

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 774**

51 Int. Cl.:

B60L 7/06 (2006.01)

H02P 3/22 (2006.01)

H02P 6/24 (2006.01)

B60L 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2008 E 08163324 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2019 EP 2033833**

54 Título: **Dispositivo de frenado eléctrico de seguridad con motor de imanes permanentes y regulación del par de frenado**

30 Prioridad:

04.09.2007 FR 0757339

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

11.03.2020

73 Titular/es:

**ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES (100.0%)
48, rue Albert Dhalenne
93400 Saint-Ouen , FR**

72 Inventor/es:

**JOBARD, THIERRY y
BONIN, ERIC**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 747 774 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

Dispositivo de frenado eléctrico de seguridad con motor de imanes permanentes y regulación del par de frenado

- 5 **[0001]** La invención se refiere a un dispositivo de frenado eléctrico de seguridad con regulación del par de frenado destinado a un vehículo de motorización eléctrica, por ejemplo un vehículo ferroviario.
- [0002]** Un frenado de seguridad garantiza la realización de la fuerza de frenado deseada de manera extremadamente fiable.
- 10 **[0003]** En el ámbito ferroviario se distinguen principalmente dos tipos de frenado: el frenado de servicio y el frenado de emergencia.
- El frenado de servicio es el más utilizado en funcionamiento. Se puede modular entre un valor mínimo de fuerza
- 15 próximo a 0 y un valor máximo de fuerza. Puede dividirse en varios modos, según los trenes: freno puramente eléctrico, freno puramente mecánico o freno combinado eléctrico y mecánico. Sirve para efectuar todas las paradas y disminuciones de la velocidad del tren «normales», así como los frenados de contención en las pendientes. Sin embargo, no es de seguridad, en el sentido de que pone en marcha un gran número de componentes eléctricos, electrónicos, mecánicos, neumáticos o hidráulicos que pueden averiarse y puede provocar una fuerza de frenado
- 20 diferente a la deseada, o incluso, con las nuevas cadenas de tracción de conmutación de tracción/frenado estático, una fuerza de tracción.
- El frenado de emergencia se emplea únicamente, como su nombre indica, en caso de emergencia. Este caso de emergencia puede estar motivado por una situación de emergencia exterior, o por una avería del freno de servicio. El objeto de este freno es parar el tren lo más rápido y de la forma más segura posible. Este freno no es modular, pero
- 25 sí de seguridad, es decir, que su probabilidad de fallo debe ser extremadamente baja. Este freno, por tanto, debe emplear el mínimo de componentes posible. Generalmente es puramente mecánico, pero este necesita un dimensionamiento de freno mecánico en consecuencia, lo que puede resultar prohibitivo en coste o en masa, especialmente en un tren de alta velocidad donde las energías de frenado a disipar son importantes. Es por ello que puede resultar interesante realizar un frenado eléctrico de seguridad.
- 30 **[0004]** En la patente con referencia DE 101 60 612 A1 se describe un dispositivo de frenado eléctrico de seguridad. El inconveniente de este dispositivo es que la característica fuerza/velocidad del frenado eléctrico de seguridad obtenida solo depende de las características del motor y del valor de las resistencias de frenado elegido, por lo que no es regulable, es decir que no permite acercarse a la curva fuerza/velocidad deseada. Por ejemplo, puede
- 35 conducir a fuerzas excesivas a alta velocidad que solicitarían demasiado la adherencia o al contrario, a fuerzas demasiado débiles a baja velocidad.
- [0005]** El dispositivo propuesto por esta invención tiene por objetivo permitir ajustar la característica fuerza/velocidad de este freno eléctrico de seguridad para hacerla más coherente con la adherencia disponible en
- 40 función de la velocidad y por tanto obtener un freno eléctrico de seguridad más eficiente.
- [0006]** En la patente alemana publicada con el número DE 10 2004 032 680 A1 se describe un primer dispositivo de este tipo. Se refiere a un frenado que comprende una red de resistencias de frenado conectadas en estrella o en triángulo adecuado para ser acoplado a un motor de imanes permanentes con ayuda de un conmutador
- 45 de tipo electromecánico que comprende un conjunto de relés. Consiste en la adición de una red capacitiva que comprende tres condensadores montados en paralelo sobre la red de resistencias de frenado. Esta red capacitiva permite, a falta de control mediante una regulación activa, aumentar la fuerza de frenado producida por el freno eléctrico de seguridad a alta velocidad compensando la energía reactiva producida por los bobinados internos del estátor del motor.
- 50 **[0007]** WO 03/049256 A describe un dispositivo de frenado eléctrico con regulación del par de frenado utilizado en una generadora eólica. El dispositivo de frenado comprende una red de bobinas montadas en estrella, cada bobina está unida a una toma de un devanado de fase de la generadora a través de un interruptor diferente.
- 55 **[0008]** JP 01 133 583 A describe una cadena de tracción eléctrica provista de un dispositivo de producción de par de frenado que se presenta en forma de una resistencia o de un rectificador que alimenta una resistencia, en la que una conexión a la resistencia es conmutable mediante un interruptor.
- [0009]** La invención que se propone aquí se refiere a otro dispositivo que por el contrario permite limitar la
- 60 fuerza de frenado a altas velocidades en las que la adherencia es relativamente baja, al tiempo que permite tener una fuerza de frenado eléctrico significativa a velocidades bajas. Consiste en añadir una red de inductancias trifásicas entre el dispositivo resistivo de producción de un par de frenado y el motor de imanes permanentes.
- [0010]** Un objeto de la invención es un dispositivo de frenado eléctrico según la reivindicación 1.
- 65

[0011] Siguiendo los modos particulares de realización, el dispositivo de frenado es según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 10.

[0012] La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción de una realización que aparece a continuación, dada únicamente a título de ejemplo y realizada con referencia a los dibujos anexos, en los que:

- la figura 1 es un esquema eléctrico de una primera realización de un freno eléctrico de seguridad integrado en una cadena de tracción;

- la figura 2 es un esquema eléctrico de una variante de la realización del freno motor de seguridad de la figura 1, en el que el dispositivo de producción de par de frenado es una red de resistencias montadas en triángulo;

- la figura 3 es un esquema eléctrico de una variante de las realizaciones descritas en las figuras 1 y 2 del freno motor de seguridad en el que el dispositivo de producción de par de frenado comprende una sola resistencia; y

- la figura 4 es un esquema eléctrico de una variante de realización del freno motor de seguridad que presenta un nivel de integración en la cadena de tracción más elevado que el de las figuras 1 a 3.

[0013] La figura 1 representa un freno motor eléctrico de seguridad integrado en una cadena de tracción eléctrica 1 de un vehículo ferroviario.

[0014] La cadena de tracción 1 se alimenta con ayuda de una línea catenaria (o un tercer raíl) 2 de alta tensión referenciada por una masa 4 vinculada a la tierra.

[0015] La cadena de tracción eléctrica 1 comprende en cascada un pantógrafo (o frotador) 6 de captación de la energía eléctrica desde la línea catenaria 2 seguido de un disyuntor de línea 8 que sirve de interruptor/contactador principal entre la cadena de tracción 1 y la línea catenaria 2.

[0016] La cadena de tracción 1 comprende igualmente una máquina electromecánica rotativa 10 con excitación permanente adecuada para recibir la alimentación desde un convertidor electrónico de potencia 12.

[0017] La máquina electromecánica rotativa 10 comprende aquí un estátor con bobinados de alimentación trifásica provisto de tomas eléctricas de entrada 13, 14, 15 para cada fase y un rotor cuya excitación está proporcionada por un imán permanente.

[0018] En modo de tracción eléctrica, la máquina electromecánica 10 funciona como motor mientras que en modo de frenado eléctrico funciona como generadora de tensión.

[0019] El convertidor electrónico de potencia 12 comprende, en cascada, desde el disyuntor 8 hasta el motor 10, un filtro de línea 16 de estructura clásica LC con una inductancia en serie y un condensador montado en paralelo, un chopper de frenado reostático clásico 17 y un inversor 18, aquí con salida alternativa trifásica, adecuado para alimentar la máquina rotativa 10 a través de un conmutador electromecánico 20 de conexión.

[0020] El conjunto de los elementos de la cadena de tracción está conectado a la masa común 4 a través de una línea de regreso de masa 22.

[0021] La cadena de tracción eléctrica 1 además de su aptitud para funcionar como cadena de tracción es adecuada para funcionar asimismo como un primer freno eléctrico, no de seguridad, denominado de servicio.

[0022] El primer freno eléctrico denominado de servicio comprende los componentes de la cadena de tracción 1, a saber, la generadora 10, el inversor 18 configurado como rectificador, el chopper de frenado reostático 17, el filtro de línea 16 y el conmutador electromecánico 20.

[0023] Un segundo freno eléctrico denominado de seguridad comprende, además de la máquina electromecánica 10, el conmutador electromecánico 20 de conexión y un conjunto regulado de producción de par de frenado 24 que comporta un dispositivo 26 de producción de un par de frenado en forma de una red resistiva de resistencias de carga disipativas y un dispositivo 28 de regulación pasiva de par de frenado en forma de una red de inductancias adecuada para ajustar el par de frenado eléctrico de seguridad a la potencia máxima de la máquina electromecánica y a la adherencia rueda/raíl a priori disponible en función de la velocidad.

[0024] El chopper de frenado reostático 17 comprende un interruptor electrónico de potencia 32 de tipo IGBT (*Insulated Gate Biopolar* Transistor o transistor bipolar de puerta aislada) por ejemplo, conectado en serie a una resistencia de frenado reostático 34, sobre la cual está conectado en paralelo un diodo de rueda libre.

[0025] El inversor 18 comprende tres líneas de salidas alternativas trifásicas 37, 38, 39 adecuadas para ser conectadas respectivamente a una toma de corriente de entrada 13, 14, 15 de fase de estátor del motor 10 mediante una conexión realizada con ayuda de conmutador electromecánico 20.

- [0026]** El inversor 18 está compuesto por una estructura clásica con 6 interruptores electrónicos de potencia 42,44, 46, 48, 48, 50, 52 conectados en tres fases conectadas entre la salida del filtro de entrada 16 y la línea de regreso 22.
- 5 **[0027]** Cada interruptor electrónico de potencia 42, 44, 46, 48, 50, 52 comprende respectivamente un transistor de potencia, de tipo IGBT, por ejemplo, 54, 56, 58, 60, 62, 64, controlable en estado activo/de corte mediante una corriente de accionamiento, cada transistor de potencia estando asociado a un diodo de rueda libre 66, 68, 70, 72, 74 y 76 montado en antiparalelo sobre este último.
- 10 **[0028]** Aquí, en la figura 1, la flecha de cada transistor de potencia representa el sentido del paso de la corriente cuando este transistor está activo.
- [0029]** Cada interruptor de potencia 42, 44, 46 está respectivamente asociado a un interruptor de potencia 48, 50, 52, estando la salida de uno de los primeros vinculada a la entrada de uno de los segundos y formando una salida del inversor, estando vinculada respectivamente cada salida a una línea de salida del inversor 37, 38, 39.
- 15 **[0030]** Los circuitos de control de los interruptores electrónicos de potencia no están representados en la figura 1 y se suponen adecuados para producir un funcionamiento sincrónico de tracción en la máquina electromecánica 10 en modo motor.
- 20 **[0031]** El conmutador electromecánico 20 comprende un conjunto de tres paneles de entrada 80, 82, 84 respectivamente conectados a las tres tomas de entrada 13, 14, 15 del motor 10.
- [0032]** El conmutador electromecánico 20 comprende igualmente un primer grupo de paneles 86, 88, 90 de salida conectados respectivamente a las líneas de salida 37, 38, 39 del inversor 18.
- 25 **[0033]** El conmutador electromecánico 20 comprende igualmente un segundo grupo de paneles de salida 92, 94, 96, aislados eléctricamente, adecuados para estar conectados respectivamente a los paneles de entrada 80, 82, 84 para aislar el motor 10 del inversor 18.
- 30 **[0034]** El conmutador electromecánico 20 comprende asimismo un tercer grupo de paneles de salida 98, 100, 102 conectados al dispositivo de producción de par de frenado 24, respectivamente en las entradas 104, 106, 108.
- [0035]** El conmutador electromecánico 20 comprende una entrada de control 109 adecuada para recibir una orden de conmutación que permite conmutar como se desee el conjunto de las conexiones eléctricas realizadas por elementos de contacto mecánicos, desde los paneles de entradas 80, 82 y 84 a paneles de salida entre el primer grupo de paneles de salida, el segundo grupo de paneles de salida y el tercer grupo de paneles de salida. Como el conmutador electromecánico 20 está constituido por elementos pasivos de número limitado es seguro y fiable.
- 35 **[0036]** El conjunto regulado de producción de par de frenado 24 comprende tomas de entrada 104, 106, 108 unidas respectivamente a los paneles de salida 98, 100, 102 del tercer grupo del conmutador electromecánico 20.
- [0037]** Aquí, la red resistiva 26 que forma el dispositivo de producción de un par de frenado es un conjunto de tres resistencias 110, 112, 114, unidas según un esquema en estrella en un nudo común 78. Cada resistencia 100, 45 112, 114 de la red está respectivamente conectada a una inductancia 116, 118, 120 de la red inductiva 28 que forma el dispositivo de regulación pasiva, a su vez conectada a la toma de entrada 104, 106, 108 asociada del tercer grupo de paneles de salida del conmutador electromecánico 20.
- [0038]** En funcionamiento, en modo de tracción, la máquina electromecánica 10 funciona como motor y el conmutador electromecánico 20 está configurado entonces de tal manera que los paneles de salidas 86, 88, 90 del primer grupo están unidos a los paneles de entrada 80, 82, 84. Así, el inversor 18 alimenta el motor 10 con una onda de corriente sinusoidal adaptada de manera sincrónica a la velocidad del motor.
- 50 **[0039]** Durante un frenado de servicio, el conmutador electromecánico 20 mantiene el mismo estado que durante la tracción.
- 55 **[0040]** El inversor 18 está configurado para funcionar en modo rectificador y el chopper 17 sirve para limitar la potencia de frenado reenviada sobre la línea 6 a la potencia máxima que puede recibir, disipándose el eventual exceso de potencia de frenado en la resistencia 34.
- 60 **[0041]** Durante un frenado eléctrico de seguridad, el conmutador electromecánico 20 está conmutado sucesivamente sobre el segundo grupo 92, 94, 96, después sobre el tercer grupo de paneles de salida 98, 100, 102 de manera que aísla el motor 10 del convertidor de potencia 12, para después conectar cada toma 13, 14, 15 de la máquina rotativa 10 que funciona como generadora al dispositivo de producción del par de frenado 24 mediante las 65 entradas respectivas 104, 106 y 108.

[0042] La generadora 10 suministra entonces una corriente por cada toma eléctrica 13, 14, 15 en la red resistiva 26 de carga formada por las tres resistencias 110, 112 y 114.

5 **[0043]** La energía mecánica del vehículo se transforma así en energía eléctrica en la generadora 10, después en calor por efecto Joule en la red resistiva 26, lo que frena el vehículo.

[0044] A falta de la red inductiva 28, mientras que la fuerza electromotor de la máquina rotativa 10 es proporcional a su velocidad de rotación, las inductancias propias del estátor inducen una pérdida de tensión igualmente
10 proporcional a la velocidad, lo que produce como efecto disminuir ligeramente el par de frenado suministrado en función de la velocidad.

[0045] Sin embargo, esto no es suficiente con velocidades altas a causa de un valor demasiado bajo de las inductancias propias del estátor.

15 **[0046]** La adición de una inductancia 116, 118, 120 en serie con cada inductancia de fase de estátor accesible desde 13, 14, 15 permite aumentar la caída de tensión proporcional a la velocidad de rotación del rotor de la máquina electromecánica 10 y así añadir el par de frenado producido en un rango de valores compatibles con la potencia máxima del motor y evitando que las ruedas se bloqueen al tiempo que solicitan la adherencia al máximo.

20 **[0047]** La agregación de inductancias como se ha descrito anteriormente permite por tanto elegir el dispositivo de producción de par de frenado 26 con valores bajos óhmicos de resistencias 110, 112, 114, para obtener un par aún importante para las velocidades bajas, al tiempo que se reduce el par entonces demasiado elevado que se habría obtenido con las velocidades altas que habría podido hacer exceder la potencia eléctrica máxima del motor y
25 exponerse a deslizamientos de rueda demasiado importantes.

[0048] A la inversa del dispositivo descrito en la solicitud de patente DE 10 2004 032 680 A1 que permite, para un valor de las resistencias 110, 112, 114 dado, aumentar la fuerza de frenado a gran velocidad compensando la caída de tensión sélfica en los bobinados del estátor del motor, el dispositivo descrito aquí en la figura 1 permite al contrario
30 limitar esta fuerza a alta velocidad en función de la potencia del motor y de la adherencia a priori disponible a altas velocidades. El dispositivo descrito aquí permite por tanto elegir resistencias con bajos valores óhmicos para obtener una fuerza de frenado importante a baja velocidad sin exponerse a tener fuerzas de frenado demasiado importantes a altas velocidades.

35 **[0049]** La figura 2 representa una variante del freno eléctrico de seguridad de la figura 1 en la que las resistencias 104, 106, 108 de la red resistiva 26 están montadas en triángulo en lugar de estar montadas en estrella como en la figura 1.

[0050] Para la figura 2, el funcionamiento del freno eléctrico de seguridad es análogo al de la figura 1, la carga
40 resistiva 26 montada en triángulo es equivalente a una carga resistiva montada en estrella.

[0051] La ventaja de un montaje en triángulo es que permite mantener los dos tercios de la potencia de frenado en caso de avería simple en lugar de la mitad solamente con resistencias montadas en estrella.

45 **[0052]** La figura 3 es una variante del freno eléctrico de seguridad en el que el dispositivo de producción del par de frenado 26 comporta solamente una resistencia mediante la adición de un puente rectificador de diodos.

[0053] El dispositivo de producción del par de frenado 26 está formado por un puente de diodos 130 clásico, configurado pasivamente como puente rectificador, con tres entradas 132, 134 y 136 adecuadas para recibir una
50 alimentación, aquí trifásica.

[0054] El dispositivo de producción del par de frenado 26 está formado asimismo por una resistencia de carga única 138 bipolar, terminal conectada entre dos salidas 140 y 142 del puente de diodos 130. El puente de diodos 130
aquí está compuesto por seis diodos.

55 **[0055]** El dispositivo de regulación pasiva 28 comprende un conjunto de tres inductancias 160, 162, 164, cada una conectada en serie respectivamente entre la entrada del puente de diodos 130, referenciada 132, 134, 136 y el panel de salida del tercer grupo de salida 98, 100, 102 del conmutador electromecánico 20.

60 **[0056]** Sobre cada inductancia 160, 162, 164 está conectado respectivamente un contactor 170, 172, 174 que permite en todo momento detener el frenado de urgencia sin crear sobretensiones prohibitivas por el cierre simultáneamente de los contactores 174, 176, 178 y la apertura inmediatamente después de los contactores del conmutador electromecánico 20.

65 **[0057]** En funcionamiento, durante el frenado de seguridad, los contactores 170, 172, 174 están en estado

abierto.

[0058] La generadora 10 suministra una corriente para cada toma eléctrica 13, 14, 15 en el dispositivo de producción de par de frenado 26 sobre las entradas 132, 134, 136 a través del dispositivo de regulación pasiva 28.

5

[0059] Después de la rectificación de las corrientes alternativas de salida de la generadora 10, el puente de diodos rectificador 130 alimenta con energía eléctrica continua la resistencia única 138 que disipa la energía eléctrica en forma calorífica por efecto Joule.

10 **[0060]** El funcionamiento de la regulación efectuada por las inductancias 160, 162, 164 es similar al descrito en las figuras 1 y 2.

[0061] En caso de que se desee detener el frenado de seguridad a alta velocidad, hay que poder conmutar el conmutador 20 en una posición que permita la desconexión del generador 10 del dispositivo de regulación pasiva 28.

15

[0062] Sin embargo en ese caso, la corriente almacenada por las inductancias 160, 162, 164 podría crear sobretensiones inaceptables durante la conmutación electromecánica del conmutador 20.

20 **[0063]** Para facilitar la conmutación del conmutador 20 antes de la desconexión de las inductancias 160, 162, 164 de los paneles de salidas 98, 100, 102 del conmutador, se ordena el cierre de los contactores 170, 172, 174.

[0064] Así las inductancias 160, 162, 164 se cortocircuitan y la corriente almacenada en el interior de cada inductancia puede circular libremente.

25 **[0065]** Después, el conmutador 20 desconecta los paneles de entrada 104, 106 y 108 de las inductancias 160, 162, 164.

[0066] Una vez realizada la conmutación de 20, después de una duración predeterminada, se ordena la apertura de los contactores 170, 172, 174.

30

[0067] Así, se puede activar y realizar un funcionamiento de tracción o de frenado de servicio de manera análogo a la descrita en las figuras 1 y 2.

35 **[0068]** La figura 4 es una vista esquemática de una variante de un freno eléctrico de seguridad de las formas de realización descritas en las figuras 1, 2 y 3 que presenta una integración más elevada con la cadena de tracción eléctrica.

[0069] La cadena de tracción eléctrica 1 es análoga a la descrita en la figura 3 y se diferencia porque:

40 • el conmutador electromecánico 20, con tres grupos de paneles de salida, está sustituido por un conmutador electromecánico 180 que comporta solamente los primeros 86, 88, 90 y segundos 92, 94, 96 grupos de paneles de salida;
• el dispositivo de producción de un par de frenado 26 aquí está constituido:

45 ○ por el puente de diodos de ruedas libres 66, 68, 70, 72, 74, 76 del inversor 18,
 ○ por una resistencia de carga 182 conectada en serie a un contactor electromecánico 183, el conjunto está conectado a los tomas del chopper 17 y del inversor 18,
 ○ por circuitos de bloqueo 184 que permiten bloquear con seguridad los interruptores de potencia 54, 56, 58, 60, 62, 64 del inversor 18 y 32 del chopper 17 y cerrar el contactor 183.

50

[0070] El conmutador electromagnético 180 sirve para desconectar el motor 10 del inversor 18 en caso de cortocircuito de este último. Este conmutador se utiliza entonces clásicamente en este tipo de cadenas de tracción y no está modificado por la invención.

55 **[0071]** El funcionamiento en modo de tracción y en modo de frenado de servicio es idéntico al descrito para las figuras 1, 2 y 3.

[0072] Durante un frenado eléctrico de seguridad, el conmutador electromecánico 180 se mantiene en el estado en el que la máquina electromecánica 10 está conectada al inversor 18.

60

[0073] Los circuitos de bloqueo 184 controlan los seis transistores de potencia 54, 56, 58, 60, 62, 64 del inversor 18 y el transistor de potencia 32 en el estado abierto.

[0074] Paralelamente, los circuitos 184 ordenan el cierre del relé electromecánico auxiliar 183.

65

[0075] Así, el inversor de potencia 18 desempeña aquí el papel de un simple puente rectificador constituido por los diodos 66, 68, 70, 72, 74, 76. Los circuitos de bloqueo 184 impiden de manera segura que el inversor 18 funcione como inversor.

5 **[0076]** Así, el puente de diodos de rueda libre 66, 68, 70, 72, 74, 76 desempeña la función de puente rectificador 130 de la figura 3, suministra la energía del generador 10 en la resistencia de carga 182 conectada entonces al puente.

[0077] Un dispositivo de regulación pasiva 188 comprende un conjunto de inductancias, en este caso tres 190, 192, 194, cada una unida por uno y otro lado a una salida 37, 38, 39 del inversor 18 y un panel de salida 86, 88, 90
10 del primer grupo de paneles de salidas del conmutador 180.

[0078] En paralelo, sobre cada inductancia 190, 192, 194 está conectado un contactor 196, 198, 200 que permite en todo momento detener el frenado de urgencia sin crear sobretensiones prohibitivas. Para ello, se cierran simultáneamente los contactores 196, 198, 200 e inmediatamente después se abren los contactores del conmutador
15 electromecánico 180.

[0079] El dispositivo 180 de mejora de la característica fuerza/velocidad del frenado eléctrico de seguridad funciona de la misma manera que el dispositivo 28 de la figura 3.

20 **[0080]** La ventaja procurada por el dispositivo de regulación es la adaptación del par de frenado en función de la velocidad para tener en cuenta la adherencia de estas ruedas sobre los raíles. Esta ventaja es apreciable a alta velocidad, sabiendo que en ausencia de un dispositivo de regulación, el riesgo de inmovilización con el frenado a alta velocidad es elevado.

25 **[0081]** La ventaja que procura el dispositivo descrito en la figura 4 es su elevado nivel de integración en la cadena de tracción, que conduce a un número de componentes y a un tamaño menor.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de frenado eléctrico con regulación del par de frenado destinado a un vehículo de tracción eléctrica, en particular un vehículo ferroviario, que comprende una máquina electromecánica rotatoria (10) con al menos un bobinado con tomas eléctricas (13, 14, 15), un dispositivo de producción de par de frenado eléctrico reostático (26) desprovisto de interruptores de potencia activos, de medios de conmutación (20, 180) adecuados para unir selectivamente las tomas eléctricas (13, 14, 15) de la máquina electromecánica (10) al dispositivo de producción de un par de frenado (26), en el que al menos una inductancia de regulación de par de frenado (116, 118, 120, 160, 162, 164, 190, 192, 194) está conectada en serie entre los medios de conmutación (20, 180) y el dispositivo de producción del par de frenado (26),
5 **caracterizado porque** en las tomas de cada inductancia (160, 162, 164, 190, 192, 194) está conectado un interruptor de corriente (170, 172, 174, 196, 198, 200) de ayuda a la conmutación de los medios de conmutación (20, 180).
2. Dispositivo de frenado según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la máquina electromecánica (10) es de imanes permanentes.
15
3. Dispositivo de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado porque** los medios de conmutación (20,180) son de tipo electromecánico.
- 20 4. Dispositivo de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el dispositivo de producción de par de frenado (26) comporta al menos una resistencia de frenado (110, 112, 114, 138, 182) conectada a los medios de conmutación (20, 180) a través de al menos una inductancia de regulación de par de frenado (116, 118, 120, 160, 162, 164, 190, 192, 194).
- 25 5. Dispositivo de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el dispositivo de producción de par de frenado (26) comprende al menos tres resistencias de frenado (110, 112, 114) montadas eléctricamente en estrella.
6. Dispositivo de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el dispositivo de producción de par de frenado (26) comprende tres resistencias de frenado (110, 112, 114) montadas eléctricamente en triángulo.
30
7. Dispositivo de frenado según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el dispositivo de producción de par de frenado (26) comprende un puente rectificador de diodos (130) y una resistencia (138) conectada a las tomas de salidas (140, 142) del puente rectificador de diodos.
35
8. Dispositivo de frenado según la reivindicación 7, **caracterizado porque** las inductancias de regulación de par de frenado (116, 118, 120) están conectadas entre los medios de conmutación (20) y el puente rectificador de diodos (130).
40
9. Dispositivo de frenado según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el dispositivo de producción de par de frenado está constituido por el puente rectificador formado por los diodos de rueda libre (66, 68, 70, 72, 74, 76) de un inversor de tracción (18) unido a los medios de conmutación (180), por una resistencia de frenado (182) conectada a las tomas del inversor de tracción (18), por un contactor (183) conectado en serie con la resistencia de frenado (182) y por un circuito de bloqueo (184) que permite inhibir con seguridad los interruptores electrónicos de potencia del inversor de tracción (18).
45
10. Dispositivo de frenado según la reivindicación 9, **caracterizado porque** las inductancias de regulación de par de frenado (190, 192, 194) están conectadas entre los medios de conmutación (180) y el inversor de tracción (18).
50

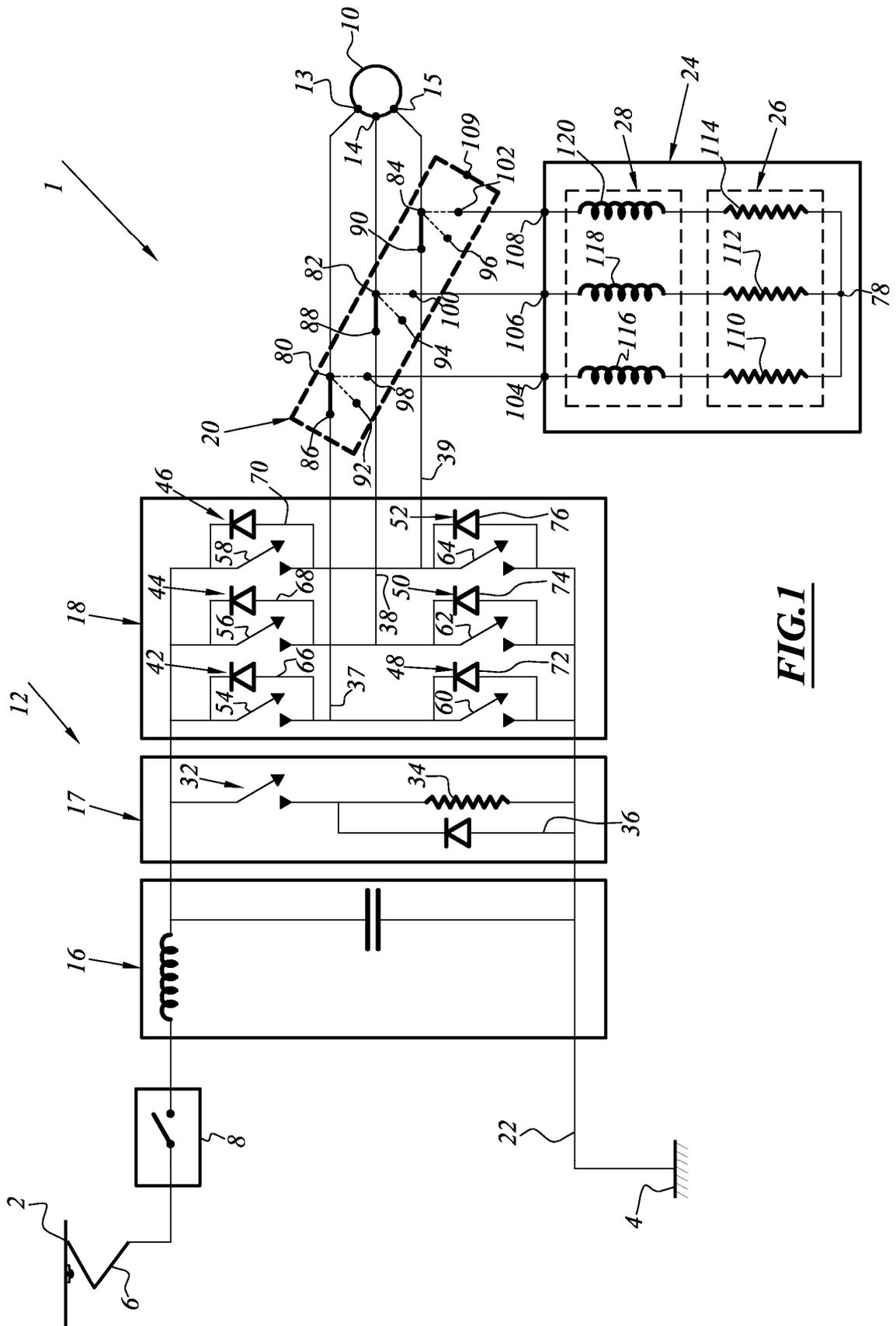


FIG. 1

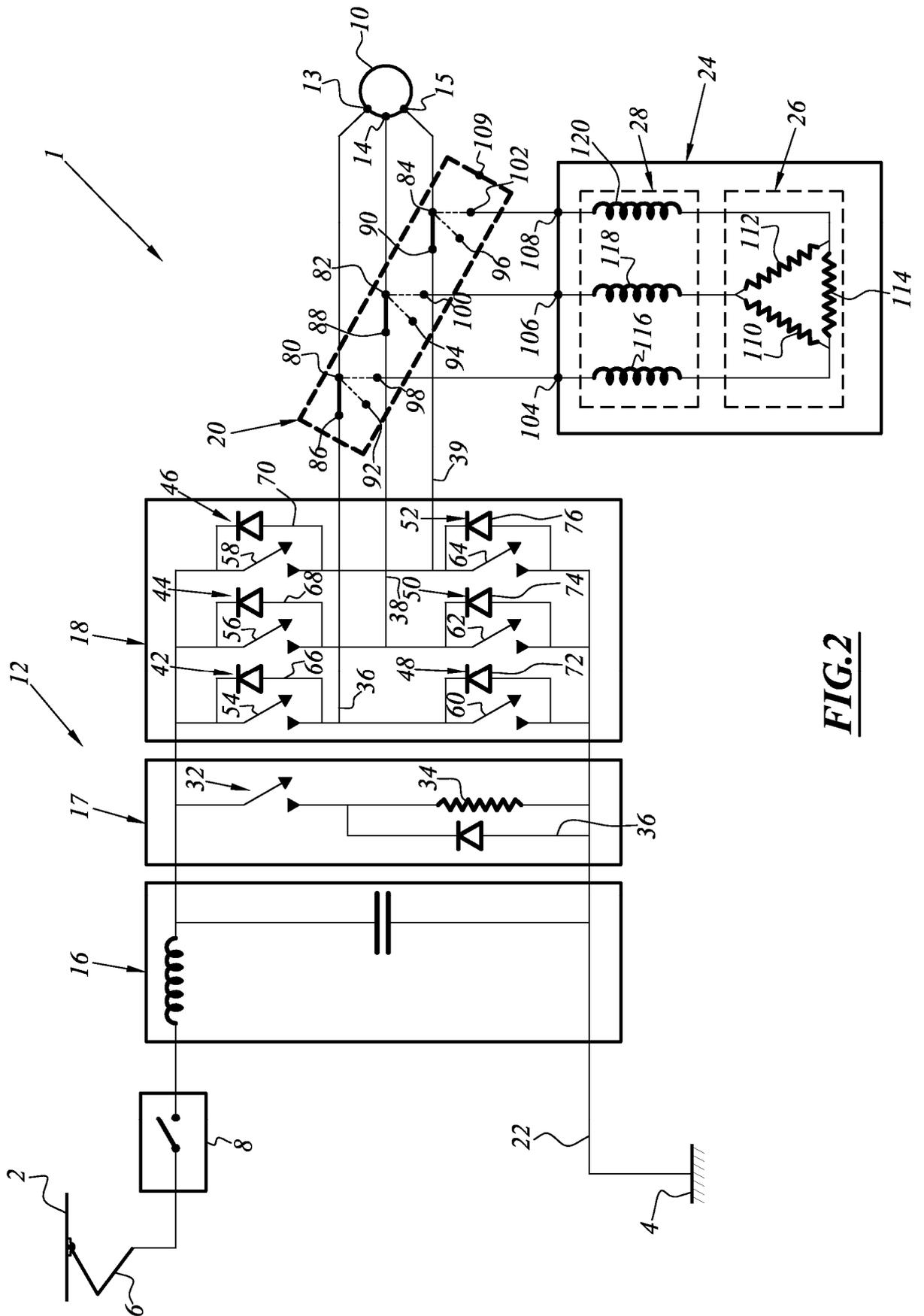


FIG.2

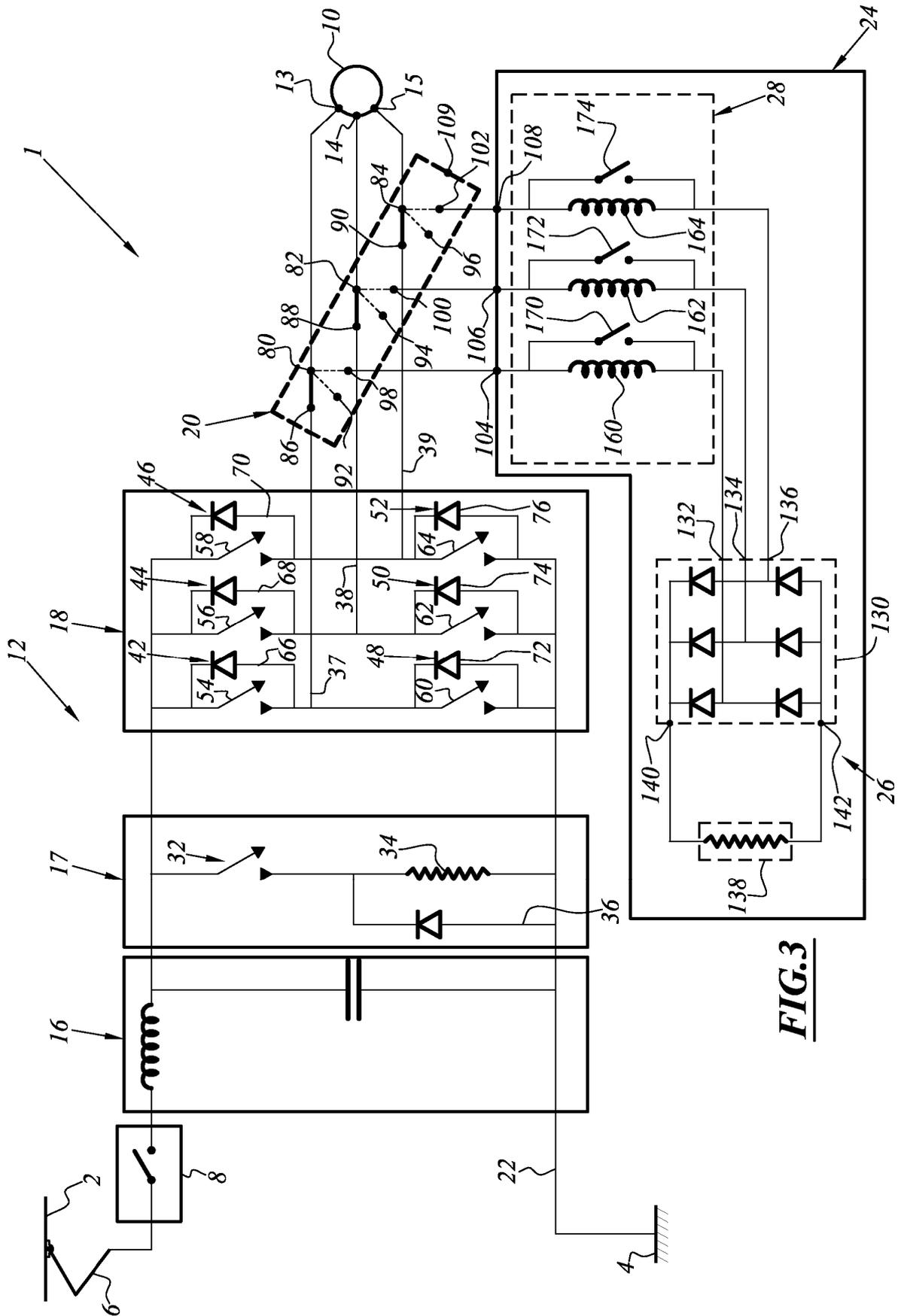


FIG. 3

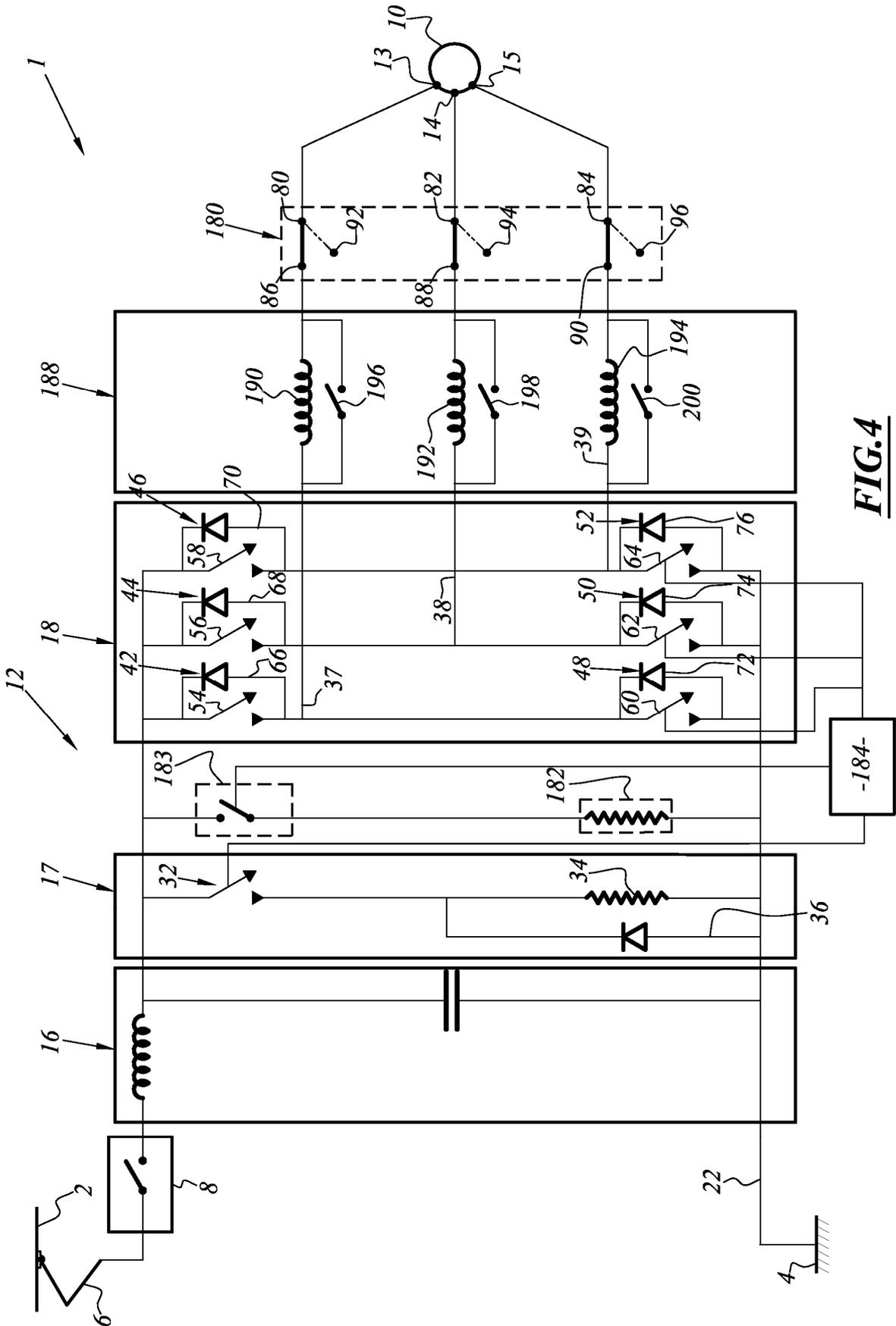


FIG. 4