

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 969**

51 Int. Cl.:

H01H 33/59 (2006.01)

H02J 3/36 (2006.01)

H02M 7/757 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.02.2013 PCT/EP2013/053596**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.08.2014 WO14127830**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2013 E 13707593 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.03.2018 EP 2941780**

54 Título: **Procedimiento para conmutar una corriente de funcionamiento**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.07.2018

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:
**ERGIN, DOMINIK;
KNAAK, HANS-JOACHIM y
PHILIPP, ANDREAS**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 674 969 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

Procedimiento para conmutar una corriente de funcionamiento

La invención hace referencia a un procedimiento para conmutar una corriente de funcionamiento en una red mallada de tensión continua.

5 Para la realización de redes futuras de tensión continua se necesita obligatoriamente utilizar interruptores de potencia de tensión continua.

10 En la solicitud WO 2011/057675 A1 se sugiere un interruptor de potencia de tensión continua que implementa un concepto de interruptor híbrido. De este modo, el interruptor de potencia de tensión continua allí descrito presenta un interruptor mecánico en serie con respecto a un interruptor auxiliar. Ese circuito en serie es puentado por una unidad de conmutación electrónica de potencia, la cual es capaz de desconectar de forma segura potencias elevadas. Para ello, una pluralidad de interruptores semiconductores de potencia están conectados en serie, los cuales implican una inversión y vuelven costosos los interruptores de potencia de tensión continua conocidos.

15 Para reducir los costes ya se ha sugerido realizar el interruptor de potencia de tensión continua de manera que el mismo pueda conducir corrientes en ambas direcciones, pero sólo pueda conmutar en una dirección. Un interruptor unidireccional de esa clase sería esencialmente más conveniente en cuanto a los costes que un interruptor bidireccional comparable. Para la desconexión de corrientes defectuosas de tensión continua con frecuencia es suficiente un interruptor unidireccional. Sin embargo, las corrientes de funcionamiento se presentan en ambas direcciones de corriente, de modo que es necesario un interruptor bidireccional.

20 Por la solicitud DE 1 173 163 B se conoce un procedimiento para conmutar una corriente, en donde en una red mallada de tensión continua se proporciona un rectificador adicional conectado paralelamente a una línea de corriente continua. Para desconectar la corriente, el rectificador adicional, en contra de la dirección de la corriente, se regula hacia abajo en su tensión, desde cero a un valor de tensión, de manera que el flujo de corriente se reduce al valor cero en la línea de tensión continua.

25 En la solicitud WO 2009/152840 A1 se describe un procedimiento en donde para desconectar la corriente continua un convertidor se regula de modo que una corriente continua que circula a través de un seccionador dispuesto en una conexión de tensión continua se vuelve cero. La regulación de la corriente cero tiene lugar con la ayuda de la utilización de una corriente continua objetivo igual a cero.

30 Además, por la práctica es conocido el hecho de conmutar corrientes continuas con un interruptor mecánico, donde un circuito oscilante conectado paralelamente al interruptor mecánico genera un paso por cero de corriente, de modo que se apaga un arco eléctrico extendido entre los contactos del interruptor mecánico.

El objeto de la invención consiste en proporcionar un procedimiento de la clase mencionada en la introducción, con el cual una corriente de funcionamiento pueda desconectarse de forma segura y conveniente en cuanto a los costes en ambas direcciones.

35 En la invención, dicho objeto se soluciona a través de un procedimiento para conmutar una corriente de funcionamiento en una red mallada de tensión continua, la cual conecta unos con otros, del lado de tensión continua, convertidores conectados respectivamente a una red de tensión alterna, donde cada convertidor está configurado para la transmisión de potencia eléctrica entre la red de tensión alterna conectada al mismo y la red de tensión continua, donde la red de tensión continua presenta un brazo de conmutación en donde está dispuesto un interruptor mecánico, en donde al menos un convertidor se regula de manera que en el brazo de conmutación se genera un paso por cero de corriente y el interruptor mecánico se acciona en función del paso por cero de corriente generado.

40 La invención se basa en el hecho de que para desconectar corrientes defectuosas elevadas de tensión continua, un interruptor de potencia de tensión continua separado está dispuesto en la red de tensión continua. Éste puede estar realizado como interruptor unidireccional, de manera que corrientes defectuosas sólo pueden desconectarse en una dirección. La invención se basa en la idea de que los pasos por cero de corriente generados artificialmente no necesariamente deben generarse con la ayuda de un circuito de oscilación paralelo en un interruptor mecánico. Más bien, en el marco de la invención es suficiente que un paso por cero de corriente se genere con la ayuda de los convertidores que de todos modos se encuentran conectados a la red de tensión continua. Efectivamente cuesta creer que en una red mallada de tensión continua de cualquier tamaño, a la cual están conectados convertidores de distintos fabricantes, sea posible regular la corriente de funcionamiento en una línea cualquiera con una precisión suficiente, por ejemplo de +/- 10 A, o aún con mayor precisión. Cada convertidor de corriente individual puede regularse en verdad de modo precisamente suficiente. Debido a la estructura mallada de la red de tensión continua, sin embargo, varias regulaciones y diferentes magnitudes perturbadoras actúan al mismo tiempo sobre la corriente en esa malla, de manera que debe contarse con fluctuaciones permanentes del valor real. De acuerdo con la

5 invención, por tanto, en lugar de regular a cero continuamente la corriente en el brazo de conmutación más allá de un período más prolongado, se sugiere generar pasos por cero de corriente artificiales. En el marco de la invención es suficiente con regular la corriente de una línea con una tolerancia de por ejemplo +/-50 A. De este modo puede predeterminarse una curva deseada para la corriente que fuerza los pasos por cero de corriente. Si ese paso por

10 De acuerdo con una realización conveniente a este respecto, el accionamiento del interruptor mecánico ya se realiza antes de alcanzarse el paso por cero de corriente. Al separarse los contactos del interruptor mecánico se extiende por tanto primero un arco eléctrico, hasta que el mismo se apaga al momento del paso por cero de corriente. Sin embargo, en ese momento, los contactos han alcanzado una distancia de esa clase de unos con respecto a otros, de modo que se proporciona la tensión no disruptiva necesaria y entre los contactos del interruptor mecánico no

15 puede producirse un nuevo arco eléctrico.
Naturalmente, en las representaciones que hubo hasta el momento se necesitaba una sincronización precisa entre la regulación del convertidor o de los convertidores y la activación del proceso de conmutación.

20 Para tener un margen más amplio, según un perfeccionamiento conveniente de la invención se proporciona al menos un interruptor semiconductor de potencia conectado en serie con el interruptor mecánico en el brazo de conmutación, el cual, en el funcionamiento normal, se mantiene de forma continua en su posición de paso conductora y, para desconectar la corriente de funcionamiento, se pasa a su estado de bloqueo. Del modo antes explicado, sin un interruptor semiconductor de potencia se utiliza un tiristor. El tiristor es por ejemplo un tiristor que puede encenderse

25 por cero de corriente se necesita una muy buena sincronización. En caso contrario, entre los elementos de contacto del interruptor mecánico se encuentra presente por largo tiempo un arco eléctrico o el paso por cero de corriente tiene lugar en un momento en el cual el interruptor mecánico aún no se encuentra abierto. Por ese motivo se considera conveniente al menos un interruptor semiconductor de potencia. Como interruptores semiconductores de potencia se consideran interruptores semiconductores de potencia que pueden desconectarse, como IGBTs, IGCTs o GTOs con diodos libres paralelos en sentido opuesto. Preferentemente, sin embargo, como interruptor semiconductor de potencia se utiliza un tiristor. El tiristor es por ejemplo un tiristor que puede encenderse

30 con luz. Para mantener al tiristor en su posición de paso, en la cual se posibilita un flujo de corriente mediante el tiristor, éste se enciende de forma continua. Debido al encendido permanente del tiristor, en el funcionamiento normal, la corriente de carga circula mediante el tiristor mencionado y mediante los interruptores mecánicos dispuestos en serie con respecto a ello. Si debe desconectarse una corriente de funcionamiento o de carga, las órdenes de encendido no se realizan. En el caso de un paso por cero de corriente el tiristor se apaga, donde debe asegurarse que al tiristor se conceda un intervalo de supresión lo suficientemente grande, de modo que éste pueda pasar de forma segura a su posición de bloqueo. En la posición de bloqueo el tiristor no es conductor, de manera que el interruptor mecánico dispuesto en serie con respecto al mismo pueda abrirse sin corriente.

35 Si se desea usar ese tipo de desconexión de la corriente de carga o de la corriente de funcionamiento para ambas direcciones de flujo, es necesario entonces un segundo interruptor semiconductor de potencia, por ejemplo un segundo tiristor, el cual está conectado paralelamente con respecto al primer tiristor. Ambos tiristores están dispuestos en serie con respecto al interruptor mecánico. Puesto que en serie con respecto al tiristor se encuentra dispuesto un interruptor mecánico que se encarga del aislamiento de tensión, los tiristores deberían estar diseñados sólo para una tensión reducida. Se considera suficiente aquí por ejemplo una capacidad de bloqueo de algunos kilovoltios. Por motivos de redundancia, sin embargo, se considera ventajoso que varios discos de tiristor estén

40 conectados en serie. A modo de ejemplo, tres discos de tiristor están conectados en serie. De acuerdo con un perfeccionamiento conveniente a este respecto, paralelamente con respecto al tiristor o a los tiristores, se proporciona un protector de sobretensión que limita la tensión máxima mediante los tiristores. El protector de sobretensión está diseñado de modo que en el caso de las tensiones usuales, en el caso de una desconexión de la corriente de funcionamiento, sólo circule una corriente reducida.

45 De manera conveniente, sensores de medición detectan la corriente de conmutación que circula en el brazo de conmutación, donde la regulación del convertidor o de los convertidores tiene lugar en función de la corriente de conmutación detectada. De ese modo, la secuencia temporal entre la regulación del convertidor o de los convertidores y la emisión de la orden de conmutación puede adecuarse de forma conveniente.

50 De acuerdo con la invención, el paso por cero de corriente es provocado a través de un hueco de corriente que es generado en la conexión de tensión continua de al menos un convertidor. De acuerdo con ese perfeccionamiento ventajoso, el convertidor es preferentemente un convertidor controlado por tensión, es decir, un así llamado "Voltage Source Converter (VSC -convertidor de fuente de tensión)", en cuya salida de tensión continua se genera la tensión continua respectivamente deseada. Si esa tensión de salida se modifica de forma inconstante, esto conduce a un

hueco de tensión que debe procurarse para el paso por cero de corriente requerido. El convertidor mencionado, sin embargo, en el marco de la invención puede ser también un convertidor conmutado de forma externa.

De acuerdo con la invención, un primer hueco de tensión es causado a través de al menos un convertidor, a continuación se detecta y evalúa la curva de la corriente de conmutación que circula en el brazo de conmutación y finalmente un segundo hueco de tensión es causado a través del convertidor o de los mismos convertidores cuya magnitud está determinada en función de la evaluación de la curva de la corriente de conmutación. Si a través de un primer hueco de tensión predeterminado no es provocado ningún paso por cero de corriente, entonces eso puede determinarse en base a la corriente medida en el brazo de conmutación. A continuación, un hueco de tensión más intenso puede generarse en forma de un segundo hueco de tensión. De ese modo, con la ayuda del primer hueco de tensión, como en el caso de un impacto de prueba, puede verificarse la influencia de un hueco de tensión en el brazo de conmutación. El segundo hueco de tensión es controlado entonces en base a los resultados del primer hueco de tensión.

De acuerdo con la presente invención, corrientes de funcionamiento pueden conmutarse en ambas direcciones con una inversión comparativamente reducida. De acuerdo con la invención es suficiente con instalar en una red de tensión continua un interruptor mecánico con capacidad de resistencia de un arco eléctrico. Conceptos de interruptores más costosos se han vuelto innecesarios en el marco de la invención. Si tiristores están conectados en serie con respecto al interruptor mecánico, entonces éstos pueden encenderse por ejemplo con luz. Se prescinde de un suministro de energía costoso de los tiristores que se encuentran en un potencial de alta tensión.

Otras variantes convenientes y ventajas de la invención son objeto de la siguiente descripción de ejemplos de ejecución de la invención, haciendo referencia a las figuras del dibujo, donde los mismos signos de referencia remiten a componentes que actúan del mismo modo, y donde muestran en detalle:

Figura 1: una red mallada de tensión continua, de forma esquemática,

Figura 2: un brazo de conmutación de la red de tensión continua según la figura 1, con un interruptor mecánico,

Figura 3: una curva de corriente ideal para un paso por cero de corriente en el brazo de conmutación según la figura 2,

Figura 4: una curva de corriente real para generar un paso por cero de corriente en el brazo de derivación según la figura 2, y

Figura 5: el interruptor mecánico, así como el brazo de desconexión.

La figura 1 muestra un ejemplo de ejecución de una red de tensión continua 1. La red de tensión continua 1 conecta convertidores 2 unos con otros, del lado de tensión continua. De este modo, la red de tensión continua conforma nodos de red 3. En la red de tensión continua 1 se encuentran dispuestos interruptores de potencia de tensión continua, no representados en la figura, los cuales son capaces de conmutar corrientes defectuosas en una dirección. Para conmutar corrientes de funcionamiento se proporcionan sólo interruptores mecánicos que tampoco se representan en la figura 1. Cada convertidor está conectado a una red de tensión alterna no representada en la figura.

La figura 2 muestra un sector ampliado de la red de tensión continua 3 según la figura 1. Puede observarse aquí un brazo de conmutación 4, en donde se encuentra dispuesta una unidad de conmutación mecánica 5. La unidad de conmutación mecánica 5 comprende un interruptor mecánico, así como tiristores dispuestos en serie, como interruptores semiconductores de potencia. El brazo de conmutación 4 se extiende entre dos nodos de red de tensión continua 3a y 3b, los cuales respectivamente están conectados de forma directa con el convertidor 2a, así como 2b. En este punto cabe señalar que en las figuras del dibujo la red de tensión continua 1 se representa solamente como una red unipolar. Esto se realiza sin embargo sólo con el fin de una mayor claridad. La red de tensión continua, en el marco de la invención, de manera conveniente, presenta dos líneas polarizadas de modo diferente una con respecto a otra, por ejemplo un polo positivo y un polo negativo.

La tensión en el primer nodo de tensión continua 3a es determinada de forma relevante en base a la tensión inicial del lado de tensión continua del convertidor 2a, donde la tensión en el segundo nodo de red de tensión continua 3b es determinada de forma relevante en base a la salida de tensión del segundo convertidor 2b. En un funcionamiento normal, la tensión U_1 que decrece en el primer nodo de red 3a con respecto al potencial a tierra es un poco más elevada que la tensión correspondiente U_2 en el segundo nodo de red de tensión continua 3b. De este modo, la corriente I circula en la dirección mostrada en la figura 2, desde el primer nodo de red de tensión continua 3a hacia el segundo nodo de red de tensión continua 3b, mediante la unidad de conmutación 5. Si a través de la regulación del convertidor no representada en la figura, del primer convertidor 2a en la salida de tensión continua del

convertidor 2a, se genera un hueco de tensión, entonces la tensión U1 se reduce en el primer nodo de red de tensión continua. Si ese hueco de tensión es suficientemente grande, eso conduce a un paso por cero de corriente.

5 La figura 3, a modo de ejemplo, muestra un paso por cero de corriente ideal. En el momento 0 se encuentran presentes las condiciones de funcionamiento usuales en el funcionamiento normal U1 y U2; la corriente circula en la dirección mostrada en la figura 2. Después de 10 segundos, el hueco de tensión se provoca en el primer convertidor 2a. Finalmente, después de 25 segundos se produce un paso por cero de corriente y un flujo de corriente en la dirección opuesta.

10 La figura 4 muestra una curva de corriente más cercana a la práctica, donde se parte del hecho de que el hueco de tensión en el primer convertidor 2a sólo tiene lugar durante un período breve, de manera que a continuación el primer convertidor 2a puede operarse nuevamente con parámetros de funcionamiento normales. De este modo se producen dos pasos por cero de corriente después de aproximadamente 16 y 24 milisegundos. Si el interruptor mecánico de la unidad de conmutación 5 se enciende por ejemplo en el momento 0, después de 16 milisegundos se apaga un arco eléctrico entre sus contactos de conmutación, donde éstos han alcanzado una distancia tan grande unos con respecto a otros, que se proporciona una tensión no disruptiva suficientemente elevada y se evita un nuevo encendido del arco eléctrico.

15 La figura 5 muestra una realización preferente de la unidad de conmutación 5, a partir de la cual puede observarse que la unidad de conmutación 5 presenta un interruptor mecánico 6 y dos tiristores 7 y 8 en un circuito en serie con respecto al mismo, como interruptores semiconductores de potencia, los cuales están conectados paralelamente unos con respecto a otros en sentido opuesto. Un protector de sobretensión 9 está conectado paralelamente con respecto a los dos tiristores 7, 8. Los dos tiristores 7 y 8 se encienden de forma continua en el funcionamiento normal, de manera que una corriente de funcionamiento puede circular en ambas direcciones mediante los tiristores 7 y 8, y el interruptor mecánico 6. En el caso mostrado en la figura 5, la corriente de funcionamiento I circula desde la izquierda hacia la derecha, de este modo, mediante el tiristor 8, así como a continuación mediante el interruptor mecánico 6.

20 Para desconectar la corriente de funcionamiento I se genera un paso por cero de corriente. El encendido continuo del tiristor 8 no se realiza. Si la corriente I que circula mediante el tiristor 8 desciende debajo de su corriente de mantenimiento, el tiristor 8 pasa a su posición de bloqueo. De este modo, un flujo de corriente mediante el tiristor 8 y naturalmente también mediante el tiristor 7 ya no es posible en la dirección mostrada. El interruptor mecánico 6 puede ahora abrirse sin corriente. El protector de sobretensión 9 se utiliza para proteger los tiristores 7 y 8 de sobretensiones. Debido a la disposición en serie de los tiristores 7, 8 y del interruptor mecánico 6 puede recurrirse a una sincronización menos precisa entre el accionamiento del interruptor mecánico 6 y el hueco de tensión provocado a través de la regulación del convertidor 2.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para conmutar una corriente de funcionamiento en una red mallada de tensión continua (1), la cual conecta unos con otros, del lado de tensión continua, convertidores (2) conectados respectivamente a una red de tensión alterna, donde cada convertidor (2) está configurado para la transmisión de potencia eléctrica entre la red de tensión alterna conectada al mismo y la red de tensión continua (1), donde la red de tensión continua (1) presenta un brazo de conmutación (4) en donde está dispuesto un interruptor mecánico (6), en donde al menos un convertidor (2) se regula de manera que en el brazo de conmutación (4) se genera un paso por cero de corriente y el interruptor mecánico (6) se acciona en función del paso por cero de corriente generado, donde el paso por cero de corriente es provocado a través de un hueco de tensión que se genera en la conexión de tensión continua de al menos un convertidor (2), caracterizado porque un primer hueco de tensión es causado a través de al menos un convertidor (2), a continuación se detecta y evalúa la curva de la corriente de conmutación que circula en el brazo de conmutación (4) y finalmente un segundo hueco de tensión es causado a través del convertidor o de los mismos convertidores (2) cuya magnitud está determinada en función de la evaluación de la curva de la corriente de conmutación.
- 10
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el accionamiento del interruptor mecánico (6) tiene lugar antes de alcanzarse el paso por cero de corriente.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque un interruptor semiconductor de potencia (7, 8) conectado en serie con el interruptor mecánico (6) en el brazo de conmutación (4), en el funcionamiento normal, se mantiene de forma continua en su posición de paso de conductora y, para la conmutación de la corriente de funcionamiento del interruptor semiconductor de potencia (7, 8), se pasa a su estado de bloqueo no conductor.
- 20
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque sensores de medición detectan la corriente de conmutación que circula en el brazo de conmutación (4) y la regulación del convertidor (2) o de los convertidores tiene lugar en función de la corriente de conmutación detectada.

FIG 1

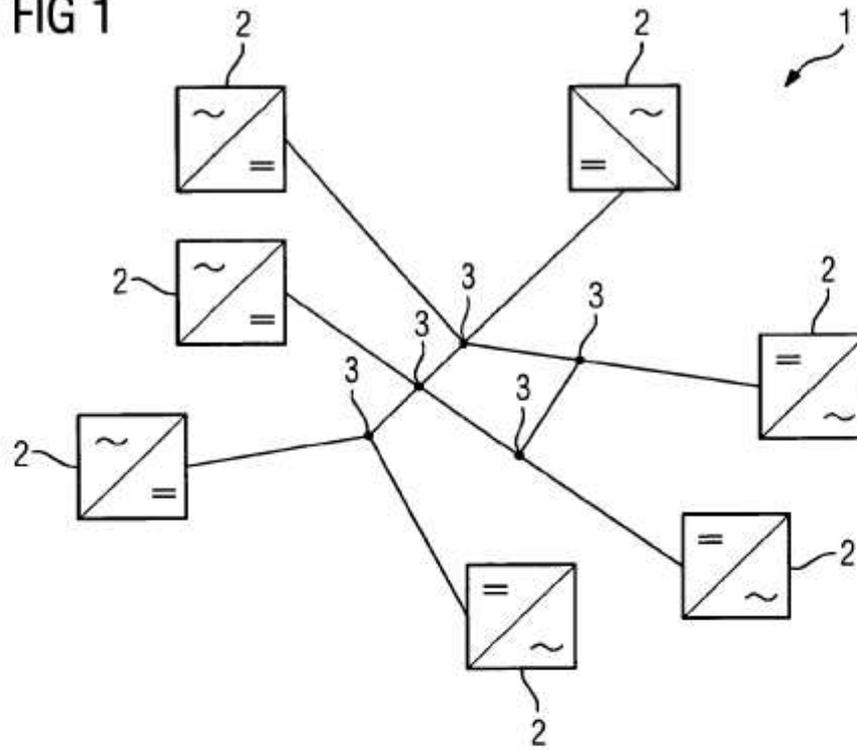


FIG 2

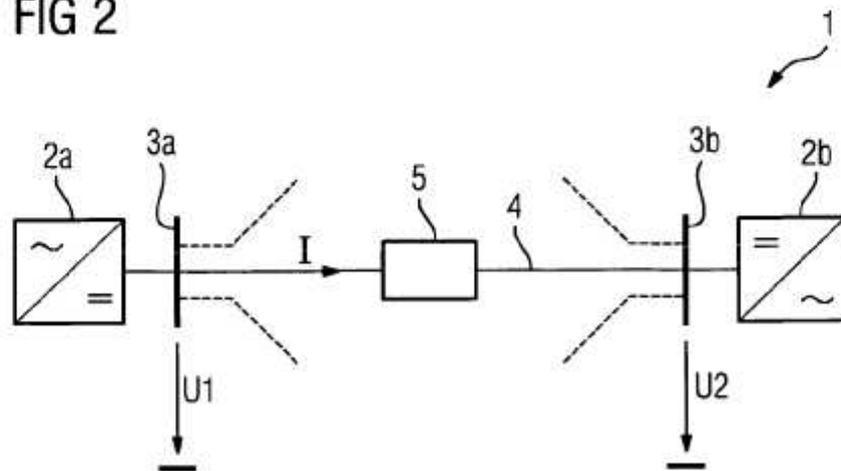


FIG 3

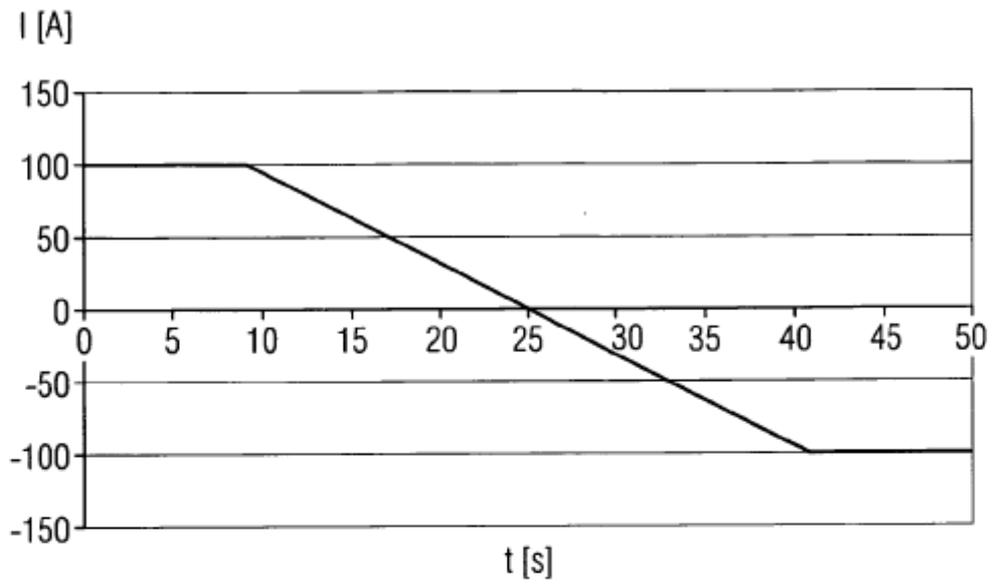


FIG 4

