

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 502 942**

51 Int. Cl.:

B61C 7/02 (2006.01)

B61C 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2010** **E 10160183 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.08.2014** **EP 2256013**

54 Título: **Sistema de accionamiento híbrido para vehículos ferroviarios**

30 Prioridad:

28.05.2009 DE 102009023101

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

06.10.2014

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

KÖRNER, OLAF

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 502 942 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 híbrido para vehículos ferroviarios

5 La invención se refiere a un sistema de accionamiento con una máquina dinamo-eléctrica, con un motor de combustión, con un acumulador de energía eléctrica y con un acumulador de presión, en el que la máquina dinamoeléctrica puede ser accionada desde el motor de combustión, para cargar el acumulador de energía eléctrica. A través del acumulador de energía se pueden alimentar entonces uno o varios motores de accionamiento con energía eléctrica para accionar, por ejemplo, un vehículo ferroviario.

Un sistema de accionamiento de este tipo se conoce a partir del documento US 2008/0083576 A1.

10 Tales sistemas de accionamiento híbridos se emplean, por ejemplo, en vehículos ferroviarios diesel eléctricos. El mismo concepto de accionamiento se conoce también para vehículos ferroviarios como turismos y autobuses. En general, en este caso, el acumulador de energía está realizado como condensador de circuito intermedio, que está conectado en el lado de entrada a través de un rectificador la mayoría de las veces trifásico acoplado con la máquina dinamoeléctrica y está acoplado a través de un inversor la mayoría de las veces igualmente trifásico con los motores de accionamiento del vehículo correspondiente. Un sistema del tipo indicado al principio se basa en la idea de crear un vehículo accionado eléctricamente, de tal manera que su energía se obtiene a partir de combustibles fósiles y de esta manera no está ligado a la electrificación del recorrido.

15 Una ventaja de los accionamientos eléctricos frente a los accionamientos con motores de combustión es, además de la dinámica comparativamente alta, que presentan estos accionamientos también sin engranaje mecánico, su capacidad de realimentación, Estos sistemas de accionamiento diesel eléctricos han sido desarrollados, sin embargo, en primer término con la finalidad de poder ser accionados también sin electrificación. De esta manera, en tales sistemas no se tiene en cuenta la posibilidad de realimentar energía de frenado a un sistema de alimentación.

20 Para posibilitar un frenado recuperativo se conoce acondicionar paralelamente al condensador de circuito intermedio un acumulador de energía eléctrica mucho más grande, con respecto a su capacidad, que puede almacenar temporalmente una energía eléctrica generada por generador durante el frenado por medio de los motores de accionamiento. Como acumulador de energía eléctrica se emplean para esta finalidad condensadores de doble capa (designados en inglés también como "SuperCaps". Tales sistemas de energía eléctrica son muy caro y pesados especialmente en el caso de las altas capacidades de almacenamiento requeridas. Sin embargo, en el caso de un sistema de accionamiento previsto para un vehículo, se pretende un peso total lo más bajo posible.

25 La invención tiene el cometido de proponer un sistema de accionamiento híbrido lo más económico posible con la posibilidad de un frenado recuperativo.

Este cometido se soluciona a través de un sistema de accionamiento con las características de la reivindicación 1, es decir, a través de un sistema de accionamiento con

- una máquina dinamoeléctrica,

- un motor de combustión para el accionamiento de la máquina dinamoeléctrica,

35 - un acumulador de energía eléctrica para el almacenamiento de una energía eléctrica cedida por la máquina dinamoeléctrica en una operación de generación, y

- un acumulador de presión,

40 en el que el sistema de accionamiento está configurado de tal forma que la máquina dinamoeléctrica se puede accionar tanto con la energía acumulada en el acumulador de energía eléctrica como también con una energía almacenada en el acumulador de presión.

Las formas de realización ventajosas de la invención se pueden deducir a partir de las reivindicaciones dependientes.

45 La invención se basa en el reconocimiento de que se puede reforzar un sistema de accionamiento híbrido a través de la incorporación del acumulador de presión ligero y económico, constituido de forma comparativamente sencilla de una forma especialmente eficiente para una recuperación de energía de frenado. La máquina dinamoeléctrica está acoplada a tal fin tanto con el acumulador de energía eléctrica como también con el acumulador de presión, de manera que el flujo de energía para el accionamiento de la máquina se puede realizar a través de los dos acumuladores. Si se acciona la máquina dinamoeléctrica con la ayuda de la energía almacenada en el acumulador de energía eléctrica, entonces trabaja como motor. Por lo tanto, convierte la energía eléctrica en energía mecánica, que se puede utilizar para comprimir un medio dispuesto en el acumulador de presión. Esto se realiza, por ejemplo, durante un frenado de un vehículo, que está equipado con el sistema de accionamiento de acuerdo con la invención. En tal caso, los motores de accionamiento del vehículo generarían energía eléctrica por generador. Esta energía

eléctrica es utilizada para el accionamiento de la máquina dinamoeléctrica, que comprime de nuevo el medio en el acumulador de presión.

5 En el acumulador de energía eléctrica se puede tratar aquí especialmente de un condensador de circuito intermedio de un convertidor. Éste sirve en primer término para la filtración de la tensión del circuito intermedio y es alimentado en el accionamiento eléctrico descrito anteriormente de la máquina dinamoeléctrica de manera permanente por los motores de accionamiento. De esta manera, la energía fluye hacia el accionamiento de la máquina dinamoeléctrica desde los motores de accionamiento a través del condensador de circuito intermedio, que funciona aquí como acumulador de energía eléctrica en el sentido de la reivindicación 1, hacia la máquina dinamoeléctrica.

10 La energía acumulada de esta manera en el acumulador de presión está disponible de nuevo, por ejemplo, para un proceso de aceleración. Por lo tanto, se puede utilizar para accionar la máquina dinamoeléctrica, de manera que ésta trabaja como generador y carga el acumulador de energía eléctrica.

15 En el funcionamiento normal de un sistema de accionamiento híbrido de este tipo se acciona la máquina dinamoeléctrica desde un motor de combustión, que obtiene su energía a partir de un portador de energía móvil, Especialmente en fases de aceleración, a través del acumulador de presión de acuerdo con la invención se puede reducir extremadamente al mínimo el consumo de combustible. El acumulador de presión está en condiciones de proporcionar casi sin demora la energía necesaria para la aceleración. Los picos de potencia, como se necesitan durante un proceso de aceleración, no tienen que ser preparados ya sólo a través del motor de combustión, sino que pueden ser suministrados, al menos parcialmente, a través de la energía almacenada en el acumulador de presión.

20 En configuración ventajosa de la invención, el motor de combustión se puede accionar a través de la energía almacenada en el acumulador de presión. En tal configuración de la invención se acelera en primer lugar el motor de combustión con la energía almacenada en el acumulador de presión, que acciona a continuación la máquina dinamo eléctrica a través de un árbol de accionamiento.

25 Una forma de realización especialmente ventajosa de la invención desde puntos de vista de la eficiencia se caracteriza porque el motor de combustión está realizado como motor Diesel. Los motores Diesel tienen en comparación con los motores de gasolina un rendimiento más elevado. Además, la densidad de la energía del combustible Diesel es relativamente alta, de modo que se pueden conseguir alcances altos con un vehículo accionado con medios diesel eléctricos.

30 En configuración ventajosa de la invención, el sistema de accionamiento comprende una máquina de energía de fluido acoplada con el motor de combustión a través de un árbol de accionamiento, de manera que la máquina de energía de fluido está configurada para convertir la energía acumulada en el acumulador de presión en energía mecánica para el accionamiento del motor de combustión. La máquina de energía de fluido, en la que se trata especialmente de una unidad de moto-bomba, es accionada durante un proceso de frenado delante del motor de combustión, de manera que se comprime un medio que se encuentra en el acumulador de presión. La energía obtenida de esta manera se puede utilizar en un proceso de aceleración, siendo accionada la máquina de energía de fluido como motor y apoyando al motor de combustión. En este caso es ventajoso que la máquina de energía d efluído puede ser accionada a través del árbol de accionamiento para la compresión de un medio almacenado en el acumulador de presión a través del motor de combustión. En tal configuración, la máquina de energía de fluido está conectada a través del árbol de accionamiento con el motor de combustión que, por su parte, está acoplado a través de otro árbol de accionamiento con la máquina dinamoeléctrica. En el caso de frenado recuperativo, la máquina dinamoeléctrica acciona a través del otro árbol de accionamiento el motor de combustión que, por su parte, actúa a través del árbol de accionamiento sobre la máquina de energía de fluido que, actuando como bomba, comprime el medio en el acumulador de presión.

En una forma de realización de la invención, se consigue un tipo de construcción especialmente compacto, en el que la máquina de energía d efluído está embridada en el motor de combustión.

45 Se puede prescindir de la máquina de energía de fluido en otra configuración de la invención cuando el motor de combustión está instalado como compresor para la compresión y expansión de un medio almacenado en el acumulador de presión. En este caso, la función de la máquina de energía de fluido descrita anteriormente es asumida al mismo tiempo directamente por el motor de combustión. Durante la expansión del medio se acciona el motor de combustión a través del medio como fuente de energía adicional o incluso alternativa al combustible.

50 Otra forma de realización ventajosa del sistema de accionamiento de acuerdo con la invención se caracteriza porque éste presenta un primer convertidor a través el cual la máquina dinamoeléctrica está conectada con el acumulador de energía eléctrica, al menos un motor de accionamiento y un segundo convertidor, a través del cual el al menos un motor de accionamiento está conectado con el acumulador de energía eléctrica. Para posibilitar el frenado recuperativo, ambos convertidores deben permitir un flujo de energía bidireccional. De esta manera, el primer convertidor se puede realizar como inversor de impulsos con componentes semiconductores desconectables.

En una configuración ventajosa de la invención, el acumulador de energía eléctrica está realizado como

condensador de circuito intermedio. De esta manera, el sistema de accionamiento puede ser accionado con convertidores de circuito intermedio de tensión habituales y probados muchas veces. El condensador de circuito intermedio sirve en primer término para el filtrado de la tensión de circuito intermedio. Las ondulaciones de conmutación provocadas por los semiconductores de potencia se reducen fuertemente a través de una capacidad seleccionada suficientemente grande del condensador de circuito intermedio.

De acuerdo con la zona de potencia, también es concebible, naturalmente, y comprendido por la invención, realizar el acumulador de energía eléctrica como bobina de circuito intermedio y configura el rectificador de corriente de manera correspondiente como convertidor de circuito intermedio de corriente con componentes semiconductores correspondientes.

Un motor de arranque propio que actúa de forma dinamoeléctrica para el motor de combustión se puede ahorrar en una configuración ventajosa de la invención porque están presentes medios para el arranque del motor de combustión en el sistema de accionamiento.

El sistema de accionamiento propuesto es adecuado para los más diferentes vehículos. En particular, vehículos ferroviarios como por ejemplo locomotoras diesel eléctricas pueden ser accionadas de forma muy eficiente con un sistema de accionamiento de acuerdo con una de las formas de realización descritas anteriormente.

A continuación se describe en detalle y se explica la invención con la ayuda de los ejemplos de realización representados en las figuras. En este caso:

La figura 1 muestra un sistema de accionamiento diesel eléctrico conocido a partir del estado de la técnica.

La figura 2 muestra un sistema de accionamiento de acuerdo con una forma de realización de la invención, y

La figura 3 muestra otro sistema de accionamiento de acuerdo con otra forma de realización de la invención.

La figura 1 muestra un sistema de accionamiento diesel eléctrico conocido a partir del estado de la técnica. Este sistema de accionamiento comprende un motor de combustión 2 configurado como motor Diesel, que está conectado a través de un árbol con una máquina dinamo eléctrica 1 accionada como generador. Un primer convertidor 7, que es accionado como rectificador, convierte una tensión alterna trifásica, que se encuentra en los terminales de salida de la máquina dinamo eléctrica 1 en una tensión continua. Ésta se encuentra en un acumulador de energía eléctrica 3, que está realizado como condensador de circuito intermedio y está dimensionado de tal forma que las ondulaciones de conmutación generadas por los componentes de semiconductores del primer convertidor 7 o bien de un segundo convertidor 9 son filtradas en una medida suficiente y una tensión de circuito intermedio, que se encuentra en el condensador de circuito intermedio, permanece esencialmente constante.

A través de un segundo convertidor 9 se convierte la tensión de circuito intermedio en una tensión alterna trifásica, que se aplica en los terminales de motores de accionamiento 8, con los que el vehículo diesel eléctrico es finalmente accionado. En el sistema de accionamiento representado aquí, la máquina dinamo eléctrica trabaja siempre como generador.

Se posibilita un frenado regenerativo a través de un acumulador de energía adicional, que está conectado paralelamente al condensador de circuito intermedio. En este caso se trata de los llamados SuperCaps 10, que están acoplados a través de un convertidor de tensión continua 11 en el condensador de circuito intermedio. Durante el frenado del sistema de accionamiento, los motores de accionamiento 8 trabajan de forma regenerativa, de manera que éstos cargan a través del segundo convertidor 9 el condensador de circuito intermedio y los SuperCaps 10. En el caso de una aceleración del sistema de accionamiento, se puede proporcionar ahora la energía eléctrica almacenada en los SuperCaps 10 adicionalmente a la energía acondicionada por medio del generador Diesel y de la máquina 1 dinamo eléctrica.

El acumulador de energía eléctrica 3 o bien la energía acumulada en los SuperCaps 10 no sólo se utiliza para el accionamiento del vehículo, sino adicionalmente para la alimentación de accionamientos auxiliares. A tal fin, un tercer convertidor 12 convierte la tensión continua e una tensión alterna trifásica para la alimentación de otros componentes en el sistema de accionamiento.

Para evitar una sobretensión en el condensador de circuito intermedio, el sistema de accionamiento representado comprende, además, una resistencia de freno 13, en la que se puede "disipar" energía excesiva de manera habitual. Tan pronto como se detecta una sobretensión en el circuito intermedio, se enciende un Gate-Turn-of Thyristor (GTO) 14, de manera que el condensador de circuito intermedio se puede descargar a través de la resistencia de freno hasta tal punto que tensión de circuito intermedio se encuentra por debajo de un valor umbral admisible.

El almacenamiento de la energía acondicionada de forma recuperativa en los SuperCaps 10 es comparativamente caro. Además, se necesita un volumen de construcción considerable para los super condensadores, para poder amortiguar totalmente la energía recuperativa generada durante el frenado de una locomotora diesel eléctrica.

La figura 2 muestra un sistema de accionamiento de acuerdo con una forma de realización de la invención. En principio los elementos equivalentes están provistos en este caso con los mismos signos de referencia que en la figura 1. La diferencia esencial con el sistema de accionamiento según la figura 1 es la configuración y el acoplamiento del acumulador de energía adicional para el alojamiento de la energía de frenado. El motor de combustión 2 no sólo está conectado en este caso a través de un árbol con la máquina dinamo eléctrica, sino también a través de un árbol de accionamiento con una máquina de energía de fluido 6, que está acoplada con un acumulador de presión 4. Con la ayuda de esta máquina de energía de fluido, que está guiada como unidad de moto-bomba, se puede comprimir el medio en el acumulador de presión 4. Esto se realiza porque la unidad de moto-bomba bombea el medio desde un depósito de baja presión 15 a un acumulador de presión 4. La unidad de moto-bomba lleva a cabo este proceso durante el frenado recuperativo. En este caso, la tensión eléctrica acondicionada por los motores de accionamiento durante el proceso de frenado y rectificada por el segundo convertidor 9 es aplicada por el primer convertidor 7 de nuevo como tensión alterna trifásica en los terminales de la máquina dinamo eléctrica 1. En este caso se puede prescindir de los acumuladores de energía eléctrica adicionales caros y pesados con SuperCaps 10 de la figura 1.

El primer convertidor 7 está diseñado como inversor de impulsos con componentes semiconductores activos como IGBTs o GTOs, para que posibilite un flujo de energía bidireccional. La máquina dinamo eléctrica 1 trabaja en este caso de funcionamiento como motor y acciona el motor de combustión 2. Éste actúa de nuevo a través del árbol de accionamiento 5 sobre la unidad de moto-bomba, con la que se bombea el medio desde el depósito de baja presión 15 hasta el acumulador de presión 4.

Si a continuación debe acelerarse el vehículo, el acumulador de presión 4 cede de nuevo su energía a través de la unidad de moto-bomba, de manera que la máquina de energía de fluido 6 acciona el motor de combustión 2 a través del árbol de accionamiento 5. Esta energía es transmitida finalmente desde el motor de combustión 2 sobre la máquina dinamo eléctrica 1, que asume de nuevo de manera correspondiente el funcionamiento generador para acondicionar energía eléctrica para el accionamiento de los motores de accionamiento 8. De acuerdo con la energía necesaria, el motor de combustión adquiere su energía adicionalmente desde un combustible fósil.

El acumulador de presión 4 representado aquí y su acoplamiento con la ayuda de la máquina de energía de fluido 6 con el motor de combustión 2 representa una realización claramente más eficiente y más económica de un sistema de accionamiento híbrido, con el que se puede realimentar energía de freno.

La figura 3 muestra otro sistema de accionamiento de acuerdo con otra forma de realización de la invención. Esta forma de realización se diferencia de la forma de realización representada en la figura 2 porque no está prevista ninguna máquina de energía de fluido 6 propia como compresor para la compresión y para la expansión del medio existente en el acumulador de presión 4. En su lugar, este cometido es asumido de nuevo por el motor de combustión 2. Para posibilitarlo, se conducen desde el acumulador de presión 4 y desde el depósito de baja presión 15, respectivamente, unos conductos de presión 16 directamente sobre uno o dos cilindros del motor de combustión 2. Se suprime la unidad de moto-bomba adicional, de manera que se puede reducir el gasto de hardware para el sistema general.

REIVINDICACIONES

- 1.- Sistema de accionamiento con
- una máquina dinamoeléctrica (1),
 - un motor de combustión (2) para el accionamiento de la máquina dinamoeléctrica (1),
- 5 - un acumulador de energía eléctrica (3) para el almacenamiento de una energía eléctrica cedida por la máquina dinamoeléctrica en una operación de generación, y
- un acumulador de presión (4),
- 10 caracterizado porque el sistema de accionamiento está configurado de tal forma que la máquina dinamoeléctrica (1) se puede accionar tanto con la energía acumulada en el acumulador de energía eléctrica (3) como también con una energía almacenada en el acumulador de presión (4).
- 2.- Sistema de accionamiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el motor de combustión (2) puede ser accionado a través de la energía almacenada en el acumulador de presión (4).
- 3.- Sistema de accionamiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que el motor de combustión (2) está realizado como motor Diesel.
- 15 4.- Sistema de accionamiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores con una máquina de energía de fluido (6) acoplada con el motor de combustión (2) a través de un árbol de accionamiento (5), en el que la máquina de energía de fluido (6) está configurada para convertir la energía almacenada en el acumulador de presión (4) en energía mecánica para el accionamiento del motor de combustión (2).
- 20 5.- Sistema de accionamiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la máquina de energía de fluido (6) puede ser accionada a través del árbol de accionamiento (5) para la compresión de un medio almacenado en el acumulador de presión (4) a través del motor de combustión (2).
- 6.- Sistema de accionamiento de acuerdo con la reivindicación 4 ó 5, en el que la máquina de energía de fluido (6) está embridada en el motor de combustión (2).
- 25 7.- Sistema de accionamiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el motor de combustión (2) está instalado como compresor para la compresión y expansión de un medio almacenado en el acumulador de presión (4).
- 8.- Sistema de accionamiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema de accionamiento presenta
- un primer convertidor (7), a través el cual la máquina dinamoeléctrica (1) está conectada con el acumulador de
- 30 energía eléctrica (3),
- al menos un motor de accionamiento (8) y
 - un segundo convertidor (9), a través del cual el al menos un motor de accionamiento (8) está conectado con el acumulador de energía eléctrica (3).
- 35 9.- Sistema de accionamiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el acumulador de energía eléctrica (3) está realizado como condensador de circuito intermedio.
- 10.- Sistema de accionamiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores con medios para el arranque del motor de combustión (2) a través de la energía acumulada en el acumulador de presión (4).
- 11.- Vehículo ferroviario con un sistema de accionamiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

FIG 1

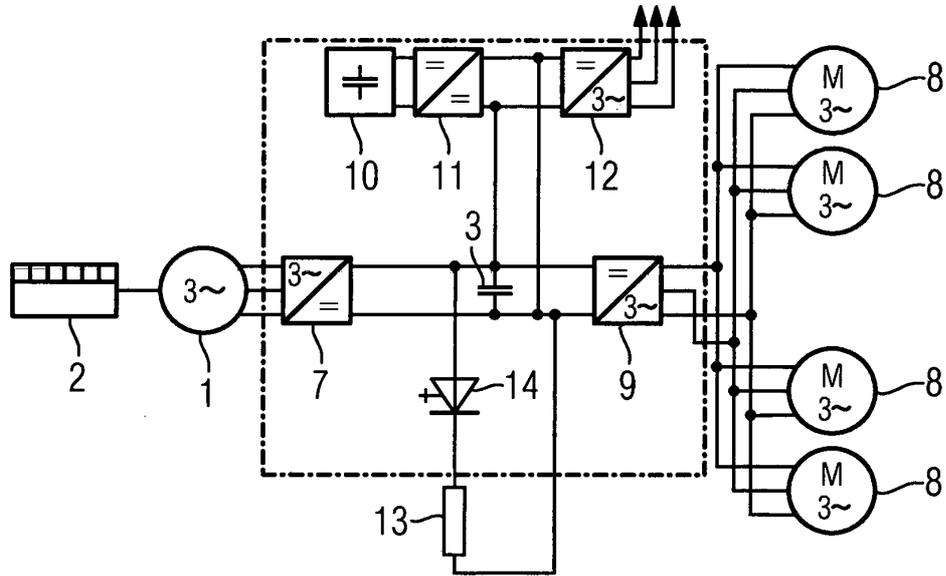


FIG 2

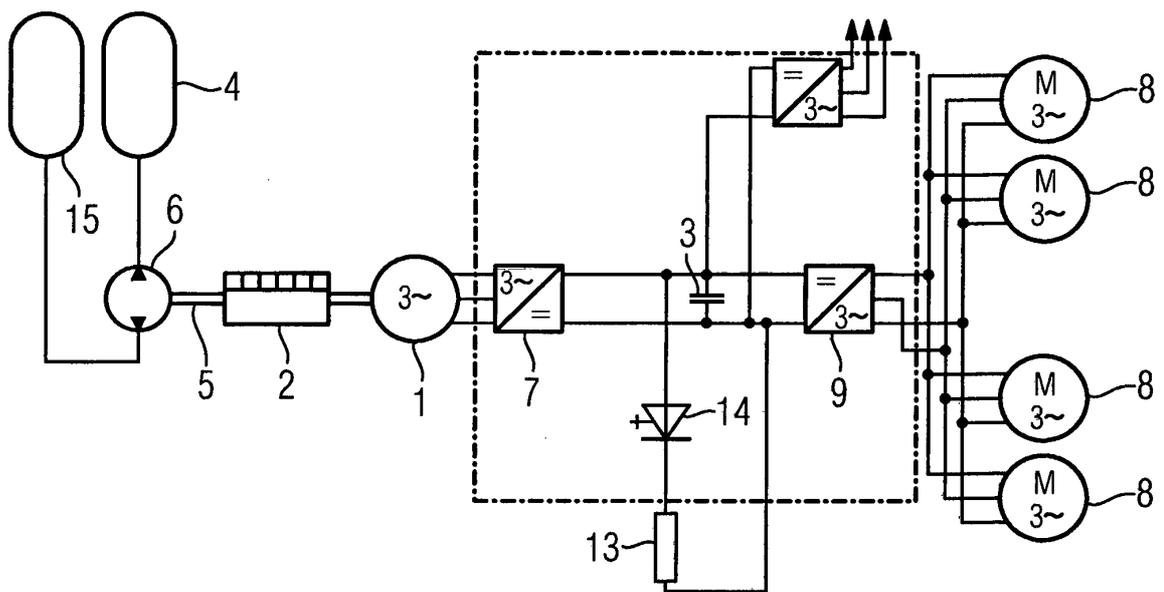


FIG 3

