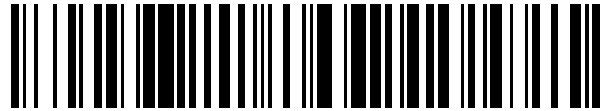


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 933 923**

51 Int. Cl.:

H02J 7/14	(2006.01)
H02H 7/12	(2006.01)
H02P 9/10	(2006.01)
H02P 9/48	(2006.01)
H02P 29/024	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.01.2016 PCT/EP2016/050647**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.08.2016 WO16128165**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.01.2016 E 16702336 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2022 EP 3257134**

54 Título: **Procedimiento para hacer funcionar un convertidor activo conectado a una máquina eléctrica y medios para su implementación**

30 Prioridad:

11.02.2015 DE 102015202437

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.02.2023

73 Titular/es:

**SEG AUTOMOTIVE GERMANY GMBH (100.0%)
Lotterbergstrasse 30
70499 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

MEHRINGER, PAUL

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 933 923 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 hacer funcionar un convertidor activo conectado a una máquina eléctrica y medios para su implementación

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para hacer funcionar un convertidor activo conectado a una máquina eléctrica y a medios para implementar este procedimiento según los preámbulos respectivos de las reivindicaciones independientes.

10 Estado de la técnica

Para la alimentación de redes de corriente continua a partir de fuentes de corriente trifásica, en particular de redes de a bordo de vehículos de motor mediante generadores de corriente trifásica, pueden emplearse convertidores de diferentes diseños que funcionan como rectificadores. En las redes de a bordo de vehículos de motor suelen utilizarse convertidores de seis, ocho o diez impulsos, que corresponden a los generadores de corriente trifásica de tres, cuatro o cinco fases que suelen instalarse. Sin embargo, la invención también es adecuada para convertidores para otros números de fases o de impulsos.

20 Si a continuación se hace referencia de manera simplificada a un generador, en este sentido también puede tratarse de una máquina eléctrica que puede funcionar como generador y como motor, por ejemplo de un denominado generador de arranque. A continuación se entenderá por convertidor un circuito en puente de tipo conocido que, con un funcionamiento como generador de la máquina eléctrica, funciona como rectificador. A continuación, de manera simplificada, también se habla de rectificador. A continuación, una disposición formada por una máquina eléctrica que puede funcionar al menos como generador y un convertidor correspondiente, que funciona como rectificador, se denominará también dispositivo de suministro eléctrico.

30 Un caso de funcionamiento crítico en los dispositivos de suministro eléctrico correspondientes es la denominada desconexión de carga (*load dump*, en inglés). Se produce cuando la carga de la máquina eléctrica o del convertidor se reduce bruscamente cuando la máquina eléctrica está muy excitada y la corriente suministrada es correspondientemente alta. Una desconexión de carga puede ser el resultado de una desconexión de consumidores en la red de a bordo conectada del vehículo de motor o de una rotura de un cable.

35 Si los consumidores se desconectan bruscamente en una red de a bordo de un vehículo de motor, en particular en un funcionamiento sin batería, la máquina eléctrica puede seguir suministrando más energía de la que la red de a bordo del vehículo de motor puede absorber durante un segundo debido a la inductancia del devanado de excitación y al campo de excitación que, por tanto, sólo se reduce lentamente. Si esta energía no puede interceptarse o no puede interceptarse completamente por elementos capacitivos en la red de a bordo del vehículo de motor o en el convertidor, pueden producirse sobretensiones y daños por sobretensión en los componentes de la red de a bordo del vehículo de motor.

40 En caso de rotura de un cable que desconecte la red de a bordo del vehículo de motor del convertidor, la máquina eléctrica también sigue suministrando energía, aunque ya no hay ningún consumidor conectado. Así, en comparación con el caso recién explicado de la desconexión de consumidores ya no hay consumidores en peligro. Los consumidores siguen alimentándose a través de la batería. En estos casos, sin embargo, las sobretensiones pueden dañar la electrónica de potencia de la máquina eléctrica o del convertidor.

50 En los convertidores convencionales (pasivos) el propio convertidor lleva a cabo una cierta protección de la red de a bordo o de la electrónica de potencia de la máquina eléctrica y del convertidor, concretamente por medio de los diodos Zener que suelen estar instalados en el mismo, en los que se bloquea la sobretensión y el exceso de energía se convierte en calor. En este contexto también se conoce el uso de elementos de bloqueo adicionales.

55 Sin embargo, en los vehículos de motor es deseable el uso de convertidores activos o controlados porque, entre otras cosas, a diferencia de los convertidores pasivos o no controlados, los convertidores activos presentan menores pérdidas de potencia en funcionamiento normal. Sin embargo, las válvulas de corriente activas o controlables, disponibles actualmente para convertidores activos, por ejemplo transistores de efecto de campo, no disponen de una función de bloqueo integrada con una robustez suficiente como los diodos Zener convencionales y, por tanto, no pueden interceptar la sobretensión. Por tanto, en los convertidores activos son obligatoriamente necesarias estrategias de protección adicionales.

60 Durante una desconexión de carga, por ejemplo, pueden cortocircuitarse las fases del generador conmutando algunas o todas las válvulas de corriente de la rama superior o inferior de un convertidor correspondiente de manera conductora durante un breve periodo de tiempo. Esto se produce en particular basándose en una evaluación de la tensión de red de a bordo presente en los terminales de tensión continua del convertidor. Cuando supera un valor umbral superior predeterminado, se inicia un cortocircuito correspondiente y la tensión de red de a bordo cae. Si, a continuación, la tensión de red de a bordo no llega a un valor umbral inferior predeterminado, se anula el

cortocircuito y la tensión de red de a bordo vuelve a subir. Por tanto, la tensión de red de a bordo oscila entre el valor umbral superior y el inferior, hasta que desaparece el campo de excitación.

5 El documento US 2014/343739 A describe un procedimiento para controlar una máquina eléctrica rotativa multifásica, funcionando la máquina como generador y estando conectada a una red eléctrica, del tipo que consiste en cortocircuitar al menos un devanado de fase en caso de una caída de la carga. Se genera una orden de cortocircuito para el devanado de fase cuando una primera tensión de medición de una tensión de la red supera un primer valor umbral predeterminado y cuando desaparece una corriente de fase en el devanado de fase y cambia de dirección. La primera tensión de medición puede obtenerse filtrando la tensión de la red con una constante de tiempo predeterminada.

15 A continuación, una máquina eléctrica con un campo de excitación que ha desaparecido (al menos en su mayor parte) también se denominará “desenergizada”, una máquina eléctrica con un campo de excitación que no ha desaparecido o que prácticamente no ha desaparecido se denominará “energizada”. Cuando a continuación se hace referencia a que “se inicia un cortocircuito de fase”, se entenderá que, como se ha explicado, las válvulas de corriente de la rama superior o inferior de un convertidor se conmutan de manera conductora. Un cortocircuito de fase correspondiente se “anula” cuando se reanuda la rectificación activa regular, por ejemplo utilizando la conocida modulación por ancho de pulsos o el control por bloques.

20 En los procedimientos explicados puede producirse un cambio continuo entre la rectificación activa y los cortocircuitos de fase que ya no puede finalizarse de la manera convencional. Como en el caso de una rotura de cable, los elementos capacitivos de la red de a bordo ya no están disponibles y los elementos capacitivos presentes en el convertidor son comparativamente pequeños, bastan energías bajas para volver a elevar la tensión de red de a bordo (de la red restante, no desconectada por la rotura de cable), hasta tal punto que se supere el valor umbral utilizado para iniciar los cortocircuitos de fase. Por tanto, el procedimiento ya no “descansa”, es decir, no vuelve a la rectificación activa permanente o lo hace muy tardíamente. Este problema también se explica a continuación con referencia a las figuras.

30 Este problema también afecta a los convertidores en los que además de los medios para activar una reacción de desconexión de carga correspondiente en forma de cortocircuitos de fase también se prevé un bloqueo de tensión. Los circuitos de bloqueo correspondientes están configurados para interceptar picos de tensión antes de que pueda producirse una reacción de desconexión de carga en forma de cortocircuitos de fase. El bloqueo de tensión provocado por los circuitos de bloqueo se activa a partir de un momento en que la tensión de red de a bordo o un potencial de tensión correspondiente sube hasta un valor umbral predeterminado, y se mantiene activo hasta que el potencial de tensión no cae por debajo del valor umbral. Mediante el bloqueo la tensión de red de a bordo ya no sube por encima del valor umbral definido de manera segura al menos durante un breve periodo de tiempo. Normalmente, este bloqueo de tensión en convertidores, en los que también se utilizan cortocircuitos de fase, comprende el control de las válvulas de corriente en la rama del convertidor no utilizada para los cortocircuitos de fase y, de este modo, el establecimiento de una conexión conductora entre los terminales de fase conectados a estas válvulas de corriente y el terminal de tensión continua correspondiente.

45 Las soluciones conocidas por el estado de la técnica, como se ha mencionado, no siempre resultan favorables en particular en el caso de roturas de cables, por lo que es necesario mejorar las estrategias de protección para estos casos.

Exposición de la invención

50 Según la invención se propone un procedimiento para hacer funcionar un convertidor activo conectado a una máquina eléctrica según la reivindicación 1 y medios para implementar este procedimiento según la reivindicación 8. Las formas de realización son objeto de las reivindicaciones dependientes así como de la siguiente descripción.

Ventajas de la invención

55 La idea principal de la presente invención es determinar si, en los casos explicados al principio de una desconexión de carga debido a una rotura de cable, es necesaria una activación adicional de una reacción de desconexión de carga en forma de cortocircuitos de fase o si puede finalizarse. Como se ha mencionado, en los procedimientos explicados puede producirse un cambio continuo entre la rectificación activa y los cortocircuitos de fase que ya no puede finalizarse de la manera convencional sólo por los efectos de las bajas capacitancias restantes, incluso si la máquina eléctrica utilizada ya está (en su mayor parte) desenergizada.

60 En el marco de la presente invención se indican posibilidades que permiten reconocer casos en los que la máquina eléctrica ya está desenergizada o está en su mayor parte desenergizada y, por tanto, ya no es necesaria una activación adicional de cortocircuitos de fase. Así, la invención permite volver simplemente a la rectificación regular o volver más rápidamente y finalizar los ciclos repetidos de rectificación regular y cortocircuitos de fase. Esto lleva a un funcionamiento ventajoso de una red de a bordo correspondiente también después de una rotura de cable.

En este sentido, la presente invención propone un procedimiento para hacer funcionar un convertidor activo conectado a una máquina eléctrica. En el convertidor, como se conoce hasta el momento, varios terminales de fase están conectados en cada caso a través de una válvula de corriente controlable en una primera rama de convertidor a un primer terminal de tensión continua y a través de una válvula de corriente controlable en una segunda rama de convertidor a un segundo terminal de tensión continua. En el marco de la presente solicitud, una "válvula de corriente controlable" es un transistor (de potencia), en particular un transistor de efecto de campo de metal-óxido, de diseño conocido. Una "primera rama de convertidor" comprende la totalidad de las válvulas de corriente conectadas al primer terminal de tensión continua, una "segunda rama de convertidor" la totalidad de las válvulas de corriente conectadas al segundo terminal de tensión continua. Por ejemplo, si al primer terminal de tensión continua está conectado un terminal de batería positivo y el segundo terminal de tensión continua está conectado a un terminal de batería negativo o a tierra, en el caso de la primera rama de convertidor se trata de la rama "alta" (*highside*) o "superior" del convertidor y en el caso de la segunda rama de convertidor, de la rama "baja" (*lowside*) o "inferior" del convertidor.

Cada una de las válvulas de corriente de una de las dos ramas de convertidor está dotada de un circuito de bloqueo configurado para activar un bloqueo de tensión a partir de un primer momento, a partir del cual un potencial de tensión presente en el primer terminal de tensión continua o una tensión presente entre el primer y el segundo terminal de tensión continua, es decir, una tensión de red de a bordo, sube hasta un primer valor umbral predeterminado, y mantener el bloqueo de tensión activado mientras el potencial de tensión no caiga por debajo del primer valor umbral. El bloqueo de tensión comprende controlar la válvula de corriente dotada del circuito de bloqueo y así establecer una conexión conductora entre el terminal de fase conectado a esta válvula de corriente y el terminal de tensión continua respectivo.

El convertidor está configurado además para activar una reacción de desconexión de carga sólo con la presencia adicional de condiciones de activación a partir de un segundo momento, cuando en el segundo momento el potencial de tensión se encuentra por encima de un segundo valor umbral. El segundo momento es posterior al primer momento y el segundo valor umbral se encuentra por debajo del primer valor umbral. La reacción de desconexión de carga comprende controlar todas las válvulas de corriente de la otra de las dos ramas de convertidor y así establecer una conexión conductora entre todos los terminales de fase. El primer momento viene determinado por el momento en el que la tensión de red de a bordo, es decir, el potencial de tensión mencionado, alcanza el primer valor umbral, y corresponde al momento en el que se activa una función de bloqueo. El segundo momento puede situarse en un periodo de tiempo predeterminado (tiempo muerto) tras el primer momento, por ejemplo de 50 microsegundos. En este periodo de tiempo entre el primer y el segundo momento no tiene que estar activada permanentemente una función de bloqueo, en particular cuando la tensión de red de a bordo ya vuelve a caer tras un tiempo muy corto por debajo del primer valor umbral.

Por tanto, el bloqueo de tensión se produce en la rama del convertidor, que no se utiliza para los cortocircuitos de fase y al revés. Por tanto, cuando se provocan los cortocircuitos de fase en la rama inferior del convertidor ("lowside"), el bloqueo de tensión se produce en la rama superior del convertidor ("highside") y al revés. A este respecto, normalmente el "primer" terminal de tensión continua corresponde a un terminal de batería positivo y el "segundo" terminal de tensión continua a un terminal de batería negativo o a tierra.

Según la invención está previsto que las condiciones de activación para la activación de la reacción de desconexión de carga comprendan que se determine que en el segundo momento el bloqueo de tensión todavía está activado y/o que el potencial de tensión todavía no ha caído por debajo del primer valor umbral y/o que un valor, que caracteriza una corriente que fluye por al menos uno de los terminales de fase, se sitúa por encima de un tercer valor umbral. Los tres criterios mencionados, denominados en el marco de la presente solicitud "condiciones de activación", como se reconoció según la invención, son adecuados particularmente para determinar si la máquina eléctrica ya está lo suficientemente desenergizada. Si en el segundo momento el bloqueo de tensión todavía está activado y/o el potencial de tensión todavía no ha caído por debajo del primer valor umbral y/o el valor, que caracteriza la corriente que fluye por al menos uno de los terminales de fase, se sitúa por encima del tercer valor umbral, la máquina eléctrica todavía no está lo suficientemente desenergizada. En otros casos la corriente de excitación ya ha desaparecido en tal medida que ya no es necesario iniciar adicionalmente cortocircuitos de fase. En estos casos es suficiente una función de bloqueo para limitar las sobretensiones.

Todos los criterios mencionados pueden determinarse en el propio convertidor activo. No es necesario recurrir a valores determinados por ejemplo en un regulador de generador de la máquina eléctrica.

En un procedimiento correspondiente ventajosamente se utilizan circuitos de bloqueo, en los que el primer terminal de tensión continua está conectado a un terminal de control de la válvula de corriente dotada del circuito de bloqueo a través de un circuito de valor umbral, activando el circuito de valor umbral el bloqueo de tensión, estableciendo una conexión conductora entre el terminal de fase correspondiente y el terminal de tensión continua, cuando el potencial de tensión sube hasta el primer valor umbral, y manteniendo activado el bloqueo de tensión, conservando la conexión conductora mientras el potencial de tensión no caiga por debajo del primer valor umbral. El circuito de valor umbral, en particular utilizando uno o varios diodos Zener, está implementado como elementos de valor umbral, que en el lado del cátodo están conectados al primer terminal de tensión continua y en el lado del ánodo están

conectados al terminal de control, por ejemplo la puerta de un transistor de efecto de campo de metal-óxido. De este modo se controla el terminal de control hasta que se supera la tensión disruptiva del diodo Zener o de los diodos Zener.

5 Como se explicará más abajo mediante la figura 5, un circuito adicional en un circuito de valor umbral correspondiente puede detectar si fluye corriente a través del circuito de valor umbral. Esto ocurre en una máquina eléctrica que todavía está energizada (en su mayor parte) hasta que se inicia dicha reacción de desconexión de carga en el segundo momento. Por tanto, en el segundo momento todavía fluye una corriente correspondiente. Por el contrario, en el caso de una máquina eléctrica desenergizada (en su mayor parte), la tensión de red de a bordo cae muy pronto tras la activación de la función de bloqueo y en el segundo momento, en el que habitualmente se inicia dicha reacción de desconexión de carga, ya no fluye ninguna corriente correspondiente. Esto también se explica con referencia a las figuras 2 y 3. Por tanto, el procedimiento prevé ventajosamente que se determine que en el segundo momento el bloqueo de tensión todavía está activado, determinándose si fluye una corriente a través del circuito de valor umbral.

15 Sin embargo, alternativamente también puede determinarse que el potencial de tensión todavía no ha caído por debajo del primer valor umbral en el segundo momento midiéndose el potencial de tensión al menos en el segundo momento. Esto permite prescindir de circuitos adicionales correspondientes porque ya existen medios para la medición de tensión para la activación de la reacción de desconexión de carga y, por tanto, en el caso más sencillo, sólo tienen que definirse uno o varios momentos de medición adicionales. Como se ha mencionado y se explicará más abajo, una característica en una máquina eléctrica (en su mayor parte) desenergizada es que el potencial de tensión en el segundo momento ha caído hasta un valor que está por debajo del valor en el primer momento. Por el contrario, el potencial de tensión con la máquina eléctrica todavía energizada (en su mayor parte), permanece esencialmente constante entre el primer y el segundo momento. Por tanto, ha resultado particularmente ventajoso medir el potencial de tensión entre el primer momento y el segundo momento, de modo que pueda detectarse su curva.

20 Ventajosamente, según la tercera alternativa mencionada anteriormente, el valor que caracteriza la corriente que fluye en el segundo momento a través del al menos un terminal de fase, se determina basándose en una medición de corriente en el al menos un terminal de fase. Se ha demostrado que las corrientes de fase con una máquina eléctrica (en su mayor parte) desenergizada caen en el segundo momento hasta valores muy reducidos (próximos a los 0 amperios), sin embargo, esto no ocurre con una máquina eléctrica (en su mayor parte) energizada. Por tanto, una medición de la corriente de fase permite determinar de manera fiable si la máquina eléctrica ya está lo suficientemente desenergizada, de modo que pueda prescindirse de un inicio adicional de reacciones de desconexión de carga. Las configuraciones ventajosas pueden comprender que el valor, que caracteriza la corriente que fluye a través del al menos un terminal de fase en el segundo momento, se determine basándose en un valor máximo de la corriente que fluye a través del al menos un terminal de fase o basándose en una suma de componentes de corriente positiva en al menos dos terminales de fase. Puede estar prevista una detección directa de las corrientes de fase, por ejemplo, a través de derivaciones de medición en las ramas de fase. Una vez que la corriente de fase medida como máximo o la suma de los componentes de corriente de fase positiva quedan por debajo de un valor a determinar, el tercer valor umbral mencionado, puede prescindirse de establecer cortocircuitos de fase adicionales. La determinación del tercer valor umbral se produce ventajosamente basándose en la velocidad y en las propiedades térmicas de la máquina eléctrica, siendo posible siempre un valor de esencialmente 0 amperios.

45 Una unidad de cálculo según la invención, por ejemplo un aparato de control de un dispositivo de suministro eléctrico o de un convertidor activo, está configurada en particular mediante programación para realizar un procedimiento según la invención. También es ventajosa la implementación del procedimiento en forma de software porque produce costes particularmente reducidos, en particular cuando se utiliza un aparato de control de ejecución para otras tareas y, por tanto, está disponible de todos modos. Soportes de datos adecuados para proporcionar el programa informático son, en particular, disquetes, discos duros, memorias flash, EEPROM, CD-ROM, DVD, etc. También es posible descargar un programa a través de redes informáticas (internet, intranet, etc.).

50 A partir de la descripción y del dibujo adjunto se deducen ventajas y configuraciones adicionales de la invención.

55 Breve descripción de los dibujos

La invención se representa esquemáticamente mediante ejemplos de realización en el dibujo y se describirá a continuación haciendo referencia al dibujo.

60 La figura 1 ilustra eventos de desconexión de carga mediante un circuito equivalente simplificado de una red de a bordo de un vehículo de motor.

65 La figura 2 ilustra curvas de corriente y tensión con una reacción de desconexión de carga con una rotura de cable y una máquina eléctrica desenergizada.

La figura 3 ilustra curvas de corriente y tensión con una reacción de desconexión de carga con una rotura de cable y una máquina eléctrica energizada.

5 La figura 4 ilustra la estructura principal de un regulador de tensión de una máquina eléctrica en una representación esquemática.

La figura 5 ilustra un circuito adicional de una válvula de corriente de un convertidor activo en una representación esquemática.

10 La figura 6 ilustra una curva de tensión de una tensión de red de a bordo durante y tras la activación de una función de bloqueo en una vista en detalle.

La figura 7 ilustra un procedimiento según una forma de realización de la invención en forma de diagrama de flujo esquemático.

15 La figura 8 ilustra una máquina eléctrica con un convertidor activo conectado a la misma en una representación esquemática.

Forma(s) de realización de la invención

20 En la figura 1 se ilustran diferentes eventos de desconexión de carga mediante un circuito equivalente 100 de una red de a bordo de un vehículo de motor.

25 El circuito equivalente 100 representa una máquina 101 eléctrica que funciona como generador con un convertidor 102 activo asociado. Con respecto a los detalles se remite a la figura 6. La máquina 101 eléctrica y el convertidor 102 están conectados a unos puntos de conmutación 104 en cada caso a través de cables 103 con, por ejemplo, en cada caso una longitud de 1,5 metros y una sección transversal de, por ejemplo, en cada caso 25 milímetros cuadrados. Entre los puntos de conmutación 104 está conectado un condensador 105, como el que está presente por ejemplo en un punto de arranque externo de un vehículo. Los puntos de conmutación 104 están previstos en una red de a bordo real para el arranque externo del vehículo de motor. De manera simbólica, entre puntos de conmutación 106 adicionales se ilustra una carga 107 resistiva. Un condensador 109 adicional, que ilustra una capacitancia de la red de a bordo, está integrado entre otros puntos de conmutación 108 adicionales, entre los que también se ilustra de manera simbólica una carga 110 resistiva adicional.

35 Los conmutadores 111 y 112 no están presentes en una red de a bordo real e ilustran los estados que aparecen con una desconexión de carga, como se explicará a continuación. El funcionamiento normal de una red de a bordo correspondiente, es decir, sin desconexión de carga, corresponde a un estado cerrado (conductor) de los conmutadores 111 y 112. En la máquina 101 eléctrica y el convertidor 102 hay una tensión UB, como se ilustra mediante una flecha correspondiente. A continuación, la tensión UB se denominará tensión de red de a bordo. La tensión de red de a bordo está presente en las salidas del convertidor 102 del lado de tensión continua, pudiendo estar conectada una de estas salidas también a tierra. En este caso la tensión de red de a bordo es la diferencia de potencial entre tierra y la otra salida del convertidor 102 del lado de tensión continua. La tensión que cae a través del condensador 107 también se ilustra con una flecha y se denomina UF.

45 El estado sin desconexión de carga corresponde, como se ha mencionado, a un estado cerrado de los conmutadores 111 y 112. La máquina 101 eléctrica suministra una corriente a la red de a bordo ilustrada en la figura 1 a través del convertidor 102, que se obtiene a partir de las resistencias de carga de las cargas 107 y 110 resistivas. Ahora puede ilustrarse una desconexión de carga a través de la apertura de uno de los conmutadores 111 y 112. A este respecto, la apertura del conmutador 111 corresponde a una rotura de cable en el convertidor 102. Por el contrario, la apertura del conmutador 112 constituye una desconexión de carga, tal como se produce por la desconexión de la carga 110 resistiva en la red de a bordo. En este último caso, es decir, en caso de una desconexión de carga, la magnitud de la corriente de carga desconectada se basa en la resistencia de carga de la carga 110 resistiva desconectada, la magnitud de la corriente de red de a bordo restante en la resistencia de carga de la carga 107 resistiva.

55 En la figura 2 se ilustran las curvas de corriente y tensión en cuatro diagramas 210 a 240 en voltios o amperios o miliamperios en la respectiva ordenada sobre un eje temporal común en milisegundos en la abscisa. Tres momentos característicos en los diagramas 210 a 240 se designan con 1 a 4 en todos los diagramas. A este respecto, los diagramas 210 a 240 se refieren respectivamente al caso de una rotura de cable (según una apertura del conmutador 111 según la figura 1 anterior) con una corriente de excitación que (en su mayor parte) ha desaparecido en una máquina eléctrica que funciona como generador, por ejemplo la máquina 101 eléctrica según la figura 1. A continuación se supondrá que es una máquina eléctrica de cinco fases. Sin embargo, como se ha mencionado, la invención también es adecuada para máquinas eléctricas con otros números de fases.

65 El diagrama 210 ilustra la curva 211 de la tensión de red de a bordo, por ejemplo de la tensión UB según la figura 1. El diagrama 220 ilustra las curvas 221 a 225 de las corrientes de fase de la máquina eléctrica que, como se ha

mencionado, se supone en este caso que tiene cinco fases. En el diagrama 230 se muestra la curva 231 de la corriente de excitación (que en este caso se mueve en el intervalo de los miliamperios) a través del devanado de excitación de la máquina eléctrica, el diagrama 240 muestra una curva 241 de una tensión presente en el devanado de excitación. Para explicar adicionalmente los diagramas 230 y 240 o las curvas 231 y 241 se remite
5 adicionalmente también a la figura 4 explicada a continuación.

Durante todo el periodo de tiempo ilustrado en los diagramas 210 a 240, hay una desconexión de carga por una rotura de cable. En el momento 1, por ejemplo debido a una caída de la tensión de red de a bordo considerada suficiente, ilustrada por la curva 211 en el diagrama 210, se decide que puede finalizarse un cortocircuito de fase.
10 Por tanto, antes del momento 1 todavía existe un cortocircuito de fase.

A partir del momento 1 se inicia una rectificación regular. En primer lugar se carga una capacitancia correspondiente de, por ejemplo, 1 a 100 microfaradios, por ejemplo un condensador situado en el rectificador 102 o en el regulador 400 según la figura 1 entre los terminales B+ y B-. Debido a la capacitancia comparativamente baja y las altas corrientes de generador, la carga se produce muy rápidamente. Por tanto, en el momento 2, en el que la tensión de red de a bordo, ilustrada por la curva 211 en el diagrama 210, supera un valor umbral (umbral de activación) (denominado en el marco de esta solicitud anteriormente y en las reivindicaciones "primer" momento), se activa un bloqueo de esta tensión en el convertidor. Con respecto a los detalles de un bloqueo de este tipo se remite a la figura 5 explicada a continuación. Se reconoce que entre los momentos 2 y 3, debido a esta medida, las corrientes de fase, ilustradas por las curvas 221 a 225 en el diagrama 220 y la corriente de excitación, ilustrada por la curva 231 en el diagrama 230, ya vuelven a cero. Esto representa una característica en una máquina eléctrica (en su mayor parte) desenergizada, como resulta evidente en comparación con la figura 3.
15
20

La tensión de red de a bordo, ilustrada por la curva 211 en el diagrama 210, también cae, lo que representa una característica adicional en una máquina eléctrica (en su mayor parte) desenergizada, como resulta evidente en comparación con la figura 3. Sin embargo, como la tensión de red de a bordo se sitúa más por encima de un valor umbral definido para iniciar cortocircuitos de fase (denominado en el marco de esta solicitud anteriormente y en las reivindicaciones "segundo" valor umbral), en el momento 3 se activa un cortocircuito de fase (denominado en el marco de esta solicitud anteriormente y en las reivindicaciones "segundo" momento). En el periodo de tiempo entre
25 los momentos 3 y 4 (después del "segundo" momento), durante el cortocircuito de fase, disminuye la tensión de red de a bordo debido al consumo de corriente del convertidor y su regulador. Como durante el cortocircuito de fase la máquina eléctrica no experimenta ninguna contratensión, las tensiones inducidas en este caso debido a la remanencia residual son suficientes para inducir corrientes de fase, como resulta evidente mediante las curvas 221 a 225 del diagrama 220. A este respecto, estas corrientes de fase se acoplan incluso al circuito de excitación, como puede reconocerse en el diagrama 230 mediante la curva 231 de la corriente de excitación.
30
35

En el momento 4 se reinicia el cortocircuito de fase. La energía almacenada temporalmente en las corrientes de fase es suficiente para, con la escasa capacitancia presente, volver a elevar la tensión de red de a bordo, visible en la curva 211 del diagrama 210, hasta un valor que se sitúa por encima del umbral de activación, que a su vez lleva a la activación del cortocircuito de fase. El ciclo según la figura 2 comienza de nuevo. Puede reconocerse que también con una máquina eléctrica (en su mayor parte) desenergizada no puede salirse habitualmente de un ciclo correspondiente.
40

En la figura 3 se ilustran curvas de corriente y tensión en cinco diagramas 310 a 350 en voltios o amperios o miliamperios en la respectiva ordenada sobre un eje temporal común en milisegundos (abscisa). Los momentos característicos en los diagramas 310 a 350 también están designados en este caso con 1 a 4 en todos los diagramas. A este respecto, los diagramas 310 a 350 se refieren respectivamente al caso de una rotura de cable (según una apertura del conmutador 111 según la figura 1 anterior) cuando la corriente de excitación (apenas) ha disminuido en una máquina eléctrica que funciona como generador, por ejemplo, la máquina 101 eléctrica según la figura 1. En este caso también, se supone que es una máquina eléctrica de cinco fases. Sin embargo, como se ha mencionado, la invención también es adecuada para máquinas eléctricas con otros números de fases.
45
50

Las curvas 311 a 341 representadas en los diagramas 310 a 340 de la figura 3 corresponden en su origen a las curvas 211 a 241 representadas en cada caso en los diagramas 210 a 240 y, de manera correspondiente, se indican con números de referencia incrementados en 100. Adicionalmente en el diagrama 350 se muestran las curvas 351 a 355 de tensiones de fase de la máquina eléctrica.
55

Durante todo el periodo de tiempo, ilustrado en los diagramas 310 a 350, como ya se ha explicado con respecto a la figura 2, existe una desconexión de carga por una rotura de cable. También los momentos 1 a 4 corresponden entre sí, de modo que en este caso también se aplican las explicaciones con respecto a la figura 2.
60

Al observar las figuras 2 y 3 se reconoce que, cuando la máquina eléctrica aún no está muy desenergizada (según la figura 3), la tensión de red de a bordo (véanse las curvas 211 y 311 en comparación entre sí) en el momento 3 ("segundo" momento) todavía corresponde esencialmente al valor en el momento 2 ("primer" momento), y que las corrientes de fase (véanse las curvas 221 y 321 en comparación entre sí) todavía son claramente superiores y, en particular, en el momento 3 ("segundo" momento) no caen claramente hasta un valor de esencialmente 0 amperios.
65

Además, la tensión presente en el devanado de excitación (véanse las curvas 241 y 341 en comparación entre sí), cuando la máquina eléctrica todavía no está muy desenergizada (según la figura 3), permanece estable en un valor de menos de 0 V. Así, la observación de la señal 241 o 341 es adecuada también para diferenciar los casos de las figuras 2 y 3, es decir, para responder a la pregunta de si la máquina eléctrica ya está lo suficientemente desenergizada y, por tanto, podría volverse de manera permanente a un funcionamiento regular del rectificador.

Por tanto, además de los criterios utilizados en la presente invención, también puede prestarse atención a la curva de tensión 241 o 341 en los diagramas 240 o 340 de las figuras 2 y 3. De este modo, mediante la figura 4 se explicará adicionalmente la formación de las tensiones correspondientes que, en conjunto con el número de referencia 400, muestra la estructura principal de un regulador de tensión de una máquina eléctrica, como por ejemplo de la máquina 101 eléctrica de la figura 1, en una vista esquemática.

Un regulador de tensión 400 correspondiente comprende un devanado de excitación 401 con una inductancia de, por ejemplo, 400 milihenrios, a través del cual normalmente se regula un flujo de corriente (corriente de excitación) por medio de un regulador de dos puntos basándose en la tensión de red de a bordo. Una vez que la tensión de red de a bordo presente en un terminal 402 se vuelve demasiado baja o se sitúa por debajo de un umbral determinado, se controla una válvula de corriente 403, por ejemplo un transistor de efecto de campo de metal-óxido, y así se conmuta de manera conductora. Como se ilustra con la flecha 404, se obtiene un flujo de corriente a través del devanado de excitación 401. Una vez que la tensión en el terminal se vuelve demasiado alta o se sitúa por encima de un umbral determinado, finaliza el control de la válvula de corriente 403 y el devanado de excitación 401 se desconecta del terminal 402. Como se ilustra con una flecha 405, esto da lugar a una corriente en vacío desde un terminal a tierra 406 a través de un diodo 407. Ello hace que disminuya la corriente de excitación.

En un punto de conmutación 408, que constituye el punto de unión entre el rotor y el regulador, la tensión presente (cuyas curvas 241 y 341 se muestran en los diagramas 240 y 340 en las figuras 2 y 3) durante el funcionamiento regular del rectificador oscila entre dos valores. En vacío según la flecha 405 (es decir, cuando el devanado de excitación 410 no está conectado al terminal 402), la tensión se encuentra en un valor negativo de la tensión de diodo del diodo 407. Por el contrario, la tensión se sitúa en el valor presente en el terminal 402, es decir, en la tensión de red de a bordo, cuando la válvula de corriente 403 está controlada y así existe una conexión conductora del punto de conmutación 408 al terminal 402.

Volviendo a la curva 241 ilustrada en el diagrama 240 de la figura 3, puede reconocerse que respectivamente antes y después del momento 3 ("segundo" momento) los valores de tensión en el punto de conmutación 408 (puesto que la curva 241 los indica) difieren de los valores explicados. Esto se debe a que con una corriente de excitación de 0 amperios a través del devanado de excitación 401, el punto de conmutación 408 no está conectado con baja resistencia a un potencial de tensión, sino sólo a tierra a través de la gran inductancia del devanado de excitación 401 (como se ha mencionado, por ejemplo 400 milihenrios). Esto facilita la inducción de tensiones en el devanado de excitación. Los tiempos, en los que la curva 241 difiere de los valores regulares, se correlacionan exactamente con los tiempos, en los que la corriente de excitación es de 0 amperios.

Por el contrario, por la figura 3, en la que, como se ha mencionado, se representa un caso en el que todavía no se ha alcanzado la desenergización de la máquina eléctrica, se reconoce que la tensión se sitúa de manera estable en menos de 0 voltios (la tensión de diodo negativa mencionada), algo que puede reconocerse por la curva 341 en el diagrama 340. Así, la observación de una curva correspondiente, es decir, de la tensión presente en el terminal 402, es adecuada para distinguir los casos de las figuras 2 y 3, es decir, como se ha mencionado, para responder a la pregunta de si la máquina eléctrica ya está desenergizada.

Ahora, con referencia a la figura 5, se explicará un procedimiento según una forma de realización de la presente invención, que también es adecuado para distinguir estos dos casos. Designado en conjunto con 500, se representa un circuito adicional conocido de una válvula de corriente 501, por ejemplo, de un transistor de efecto de campo, en la rama alta de un convertidor activo (con respecto a los detalles se remite a la figura 8 siguiente), con el que puede producirse el comportamiento de bloqueo entre los momentos 2 y 3 según las figuras 2 y 3 ("primer" y "segundo" momento). El circuito adicional 500 comprende un diodo 502 antiparalelo y un diodo Zener 503 dispuestos entre la puerta G y el drenador D de la válvula de corriente 501. La tensión disruptiva del diodo Zener 503 se selecciona de tal modo que la ruptura se produce al superar un valor de tensión definido de una tensión de red de a bordo presente en un terminal 510 y así se controla la puerta G de la válvula de corriente 501 y la válvula de corriente 501 se conmuta de manera conductora. Así, mediante una evaluación comparativa de la tensión presente en el diodo 502 antiparalelo por medio de un comparador 504 y la detección de su señal de salida en un terminal 505 puede reconocerse si el diodo 502 antiparalelo lleva corriente y así, si el bloqueo está activo.

Alternativamente también puede llevarse a cabo una evaluación comparativa de la tensión de puerta-fuente utilizando dos comparadores o amplificadores 506 y 507 y una resistencia de desacoplamiento 508 (y una evaluación de una señal de salida en el terminal 509). A continuación se partirá de amplificadores que sólo pueden amplificar tensiones de entrada positivas y en el caso de tensiones de entrada negativas suministran 0 voltios como tensión de salida. En el ejemplo representado este tipo de amplificadores se prevén como amplificadores 506 y 507.

En el caso de una rectificación activa en la rama de convertidor superior, la señal de tensión de fase 520 es mayor que la señal de tensión del terminal de tensión continua 510 positivo y el amplificador 506 suministra una señal positiva en la salida. Una vez que el proceso se ha establecido, ya no fluye nada de corriente al terminal de control G de la válvula de corriente 501 y el amplificador 507 no detecta ninguna tensión diferencial en la entrada, lo que lleva a una señal de salida de aproximadamente 0 voltios. En el caso de una rectificación activa en la rama de convertidor inferior, la señal de tensión de fase presente en el terminal 520 está próxima a los 0 voltios, el amplificador 506 suministra una señal de salida a aproximadamente 0 voltios, al igual que el amplificador 507. En el caso de un bloqueo, es decir, de una tensión entre los terminales 520 y 510, que supere la tensión de bloqueo en el terminal 503 y la tensión umbral en la válvula de corriente 501, el amplificador 506 suministra una tensión de salida de 0 voltios, mientras que a través del trayecto de bloqueo en el terminal de control G de la válvula de corriente 501 se establece una tensión próxima a la tensión umbral. Esta diferencia de tensión puede reconocerse en la entrada del amplificador 507 y en la salida 509. Así, en la salida 509 puede reconocerse claramente si el circuito está bloqueado.

Mediante la figura 6 se ilustra otra posible comprobación según una forma de realización de la invención, en la que se ilustran las curvas 601 y 602 de una tensión de red de a bordo con una máquina eléctrica (en su mayor parte) desenergizada (curva 601) y con una máquina eléctrica todavía no desenergizada o que prácticamente no está desenergizada (curva 602). Las curvas 601 y 602 se indican en voltios en la ordenada con respecto a un tiempo en microsegundos en la abscisa en un diagrama 600. Las curvas 601 y 602 pueden considerarse vistas detalladas de las curvas 211 y 311 según las figuras 2 y 3, también los momentos 2 y 3 se indican de manera correspondiente.

Se reconoce que en el momento 3, en el caso de la máquina eléctrica (en su mayor parte) desenergizada (curva 601) la tensión de red de a bordo ha caído claramente por debajo del valor en el momento 2. Por el contrario, en el caso de la máquina eléctrica todavía no desenergizada o que prácticamente no está desenergizada (curva 602) el valor en el momento 3 todavía es esencialmente el mismo que en el momento 2. Así, basándose en una evaluación de la tensión de red de a bordo, como se ha mencionado, también puede llevarse a cabo una distinción entre los dos casos.

En la figura 7 se ilustra un procedimiento según una forma de realización de la presente invención en forma de diagrama de flujo esquemático. El procedimiento comienza en un estado ilustrado con 701, en el que un convertidor activo realiza una rectificación regular. Cuando en una etapa de comprobación 702 se reconoce que una tensión de red de a bordo ha alcanzado un valor predeterminado para la activación de una función de bloqueo (+), por ejemplo 24 voltios (en el marco de la presente solicitud denominado "primer" valor umbral), en primer lugar en una etapa 703 se espera un tiempo muerto de, por ejemplo, 50 microsegundos. El comienzo de este tiempo muerto corresponde al denominado "primer" momento en el marco de la presente solicitud, el final de este tiempo muerto corresponde al "segundo" momento. Entre el "primer" y el "segundo" momento (momentos 2 y 3 de las figuras explicadas anteriormente) por ejemplo puede activarse una función de bloqueo. Tras finalizar el tiempo muerto, es decir, en el segundo momento, ahora, (en parte) de manera alternativa y/o (en parte) de manera acumulativa se realizan las etapas de comprobación 704 a 710. Por el contrario, si en la etapa de comprobación 702 se reconoce que una tensión de red de a bordo no está por encima de un valor predeterminado para iniciar un cortocircuito de fase, es decir, para la activación de una reacción de desconexión de carga (-), por ejemplo por encima de 24 voltios, el procedimiento continúa con el estado 701.

Al contrario que la representación de la figura 7 pueden estar previstas más o menos de las etapas de comprobación 704 a 710. En el marco una forma de realización de la invención las etapas de comprobación 704 a 710 comprenden la determinación de si en el segundo momento, es decir, hacia el final del tiempo muerto según la etapa 703, el bloqueo de tensión explicado en varias ocasiones todavía está activado y/o si el potencial de tensión todavía no ha caído por debajo del primer valor umbral y/o si un valor, que caracteriza una corriente que fluye a través de al menos uno de los terminales de fase, está por encima de un tercer valor umbral. Además, las etapas de comprobación 704 a 710 pueden comprender la determinación de si un potencial de tensión presente en el lado de suministro de un devanado de excitación de la máquina eléctrica (devanado de excitación 401 según la figura 4, terminal 408) se sitúa entre el potencial de tensión de la tensión de red de a bordo y un potencial de tierra, cuando el devanado de excitación está desconectado del potencial de tensión de la tensión de red de a bordo y/o si una corriente que fluye a través del devanado de excitación se sitúa por debajo de un valor umbral de corriente correspondiente y/o si tras una primera activación de una reacción de desconexión de carga, tras la cual se han activado otras reacciones de desconexión de carga, ha pasado más de un periodo de tiempo predeterminado y/o se han activado más de un número predeterminado de reacciones de desconexión de carga. Si se cumplen una o varias de estas condiciones, en una etapa 711 se inicia una reacción de desconexión de carga en forma de cortocircuito de fase.

Siempre que en una etapa de comprobación 712 se determine que la tensión de red de a bordo todavía no ha caído hasta un valor predeterminado para la desactivación de la reacción de desconexión de carga (+), que en este caso se denomina "segundo" valor umbral, en una etapa 713 se espera un tiempo muerto adicional de, por ejemplo, 50 microsegundos, antes de que el procedimiento vuelva al estado 701. De lo contrario (-), el procedimiento vuelve directamente al estado 701. Del mismo modo, el procedimiento vuelve directamente al estado 701, aunque sin que previamente se inicie una reacción de desconexión de carga según la etapa 711, cuando en una o en varias de las etapas de comprobación 704 a 710 se produce una determinación negativa (-).

ES 2 933 923 T3

En la figura 8, para una explicación adicional, se ilustra esquemáticamente una máquina eléctrica, como se designa en la figura 1 con 101, con un convertidor 102 activo conectado a la misma.

5 La máquina 101 eléctrica comprende un estator 11 de cinco fases y con un diseño en forma de circuito de pentagrama y un rotor con un devanado de excitación 401. Los devanados individuales del estator 11 y del rotor 12 no se indican por separado. Un regulador de generador, como se designa en la figura 4 con 400, evalúa una tensión de red de a bordo entre un primer terminal de tensión continua B+ y un segundo terminal de tensión continua B- (el
10 segundo terminal de tensión continua B- puede estar conectado a tierra) y, como se explica con respecto a la figura 4, regula la potencia de salida de la máquina 101 eléctrica. Por tanto, el primer terminal de tensión continua B+ corresponde al terminal 402 según la figura 4, el segundo terminal de tensión continua al terminal 406.

15 La máquina 101 eléctrica está conectada al primer terminal de tensión continua B+ y al segundo terminal de tensión continua B- a través de cinco terminales de fase U a Y en cada caso a través de válvulas de corriente controlables, que pueden conectarse y desconectarse, en este caso designadas con UL a YL y UH a YH. Las válvulas de corriente UH a YH forman una rama de rectificador superior ("highside"), las válvulas de corriente UL a YL una rama de rectificador inferior ("lowside"). Por tanto, cada una de las válvulas de corriente UH a YH puede presentar un
20 circuito adicional 500, como se ilustra en la figura 5 y, por tanto, formar la válvula de corriente 501 ilustrada en la figura 5. En este caso cada uno de los terminales de fase U a Y forma un terminal 520 según la figura 5 y el primer terminal de tensión continua B+ el terminal 510 ilustrado en la figura 5.

25 Las válvulas de corriente UH a YH controlables, que pueden conectarse y desconectarse, se ilustran en la figura 6 de manera simplificada como conmutadores con diodos Zener conectados en paralelo. A este respecto, los diodos Zener simbolizan tanto la propiedad disruptiva típica a partir de una determinada tensión de drenador-fuente debido a un circuito como se muestra por ejemplo en la figura 5 o la tensión de avalancha, así como el diodo inversor presente normalmente. En la rama inferior UL a YL se representa en cada caso un diodo simple, porque en este caso no se prevé el modo de bloqueo. Como se ha mencionado, en su lugar puede preverse una función de bloqueo también en la otra rama del convertidor, el inicio de los cortocircuitos de fase se produce en cada caso por medio de las válvulas de corriente no dotadas de la función de bloqueo.

30 Las válvulas de corriente UH a YH y UL a YL pueden controlarse mediante respectivos dispositivos de control 21 a 25 descentralizados, como se ilustra en este caso con flechas de control de líneas discontinuas. El circuito adicional 500 ilustrado en la figura 5 puede estar integrado en los dispositivos de control 21 a 25. También puede estar previsto un control central de todas las válvulas de corriente UH a YH y UL a YL.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para hacer funcionar un convertidor (102) activo conectado a una máquina (101) eléctrica, en el que varios terminales de fase (U-Y) están conectados en cada caso a través de una válvula de corriente (UH-YH) controlable en una primera rama de convertidor a un primer terminal de tensión continua (B+) y a través de una válvula de corriente (UL-YL) controlable en una segunda rama de convertidor a un segundo terminal de tensión continua (B-), estando dotada cada una de las válvulas de corriente (UH-YH) de una de las dos ramas de convertidor de un circuito de bloqueo (500) configurado para activar un bloqueo de tensión a partir de un primer momento (2), a partir del cual un potencial de tensión presente en el primer terminal de tensión continua (B+) sube hasta un primer valor umbral predeterminado, y mantener el bloqueo de tensión activado mientras el potencial de tensión no caiga por debajo del primer valor umbral, comprendiendo el bloqueo de tensión controlar la válvula de corriente (UH-YH) dotada del circuito de bloqueo (500) y así establecer una conexión conductora entre el terminal de fase (U-Y) conectado a esta válvula de corriente (UH-YH) y el terminal de tensión continua (B+) respectivo, caracterizado por que el convertidor (102) está configurado además para activar una reacción de desconexión de carga sólo con la presencia de condiciones de activación a partir de un segundo momento (3), cuando en el segundo momento (3) el potencial de tensión se encuentra por encima de un segundo valor umbral, siendo el segundo momento (3) posterior al primer momento (2) y encontrándose el segundo valor umbral por debajo del primer valor umbral y comprendiendo la reacción de desconexión de carga controlar todas las válvulas de corriente (UL-YL) de la otra de las dos ramas de convertidor y así establecer una conexión conductora entre todos los terminales de fase (U-Y), comprendiendo las condiciones de activación que se determine que en el segundo momento (3) el bloqueo de tensión todavía está activado y/o que el potencial de tensión todavía no ha caído por debajo del primer valor umbral y/o que un valor, que caracteriza una corriente que fluye por al menos uno de los terminales de fase (U-Y), se sitúa por encima de un tercer valor umbral.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que se utilizan circuitos de bloqueo (500), en los que el primer terminal de tensión continua (B+) está conectado a un terminal de control (G) de la válvula de corriente (UH-YH) dotada del circuito de bloqueo (500) a través de un circuito de valor umbral, activando el circuito de valor umbral el bloqueo de tensión, controlando el terminal de control (G), cuando el potencial de tensión sube hasta el primer valor umbral, y manteniendo activado el bloqueo de tensión, controlando adicionalmente el terminal de control (G) mientras el potencial de tensión no caiga por debajo del primer valor umbral.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que se determina que en el segundo momento (3) el bloqueo de tensión todavía está activado, determinándose si fluye una corriente a través del circuito de valor umbral.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que se determina que el potencial de tensión en el segundo momento (3) todavía no ha caído por debajo del primer valor umbral, midiéndose el potencial de tensión al menos en el segundo momento.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que el potencial de tensión entre el primer momento (2) y el segundo momento (3) se mide varias veces.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que se determina el valor, que caracteriza la corriente que fluye a través del al menos un terminal de fase (U-Y) en el segundo momento (3), basándose en una medición de corriente en el al menos un terminal de fase (U-Y).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que se determina el valor, que caracteriza la corriente que fluye a través del al menos un terminal de fase (U-Y) en el segundo momento (3), basándose en un valor máximo de la corriente que fluye a través del al menos un terminal de fase (U-Y) o basándose en una suma de componentes de corriente positiva en al menos dos terminales de fase (U-Y).
8. Dispositivo para controlar un convertidor (102) activo conectado a una máquina eléctrica, en el que varios terminales de fase (U-Y) están conectados en cada caso a través de una válvula de corriente (UH-YL) controlable en una primera rama de convertidor a un primer terminal de tensión continua (B+) y a través de una válvula de corriente (UL-YL) controlable en una segunda rama de convertidor a un segundo terminal de tensión continua (B-), estando dotada cada una de las válvulas de corriente (UH-YL) de una de las dos ramas de convertidor de un circuito de bloqueo (500), que presenta una unidad de cálculo, que comprende medios para realizar un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.
9. Programa informático, que hace que un dispositivo según la reivindicación 8 realice un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, cuando se ejecuta en la unidad de cálculo.
10. Medio de almacenamiento legible por máquina con un programa informático almacenado en el mismo según la reivindicación 9.

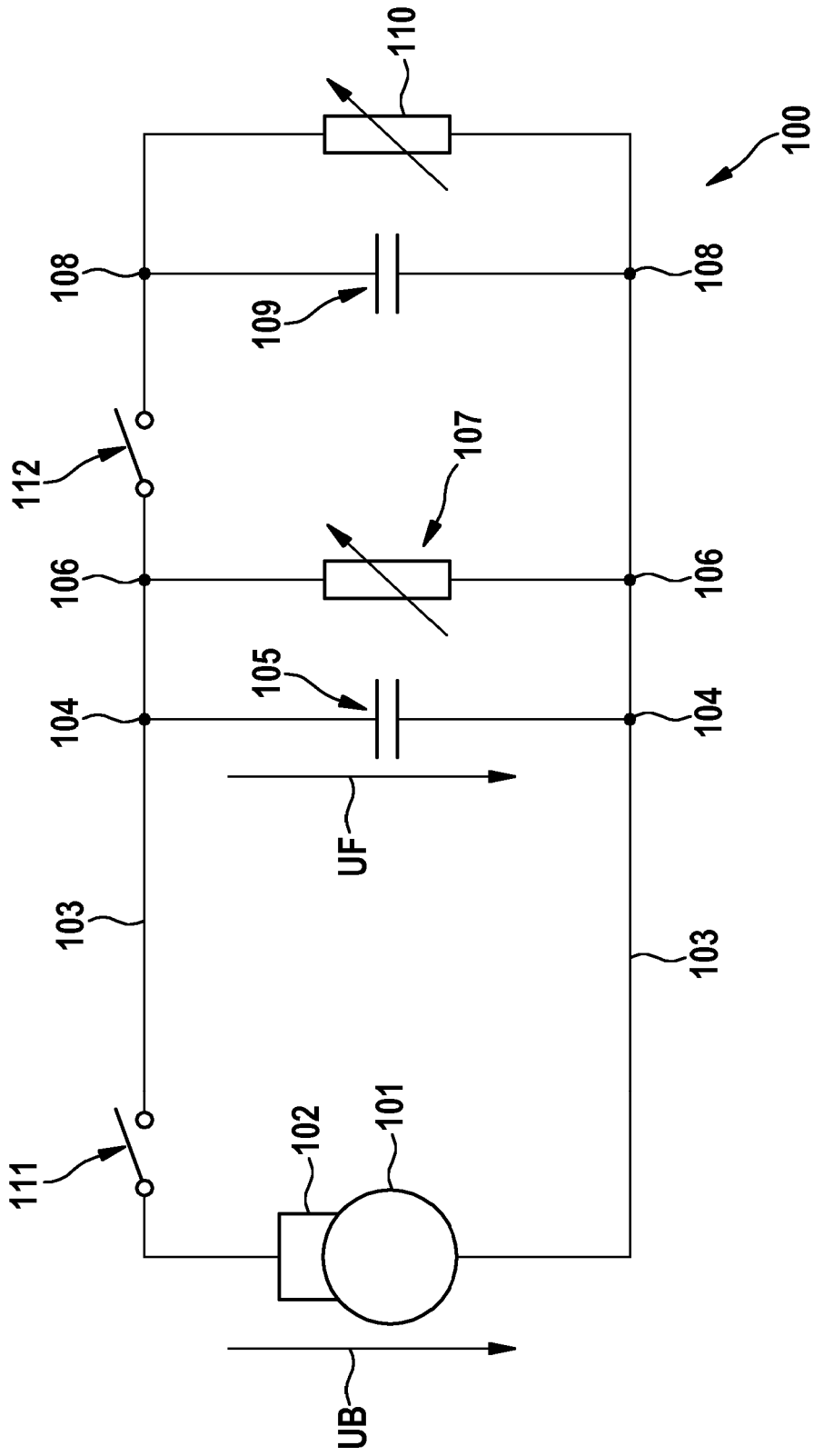


Fig. 1

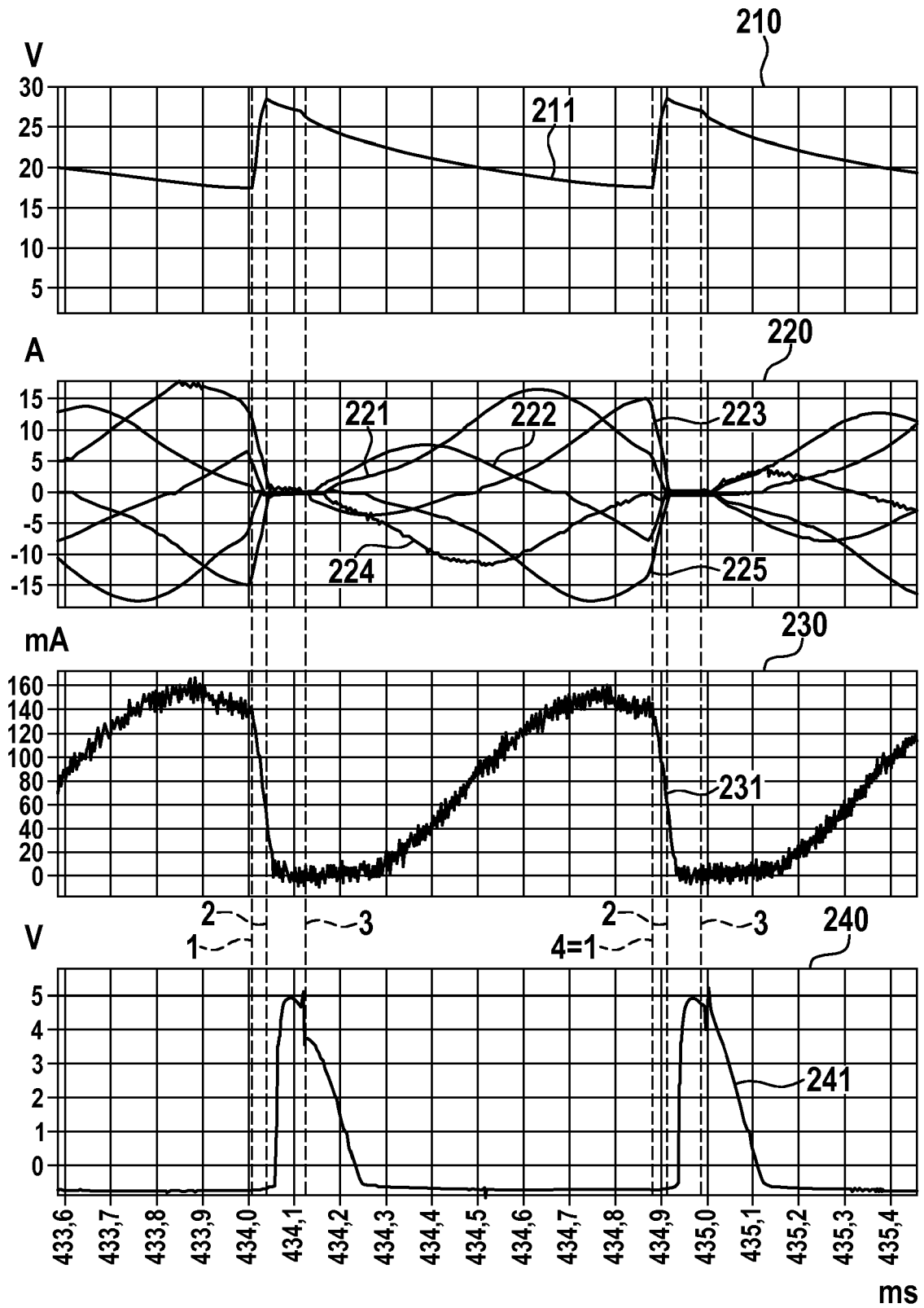


Fig. 2

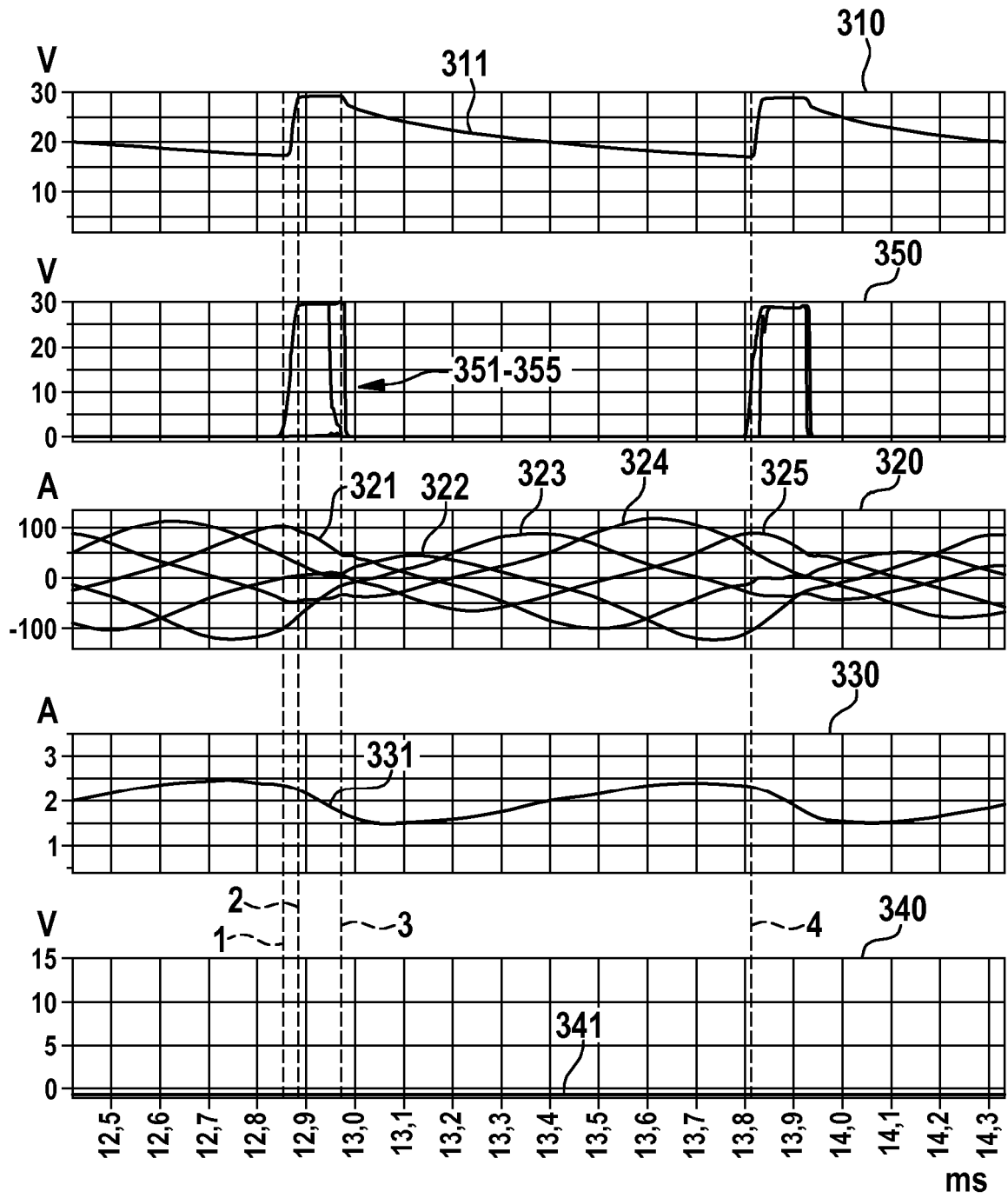


Fig. 3

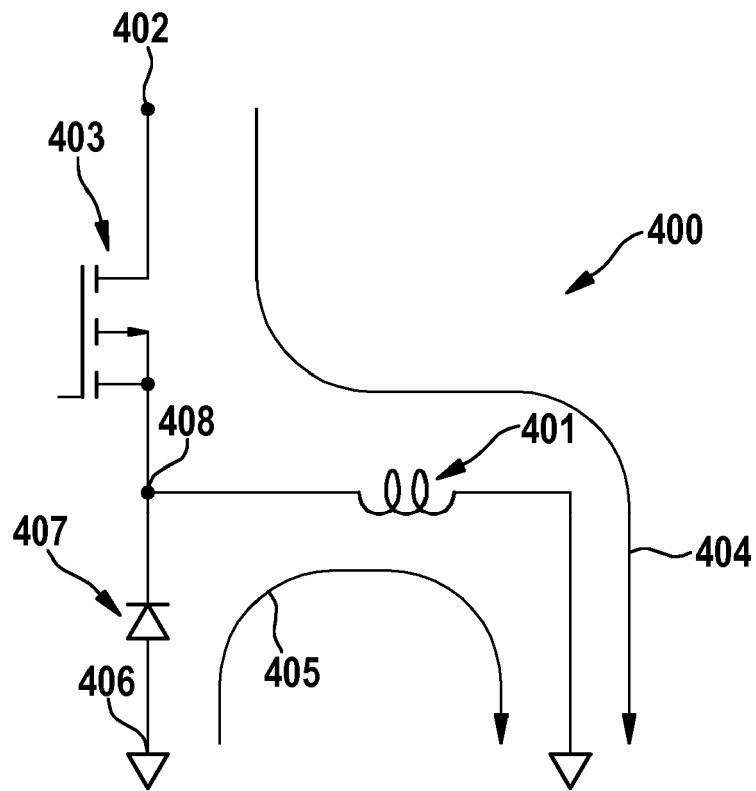


Fig. 4

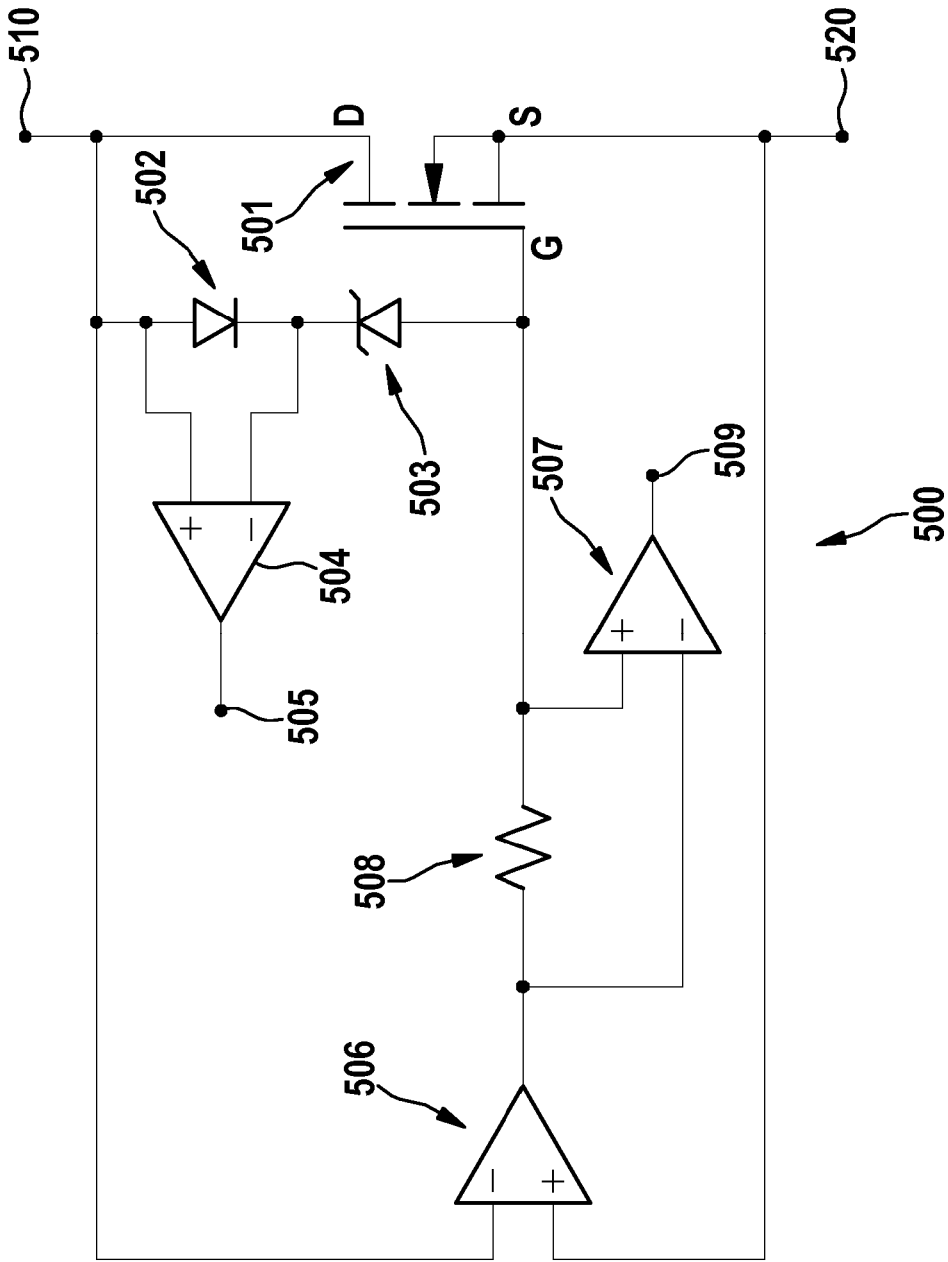


Fig. 5

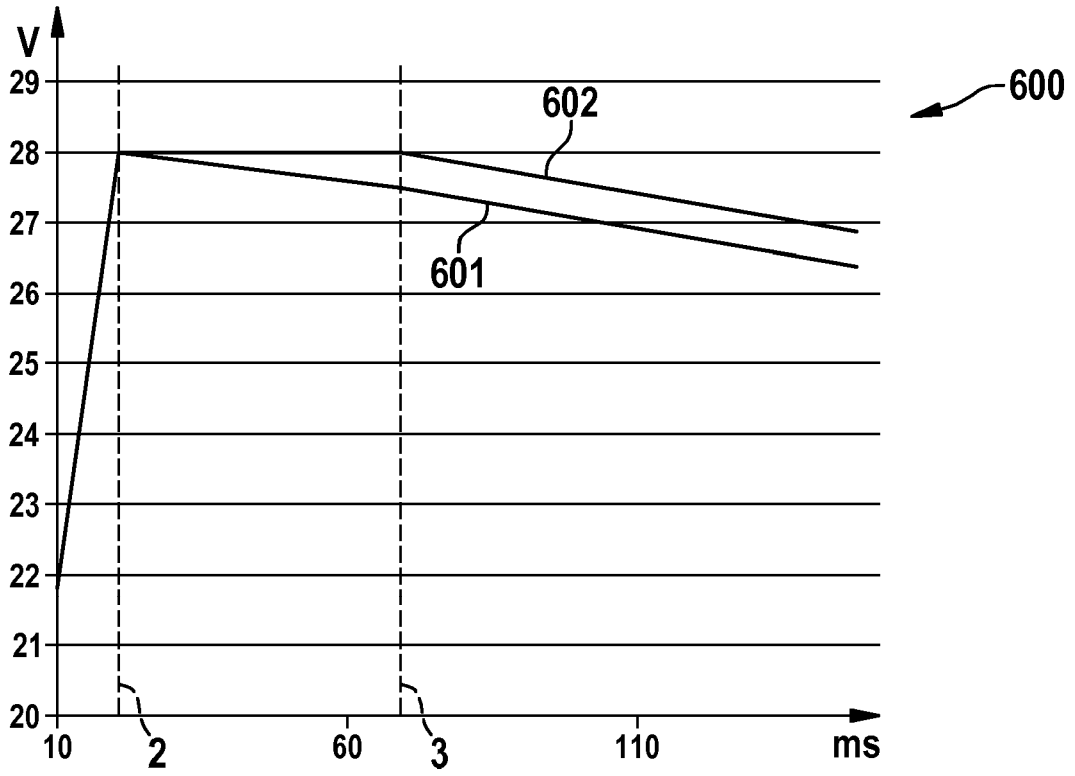


Fig. 6

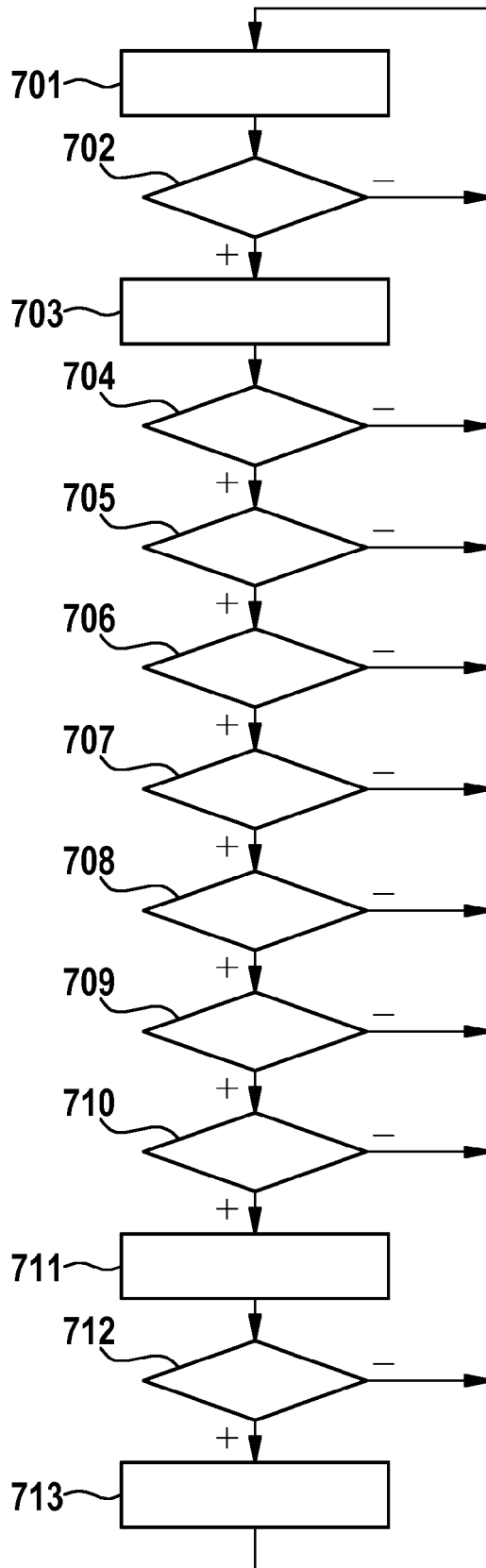


Fig. 7

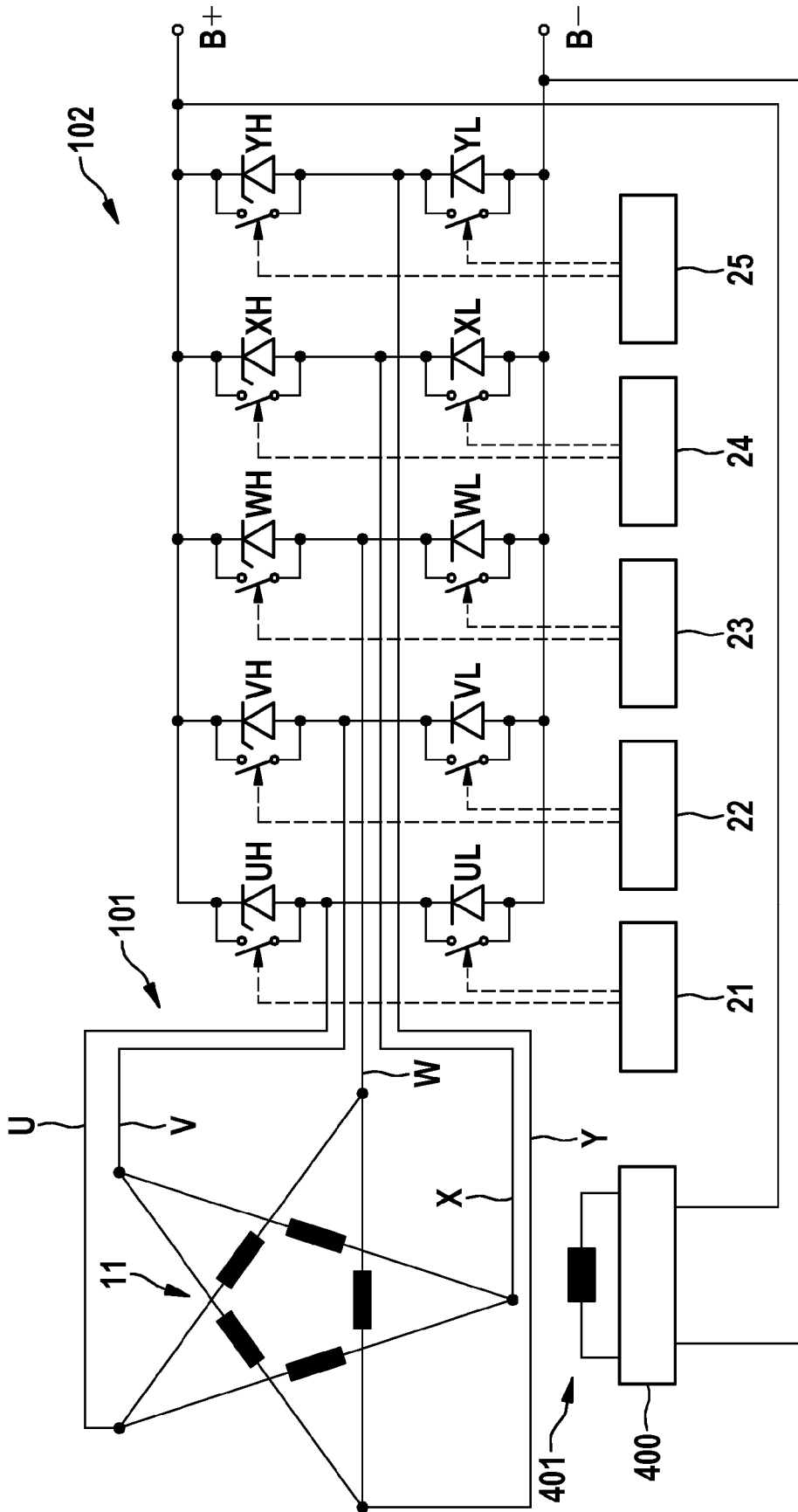


Fig. 8