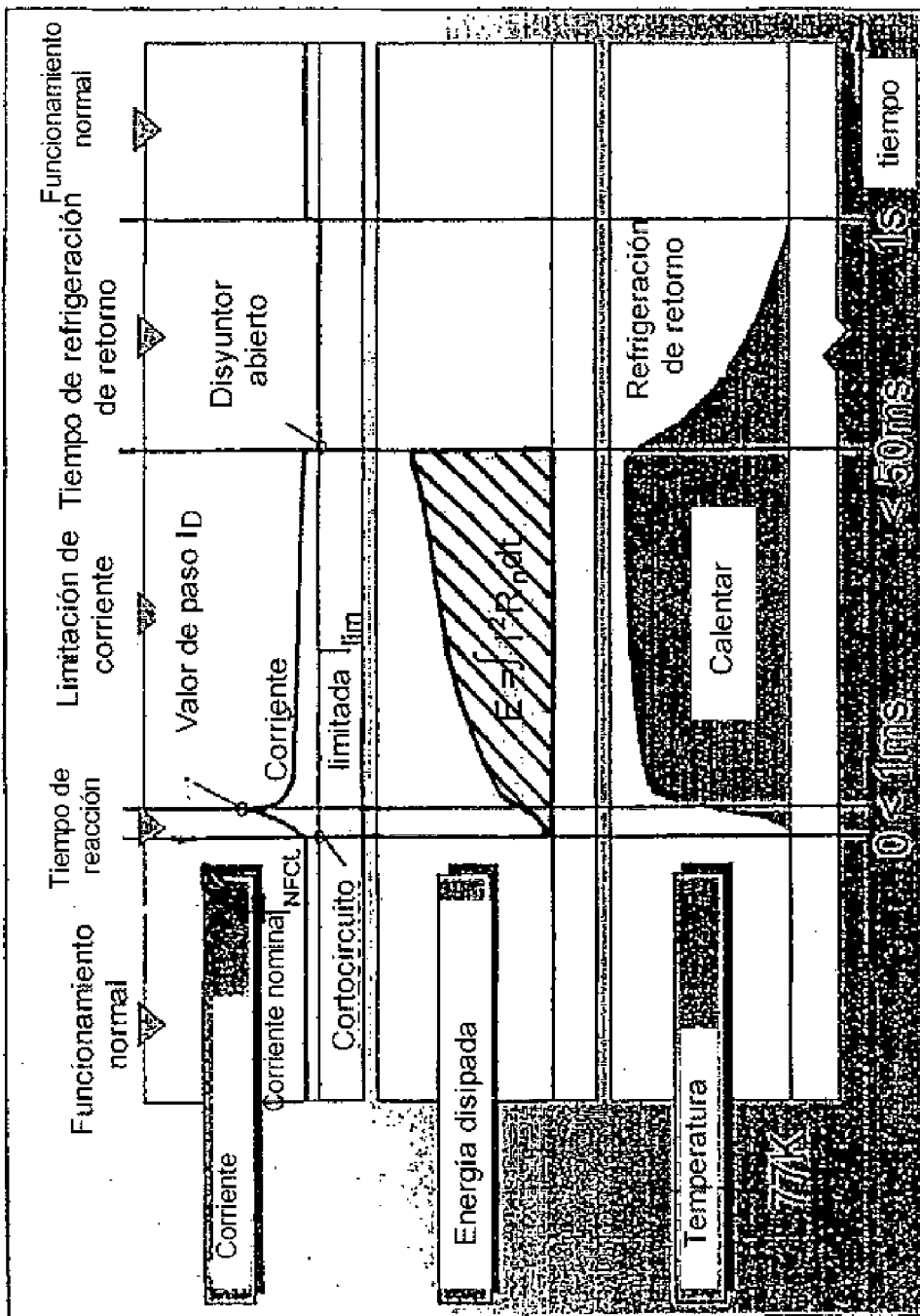


FIG 2

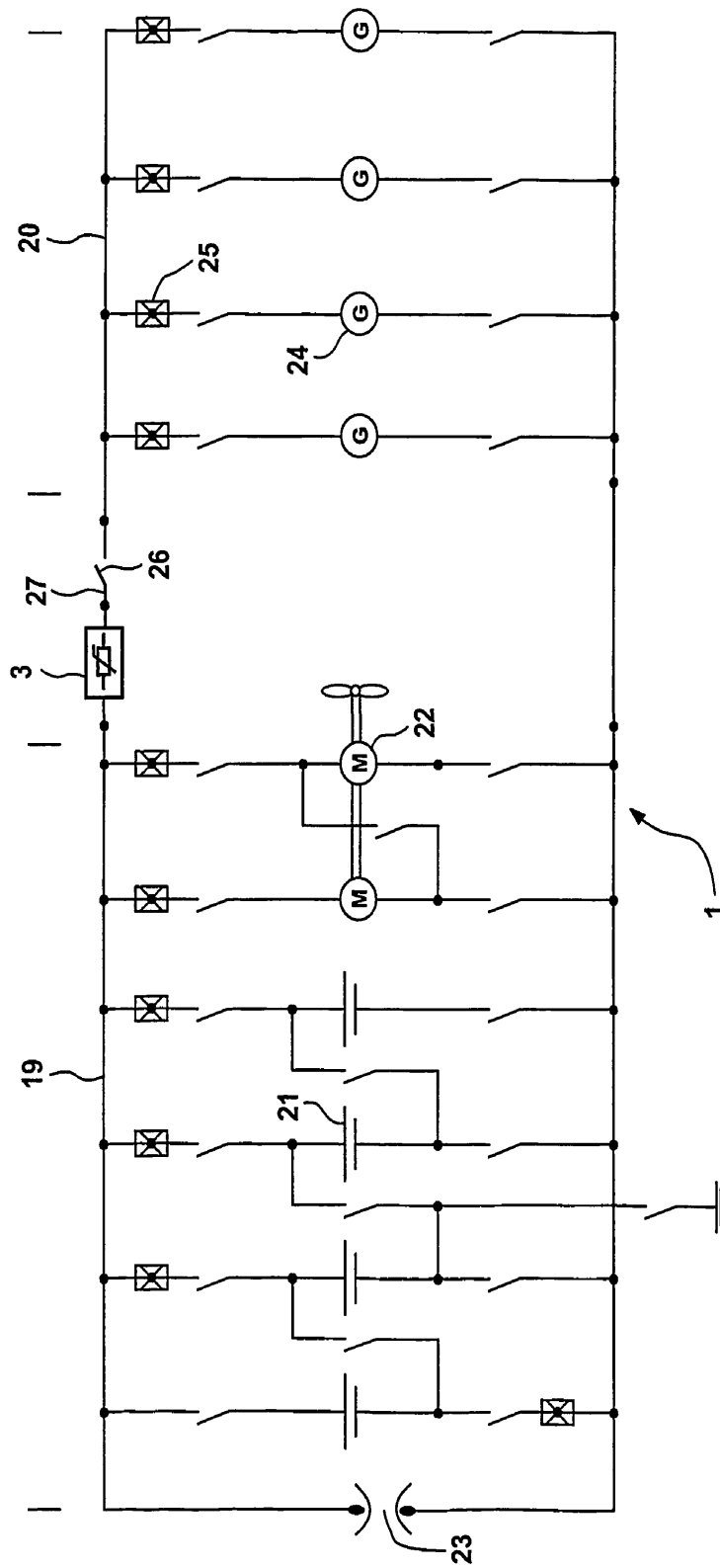


FIG 3

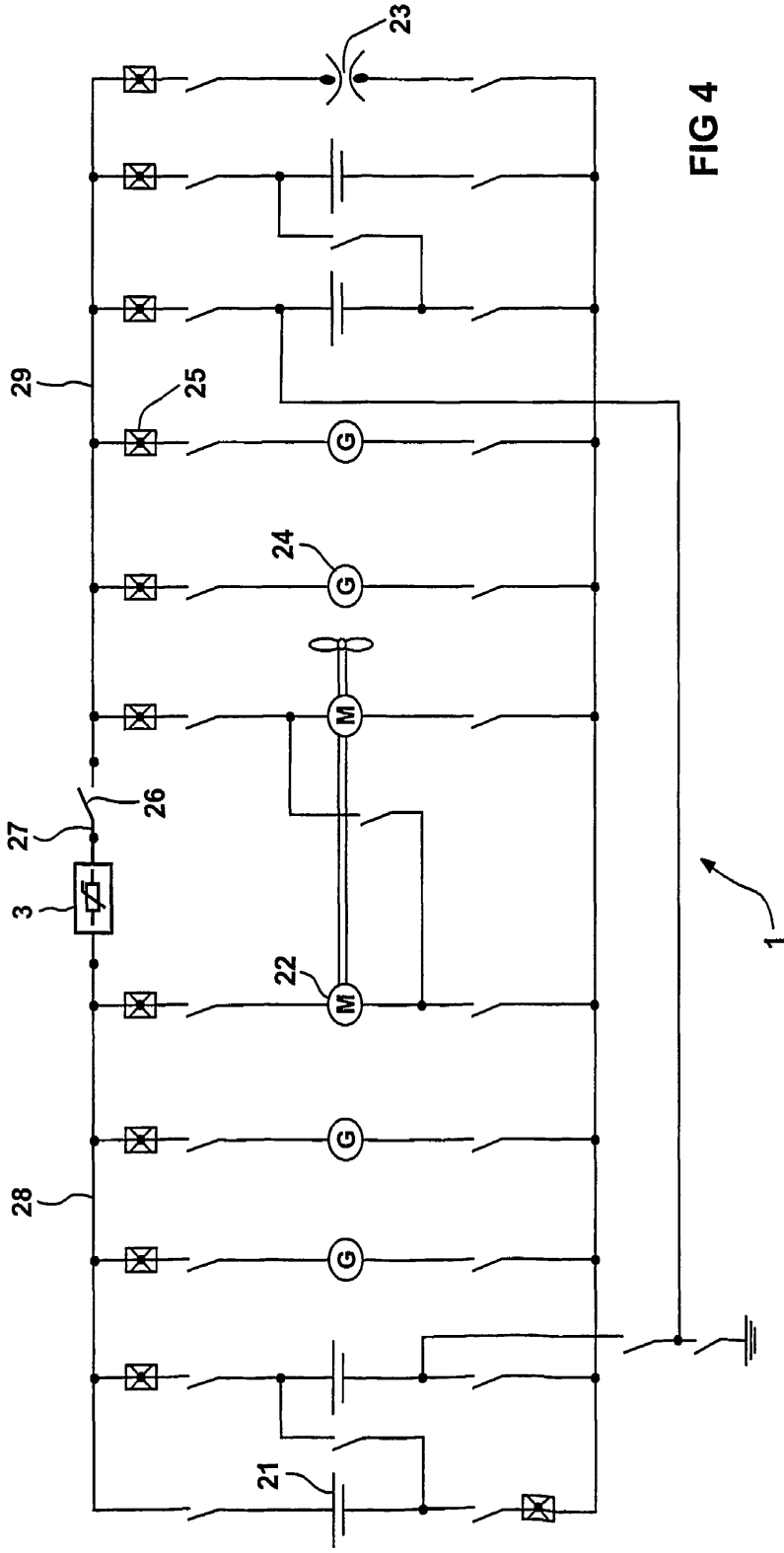


FIG 4

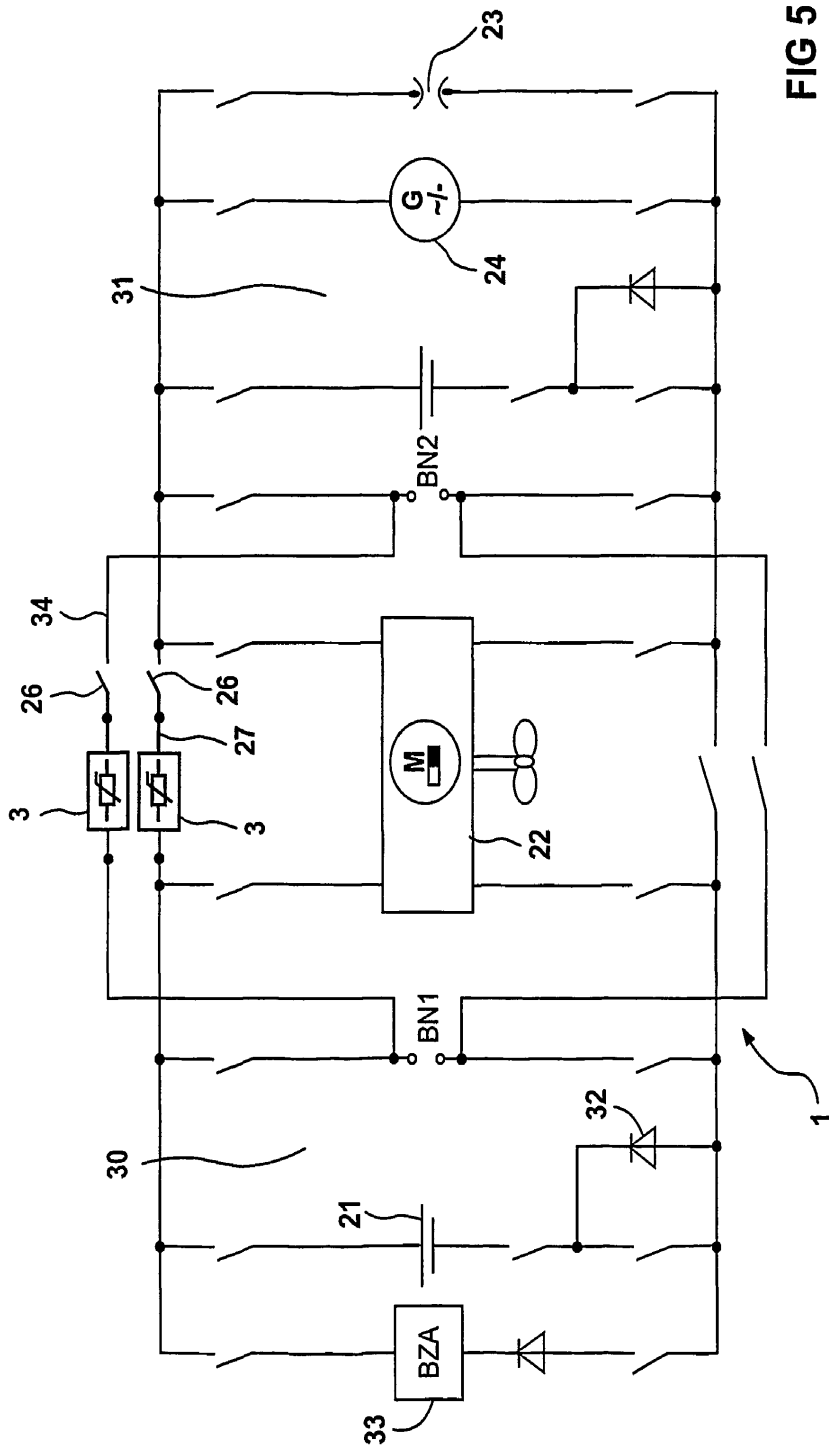


FIG 5

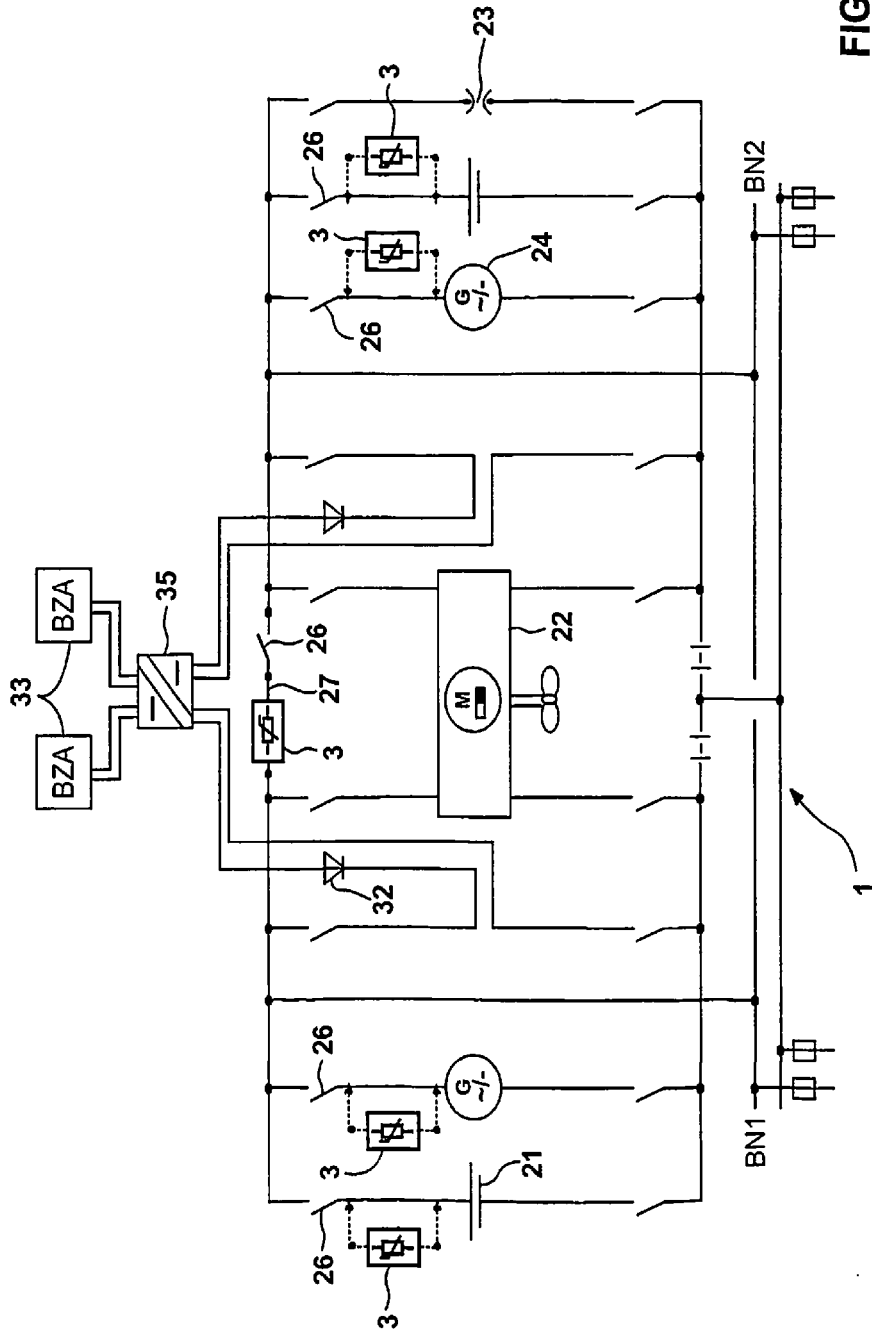


FIG 6

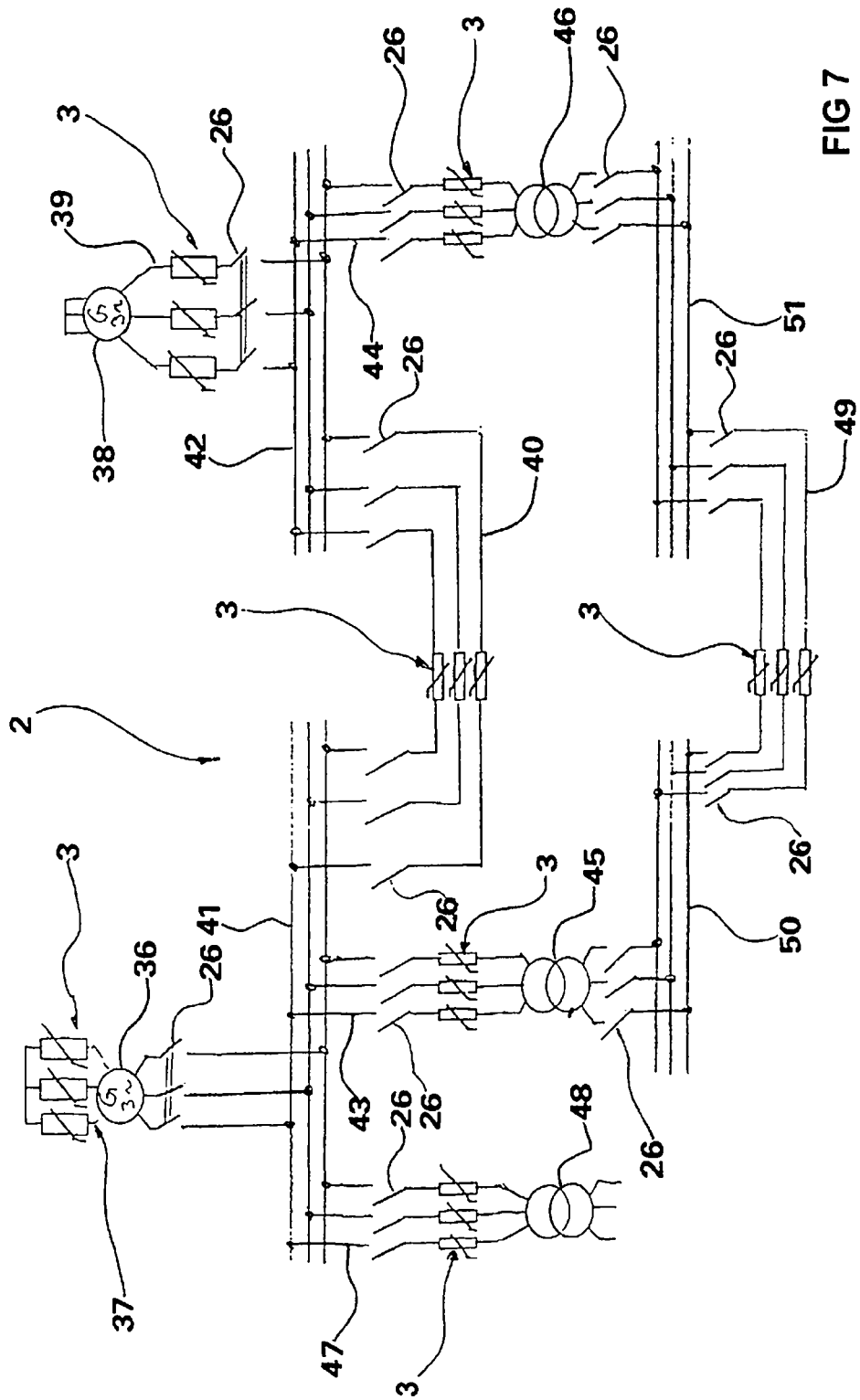


FIG 7