

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 444 968**

51 Int. Cl.:

B60L 7/06 (2006.01)
B60L 7/10 (2006.01)
B60L 7/14 (2006.01)
B60L 7/16 (2006.01)
H02M 5/45 (2006.01)
H02P 3/22 (2006.01)
H02P 23/06 (2006.01)
B60L 9/28 (2006.01)
B63H 23/24 (2006.01)
H02M 5/451 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2010** **E 10713620 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2013** **EP 2419295**

54 Título: **Sistema de accionamiento para una instalación con una red autónoma de tensión alterna**

30 Prioridad:

14.04.2009 DE 102009017023

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.02.2014

73 Titular/es:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72 Inventor/es:

VOGEL, REINHARD y
HARTWIG, BERND

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 444 968 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

Sistema de accionamiento para una instalación con una red autónoma de tensión alterna

La invención se refiere a un sistema de accionamiento para una instalación con una red autónoma de tensión alterna, en especial para un barco o una plataforma de alta mar, conforme al preámbulo de la reivindicación 1.

- 5 El convertidor con circuito intermedio de corriente continua (también llamado "Load Commutated Inverter" (LCI)) es un circuito convertidor relativamente sencillo, que se usa de múltiples formas, para sistemas de accionamiento. Un convertidor de este tipo comprende un convertidor de corriente en el lado de la red y un convertidor de corriente en el lado de la máquina, en donde el convertidor de corriente en el lado de la red está unido en el lado de entrada a una red de tensión alterna y en el lado de salida al circuito intermedio de corriente continua, y el convertidor de corriente en el lado del motor está unido en el lado de entrada al circuito intermedio de corriente continua y en el lado de salida a una máquina de accionamiento de corriente trifásica. En el circuito intermedio de corriente continua está conectado habitualmente un estrangulador, que se usa como acumulador de energía para la corriente de circuito intermedio, de tal modo que en lo posible circule una corriente de circuito intermedio constante, idealmente nivelada.
- 10
- 15 Un convertidor de este tipo se utiliza con mucha frecuencia para accionamientos con máquinas sincrónicas de gran potencia, y ofrece una posibilidad relativamente sencilla para el accionamiento en el IV cuadrante (es decir funcionamiento motórico y generador) de la máquina de accionamiento de corriente trifásica en ambos sentidos de giro.
- 20 En el funcionamiento motórico (es decir al "accionar") la máquina de accionamiento de corriente trifásica absorbe energía eléctrica de la red de tensión alterna a través del convertidor. Con ello el convertidor de corriente en el lado de la red trabaja en funcionamiento de rectificador y el convertidor de corriente en el lado de la máquina en funcionamiento de vibrador.
- 25 En el funcionamiento generador (es decir al "frenar") la máquina de accionamiento de corriente trifásica genera energía eléctrica y la entrega a través del convertidor a la red de tensión alterna. Con ello el convertidor de corriente en el lado de la red trabaja en funcionamiento de vibrador y el convertidor de corriente en el lado de la máquina en funcionamiento de rectificador.
- 30 El convertidor con circuito intermedio de corriente continua se usa con mucha frecuencia, en especial en combinación con máquinas sincrónicas, para accionamientos eléctricos de barcos (accionamientos principales de propulsión). Esto es aplicable sobre todo a grandes potencias de accionamiento en el margen de megavatios de una o dos cifras.
- 35 En los accionamientos de barcos el funcionamiento generador en el cuadrante IV o II es imprescindible, especialmente si se usan hélices con aletas fijas ("hélices fijas"), para poder frenar la hélice e invertir el sentido de giro de la hélice. El motivo de esto es que el barco en movimiento representa una llamada "carga de transmisión" a través del agua que fluye.
- 40 En los accionamientos de barcos con un convertidor con un circuito intermedio de corriente continua, la energía que se libera durante el funcionamiento generador se realimenta normalmente a la red a través del convertidor. Durante un proceso de frenado de un barco, esta energía puede estar situada en el margen de megajulios de dos o tres cifras, en donde el tiempo de frenado es normalmente de entre aproximadamente 10 y 60 segundos.
- 45 Para los barcos cuya red de a bordo sólo tiene una llamada "carga hotel" pequeña, es decir, en los que la instalación de accionamiento principal representa con mucho el mayor consumidor eléctrico, la realimentación de energía a la red de a bordo a menudo no es deseable y/o no es posible con la potencia requerida, ya que en estos casos se producirían a causa de la realimentación de energía aumentos de tensión y/o frecuencia indeseados y/o no permisibles de la tensión de red de a bordo. Estos problemas pueden producirse básicamente en redes autónomas de tensión alterna, ya que precisamente en redes autónomas está limitado con frecuencia el número de consumidores eléctricos y, de este modo, la capacidad de absorción de la red para energía realimentada.
- 50 En el caso de una solución, descrita en la solicitud de patente europea todavía no publicada del solicitante con el nº de registro de solicitud oficial 07022773.1, se evitan aumentos de tensión y/o frecuencia indeseados y/o no admisibles de la tensión de una red de tensión alterna de un barco, por medio de que la energía realimentada se transforma en una resistencia de freno en calor, que se acopla provisionalmente a la red. Mediante la resistencia de freno se conecta de este modo un consumidor adicional a la red de a bordo, pero no se impide en sí mismo la verdadera realimentación de energía a la red de a bordo. En cada caso con el acoplamiento y la desconexión de la resistencia de freno se produce aquí una variación discontinua del equilibrio de carga, con lo que se imponen unos elevados requisitos a la dinámica de las regulaciones del generador.

Para sistemas de accionamiento con un convertidor con un circuito intermedio de tensión continua en lugar de con un circuito intermedio de corriente continua ya se conocen circuitos con una resistencia de freno, que está dispuesta en el circuito intermedio de tensión continua. Normalmente una solución así se aplica cuando el convertidor de corriente en el lado de la red está ejecutado como rectificador con diodos, de tal modo que no puede producirse una realimentación de energía a la red de tensión alterna. Las soluciones de este tipo, sin embargo, no pueden transferirse sin más a un convertidor con un circuito intermedio de corriente continua a causa de las importantes diferencias funcionales entre un circuito intermedio de tensión continua y un circuito intermedio de corriente continua.

Del documento DE 749817 A se conoce un sistema de accionamiento de barco, en el que un motor de accionamiento de corriente trifásica está unido directamente a la red sin un convertidor conectado de forma intermedia. El motor se separa con ello galvánicamente de la red con ayuda de un conmutador, en funcionamiento generador, y se une a resistencias de freno.

Del documento DE 870 725 A se conoce también un sistema de accionamiento de barco, en el que un motor de accionamiento de corriente trifásica está unido directamente a la red sin un convertidor conectado de forma intermedia. Se utiliza un motor con varios sistemas de corriente trifásica y devanado excitador que no se influyen mutuamente. El sistema de devanado de corriente trifásica utilizado para frenar está desactivado en funcionamiento motórico, es decir, en él no se induce ninguna tensión en funcionamiento motórico. Para frenar se induce después una tensión en este sistema de devanado de corriente trifásica mediante la alimentación de una corriente de excitación apropiada, de tal modo que mediante resistencias de freno, que están conectadas al sistema de devanado de corriente trifásica afectado, puede circular una corriente que frena el accionamiento.

Ambas soluciones describen de este modo diferentes posibilidades para frenar motores de accionamiento de barco con corriente trifásica, que se hacen funcionar directamente en la red de tensión alterna. De este modo no pueden transferirse sin más a accionamientos de corriente trifásica con alimentación de convertidor, en especial aquellos con circuito intermedio de corriente.

El documento DE 2 237 233 A1 hace patente una disposición de circuito para una máquina de campo giratorio, que está conectada a una red de corriente trifásica a través de un convertidor, que se compone de un rectificador de corriente auto-guiado y que puede hacerse funcionar en ambos sentidos de energía, de un circuito intermedio de corriente continua con estrangulador de nivelación así como de un rectificador de corriente guiado en la red. Para frenar la máquina de campo giratorio está conectado en caso de avería de red, en serie con el estrangulador de nivelación, una resistencia de freno óhmica controlable cuyo valor medio en el tiempo es guiado mediante impulsos de control, de tal forma que el valor medio en el tiempo de la corriente de circuito intermedio, que circula a través de la resistencia de freno controlable, se mantiene constante al menos aproximadamente.

Partiendo de aquí, la tarea de la presente invención consiste, para un sistema de accionamiento conforme al preámbulo de la reivindicación 1, en crear una posibilidad con la que puedan evitarse aumentos de tensión y/o frecuencia indeseados y/o no admisibles en la red autónoma de tensión alterna.

La solución de esta tarea se consigue mediante un sistema de accionamiento con las particularidades de la reivindicación 1. Las configuraciones ventajosas son en cada caso objeto de las reivindicaciones subordinadas.

La invención se basa aquí en la consideración de que los aumentos de tensión y/o frecuencia indeseados y/o no admisibles de la tensión de red de a bordo pueden evitarse si se evita ya la realimentación de energía en la propia red autónoma de tensión alterna, al menos parcialmente. Aunque los convertidores de corriente en el lado de la red y de la máquina pueden hacerse funcionar a través de su control y regulación de forma que no se realimente ninguna energía a la red, la energía que se produce en funcionamiento generador (en el caso de un barco la energía de frenado que se produce por causas físicas al frenar la hélice) debe reducirse sin embargo de otro modo.

Conforme a la invención el sistema de accionamiento presenta por ello un dispositivo de absorción de energía dispuesto en el circuito intermedio, que comprende al menos un absorbedor de energía para absorber al menos una parte de la energía eléctrica, que genera la máquina de accionamiento de corriente trifásica en funcionamiento generador y entrega a través del convertidor de corriente en el lado del motor al circuito intermedio. El absorbedor de energía se compone de forma preferida de al menos una resistencia óhmica, que transforma la energía eléctrica en calor. Sin embargo, también es concebible que la energía eléctrica generada en funcionamiento generador se almacene de forma intermedia en un acumulador de energía adecuado, por ejemplo en un condensador de alta potencia o una rueda de impulsión, y se alimente a otra utilización en la instalación. Siempre que el dispositivo de absorción de energía comprenda varios absorbedores de energía, estos pueden estar conectados por ejemplo unos a otros en paralelo y/o serie.

La energía realimentada se absorbe de este modo al menos parcialmente ya en el circuito intermedio del convertidor de corriente, de tal modo que al principio no puede entrar en absoluto en la red. La energía realimentada puede absorberse con ello por completo en el circuito intermedio o también sólo porcentualmente, en función de la

capacidad de absorción de energía presente en función de la situación en funcionamiento generador de los consumidores conectados a la red.

5 Conforme a la invención el al menos un absorbedor de energía puede activarse, mediante el dispositivo de absorción de energía, al menos en función de la polaridad de la tensión de circuito intermedio. Una activación de este tipo puede consistir por ejemplo en el acoplamiento del absorbedor de energía al circuito intermedio.

Aquí se tiene en cuenta la consideración de que en funcionamiento motórico de la máquina, para la potencia P_z transformada en el circuito intermedio de corriente continua tiene que cumplirse:

$$P_{z, \text{ motórica}} = U_z \cdot I_z > 0 \quad (\text{ecuación 1})$$

En funcionamiento motórico para la potencia P_z en el circuito intermedio tiene que cumplirse en general:

10 $P_{z, \text{ generadora}} = U_z \cdot I_z < 0 \quad (\text{ecuación 2})$

La característica principal de un convertidor con circuito intermedio de corriente continua consiste en que por principio no puede invertirse el sentido de corriente de la corriente de circuito intermedio I_z . Con independencia de si el funcionamiento es motórico o generador, el signo de la corriente es por lo tanto invariable (aquí "+1"); expresado matemáticamente se cumple de este modo:

15 $\text{signo } \{I_{z, \text{ motórica}}\} = \text{signo } \{I_{z, \text{ generadora}}\} = \text{constante} = +1 \quad (\text{ecuación 3})$

Para que la potencia de circuito intermedio en funcionamiento generador pueda ser negativa, es decir menor que cero (véase la ecuación 2), es necesario de este modo invertir la polaridad de la tensión de circuito intermedio U_z para el funcionamiento generador:

funcionamiento motórico: $\text{signo } \{U_{z, \text{ motórica}}\} = +1 \quad (\text{ecuación 4})$

20 funcionamiento generador: $\text{signo } \{U_{z, \text{ motórica}}\} = -1 \quad (\text{ecuación 5})$

La polaridad de la tensión de circuito intermedio es de este modo un indicador para la clase de funcionamiento de la máquina de accionamiento de corriente trifásica y puede usarse, específicamente, para activar el absorbedor de energía en funcionamiento generador y desactivarlo en funcionamiento motórico.

25 Una activación del absorbedor de energía, en el caso de una polaridad de la tensión de circuito intermedio presente en funcionamiento generador, es posible de forma especialmente sencilla por medio de que el dispositivo de absorción de energía comprende un diodo conectado en serie al absorbedor de energía, que está polarizado de tal manera que es conductor en el caso de una polaridad de la tensión de circuito intermedio presente en funcionamiento generador y corta, en el caso de una polaridad de la tensión de circuito intermedio presente en funcionamiento motórico. En el caso de varios absorbedores de energía conectados en serie es aquí suficiente un diodo único conectado en serie a este circuito serie y, de este modo, común a todos los absorbedores de energía. 30 En el caso de varios absorbedores de energía conectados en paralelo puede ser suficiente un diodo común conectado en serie a este circuito paralelo conjunto; pero también puede disponerse en cada caso de su propio diodo para cada uno de los absorbedores de energía.

35 Alternativamente, el dispositivo de absorción de energía puede comprender también en lugar del diodo un conmutador semiconductor electrónico de potencia controlable, conectado en serie al absorbedor de energía, que esté polarizado de tal manera que en el caso de una polaridad de la tensión de circuito intermedio presente en funcionamiento generador pueda conmutarse a un estado de conducción y que corte, en el caso de una polaridad de la tensión de circuito intermedio presente en funcionamiento motórico. El absorbedor de energía puede de este modo acoplarse específicamente al circuito intermedio, con lo que puede controlarse activamente el momento y con 40 ello el porcentaje de la energía realimentada, que se absorbe en el circuito intermedio o que se alimenta a la red. El conmutador semiconductor electrónico de potencia está configurado para esto de forma preferida como un elemento constructivo semiconductor de potencia, en especial como un tiristor. En el caso de varios absorbedores de energía conectados en serie es aquí también suficiente un único conmutador semiconductor, conectado en serie a este circuito serie y de este modo común a todos los absorbedores de energía. En el caso de varios absorbedores de 45 energía conectados en paralelo puede ser suficiente un conmutador semiconductor común conectado en serie a este circuito paralelo; pero también puede disponerse en cada caso de su propio conmutador semiconductor para cada uno de los absorbedores de energía, que esté conectado en serie al absorbedor de energía.

Conforme a una configuración especialmente ventajosa, el dispositivo de absorción de energía está configurado de forma variable con relación a una absorción de potencia eléctrica de frenado de la máquina de accionamiento de

corriente trifásica. La absorción de potencia eléctrica de frenado puede ajustarse después en función del valor de un momento de frenado de la máquina de accionamiento de corriente trifásica necesario, en función de la situación.

Para modificar la absorción de potencia eléctrica de frenado el dispositivo de absorción de energía puede comprender, para al menos una parte de los absorbedores de energía, en cada caso un conmutador conectado en serie o en paralelo al respectivo absorbedor de energía. Los absorbedores de energía, de forma preferida varias resistencias óhmicas, pueden acoplarse y/o desacoplarse por medio de esto y de este modo, en funcionamiento generador de la máquina de accionamiento de corriente trifásica, variarse de forma escalonada la absorción de energía y potencia y con ello el momento de frenado de la máquina de accionamiento de corriente trifásica. El dispositivo de absorción de energía puede comprender por ejemplo varios absorbedores de energía conectados en serie, en cada caso con un conmutador conectado para esto en serie o varios absorbedores de energía conectados en serie en cada caso con un conmutador conectado para esto en paralelo.

El conmutador o los conmutadores están configurados de forma preferida como conmutadores semiconductores electrónicos de potencia. Aquí pueden usarse conmutadores semiconductores desconectables o no desconectables. Para el caso de que el conmutador semiconductor no pueda absorber ninguna tensión de corte, a éste está conectado de forma preferida en serie un diodo que puede absorber esta tensión de corte.

Si el conmutador semiconductor electrónico de potencia está configurado como un elemento constructivo semiconductor de potencia de corte inverso, en especial como un tiristor, puede prescindirse de un diodo conectado en serie al al menos un absorbedor de energía, ya que el elemento constructivo semiconductor de potencia de corte inverso puede asumir la función del diodo.

Alternativa o complementariamente al menos uno de los absorbedores de energía puede estar configurado, para variar la absorción de potencia eléctrica de frenado, como una resistencia óhmica variable de forma continua. Por medio de esto puede variarse de forma continua la absorción de potencia eléctrica de frenado de la máquina de accionamiento de corriente trifásica y de este modo su momento de frenado.

Conforme a una configuración especialmente ventajosa, el sistema de accionamiento comprende un dispositivo de vigilancia y control para controlar y/o regular la absorción de potencia eléctrica de frenado de la máquina de accionamiento de corriente trifásica mediante el dispositivo de absorción de energía, en función de un momento de frenado nominal deseado de la máquina de accionamiento de corriente trifásica y en función de valores reales del sistema de accionamiento. En el caso de estos valores reales puede tratarse por ejemplo de valores para

- la polaridad de la tensión de circuito intermedio y/o
- el valor de la tensión de circuito intermedio y/o
- la corriente de circuito intermedio y/o
- el número de revoluciones del motor y/o
- la tensión del motor y/o
- la corriente del motor.

La invención puede usarse de forma especialmente ventajosa si la máquina de accionamiento de corriente trifásica presenta una potencia en un margen de megavatios de una o varias cifras.

La energía absorbida por el dispositivo de absorción de energía puede usarse también de otra manera, por ejemplo, para calentar aire ambiente, agua de calefacción e industrial. Adicional o alternativamente puede resultar asimismo especialmente ventajoso, en especial en el caso de accionamientos en el campo de grandes potencias, que esta energía pueda acumularse. Esto puede realizarse por ejemplo en acumuladores de energía eléctricos (por ejemplo condensadores), en acumuladores de energía electroquímicos (por ejemplo acumuladores), en acumuladores de energía mecánicos (acumuladores de rueda de impulsión) o en acumuladores térmicos (por ejemplo acumuladores de agua caliente). El al menos un absorbedor de energía puede estar configurado también, en lugar de como una resistencia óhmica, como un acumulador de energía, en especial como una batería de capacitadores de alta potencia o una batería electroquímica (acumulador) o como un acumulador de rueda de impulsión.

A continuación se explican con más detalle la invención y otras configuraciones ventajosas de la invención, conforme a las particularidades de las reivindicaciones subordinadas, con base en ejemplos de ejecución en las figuras; en donde muestran:

la figura 1 un primer sistema de accionamiento conocido del estado de la técnica,

la figura 2 un segundo sistema de accionamiento conocido del estado de la técnica,

la figura 3 un diagrama de número de revoluciones-momento de giro para los cuatro cuadrantes de número de revoluciones-momento de giro de un accionamiento de barco, de forma simplificada,

5 la figura 4 el sistema de accionamiento de la figura 2 con una representación de la tensión de circuito intermedio, en funcionamiento motórico y generador,

la figura 5 una primera forma de ejecución de un sistema de accionamiento conforme a la invención,

la figura 6 una segunda forma de ejecución de un sistema de accionamiento conforme a la invención,

la figura 7 una tercera forma de ejecución de un sistema de accionamiento conforme a la invención,

10 la figura 8 una cuarta forma de ejecución de un sistema de accionamiento conforme a la invención,

la figura 9 una quinta forma de ejecución de un sistema de accionamiento conforme a la invención,

la figura 10 una sexta forma de ejecución de un sistema de accionamiento conforme a la invención,

la figura 11 una séptima forma de ejecución de un sistema de accionamiento conforme a la invención.

15 Un sistema de accionamiento 1 para un barco, mostrado en la figura 1 y conocido del estado de la técnica, comprende un convertidor de circuito intermedio de corriente continua 2, que a su vez comprende un convertidor de corriente 3 en el lado de la red y un convertidor de corriente 4 en el lado de la máquina. El convertidor de corriente 3 en el lado de la red está unido en el lado de entrada, a través de un transformador 6, a una red de tensión alterna 7 y, en el lado de salida, al circuito intermedio de corriente continua 5. El convertidor de corriente 4 en el lado del motor está unido en el lado de entrada al circuito intermedio de corriente continua 5 y, en el lado de salida, a una máquina de accionamiento de corriente trifásica 8. Los convertidores de corriente 3 y 4 comprenden en cada caso varias válvulas de convertidor de corriente, que están configuradas como conmutadores semiconductores electrónicos de potencia.

20 El circuito intermedio de corriente continua 5 comprende dos líneas 9, 10, en donde en la línea 9 está conectado un estrangulador de nivelación de corriente continua 11, que se usa como acumulador de energía para la corriente de circuito intermedio I_z , de tal modo que en caso ideal (inductividad infinitamente grande del estrangulador 11), circula una corriente de circuito intermedio I_z constante, idealmente nivelada. El sentido de corriente de la corriente de circuito intermedio I_z no puede invertirse aquí por principio, ya que está prefijada en los convertidores de corriente 3 y 4 en el lado de la red y de la máquina mediante los conmutadores semiconductores, en los que se trata habitualmente de tiristores.

30 Como se muestra en la figura 2, el convertidor de corriente 3 en el lado de la red se ejecuta para grandes potencias a menudo con 12 pulsos (o incluso con más pulsos), para obtener reacciones de armónicos-red reducidas. El convertidor de corriente 4 en el lado de la máquina se ejecuta casi siempre sólo con 6 pulsos. Para potencias muy grandes y/o si se imponen requisitos de redundancia, mediante la utilización de varios convertidores la alimentación de máquinas puede realizarse además con varios sistemas de devanado trifásicos (no representado).

35 La regulación y la activación de los dos convertidores de corriente 3, 4 se realizan habitualmente mediante un llamado "control y regulación en torno a convertidores de corriente", en función del momento nominal del motor prefijado. La prefijación del momento de giro nominal se realiza normalmente mediante una regulación del número de revoluciones superpuesta. Los componentes de control y regulación necesarios no se han representado en las figuras.

40 En el caso de la máquina de campo giratorio se trata por ejemplo de una máquina sincrónica con una potencia en el margen de megavatios de una o dos cifras, que se usa como accionamiento principal de propulsión de un barco.

45 Para la aplicación antes explicada como accionamiento de barco, los cuatro cuadrantes del diagrama de número de revoluciones-momento de giro pueden representarse de forma muy simplificada, como se muestra en la figura 3 (representación simplificada de las llamadas "curvas de Robinson"). En especial si se usan hélices con aletas fijas ("hélices fijas"), es imprescindible el funcionamiento generador en los cuadrantes IV o II, para poder frenar la hélice e invertir el sentido de giro de la hélice. El motivo de esto es que el barco en movimiento representa una llamada

“carga de transmisión” a través del agua que fluye. Los segmentos de curva correspondientes se han representado en la figura 3 con línea continua y se han dotado del símbolo de referencia 12.

La figura 4 muestra la diferente polaridad de la tensión de circuito intermedio U_z , para el caso del sistema de accionamiento de la figura 2, para los funcionamientos motórico y generador de la máquina de corriente trifásica 8. Con ello la flecha designada con el símbolo de referencia 13 aclara la polaridad de la tensión de circuito intermedio U_z en funcionamiento motórico y la flecha designada con el símbolo de referencia 14, con dirección inversa, la polaridad de la tensión de circuito intermedio U_z en funcionamiento generador.

Un sistema de accionamiento 1 conforme a la invención mostrado en la figura 5 presenta los mismos componentes que el sistema de accionamiento mostrado en la figura 2 y, además de esto, un dispositivo de absorción de energía 20 dispuesto en el circuito intermedio de corriente continua 5. El dispositivo de absorción de energía 20 está conectado para esto entre las dos líneas 9, 10 del circuito intermedio de corriente continua 5. El dispositivo de absorción de energía 20 comprende una resistencia 21 como absorbedor de energía para absorber la energía eléctrica, que genera la máquina de accionamiento de corriente trifásica 8 en funcionamiento generador y entrega al circuito intermedio 5, a través del convertidor de corriente 4 en el lado del motor. El dispositivo de absorción de energía 20 puede comprender naturalmente como absorbedor de energía, en lugar de una única resistencia 21, también varias resistencias o varios acumuladores de energía conectados en serie y/o paralelo.

En el caso representado en la figura 5 la resistencia eléctrica 21 está diseñada de tal modo, que a través de la misma puede absorberse toda la energía que genera la máquina de accionamiento de corriente trifásica durante un proceso de frenado del barco en funcionamiento generador.

El dispositivo de absorción de energía 20 comprende asimismo un diodo 22 conectado en serie a la resistencia 21, que está polarizado de tal modo que es conductor en el caso de una polaridad de la tensión de circuito intermedio U_z presente en funcionamiento generador, que está ilustrada mediante la flecha 14, y corta en el caso de una polaridad de la tensión de circuito intermedio U_z presente en funcionamiento motórico, que está ilustrada mediante la flecha 13. Una corriente sólo puede circular a través de la resistencia 21 si el diodo 22 es conductor, es decir, si se aplica una tensión de circuito intermedio U_z correspondiente al funcionamiento de frenado (funcionamiento generador). En la figura 5 es éste el caso si la línea 9 presenta un potencial negativo y la línea 10 un potencial positivo. Con ello en la figura 5 se muestra para el funcionamiento motórico la dirección de la corriente de circuito intermedio I_z , es decir de la corriente de accionamiento, con una línea representada a puntos y designada con 15 y para el funcionamiento generador la dirección de la corriente de circuito intermedio I_z , es decir la corriente de frenado, con una línea representada a trazos y designada con 16.

El convertidor de corriente 3 en el lado de la red puede llevarse en funcionamiento de frenado a un estado de inactividad, en el que se cortan los impulsos de encendido para las válvulas de este convertidor de corriente, de tal modo que no puede circular ninguna potencia inversa desde el circuito intermedio 5, a través del convertidor de corriente 3, hasta la red 7.

En el caso de un sistema de accionamiento 1 mostrado en la figura 6, el dispositivo de absorción de energía 20 comprende además un conmutador 23 conectado a la resistencia 21 y al diodo 22, de tal modo que la función “frenado con resistencia de frenado” puede acoplarse o desacoplarse en caso necesario. Después se recomienda también conectar en paralelo a la resistencia 21 un llamado diodo de marcha libre 24, para que la energía acumulada en la inductividad parasitaria de la resistencia 21 (y dado el caso sus líneas de conexión eléctricas) no conduzca a unas cargas inadmisiblemente altas del conmutador 23 al desconectar una corriente de frenado.

En el caso de un sistema de accionamiento 1 mostrado en la figura 7, el dispositivo de absorción de energía 20 comprende varias resistencias óhmicas 21 conectadas mutuamente en paralelo, en cada caso con un conmutador 23 conectado en serie a las mismas. Además de esto a cada una de las resistencias 21 está conectado en paralelo en cada caso un diodo de marcha libre 24. En funcionamiento generador de la máquina de accionamiento de corriente trifásica 8 puede variarse de forma escalonada de este modo, mediante el acoplamiento o desacoplamiento de resistencias 21, la absorción de potencia de frenado y, de este modo, adaptarse al momento de frenado necesario en función de la situación. Con una resistencia de frenado invariable la tensión de motor inducida en el motor al frenar y que se reduce conforme disminuye el número de revoluciones, produciría en caso contrario una corriente de frenado también en disminución y de este modo un momento de frenado cada vez menor.

Como se ha representado en la figura 8, el dispositivo de absorción de energía 20 puede comprender también varias resistencias 21 conectadas en serie, en donde varias o todas ellas comprenden un conmutador 23 conectado en paralelo a las mismas para puentear la resistencia 21. Además de esto está conectado en paralelo en cada caso un diodo de marcha libre 24 a cada una de las resistencias 21. Mediante la apertura y el cierre del conmutador 23 pueden puentearse después algunas o varias resistencias 21, de tal modo que la absorción de potencia de frenado puede controlarse y/o regularse en función del momento de frenado necesario.

Las posibilidades representadas en la figura 7 u 8 para variar o controlar la resistencia de frenado efectiva y, de este modo, la absorción de potencia de frenado de la máquina de accionamiento de corriente trifásica 8 pueden utilizarse alternativamente o combinadas entre sí (no representado).

El conmutador o los conmutadores 23 pueden estar configurados como conmutadores semiconductores electrónicos de potencia desconectables o no desconectables (llamados desde ahora "semiconductores de potencia"). La figura 9 muestra para esto, para el caso del ejemplo de ejecución de la figura 6, una configuración del conmutador 23 de forma ventajosa como un semiconductor de potencia 25 controlable, desconectable en forma de un IGBT.

Si para el semiconductor de potencia se usa un semiconductor de potencia de corte inverso, puede prescindirse también de un diodo conectado en serie a la resistencia para activar la absorción de energía. La figura 10 muestra para esto, para el caso del ejemplo de ejecución de la figura 6, que en lugar del diodo 22 se usa un semiconductor de potencia de corte inverso, conectado en serie a la resistencia 21 y que se ha representado en la figura 10 en forma de un tiristor 26.

Un semiconductor de potencia de corte inverso es por ello muy adecuado para esta utilización, ya que puede absorber tanto una tensión de corte como una tensión de bloqueo, es decir, un semiconductor de potencia 26 de este tipo puede asumir también la función del diodo 22, como se ha representado por ejemplo en la figura 6 y en la figura 7.

El semiconductor de potencia de corte inverso, en la figura 10 el tiristor 26, está polarizado de tal modo que, en el caso de una polaridad de la tensión de circuito intermedio presente en funcionamiento generador, puede conmutarse a un estado conductor, y corta en el caso de una polaridad de la tensión de circuito intermedio U_z presente en funcionamiento motórico.

Debido a que los tiristores no son elementos constructivos electrónicos de potencia desconectables, después de una sola activación ("encendido") del tiristor 26 circula una corriente de frenado a través de la respectiva resistencia 21, hasta que se alcanza el paso por cero de la corriente. Éste es el caso si la energía de frenado aplicada a la resistencia 21 prácticamente se ha anulado por completo o el convertidor 2 se ha llevado de nuevo al funcionamiento motórico, de tal modo que el tiristor 26 vuelve a cortar a la tensión de circuito intermedio U_z que se ajusta con ello.

La utilización de semiconductores de potencia controlables, desconectables (por ejemplo IGBTs, IGCTs) y de semiconductores de potencia controlables, no desconectables (por ejemplo tiristores) para los conmutadores 23 puede realizarse alternativamente o mutuamente en combinación (no representado).

Como se ha representado en la figura 11, es asimismo especialmente ventajoso si el sistema de accionamiento comprende un dispositivo de vigilancia y control 27, que está diseñado de tal modo que controla y/o regula la absorción de potencia eléctrica de frenado de la máquina de accionamiento de corriente trifásica 8 mediante el dispositivo de absorción de energía 20, en función de un momento de frenado nominal M_{Br}^* deseado de la máquina de accionamiento de corriente trifásica 8 y en función de valores reales del sistema de accionamiento 1. El dispositivo de vigilancia y control 27 detecta y valora para esto la polaridad de la tensión de circuito intermedio U_z y/o el valor de la tensión de circuito intermedio U_z y/o la corriente de circuito intermedio I_z y/o el número de revoluciones n y/o la tensión de motor U_M , y genera a partir de aquí señales de activación para los conmutadores 23, de tal modo que pueda realizarse una variación o adaptación adecuada y/o dependiente del punto de trabajo del sistema de accionamiento 1 de la potencia de frenado efectiva en cada caso, por ejemplo mediante el acoplamiento y/o desacoplamiento de resistencias de frenado 21 (como se ha explicado con relación a la figura 7 y a la figura 8).

Para los conmutadores 23 es después especialmente ventajoso que se utilicen semiconductores de potencia para ello desconectables o no desconectables, como los que se ha representado ya a modo de ejemplo en las figuras 9 y 10.

El dispositivo de absorción de energía 20 puede ejecutarse también de forma continua, aparte de la variación de forma escalonada de la absorción de potencia de frenado, por medio de que como absorbedores de energía se utilicen absorbedores de energía variables de forma continua, por ejemplo resistencias óhmicas variables de forma continua.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de accionamiento (1) para una instalación con una red autónoma de tensión alterna (7), en especial para un barco o una plataforma de alta mar, con

- 5 - una máquina de accionamiento de corriente trifásica (8), que puede hacerse funcionar tanto de forma motórica como generadora,
- un convertidor (2) con un circuito intermedio de corriente continua (5) con una tensión de circuito intermedio (U_z),
- 10 - en donde el convertidor (2) comprende un convertidor de corriente (3) en el lado de la red y un convertidor de corriente (4) en el lado de la máquina, en donde el convertidor de corriente (3) en el lado de la red puede unirse en el lado de entrada a la red autónoma de tensión alterna (7) y, en el lado de salida, está unido al circuito intermedio de corriente continua (5) y el convertidor de corriente (4) en el lado del motor está unido, en el lado de entrada, al circuito intermedio de corriente continua (5) y, en el lado de salida, a la máquina de accionamiento de corriente trifásica (8),
- 15 - en donde la máquina de accionamiento de corriente trifásica (8) en funcionamiento motórico absorbe a través del convertidor (2) energía eléctrica desde la red autónoma de tensión alterna (7) y en funcionamiento generador genera energía y, a través del convertidor de corriente (4) en el lado del motor, la entrega al circuito intermedio (5),
- 20 - y con un dispositivo de absorción de energía (20) dispuesto en el circuito intermedio (5) con al menos un absorbedor de energía (21), que de forma preferida se compone de al menos una resistencia óhmica, para absorber al menos una parte de la energía eléctrica, que la máquina de accionamiento de corriente trifásica (8) genera en funcionamiento generador y entrega al circuito intermedio (5) a través del convertidor de corriente (4) en el lado del motor,

caracterizado porque

- 25 - el dispositivo de absorción de energía (20) comprende varios absorbedores de energía (21) y para su activación un diodo (22) conectado en serie a los absorbedores de energía (21), que está polarizado de tal manera que es conductor en el caso de una polaridad de la tensión de circuito intermedio (U_z) presente en funcionamiento generador y corta, en el caso de una polaridad de la tensión de circuito intermedio (U_z) presente en funcionamiento motórico,
- 30 - y porque el dispositivo de absorción de energía (20) está configurado de forma variable con relación a una absorción de potencia eléctrica de frenado de la máquina de accionamiento de corriente trifásica (8), en donde el dispositivo de absorción de energía (20) para modificar la absorción de potencia eléctrica de frenado de la máquina de accionamiento de corriente trifásica (8) comprende, para al menos una parte de los absorbedores de energía (21), en cada caso un conmutador (23) conectado en serie o en paralelo al respectivo absorbedor de energía (21) y al menos un absorbedor de energía (21) está configurado como un acumulador de energía, en especial como una batería de capacitadores de alta potencia o una batería electroquímica, por ejemplo un acumulador, o un acumulador de rueda de impulsión.

2. Sistema de accionamiento (1) según la reivindicación (1), caracterizado porque el conmutador o los conmutadores (23) están configurados como semiconductores electrónicos de potencia.

3. Sistema de accionamiento (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque al menos uno de los absorbedores de energía (21) está configurado, para variar la absorción de potencia eléctrica de frenado de la máquina de accionamiento de corriente trifásica (8), como una resistencia óhmica variable de forma continua.

4. Sistema de accionamiento (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por un dispositivo de vigilancia y control (27) para controlar y/o regular la absorción de potencia de frenado de la máquina de accionamiento de corriente trifásica (8) mediante el dispositivo de absorción de energía (20), en función de un momento de frenado nominal M_{Br}^* deseado de la máquina de accionamiento de corriente trifásica (8) y en función de valores reales del sistema de accionamiento 1.

5. Sistema de accionamiento (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la máquina de accionamiento de corriente trifásica (8) presenta una potencia en un margen de megavatios de una o varias cifras.

FIG 1

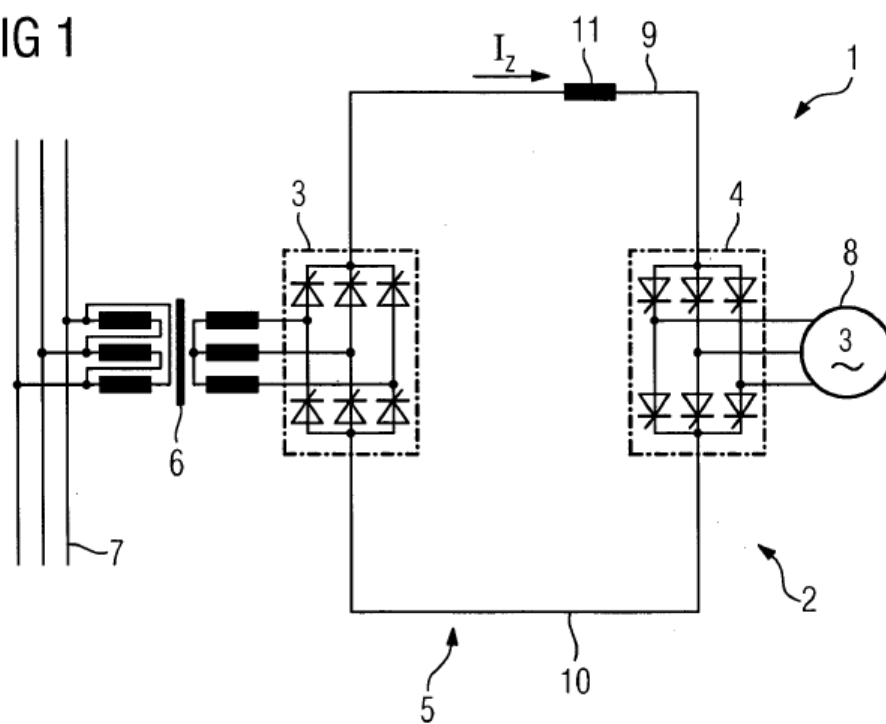


FIG 2

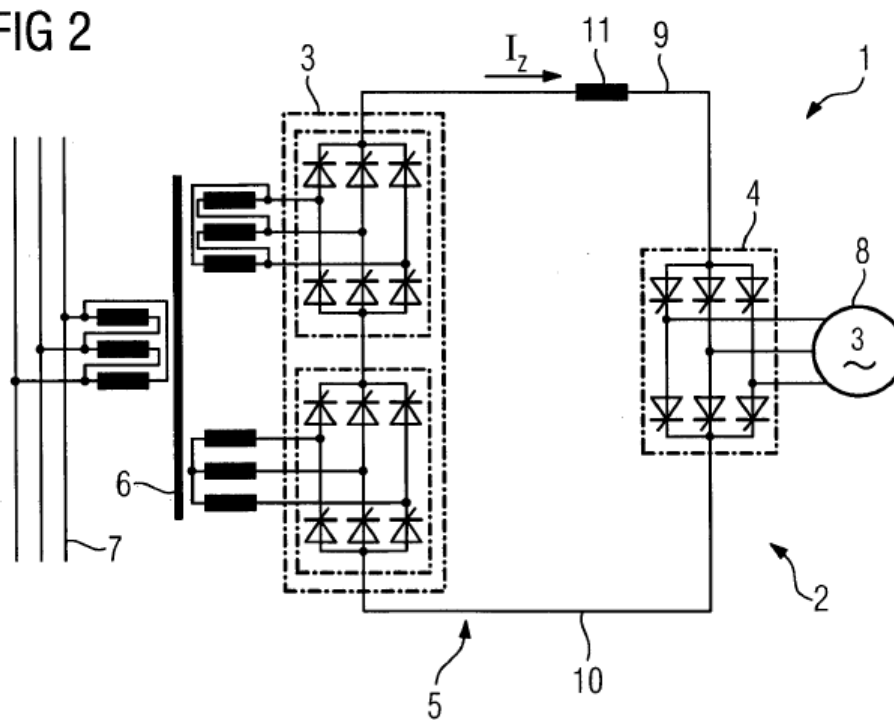


FIG 3

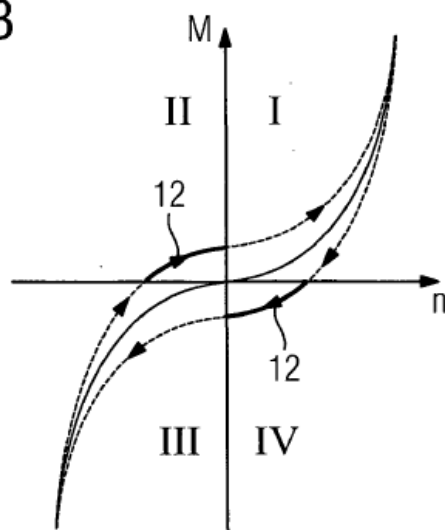


FIG 4

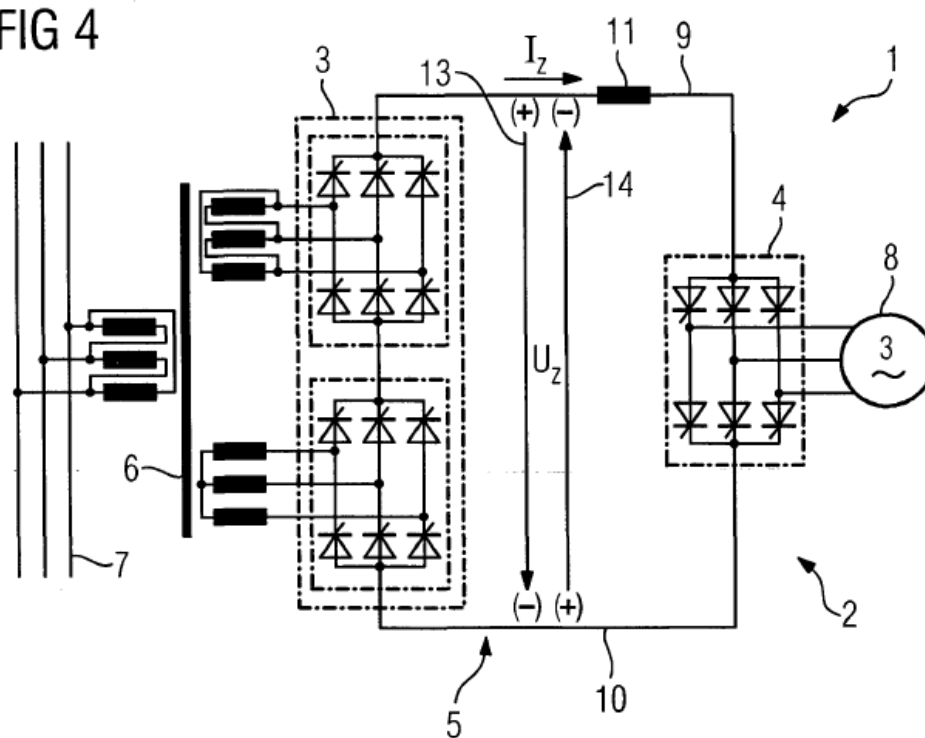


FIG 5

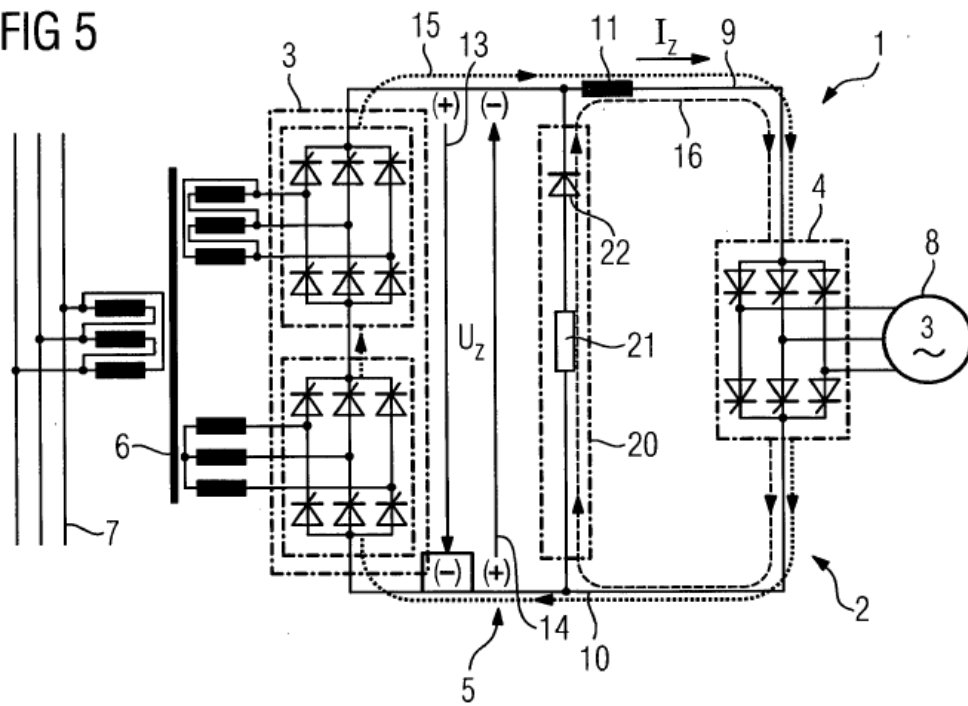


FIG 6

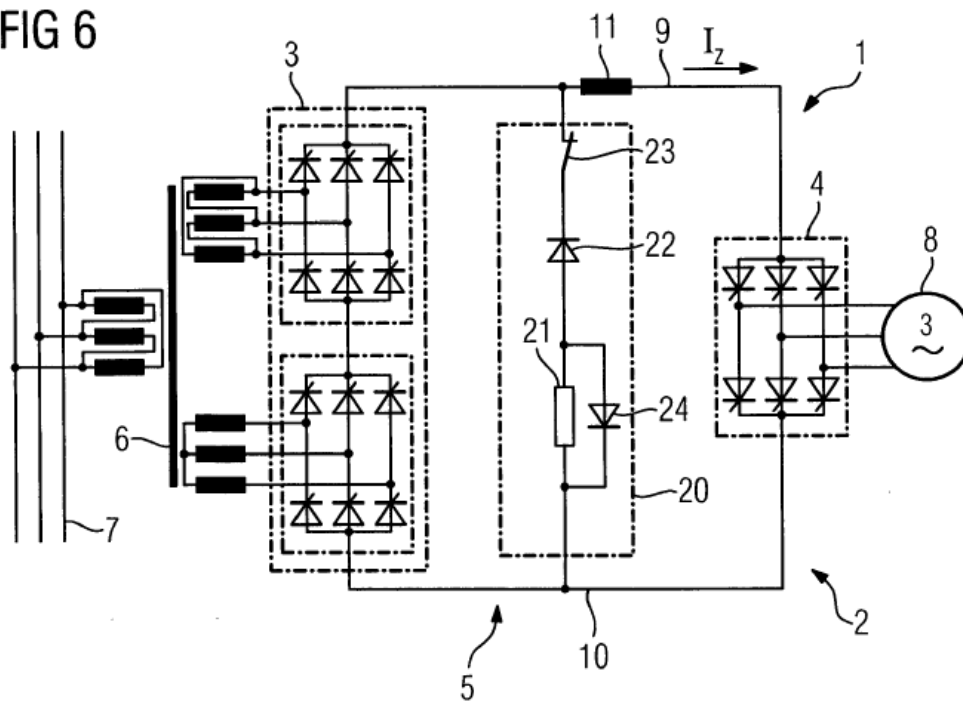


FIG 7

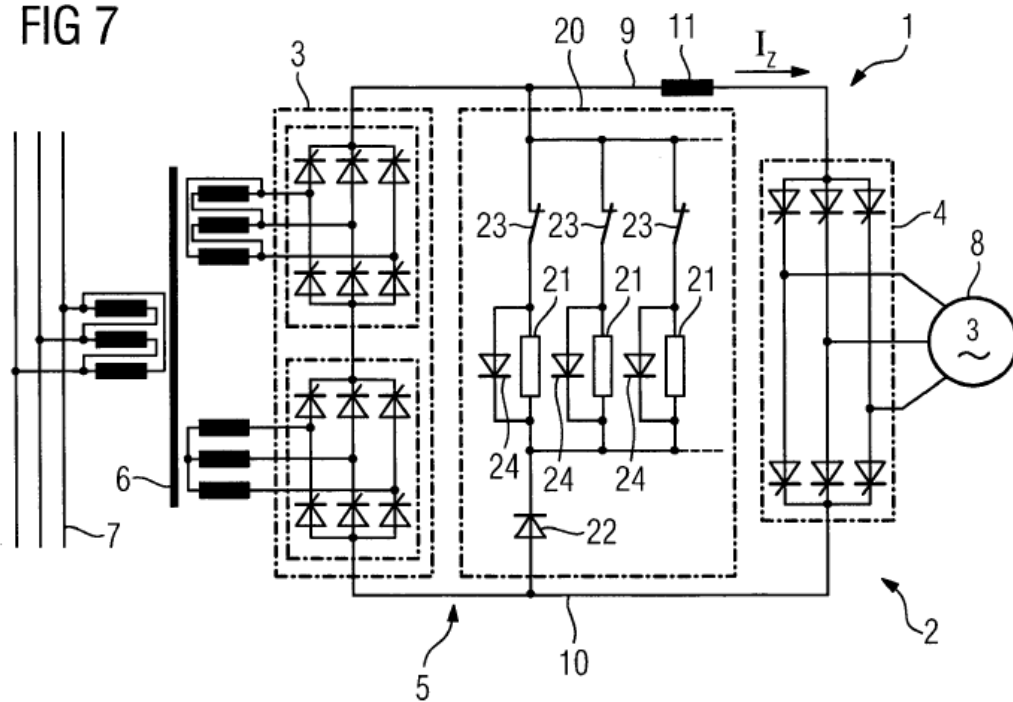


FIG 8

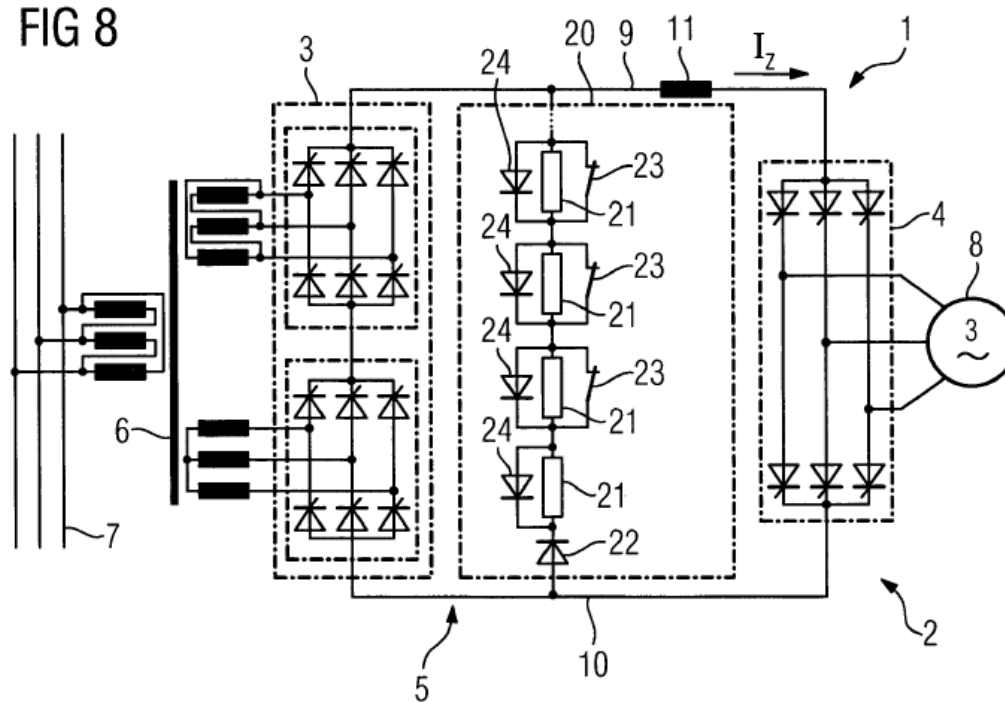


FIG 9

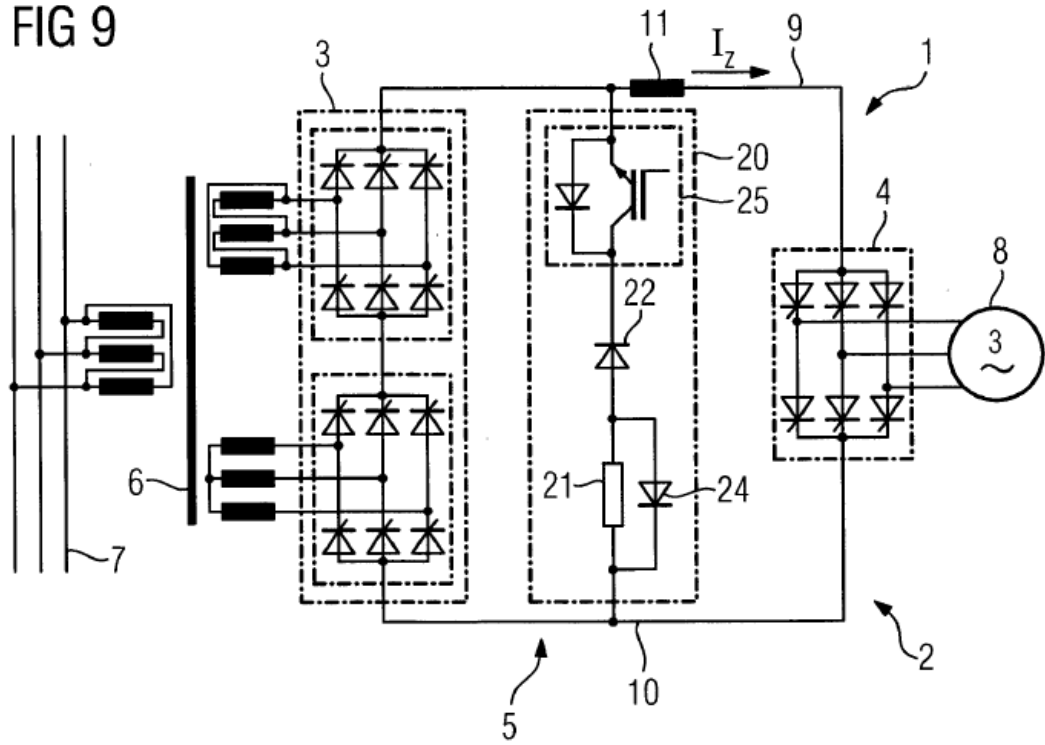


FIG 10

