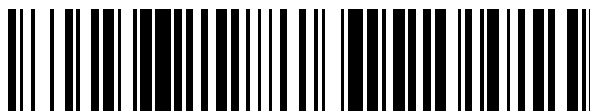


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 703 760**

51 Int. Cl.:

**H02P 3/22**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2009 PCT/EP2009/053657**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.11.2009 WO09138291**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2009 E 09745624 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018 EP 2277259**

54 Título: **Sistema de accionamiento diesel-eléctrico**

30 Prioridad:

**13.05.2008 DE 102008023332**

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

**12.03.2019**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Straße 1  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**HOLWECK, ANDREAS y  
KÖRNER, OLAF**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 703 760 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 diesel-eléctrico

La presente invención hace referencia a un sistema de accionamiento diesel-eléctrico según el preámbulo de la reivindicación 1 y a un procedimiento para la prueba de carga estacionaria de un motor diesel del sistema de accionamiento diesel-eléctrico.

Un sistema de accionamiento diesel-eléctrico conforme al género se conoce por la solicitud DE 10 2007 003 172 A1 y está representado en la figura 1 como esquema de circuito equivalente. En dicho esquema de circuito equivalente la referencia 2 indica un motor diesel, la referencia 4 un generador, en particular un generador síncrono excitado de forma permanente, la referencia 6 un convertidor de circuito intermedio de tensión y la referencia 8 respectivamente una máquina de campo giratorio, en particular un motor asíncrono de corriente trifásica. El convertidor de circuito intermedio de tensión 6, del lado del generador, presenta dos convertidores de pulso de conmutación automática 10 y 12 y, del lado de carga, dos convertidores de pulso 14 y 16 de conmutación automática. Esos convertidores de conmutación automática 10, 12 y 14, 16 están conectados uno con otro de forma eléctricamente conductora, mediante un condensador de circuito intermedio 18, en particular un circuito intermedio de tensión 20 que presenta una batería de condensador de circuito intermedio. El generador 4 presenta sistemas de bobinados polifásicos 22 y 24 que están vinculados respectivamente con conexiones del lado de tensión alterna R1, S1, T1 y R2, S2, T2 de los dos convertidores de pulso de conmutación automática 10 y 12 del lado del generador, mediante un disyuntor 26 y 28. Las conexiones del lado de tensión alterna R1 y R2, así como S1 y S2, así como T1 y T2 correspondientes están conectadas unas con otras de forma eléctricamente conductora, respectivamente mediante una resistencia de frenado 30. El modo de funcionamiento de ese sistema de accionamiento diesel-eléctrico, en particular el accionamiento de frenado, se encuentra descrito en detalle en la solicitud DE 10 2007 003 172 A1, de modo que no se explica en este punto.

En la figura 2 se representa en detalle igualmente un esquema de circuito equivalente del sistema de accionamiento diesel- eléctrico. Este sistema de accionamiento diesel-eléctrico se diferencia del sistema de accionamiento diesel-eléctrico según la figura 1 en que se indican realizaciones para los convertidores de pulso de conmutación automática 10, 12 y 14, 16 del lado del generador y del lado de carga. Los convertidores de pulso de conmutación automática 10, 12, 14 y 16 están realizados mediante módulos de ramal de puente de convertidor doble 32. En la figura 3 se representa en detalle un esquema de circuito equivalente de ese módulo de ramal de puente de convertidor doble 32. Los dos convertidores de pulso de conmutación automática 10 y 12 del lado del generador están realizados con la ayuda de tres módulos de ramal de puente de convertidor doble 32, mientras que para la realización de cada convertidor de pulso de conmutación automática 14, así como 16, del lado de carga, se utilizan tres módulos de ramal de puente de convertidor doble 32. De este modo, nueve módulos de ramal de puente de convertidor doble 32 están conectados unos con otros para la realización del convertidor de circuito intermedio de tensión 6 del sistema de accionamiento diesel-eléctrico.

Según el esquema de circuito equivalente del módulo de ramal de puente de convertidor doble 32 según la figura 3, ese módulo de ramal de puente de convertidor doble 32 presenta dos módulos de ramal de puente 34 que están conectados de forma eléctricamente paralela del lado de tensión continua. Cada módulo de ramal de puente 34 presenta dos semiconductores 36 y 38 conectados eléctricamente en serie, los cuales pueden desconectarse, en particular Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) (transistor de puerta aislada), los cuales respectivamente están provistos de un diodo libre 40, así como 42 correspondiente. Respectivamente un punto de conexión de dos semiconductores 36 y 38 conectados eléctricamente en serie, que pueden desconectarse, forman una conexión R1 y R2, así como S1 y S2, así como T1 y T2 del lado de tensión alterna. Las conexiones del lado de tensión continua 44 y 46 de cada módulo de ramal de puente de convertidor doble 32 están conectadas de forma eléctricamente conductora, respectivamente con un potencial del circuito intermedio de tensión 20 del convertidor de circuito intermedio de tensión 6.

En el caso de los accionamientos por tracción diesel-eléctricos, por ejemplo locomotoras diesel o camiones mineros, el generador 4 colocado en ese motor diesel 2 se utiliza para proporcionar energía para los motores de accionamiento 8. La tensión eléctrica del generador 4, a través del convertidor de pulso de conmutación automática 10 y 12 del lado del generador, se lleva a una tensión de circuito intermedio predeterminada, desde la cual los convertidores de pulso de conmutación automática del lado de carga abastecen los motores de accionamiento 8. En los frenos eléctricos, el flujo de potencia en el convertidor de circuito intermedio de tensión 6 es precisamente el inverso. La energía es proporcionada hacia el circuito intermedio de tensión 20 del convertidor 6 a través de los convertidores de pulso de conmutación automática del lado de carga 14 y 16. Puesto que el motor diesel 2 no puede absorber energía de frenado, la energía de frenado, mediante las resistencias de frenado 30, debe convertirse en calor. Para una distribución de potencia continua, una tensión modulada por el ancho de pulso, a través de los dos convertidores de pulso de conmutación automática 10 y 12, se proporciona a las resistencias de frenado 30.

Para poder verificar la eficiencia del motor diesel 2, por ejemplo después de una reparación, se realiza una así llamada prueba de carga automática (prueba de carga estacionaria de un motor de combustión interna). En los camiones mineros y en locomotoras diesel de Europa oriental y norteamericanas, esa prueba de carga automática ya es un estándar. La prueba de carga automática mencionada, en los sistemas de accionamiento diesel-eléctricos que presentan un generador síncrono excitado eléctricamente con rectificadores de diodos conectados aguas abajo, se realiza en el vehículo detenido, mediante las resistencias de frenado que son alimentadas desde el circuito intermedio de tensión mediante un convertidor, en particular mediante un chopper. Puesto que la eficiencia del freno eléctrico, en los vehículos mencionados, corresponde en general por lo menos a la potencia del motor diesel durante la marcha, una prueba de carga estacionaria de esa clase no puede realizarse sin un dispositivo adicional.

5  
10 Un sistema de accionamiento diesel-eléctrico conforme al género no admite una prueba de carga automática hasta la potencia máxima del motor diesel sin semiconductores de mayor potencia, puesto que una prueba de carga automática:

15 a) por una parte, toda la potencia del motor diesel, eléctricamente como componente fundamental de la corriente, debe suministrarse al circuito intermedio de tensión del convertidor de circuito intermedio de tensión, y

b) de manera simultánea, esa potencia, en forma de armónicos de corriente, debe transmitirse nuevamente en la dirección opuesta, mediante las resistencias de frenado, desde ese circuito intermedio de tensión.

20 Esto conduce a una sobrecarga de la unidad electrónica de potencia del sistema de accionamiento diesel-eléctrico, cuando en momentos de conmutación determinados la amplitud del componente fundamental de la corriente se superpone con armónicos de la corriente.

25 A pesar de ello, para poder realizar una prueba de carga automática en ese sistema de accionamiento diesel-eléctrico conforme al género, sería necesario instalar un chopper de frenado adicional en el circuito intermedio de tensión del convertidor de circuito intermedio de tensión, donde ese chopper de frenado debería estar diseñado para el 50% de la potencia de frenado total. Ese chopper de frenado adicional no sólo ocasionaría gastos adicionales, sino que también aumentaría el peso del convertidor de tracción. Además, en una locomotora diesel-eléctrica o en un camión minero debería estar presente espacio suficiente para poder alojar el convertidor adicional.

El objeto de la invención consiste en mejorar el sistema de accionamiento diesel-eléctrico conforme al género, de modo que éste, para realizar una prueba de carga automática, pueda prescindir de un chopper de frenado adicional.

30 Dicho objeto, según la invención, se soluciona con las características distintivas de la reivindicación 1, en combinación con las características de su preámbulo.

35 Debido a que cada resistencia de frenado está dividida en dos resistencias eléctricas conectadas en serie, y donde cada punto de conexión de dos resistencias conectadas en serie eléctricamente está vinculado a una entrada de un dispositivo de conmutación bipolar con formadores de puntos neutros, los dos sistemas polifásicos generador - bobinado del estator - convertidor de pulso se desacoplan y a cada resistencia polifásica se encuentra asociada la mitad del valor de resistencia de la resistencia de frenado. En esos sistemas de accionamiento diesel-eléctricos desacoplados, ahora en la prueba de carga automática puede aprovecharse la curva característica de frenado natural del generador, en particular del generador síncrono excitado de forma permanente, cuya característica, sin embargo, depende del número de revoluciones y del valor de la resistencia trifásica, junto con los propios parámetros de la máquina.

40 Esa característica de la curva característica puede influenciarse a través de una regulación de corriente reactiva. En el caso más simple se trataría de la conexión en paralelo de condensadores con respecto a las resistencias, debido a lo cual podría proporcionarse una corriente reactiva capacitiva. No obstante, esto conduciría a un aumento del par de frenado por encima del número de revoluciones. Junto con otros elementos de construcción adicionales (condensadores) que no se necesitarían para el funcionamiento de marcha y de frenado del vehículo, esa disposición no estaría controlada.

45  
50 Ese sistema de accionamiento diesel-eléctrico desacoplado, según la invención, es operado con las características de la reivindicación 5. Después de que respectivamente la conexión en serie de dos resistencias está interrumpida y las resistencias de cada subsistema están conectadas eléctricamente en estrella, los dos convertidores de pulso de conmutación automática del lado del generador se ciclan de forma síncrona y se operan respectivamente en el modo de compensación síncrona de fase. Debido a ello se genera respectivamente una corriente reactiva regulada desde el circuito intermedio de tensión cargado del convertidor de circuito intermedio de tensión. Mediante la regulación de la corriente reactiva puede regularse un par de frenado en cada punto del número de revoluciones, siguiendo así una curva del par requerida del motor diesel en la prueba de carga automática.

5 El paso inventivo se encuentra en la utilización de un dispositivo de conmutación bipolar, simple y conveniente en cuanto a los costes, con formadores de puntos neutros en combinación con una regulación de corriente reactiva, con los convertidores de pulso de conmutación automática del lado del generador que se encuentran presentes. A través de ese perfeccionamiento según la invención del sistema de accionamiento diesel-eléctrico conocido, en ese sistema de accionamiento puede realizarse una prueba de carga automática con par de carga regulado, sin que se presenten las desventajas mencionadas.

Para continuar con la explicación de la invención se hace referencia al dibujo, en donde se ilustra esquemáticamente una forma de ejecución del sistema de accionamiento diesel-eléctrico según la invención.

10 La figura 1 muestra un esquema de circuito equivalente de un sistema de accionamiento diesel-eléctrico conforme al género,

En la figura 2 se representa un esquema de circuito equivalente de una realización del sistema de accionamiento según la figura 1,

La figura 3 muestra un esquema de circuito equivalente de un módulo de puente de convertidor doble del convertidor de pulso de conmutación automática del sistema de accionamiento según la figura 2,

15 La figura 4 muestra un esquema de circuito equivalente con una forma de ejecución de un sistema de accionamiento diesel-eléctrico según la invención,

En la figura 5 se representa la forma de ejecución del sistema de accionamiento diesel-eléctrico según la figura 4 en el estado desacoplado,

20 La figura 6, en un diagrama, muestra curvas características distintas sobre el número de revoluciones, de una máquina síncrona excitada de forma permanente,

En la figura 7, en un diagrama en el tiempo, se ilustran formas de curvas de corriente en el caso de una sincronización de 9 veces del convertidor de pulso de conmutación automática del lado del generador, durante una prueba de carga automática, mientras que en la

25 Figura 8, en un diagrama en el tiempo, se representan formas de curvas de corriente en el caso de una sincronización en bloque de los convertidores de pulso de conmutación automática del lado del generador, durante una prueba de carga automática.

La forma de ejecución de un sistema de accionamiento diesel-eléctrico según la invención, según la figura 4, presenta respectivamente como resistencia de frenado dos resistencias 40 y 50 conectadas eléctricamente en serie. El valor de resistencia de cada resistencia 48, así como 50, es igual a la mitad del valor de resistencia de la resistencia de frenado 30 del sistema de accionamiento según la figura 1, es decir que la resistencia de frenado 30 está dividida en dos componentes de la resistencia que están conectados eléctricamente en serie. Cada punto de conexión 52 de dos resistencias 48 y 50 conectadas eléctricamente en serie está vinculado a una entrada de un dispositivo de conmutación bipolar 54. Mediante ese dispositivo de conmutación bipolar 54, cada conexión en serie de dos resistencias 48 y 50 se separa y al mismo tiempo las resistencias 48, así como 50, se conectan eléctricamente en estrella. El resultado del accionamiento del dispositivo de conmutación bipolar 54 está representado en detalle en la figura 5. A través de ese perfeccionamiento según la invención los dos sistemas generador 4 - sistema de bobinado 22, así como 24 - convertidor de pulso de conmutación automática 10, así como 12, se desacoplan, y a cada sistema se asocian las resistencias 48, así como 50.

40 A través de ese circuito producido ahora (figura 5), en una prueba de carga automática puede aprovecharse la curva característica de frenado natural A (par regenerativo), representada en la figura 6, de una máquina síncrona excitada de forma permanente. La característica de esa curva característica natural A depende sin embargo del número de revoluciones y del valor de la resistencia del estator del generador 4, junto con los parámetros de la máquina. Sería completamente casual que esa curva característica de frenado A correspondiera a la curva característica del par del motor diesel 2, del sistema de accionamiento diesel-eléctrico según la figura 4. En el diagrama según la figura 6 se representa igualmente una curva característica del par de frenado natural B sobre el número de revoluciones  $n$ , la cual se produce cuando se utiliza una resistencia de frenado 48, así como 50. Es decir que en la curva característica del par de frenado A es efectiva sólo la resistencia del estator del motor síncrono excitado de forma permanente, donde la curva característica del par de frenado B considera el circuito en serie de la resistencia del estator del motor síncrono excitado de forma permanente y de la resistencia adicional 48, así como 50. A través del valor de resistencia aumentado se desplaza la posición del máximo del par regenerativo.

La característica de la curva característica, del modo ya mencionado, puede influenciarse a través de una regulación de corriente reactiva. En el caso más simple, los condensadores deberían conectarse eléctricamente en paralelo con

respecto a las resistencias 48, así como 50. A través de esos condensadores aumentaría el par de frenado por encima del número de revoluciones. Una curva característica del par de frenado  $C$  correspondiente está marcada en el diagrama de la figura 6, sobre el número de revoluciones  $n$ . No obstante, esa disposición no estaría controlada e implica condensadores adicionales que no se necesitarían para el funcionamiento de marcha y de frenado del vehículo.

En lugar de utilizar condensadores no variables para una generación de la corriente reactiva, según la invención se usan los dos convertidores de pulso de conmutación automática del lado del generador 10 y 12 del convertidor de circuito intermedio de tensión 6 del sistema de accionamiento diesel-eléctrico en el modo de compensación síncrona de fase. A través de la utilización de esos convertidores de pulso de conmutación automática 10 y 12 en el modo de compensación síncrona de fase, una corriente reactiva proporcionada puede regularse a partir del condensador de circuito intermedio 18 cargado del convertidor de circuito intermedio de tensión 6. Mediante la regulación de esa corriente reactiva puede regularse un par de frenado en cada punto del número de revoluciones, siguiendo así una curva del par requerida del motor diesel 2 del sistema de accionamiento diesel-eléctrico en la prueba de carga automática.

En el modo de compensación síncrona de fase, el convertidor de pulso sincronizado 10 y 20, debido a armónicos de tensión, abastece también a las resistencias de frenado 48 y 50 de armónicos de corriente. Esa potencia activa que debe extraerse del circuito intermedio de tensión 20 del convertidor de circuito de tensión 6 de ese sistema de accionamiento diesel-eléctrico debe considerarse en el balance general del sistema de accionamiento para poder regular la potencia disipada en las resistencias de frenado 48 y 50. Sin embargo, los armónicos de corriente son tan reducidos que éstos no conducen a una sobrecarga de los disyuntores de los dos convertidores de pulso de conmutación automática 10 y 12. Durante la prueba de carga automática, circuitos auxiliares pueden ser abastecidos de energía desde el circuito intermedio de tensión 20, para que puedan ser operados ventiladores y/o sistemas de refrigeración.

De este modo, la potencia del generador síncrono excitado de forma permanente 4 debe ser igual a la suma de la disipación de energía de las resistencias 48 y 50, y de la potencia de los circuitos auxiliares. La disipación de energía de las resistencias 48 y 50 se determina solamente a través del valor efectivo de la tensión ciclada de los convertidores de pulso de conmutación automática 10 y 12. La potencia del generador síncrono excitado de forma permanente 4 se determina mediante el ángulo de la onda fundamental de esa tensión ciclada, con respecto a la fuerza electromotriz síncrona del generador síncrono excitado de forma permanente 4. En el diagrama según la figura 7, en el tiempo, se representa una corriente de frenado  $i_B$ , una corriente de la máquina  $i_M$  y una corriente del convertidor  $i_P$  para una sincronización de 9 veces durante la prueba de carga automática. Con el fin de una mayor claridad, la forma de la curva de la corriente de la máquina  $i_M$  se representa mediante una línea discontinua, la forma de la curva de la corriente del convertidor  $i_P$  se representa mediante una línea continua en negrita, mientras que la forma de la curva de la corriente de frenado  $i_B$  se representa mediante una línea continua. En el diagrama según la figura 8, en el tiempo, se representa la corriente reactiva  $i_B$ , la corriente de la máquina  $i_M$  y la corriente del convertidor  $i_P$  para una sincronización en bloque durante la prueba de carga automática. En ese diagrama se representan también las formas de las curvas de la corriente de la máquina, del convertidor y de frenado  $i_M$ ,  $i_P$  e  $i_B$  en las líneas indicadas.

A través de la utilización de un dispositivo de conmutación 54 simple y conveniente en cuanto a los costes, en combinación con la distribución de cada resistencia de frenado 30 en dos resistencias 48 y 50 conectadas eléctricamente en serie, y de la utilización de los convertidores de pulso 10 y 12 de conmutación automática del lado del generador que se encuentran presentes, del convertidor de circuito intermedio de tensión 6 de un sistema de accionamiento diesel-eléctrico para la regulación de corriente reactiva, en ese sistema de accionamiento se posibilita una prueba de carga automática con par de carga regulable, donde no se sobrecargan los disyuntores de los dos convertidores de pulso de conmutación automática 10 y 12 del convertidor de circuito intermedio de tensión 6 ese sistema de accionamiento.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Sistema de accionamiento diesel-eléctrico con un generador (4) que, del lado del rotor, está acoplado mecánicamente con un motor diesel (2) y, del lado del estator, está conectado de forma eléctricamente conductora con un convertidor de circuito interno de tensión (6), donde el generador (4) presenta dos sistemas de bobinado polifásicos (22, 24), los cuales respectivamente están conectados de forma eléctricamente conductora con conexiones del lado de tensión alterna (R1, S1, T1; R2, S2, T2) de un convertidor de pulso de conmutación automática (10, 12) del convertidor de circuito intermedio de tensión (6), donde esos dos convertidores de pulso de conmutación automática (10, 12), del lado de tensión continua, están conectados de forma eléctricamente paralela con respecto a un condensador del circuito intermedio (18) del convertidor de circuito intermedio de tensión (6), y donde cada conexión del lado de tensión alterna (R1, S1, T1) de un convertidor de pulso de conmutación automática (10), mediante una resistencia de frenado (30), está conectado de forma eléctricamente conductora con una conexión del lado de tensión alterna (R2, S2, T2) correspondiente del otro convertidor de pulso (12), caracterizado porque respectivamente como resistencia de frenado (30) están proporcionadas dos resistencias (48, 50) conectadas en serie, cuyos valores de resistencia son iguales a la mitad del valor de resistencia de la resistencia de frenado (30), y porque un punto de conexión (52), de respectivamente dos resistencias (48, 50) conectadas en serie, está vinculado a una entrada de un dispositivo de conmutación bipolar (54) con formadores de puntos neutros.
- 10
- 15
2. Sistema de accionamiento diesel-eléctrico según la reivindicación 1, caracterizado porque como generador (4) está proporcionado un generador síncrono excitado de forma permanente.
- 20
3. Sistema de accionamiento diesel- eléctrico según la reivindicación 1, caracterizado porque como generador (4) está proporcionado un generador asíncrono.
4. Sistema de accionamiento diesel-eléctrico según la reivindicación 1, caracterizado porque como condensador de circuito intermedio (18) está proporcionada una batería de condensador.
- 25
5. Sistema de accionamiento diesel-eléctrico según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque cada sistema de bobinado polifásico (22, 24) del generador (4), mediante un disyuntor (26, 28), está vinculado a conexiones del lado de tensión alterna (R1, S1, T1; R2, S2, T2) de un convertidor de pulso de conmutación automática (10, 12).
6. Procedimiento para la prueba de carga estacionaria de un motor diesel (2) de un sistema de accionamiento diesel-eléctrico según la reivindicación 1, con los siguientes pasos del procedimiento:
- 30
- a) accionamiento del dispositivo de conmutación bipolar (54),
  - b) sincronización síncrona de los dos convertidores de pulso de conmutación automática (10, 12), y
  - c) regulación de los dos convertidores de pulso de conmutación automática (10, 12) de modo que una corriente reactiva predeterminada circula desde los convertidores de pulso (10, 12).

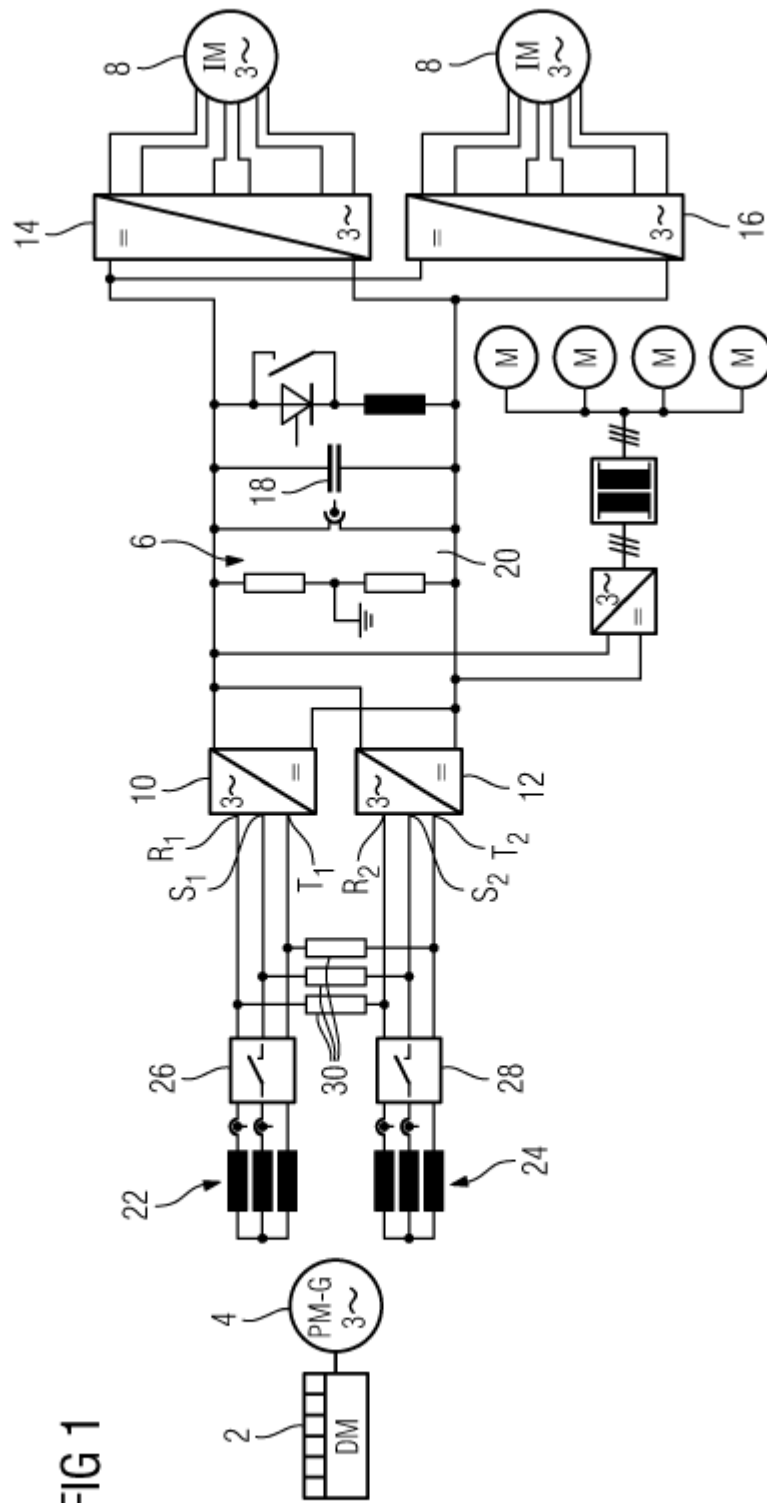


FIG 1

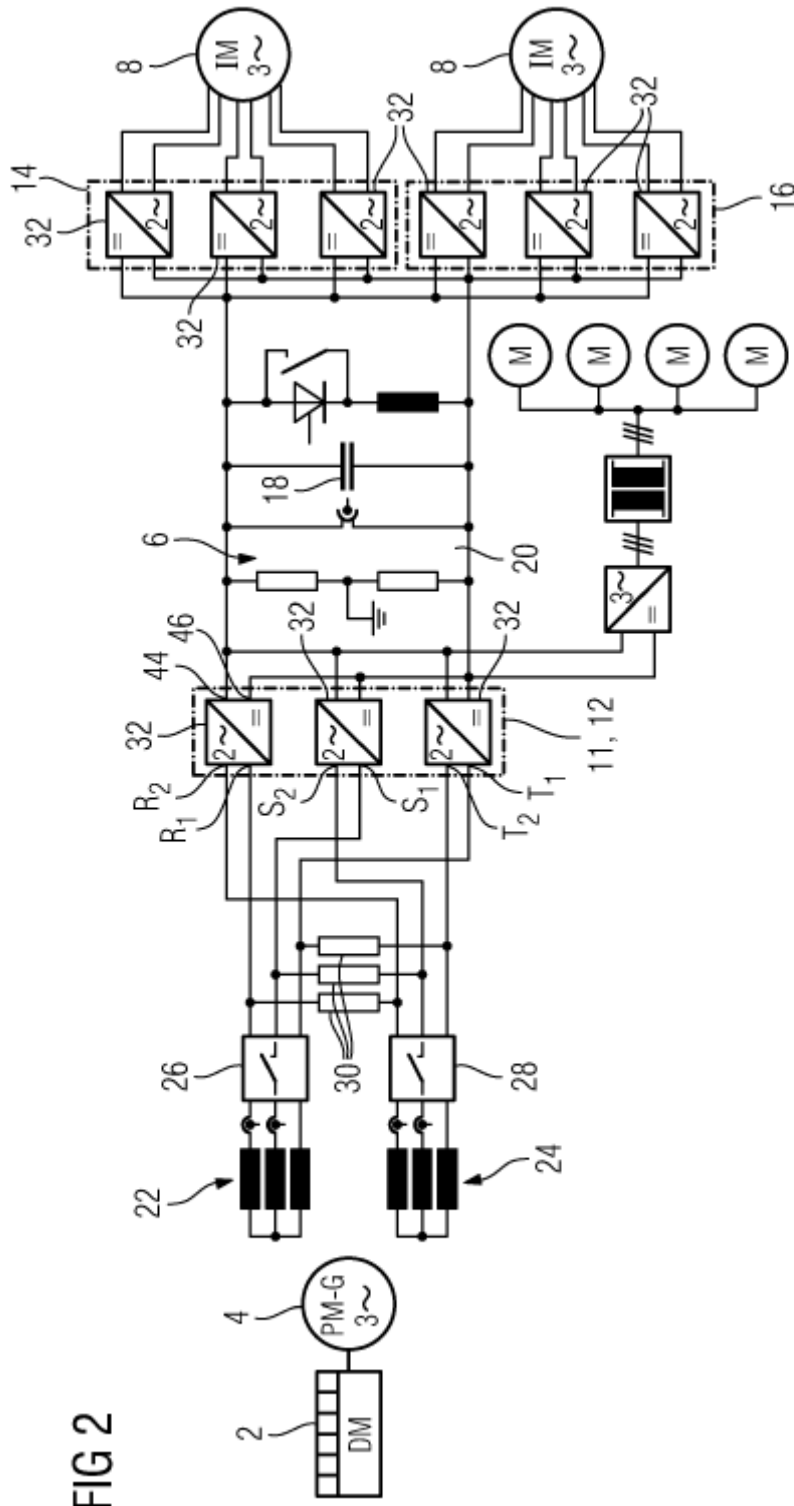


FIG 2



FIG 3

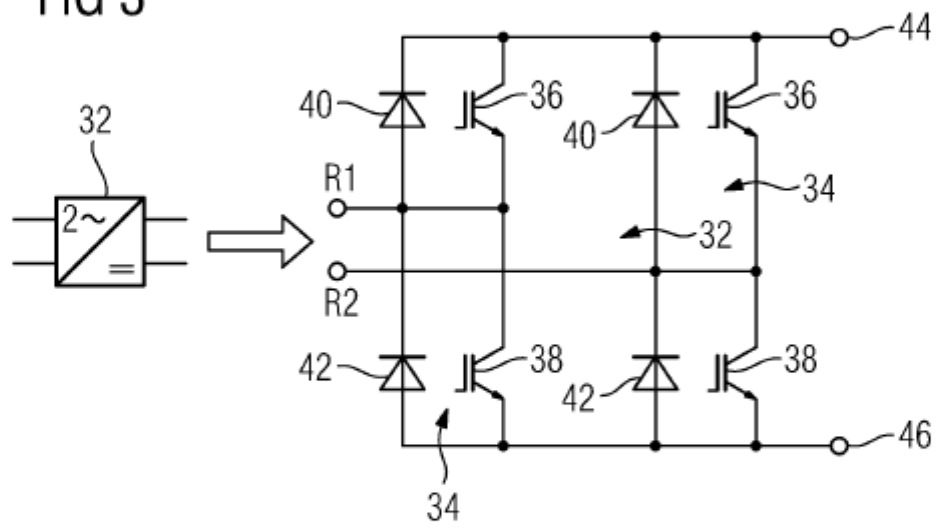


FIG 4

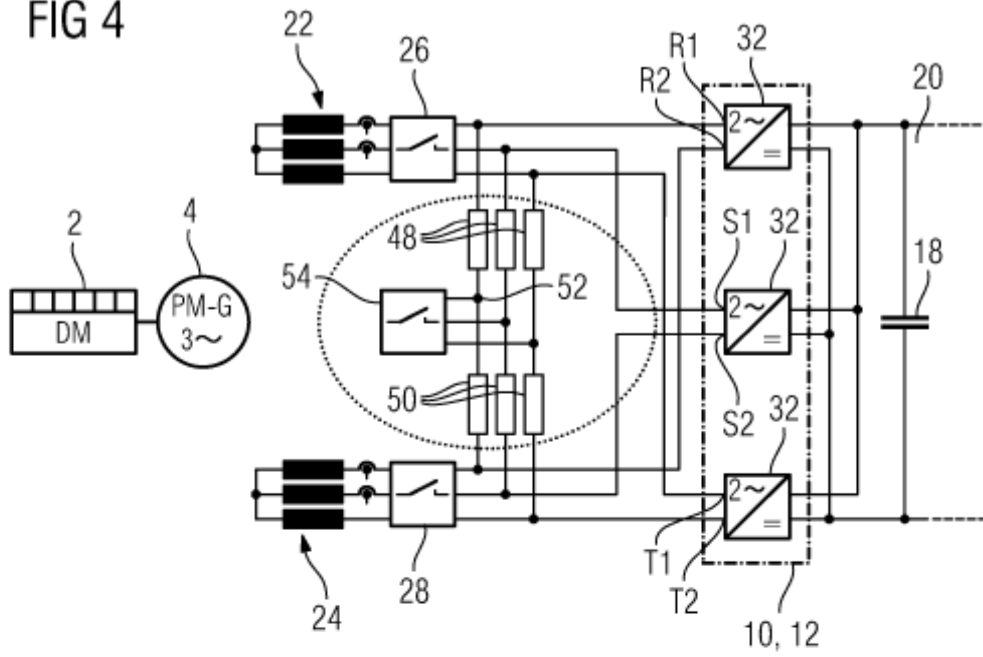


FIG 5

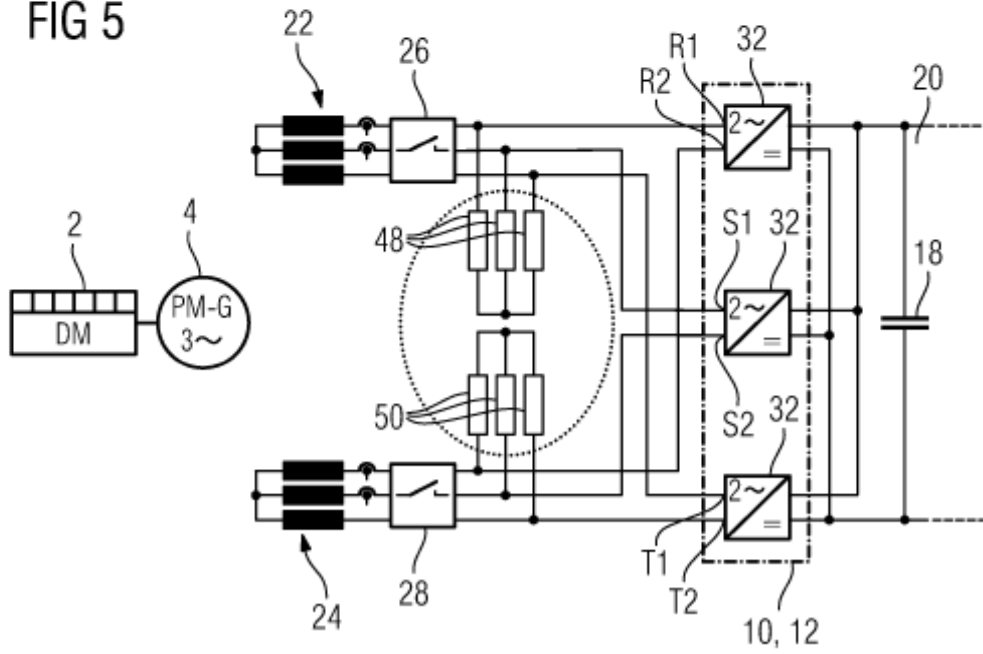


FIG 6

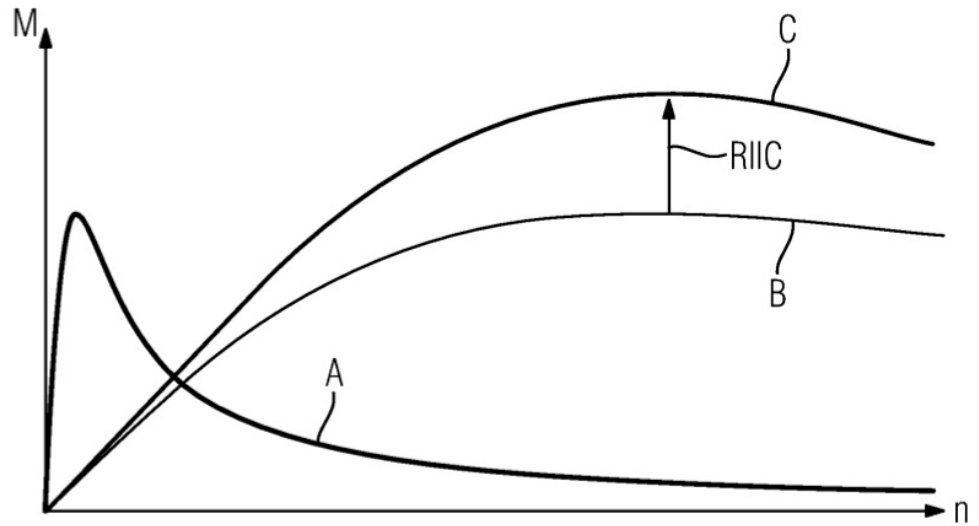


FIG 7

Corriente [A]

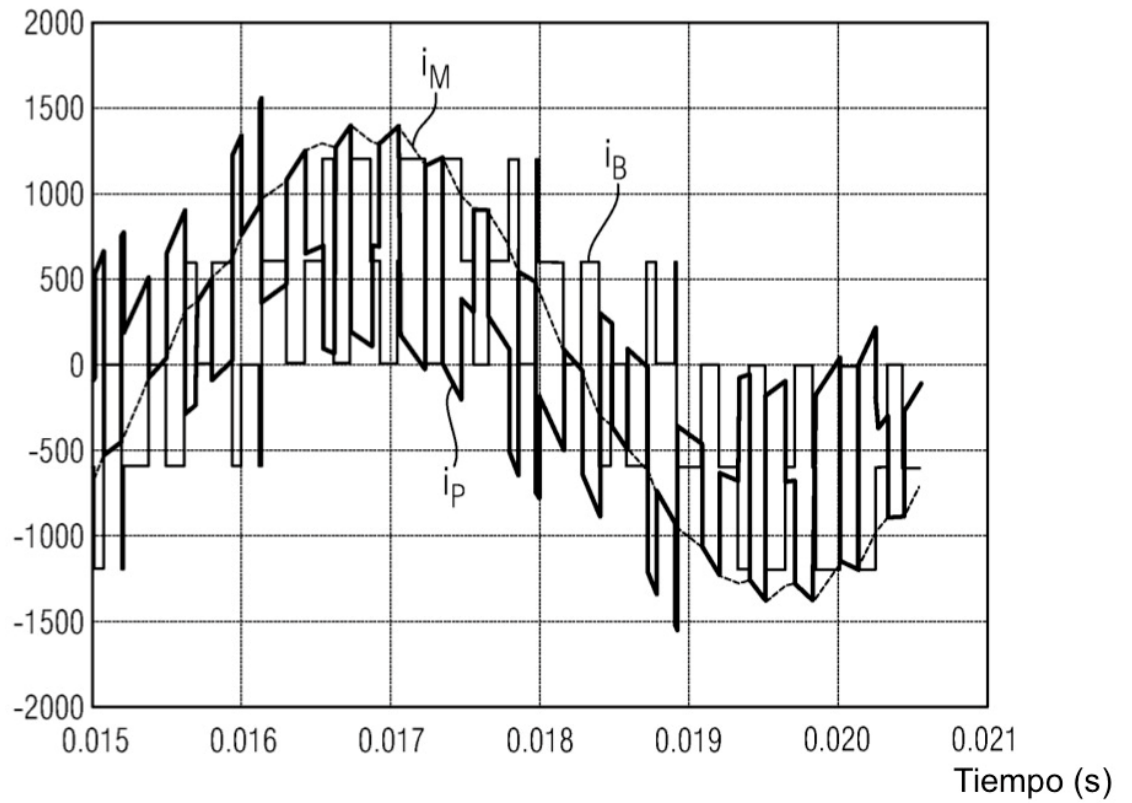


FIG 8

