

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 737 853**

51 Int. Cl.:

B60L 7/06 (2006.01)
H02P 3/22 (2006.01)
H02P 6/24 (2006.01)
B60L 3/00 (2009.01)
B60L 7/00 (2006.01)
B60L 7/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.09.2008** **E 08163386 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019** **EP 2033835**

54 Título: **Dispositivo de seguridad de detección de insuficiencia de frenada eléctrica y de conmutación sobre un freno de seguridad**

30 Prioridad:

04.09.2007 FR 0757341

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

16.01.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

JOBARD, THIERRY

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 737 853 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 seguridad de detección de insuficiencia de frenada eléctrica y de conmutación sobre un freno de seguridad

5

[0001] La invención se refiere a un dispositivo de detección de insuficiencia de frenada eléctrica y de conmutación sobre un freno de seguridad. Está destinado a un vehículo con tracción eléctrica, por ejemplo un vehículo ferroviario.

10 **[0002]** Un freno de seguridad garantiza la realización de la fuerza de frenado deseada de manera extremadamente fiable.

[0003] En el ámbito ferroviario se distinguen principalmente dos tipos de frenado: el frenado de servicio y el frenado de emergencia.

15

- El frenado de servicio es la más utilizada en funcionamiento. Se puede modular entre un valor mínimo de fuerza 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 diferente al deseado, o incluso, con las nuevas cadenas de tracción de conmutación de tracción/frenado estático, una fuerza de tracción.

20

- 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 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 freno eléctrica de seguridad.

25

30

[0004] Un dispositivo de frenado eléctrico de seguridad se describe en la solicitud de patente titulada «Dispositivo de frenado de seguridad con conjunto resistivo bipolar con motor con imanes permanentes» en nombre de Alstom Transport. Pero este dispositivo presenta un inconveniente: su característica fuerza/velocidad solo depende de las características del motor y del valor de la resistencia de frenado elegida, por lo que no es regulable, en particular, puede llevar a fuerzas excesivas a alta velocidad que necesitarían demasiada adherencia o al contrario, fuerzas demasiado débiles a baja velocidad. Un dispositivo para mejorar esta característica de fuerza/velocidad está descrito en la solicitud de patente titulada «Dispositivo de frenado eléctrico de seguridad con moto con imanes permanentes y regulación del par de frenado», en nombre de Alstom Transport, pero necesita añadir un material suplementario.

35

40

[0005] El documento JP 08 149870 A describe un sistema de frenado que conmuta en caso de emergencia en un freno de seguridad de tipo reostático.

45

[0006] El documento US 6,445,879 B1 describe un sistema de frenado de lavadora basado en la regulación de un par de frenado en función del excedente de energía enviado por un motor y medido por una capacidad de línea conectada a una línea de alimentación del motor.

50

[0007] El documento US 2007/0907831 A1 describe un sistema de frenado que actúa mediante el cortocircuito de bornes de un estátor de una máquina síncrona.

55

[0008] El dispositivo descrito en esta invención tiene como objetivo permitir utilizar el freno de servicio eléctrico en un frenado de emergencia y no emplear el freno de seguridad más que en caso de fallo del freno de servicio eléctrico, lo que tiene como ventajas:

- beneficiarse de todas las posibilidades de calibración dinámica del freno de servicio en situación de emergencia, de manera que se pueda explotar al máximo la adherencia de la rueda/raíl disponible,
- disminuir el uso del freno de seguridad, utilizándolo solo en caso de fallo del freno de servicio.

60

[0009] A estos efectos, el objeto de la invención es un sistema de frenado de seguridad según la reivindicación 1.

65

[0010] Siguiendo los modos particulares de realización, el freno de seguridad es según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 15.

[0011] Un objeto adicional de la invención es un procedimiento de frenado de seguridad según la reivindicación 16.

[0012] Siguiendo los modos particulares de realización, el procedimiento de frenado de seguridad se realiza según la reivindicación 17.

[0013] La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción de los modos de realización que aparece a continuación, dadas únicamente a título de ejemplo y realizadas con referencia a los dibujos anexos, en los que:

10

- la figura 1 es una vista esquemática de una primera forma de realización de un sistema de frenado que comprende un primer freno de servicio eléctrico, sin ser de seguridad, y un segundo freno mecánico, de seguridad.

- la figura 2 es una vista esquemática de una segunda forma de realización de un sistema de frenado, aquí completamente eléctrico, que comprende un primer freno de servicio eléctrico, sin ser de seguridad, y un segundo freno eléctrico, de seguridad.

15

- la figura 3 es una vista esquemática de una tercera forma de realización de un sistema de frenado, aquí completamente eléctrico, que comprende un primer freno eléctrico de servicio, sin ser de seguridad, y un segundo freno eléctrico, de seguridad.

- la figura 4 es una vista esquemática de una variante de la primera forma de realización descrita en la figura 1;

20

- la figura 5 es una vista esquemática de una variante de la segunda forma de realización de la figura 2;

- la figura 6 es una vista esquemática de una variante de la segunda forma de realización descrita en la figura 3;

- la figura 7 es una curva de corriente en función de la velocidad de rotación de un motor de tracción a partir de la cual se determina un umbral de activación de un relé de corriente.

25

[0014] La figura 1 representa una primera forma de realización de un sistema de frenado de seguridad asociado a una cadena de tracción eléctrica 1 de un vehículo ferroviario.

[0015] El sistema de frenado comprende un primer freno de servicio eléctrico integrado en la cadena de tracción eléctrica 1 y un segundo freno de seguridad 2, aquí mecánico.

30

[0016] El sistema de frenado comprende igualmente un dispositivo de vigilancia 3 del desempeño de frenado del primer freno mediante los datos de medición de la intensidad de una corriente, un dispositivo de detección 4 adecuado para producir la decisión de conmutar desde el primer freno hasta el segundo freno una vez que se supere un valor umbral predeterminado por los datos de medición de la intensidad, y un dispositivo de emisión 5 de una orden de conmutación.

35

[0017] La cadena de tracción 1 se alimenta con ayuda de una línea catenaria (o un tercer raíl) 6 de alta tensión referenciada por una masa 7 vinculada a la tierra.

40

[0018] La cadena de tracción eléctrica 1 comprende un pantógrafo (o frotador) 8 de captación de la energía eléctrica desde la línea catenaria (o el tercer raíl) 6 seguido de un disyuntor de línea 9 que sirve de interruptor/contactador principal entre la cadena de tracción 1 y la línea catenaria (o el tercer raíl) 6.

45

[0019] La cadena de tracción 1 comprende igualmente una máquina electromecánica rotativa 10 apta para recibir la alimentación desde un convertidor electrónico de potencia 12.

[0020] El convertidor electrónico de potencia 12 comprende, en cascada, desde el disyuntor 9 hasta la máquina electromecánica 10, un filtro de línea 14, un chopper de frenado reostático 16 y un inversor de tracción 18, aquí de salida trifásica, apta para alimentar la máquina electromecánica 10 a través de un conmutador electromecánico de conexión 20.

50

[0021] El conjunto de los elementos de la cadena de tracción 1 está conectado a la masa común 7 a través de una línea de regreso de masa 22.

55

[0022] La máquina electromecánica rotativa 10 comprende un estátor de alimentación aquí alternativa trifásica provista de bornes eléctricos de entrada 23, 24, 25 y un rotor cuya excitación está proporcionada por un imán permanente.

60

[0023] En modo de tracción eléctrica, la máquina electromecánica 10 funciona como motor mientras que en modo de frenado eléctrico la máquina funciona como generadora de tensión.

[0024] El primer freno de servicio eléctrico comprende los componentes de la cadena de tracción 1, particularmente la máquina electromecánica rotativa 10, el inversor 18, el chopper de frenado reostático 16 y el filtro de línea 14.

65

- [0025]** El filtro de línea 14 comprende aquí una estructura «LC» clásica formada, por un lado, por una inductancia de línea 28 montada en serie entre el disyuntor 9 y una entrada de línea 29 del chopper 16, y por otro, un condensador 30 conectado eléctricamente en paralelo cerca de la entrada 29 del chopper 16.
- 5 **[0026]** El chopper de frenado reostático 16 comprende un transistor de potencia 32 de tipo JGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor* o transistor bipolar de puerta aislada) por ejemplo, que sirve como regulador, conectado en serie a una resistencia de frenado reostático 34.
- [0027]** El chopper 16 comprende igualmente un diodo de rueda libre 36, conectado en paralelo a la resistencia
10 de frenado 34.
- [0028]** El inversor 18 comprende tres líneas de salidas alternativas trifásicas 37, 38, 39 aptas para ser conectadas respectivamente a una toma de corriente de entrada 23, 24, 25 de fase estátor del motor 10 mediante una conexión realizada con ayuda de conmutador electromecánico 20.
15
- [0029]** El inversor 18 tiene 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 14 y la línea de regreso 22.
- [0030]** Cada interruptor electrónico de potencia 42, 44, 46, 48, 50, 52 comprende respectivamente un transistor
20 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. 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.
- 25 **[0031]** 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 cada salida a una línea de salida del inversor respectivamente 37, 38, 39.
- [0032]** Los circuitos de control de las celdas de conmutación no están representados en la figura 1 y se suponen
30 adecuados para producir un funcionamiento sincrónico de tracción en el motor 10.
- [0033]** El conmutador electromecánico 20 comprende un conjunto de tres paneles de entrada 90, 92 y 94 respectivamente conectados a los bornes eléctricos de entrada 23, 24 et 25 de las fases del estátor del motor 10.
- 35 **[0034]** El conmutador electromecánico 20 comprende igualmente u primer grupo de contactos de salida 96, 98, 100 conectados respectivamente a las líneas de salida 37, 38, 39 del inversor 18.
- [0035]** El conmutador electromecánico 20 comprende igualmente el segundo grupo de paneles de salida 108,
40 110 y 112, aislados eléctricamente y adecuados para estar conectados respectivamente a los paneles de entrada 90, 92 y 94 para aislar el motor del inversor 18.
- [0036]** El conmutador electromecánico 20 comprende un control de entrada 114 adecuado para recibir un comando de conmutación que permita conmutar los contactores que forman las conexiones entre los paneles de
45 entrada y los paneles de salida de un grupo al otro.
- [0037]** El conmutador electromecánico 20 presenta un alto grado de fiabilidad y por tanto de seguridad.
- [0038]** Aquí, el conjunto constituido por el dispositivo de vigilancia 3, el dispositivo de detección 4 y el dispositivo
50 de emisión 5, se realiza mediante un único componente: un relé de intensidad.
- [0039]** Como variante, los dispositivos 3, 4 y 5 forman un conjunto discreto de tres componentes separados.
- [0040]** El dispositivo de vigilancia 3 está conectado aquí, en la figura 1, entre el inversor 18 y el chopper de
55 freno reostático 16.
- [0041]** El dispositivo de emisión 5 emite una señal de salida que es una orden de conmutación cuando la corriente, medida por el relé de intensidad, se encuentra por debajo de un valor umbral predeterminado.
- [0042]** La salida de estado activado/desactivado del dispositivo de emisión 5 está vinculada a una entrada de
60 comando de activación 116 del freno mecánico 2 y al control de entrada 114 del relé electromecánico 20, adecuado para conectar/desconectar el motor 10 del inversor 18.
- [0043]** En funcionamiento de tracción, la cadena de tracción 1 descrita en la figura 1 está configurada para
65 alimentar con corriente el motor 10 mediante la línea catenaria 6 a través del inversor 18.

[0044] El convertidor electrónico de potencia 12 pone en marcha una configuración del inversor alimentada por corriente continua, el disyuntor de línea 9 estando cerrado y el transistor del chopper 16 estando abierto.

[0045] El conmutador electromecánico 20 está configurado en este caso de manera que pueda garantizar la conexión de las líneas de salida 37, 38, 39 del inversor 18 a las entradas de alimentación 23, 24, 25 del estátor del motor.

[0046] Durante un frenado de servicio, el conmutador electromecánico 20 mantiene el mismo estado que durante la tracción.

10

[0047] El inversor 18 está configurado para funcionar en modo rectificador y el chopper 16 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.

[0048] Este modo de funcionamiento es el modo de funcionamiento clásico llamado combinado recuperación/reostático.

[0049] También es posible el funcionamiento en modo de frenado reostático puro. En este caso, el disyuntor de línea 9 está abierto, el inversor funcione igualmente en modo rectificador y produce sobre la resistencia de frenado reostático 34 una corriente rectificada en función del valor de la resistencia reostática 34 del chopper 16 y de la tensión de salida del inversor 18. Este modo de funcionamiento es el que se elige a menudo cuando se emplea el freno eléctrico durante el frenado de emergencia, puesto que la apertura del disyuntor garantiza que el par de fuerzas realizado por el motor no podrá ser positiva, es decir, de tracción.

[0050] Incluso en este modo reostático puro, el par de frenado está regulado de manera activa por el inversor 18, que funciona como rectificador, manteniéndose el interruptor electrónico 32 del chopper 16 en conducción permanente o casi permanente, de manera que no pueda reenviarse ninguna energía en la línea 6, puesto que el disyuntor 9 está abierto.

[0051] De esta forma, sea cual sea el modo de funcionamiento del freno de servicio eléctrico empleado durante el frenado de emergencia (modo combinado recuperación/reostático o modo reostático puro) el par de frenado puede regularse de manera dinámica en función de la velocidad de las ruedas y de la adherencia de la rueda/raíl disponible. Este freno tendrá entonces una eficacia máxima, pero no será de seguridad, puesto que hace intervenir un gran número de componentes.

35

[0052] El dispositivo de detección 4 a partir del dispositivo de vigilancia 3 permite saber con seguridad si este freno eléctrico tiene una eficacia suficiente simplemente comparando la corriente que circula por este dispositivo 3 con un umbral predeterminado. En efecto, la fuerza de frenado durante el frenado de emergencia siendo constante (freno no modular), la evolución de corriente en función de la velocidad del tren en este dispositivo tendrá aproximadamente la forma de la figura 7.

40

[0053] El dispositivo de detección 4 es, por tanto, capaz de detectar con seguridad una insuficiencia de fuerza de frenado eléctrico a partir del dispositivo de vigilancia 3.

[0054] En caso de detección de insuficiencia de fuerza de frenado eléctrico, el dispositivo de conmutación 5 es por tanto capaz de conmutar con seguridad del freno eléctrico 1 al freno de seguridad 2. Para ello, envía una orden de conmutación en la entrada 114 del conmutador 20 y en la entrada 116 del freno de seguridad 2. En el caso de que el modo de freno de servicio empleado como freno de emergencia es el modo combinado recuperación/reostático, también puede enviar una orden de abertura al disyuntor 9 de manera que se garantice que el equipo 1 no pueda pasar en modo tracción.

50

[0055] Como variante, puede preverse una temporización de validación de la detección mediante el dispositivo de decisión, de una duración, por ejemplo, de uno o dos segundos, de manera que se filtre cualquier perturbación de tipo falsa alarma.

55

[0056] Otra variante que puede preverse es desactivar el dispositivo de conmutación por debajo de un umbral de velocidad predeterminado, estando provisto por tanto el dispositivo de detección 4 de una entrada, no representa en la figura, de señal de velocidad del tren, para evitar que incluso en caso de buen funcionamiento del freno de servicio, el dispositivo bascule al freno de seguridad de baja velocidad. En efecto, la característica de la corriente vigilada en función de la velocidad (cf. figura 7) hace que esta corriente circule necesariamente por debajo del umbral de vigilancia cuando la velocidad es muy baja. Para mantener el carácter de seguridad del dispositivo, es necesario que este umbral de velocidad sea, en sí mismo, de seguridad.

60

[0057] La figura 2 representa una segunda forma de realización de un sistema de frenado de seguridad asociado a una cadena de tracción eléctrica 1 idéntica a la descrita en la figura 1.

65

- [0058]** Solo difiere el freno de seguridad 2, que aquí es un freno eléctrico 117 que comprende un dispositivo de producción de par de frenado 118 y el conmutador electromecánico 20 que aquí es un conmutador electromecánico 120 que comprende un tercer grupo de paneles de salida 122, 124, 126 c conectados respectivamente a las entradas 5 128, 130, 132 del dispositivo de producción del par de frenado 118.
- [0059]** El segundo freno eléctrico 117 comprende la dinamo 10, el conmutador electromecánico 120 y el dispositivo de producción del par de frenado 118.
- 10 **[0060]** El conmutador electromecánico 120 es adecuado para desconectar los bornes de entrada del motor 23, 24, 25 de las líneas de salida 37, 38, 39 del inversor 18, conmutando los contactos eléctricos del primer grupo de paneles 96, 98, 100 al segundo grupo de paneles de salida 108, 110, 112 y aislar de esta manera el motor 10 del inversor 18.
- 15 **[0061]** El conmutador 120 es adecuado igualmente para conectar los bornes de entrada 23, 24, 25 a las entradas 128, 130, 132 del dispositivo de producción del par de frenado 118 del segundo freno 117.
- [0062]** El dispositivo de producción del par de frenado 118 comprende un puente rectificador de diodos clásico 134, aquí trifásico, adecuado para alimentarse mediante las entradas 128, 130, 132 y una resistencia de carga terminal 20 136, conectada al puente en las salidas 138 y 140. El puente rectificador de diodos comprende aquí seis diodos 142, 144, 146, 148, 150, 152 representados en la figura 2.
- [0063]** El puente rectificador de diodos 134 y la resistencia de carga 136 son componentes eléctricos puramente pasivos que no necesitan ningún comando.
- 25 **[0064]** Con este sistema de frenado de seguridad descrito en la figura 2, se obtienen los mismos modos de funcionamiento que en la figura 1, excepto el modo de frenado de seguridad.
- [0065]** En el modo de frenado de seguridad, cuando el dispositivo de vigilancia 3 y de decisión 4 detecta un 30 valor de corriente imagen del primer freno eléctrico por debajo del valor umbral, se efectúa una conmutación del primer freno eléctrico al segundo freno 117 mediante el conmutador electromecánico 120.
- [0066]** El conmutador electromecánico 120 desconecta la máquina electromecánica 10 del inversor 18 cuando 35 recibe la orden de conmutar al segundo freno 117 desde el dispositivo de emisión 5 y conecta la dinamo 10 a dispositivo de producción del par de frenado 118.
- [0067]** La figura 3 representa una tercera forma de realización de un sistema de frenado de seguridad asociado a una cadena de tracción eléctrica 1 idéntica a la de las figuras 1 y 2.
- 40 **[0068]** Con relación al sistema descrito en la figura 1, el segundo freno es aquí un freno eléctrico que comprende el puente de diodos de rueda libre 66, 68, 70, 72, 74, 76 del inversor 18, una resistencia de carga terminal 162, un relé electromecánico auxiliar 164 conectado en serie a la resistencia 162 y controlado por una entrada (166), estando el conjunto compuesto por el relé 164 y la resistencia 162 interpuesto entre el chopper 16 y el inversor 18.
- 45 **[0069]** El segundo freno eléctrico comprende igualmente un circuito auxiliar, que no está aquí representado en la figura 3, adecuado para inhibir los comandos de conducción de los transistores de potencia del inversor 18.
- [0070]** El montaje de los dispositivos 3, 4 y 5 es análogo al de la figura 1.
- 50 **[0071]** No obstante, aquí la salida del dispositivo de emisión 5 o la salida del relé de intensidad está conectada a la entrada 114 del conmutador electromecánico 164 de conexión de la carga 162 del segundo freno, a la circuitería de inhibición de los comandos de cierre de los transistores de potencia del inversor 18 y, llegado el caso, al comando de apertura del disyuntor 9.
- 55 **[0072]** Con este sistema de frenado de seguridad descrito en la figura 3, se obtienen los mismos modos de funcionamiento que en la figura 1 y 2, excepto el modo de frenado de seguridad.
- [0073]** En este modo de frenado, los comandos de los transistores del inversor 18 son inhibidos en respuesta a la orden de conmutación enviada por el dispositivo de emisión 5.
- 60 **[0074]** La conmutación al segundo freno eléctrico está ahora garantizada mediante el cierre del relé electromecánico auxiliar 164 sobre la resistencia de producción 162 del par de frenado de seguridad.
- [0075]** Unos escenarios complementarios de disipación de la energía eléctrica en el caso de las figuras 2 y 3 65 pueden estar previstos, pero no se describen aquí.

[0076] La figura 4 representa una variante de la primera forma de realización del sistema de frenado de seguridad de la figura 1, en la que el conjunto de los dispositivos 3, 4 y 5 está colocado en serie con la resistencia 34 del chopper 16.

5

[0077] El funcionamiento del sistema de frenado de la figura 4 es análogo al de la figura 1, con la diferencia de que el freno de servicio empleado aquí durante el frenado de emergencia es el freno reostático puro, estando el disyuntor 9 abierto.

10 **[0078]** La figura 5 es una variante de la segunda forma de realización del sistema de frenado de seguridad de la figura 2, en la que el relé de intensidad formado por 3, 4 y 5 está colocado en serie con la resistencia 34 del chopper 16.

15 **[0079]** El funcionamiento del sistema de frenado de la figura 5 es análogo al de la figura 2, con la diferencia de que aquí, el freno de servicio empleado durante el frenado de emergencia es el modo reostático puro, como en la figura 4.

20 **[0080]** La figura 6 representa una variante de la tercera forma de realización del sistema de frenado de seguridad de la figura 3, en la que los relés de intensidad 3, 4 y 5 están interpuestos en serie con la resistencia 34 del chopper de frenado reostático 16.

25 **[0081]** El funcionamiento del sistema de frenado de la figura 6 es análogo al de la figura 3, con la diferencia de que el freno de servicio empleado aquí durante el frenado de emergencia es el freno reostático puro, como en las figuras 4 y 5.

25

[0082] La figura 7 representa la intensidad de corriente que pasa por el dispositivo de vigilancia 3 en función de la velocidad de rotación del motor, es decir, de la velocidad del tren en ausencia de frenado. Esta figura aporta dos aspectos de la corriente posibles, en forma de curvas 210 y 220, según si este dispositivo 3 está colocado en la línea entre el chopper reostático 16 y el inversor 18 (caso de las figuras 1, 2 y 3 representado en la curva 210) o si está
30 colocado en serie con la resistencia de frenado (caso de las figuras 4, 5 y 6 representado en la curva 220). Esta figura muestra que un umbral de vigilancia 240 de la corriente por debajo del que el dispositivo de decisión 4 detecta la insuficiencia de frenado eléctrico puede elegirse en un amplio margen de valores.

[0083] Esta figura también muestra que la corriente tiende a 0 cuando la velocidad tiende a 0. De esta manera, pasará inevitablemente por debajo del umbral de vigilancia a una cierta velocidad, bastante baja. El dispositivo de
35 detección 4 detectará por tanto una insuficiencia de frenado eléctrico a baja velocidad, lo que es completamente normal puesto que una fuerza de frenado eléctrico no puede nunca ejercerse totalmente hasta una velocidad nula. El dispositivo de conmutación 5 hará bascular el freno al segundo freno, de seguridad. Esto no es un inconveniente a priori. No obstante, podemos evitarlo si, por ejemplo, esta transición provoca un cierto golpe de par de frenado (lo que
40 es en general aceptable, ya que solo se trata del frenado de emergencia, raramente utilizado). Para evitarlo, podemos inhibir el dispositivo de detección 4 por debajo de un cierto umbral de velocidad 250 (ejemplo dado en la figura 7) En este caso, habrá que asegurarse de que este umbral de velocidad sea de seguridad, para no perder el carácter de seguridad del dispositivo.

45 **[0084]** La ventaja que proporciona el sistema de frenado de seguridad descrito en las figuras 1 a 6 es el hecho de que el primer freno de servicio eléctrico, vigilado por el dispositivo de vigilancia 3 puede utilizarse en un escenario de frenado de tipo de seguridad y beneficiarse al mismo tiempo de su capacidad de regulación del par de frenado en función de la velocidad de rotación de las ruedas.

50 **[0085]** El sistema de frenado de seguridad tal como se describe permite:

- beneficiarse de todas las posibilidades de calibración dinámica del freno de servicio en situación de emergencia, de manera que se pueda explotar al máximo la adherencia de la rueda/raíl disponible,
- disminuir el uso del freno de seguridad, utilizándolo solo en caso de fallo del freno de servicio.

55

[0086] La acción conjunta de los dispositivos de vigilancia 3, de decisión 4, de emisión de la orden de conmutación 5 y de un segundo freno de seguridad 2, 117 es a garantía de seguridad del sistema de frenado.

[0087] Con tal sistema de frenado, la regulación del par de frenado a alta velocidad está garantizada y la
60 dimensión del sistema de frenado se reduce con relación a la utilización de un frenado mecánico de seguridad exclusivamente.

[0088] Por otro lado, una regulación activa es más eficaz y menos engorrosa que una regulación pasiva realizada en un sistema de frenado de seguridad eléctrico de tipo pasivo.

65

[0089] El segundo freno eléctrico comprende igualmente un circuito auxiliar, que no está aquí representado en la figura 3, adecuado para inhibir los comandos de conducción de los transistores de potencia del inversor 18.

[0090] El montaje de los dispositivos 3, 4 y 5 es análogo al de la figura 1.

[0091] No obstante, aquí la salida del dispositivo de emisión 5 o la salida del relé de intensidad está conectada a la entrada 114 del conmutador electromecánico 164 de conexión de la carga 162 del segundo freno, a la circuitería de inhibición de los comandos de cierre de los transistores de potencia del inversor 18 y, llegado el caso, al comando de apertura del disyuntor 9.

[0092] Con este sistema de frenado de seguridad descrito en la figura 3, se obtienen los mismos modos de funcionamiento que en la figura 1 y 2, excepto el modo de frenado de seguridad.

[0093] En este modo de frenado, los comandos de los transistores del inversor 18 son inhibidos en respuesta a la orden de conmutación enviada por el dispositivo de emisión 5.

[0094] La conmutación al segundo freno eléctrico está ahora garantizada mediante el cierre del relé electromecánico auxiliar 164 sobre la resistencia de producción 162 del par de frenado de seguridad.

[0095] Unos escenarios complementarios de disipación de la energía eléctrica en el caso de las figuras 2 y 3 pueden estar previstos, pero no se describen aquí.

[0096] La figura 4 representa una variante de la primera forma de realización del sistema de frenado de seguridad de la figura 1, en la que el conjunto de los dispositivos 3, 4 y 5 está colocado en serie con la resistencia 34 del chopper 16.

[0097] El funcionamiento del sistema de frenado de la figura 4 es análogo al de la figura 1, con la diferencia de que el frenado de servicio empleado aquí durante el frenado de emergencia es el frenado reostático puro, estando el disyuntor 9 abierto.

[0098] La figura 5 es una variante de la segunda forma de realización del sistema de frenado de seguridad de la figura 2, en la que el relé de intensidad formado por 3, 4 y 5 está colocado en serie con la resistencia 34 del chopper 16.

[0099] El funcionamiento del sistema de frenado de la figura 5 es análogo al de la figura 2, con la diferencia de que aquí, el freno de servicio empleado durante el frenado de emergencia es el modo reostático puro, como en la figura 4.

[0100] La figura 6 representa una variante de la tercera forma de realización del sistema de frenado de seguridad de la figura 3, en la que los relés de intensidad 3, 4 y 5 están interpuestos en serie con la resistencia 34 del chopper de frenado reostático 16.

[0101] El funcionamiento del sistema de frenado de la figura 6 es análogo al de la figura 3, con la diferencia de que el freno de servicio empleado aquí durante el frenado de emergencia es el freno reostático puro, como en las figuras 4 y 5.

[0102] La figura 7 representa la intensidad de corriente que pasa por el dispositivo de vigilancia 3 en función de la velocidad de rotación del motor, es decir, de la velocidad del tren en ausencia en frenado. Esta figura aporta dos aspectos de la corriente posibles, en forma de curvas 210 y 220, según si este dispositivo 3 está colocado en la línea entre el chopper reostático 16 y el inversor 18 (caso de las figuras 1, 2 y 3 representado en la curva 210) o si está colocado en serie con la resistencia de frenado (caso de las figuras 4, 5 y 6 representado en la curva 220). Esta figura muestra que un umbral de vigilancia 240 de la corriente por debajo del que el dispositivo de decisión 4 detecta la insuficiencia de frenado eléctrico puede elegirse en un amplio margen de valores.

[0103] Esta figura también muestra que la corriente tiende a 0 cuando la velocidad tiende a 0. De esta manera, pasará inevitablemente por debajo del umbral de vigilancia a una cierta velocidad, bastante baja. El dispositivo de detección 4 detectará por tanto una insuficiencia de frenado eléctrico a baja velocidad, lo que es completamente normal puesto que una fuerza de frenado eléctrico no puede nunca ejercerse totalmente hasta una velocidad nula. El dispositivo de conmutación 5 hará bascular el freno al segundo freno, de seguridad. Esto no es un inconveniente a priori. No obstante, podemos evitarlo si, por ejemplo, esta transición provoca un cierto golpe de par de frenado (lo que es en general aceptable, ya que solo se trata del frenado de emergencia, raramente utilizado). Para evitarlo, podemos inhibir el dispositivo de detección 4 por debajo de un cierto umbral de velocidad 250 (ejemplo dado en la figura 7) En este caso, habrá que asegurarse de que este umbral de velocidad sea de seguridad, para no perder el carácter de seguridad del dispositivo.

[0104] La ventaja que proporciona el sistema de frenado de seguridad descrito en las figuras 1 a 6 es el hecho de que el primer freno de servicio eléctrico, vigilado por el dispositivo de vigilancia 3 puede utilizarse en un escenario de frenado de tipo de seguridad y beneficiarse al mismo tiempo de su capacidad de regulación del par de frenado en función de la velocidad de rotación de las ruedas.

5

[0105] El sistema de frenado de seguridad tal como se describe permite:

- beneficiarse de todas las posibilidades de calibración dinámica del freno de servicio en situación de emergencia, de manera que se pueda explotar al máximo la adherencia de la rueda/raíl disponible,

10 - disminuir el uso del freno de seguridad, utilizándolo solo en caso de fallo del freno de servicio.

[0106] La acción conjunta de los dispositivos de vigilancia 3, de decisión 4, de emisión de la orden de conmutación 5 y de un segundo freno de seguridad 2, 117 es a garantía de seguridad del sistema de frenado.

15 **[0107]** Con tal sistema de frenado, la regulación del par de frenado a alta velocidad está garantizada y la dimensión del sistema de frenado se reduce con relación a la utilización de un frenado mecánico de seguridad exclusivamente.

20 **[0108]** Por otro lado, una regulación activa es más eficaz y menos engorrosa que una regulación pasiva realizada en un sistema de frenado de seguridad eléctrico de tipo pasivo.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de frenado eléctrico de seguridad destinado a un vehículo de tracción eléctrica, en particular, a un vehículo ferroviario, equipado con una cadena de tracción (1), comprendiendo el sistema
- 5 un primer freno eléctrico, sin ser de seguridad, integrado en la cadena de tracción (1), un segundo freno de seguridad (2), un órgano de conmutación (20) desde el primer freno eléctrico hasta el segundo freno (2), un dispositivo de vigilancia (3) adecuado para vigilar el desempeño del frenado del primer freno mediante datos de medición de la intensidad de una corriente,
- 10 un dispositivo de decisión (4) para conmutar desde el primer freno hasta el segundo freno cuando se supera un valor umbral predeterminado (240) por los datos de medición de la intensidad, y un dispositivo de emisión (5) de una orden de conmutación hasta al menos un órgano de conmutación (20), **caracterizado por** el primer freno eléctrico que comprende en cascada una máquina electromecánica (10) apta para funcionar como generador de tensión,
- 15 un inversor de tracción (18) adecuado para configurarse como puente rectificador de diodos, un conmutador electromecánico de conexión (20) de la máquina electromecánica (10) al inversor (18), un chopper (16) con una resistencia de frenado (34) de chopper, el conmutador electromecánico (20) que forma el órgano de conmutación desde el primer freno eléctrico hasta el segundo freno (2).
- 20
2. Sistema de frenado según la reivindicación 1 **caracterizado porque** el primer freno de servicio eléctrico comprende un filtro de línea (14) y un disyuntor de línea (9).
3. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2 **caracterizado porque** la máquina
- 25 electromecánica (10) comporta un rotor con imanes permanentes.
4. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 **caracterizado porque** la máquina electromecánica (10) comporta al menos dos bobinas que permiten la circulación de al menos dos corrientes desfasadas mutuamente.
- 30
5. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 **caracterizado porque** el segundo freno (2) es de tipo mecánico.
6. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 **caracterizado porque** el segundo
- 35 freno (10) es un freno eléctrico (117).
7. Sistema de frenado según la reivindicación 6 **caracterizado porque** el segundo freno eléctrico (117) comprende la máquina electromecánica (10), un dispositivo de producción de un par de frenado (118), estando adaptado el conmutador electromecánico (120) para unir la máquina electromecánica (10) al dispositivo de producción
- 40 de un par de frenado (118).
8. Sistema de frenado según la reivindicación 7, **caracterizado porque** el dispositivo de producción de un par de frenado (118) comprende un puente rectificador de diodos (134) y una resistencia (136).
- 45 9. Sistema de frenado según la reivindicación 6 **caracterizado porque** el segundo freno eléctrico (117) comprende el puente rectificador de diodos del inversor de tracción (18), una resistencia de carga terminal (162), un relé electromecánico auxiliar (164) conectado en serie a la resistencia (162) y controlado por una entrada (166), estando el conjunto compuesto por el relé (164) y la resistencia (162) interpuesto entre el chopper (16) y el inversor (18).
- 50
10. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 **caracterizado porque** el dispositivo de vigilancia (3) está montado en serie con el inversor (18).
11. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 **caracterizado porque** el dispositivo
- 55 de vigilancia (3) está montado en serie con la resistencia de frenado (18) del chopper (16).
12. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 **caracterizado porque** el dispositivo de vigilancia (3), el dispositivo de decisión (4) y el dispositivo de emisión (5) de una orden de conmutación forman juntos un relé de intensidad.
- 60
13. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 **caracterizado porque** el valor umbral (240) del dispositivo de decisión (4) se escoge de manera que sea inferior a un rango de valores de intensidad de corriente casi constante observado por el dispositivo de vigilancia (3) cuando la velocidad de rotación de la máquina electromecánica rotativa (10) decrece desde un valor máximo, estando activo el primer freno.
- 65

14. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 **caracterizado porque** la decisión del dispositivo de decisión se retrasa cuando se supera un valor umbral predeterminado.
15. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 **caracterizado porque** la decisión del dispositivo de decisión está inactiva cuando la velocidad es inferior a un umbral predeterminado (250).
16. Procedimiento de frenado de seguridad destinado a un vehículo de tracción eléctrica, en particular, un vehículo ferroviario, que comprende las etapas consistentes en activar un primer freno eléctrico sin ser de seguridad,
- 10 vigilar el desarrollo del primer freno eléctrico sin ser de seguridad con la ayuda de mediciones de al menos una variable representativa de la fuerza de frenado realizada por el primer freno eléctrico, detectar el cambio de esta variable por debajo de un valor umbral (240), conmutar el frenado de primer freno eléctrico sin ser de seguridad sobre el segundo freno de seguridad (2) aislando el primero freno de la máquina electromecánica (10) y activando el segundo freno de seguridad (2),
- 15 el primer freno eléctrico que comprende en cadena una máquina electromecánica (10) apta para funcionar como generadora de tensión, un inversor de tracción (18) adecuado para configurarse como puente rectificador de diodos, un conmutador electromecánico de conexión (20) de la máquina electromecánica (10) al inversor (18), un chopper (16) con una resistencia de frenado (34) de chopper,
- 20 el conmutador electromecánico (20) estando configurado para efectuar la conmutación desde el primer freno eléctrico hasta el segundo freno (2).
17. Procedimiento de frenado de seguridad según la reivindicación 16, **caracterizado porque** el segundo freno de seguridad (2) es un freno eléctrico.

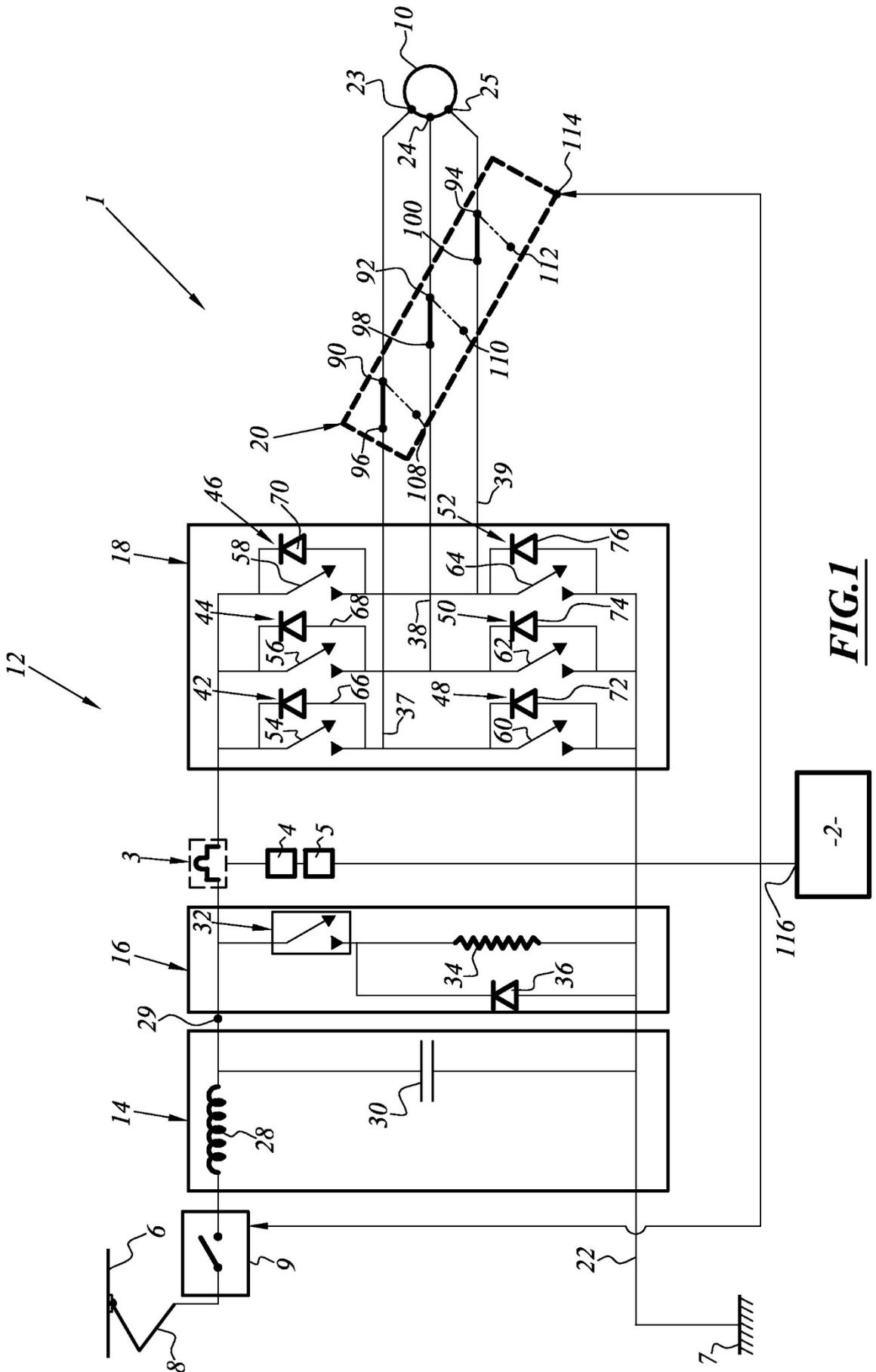


FIG. 1

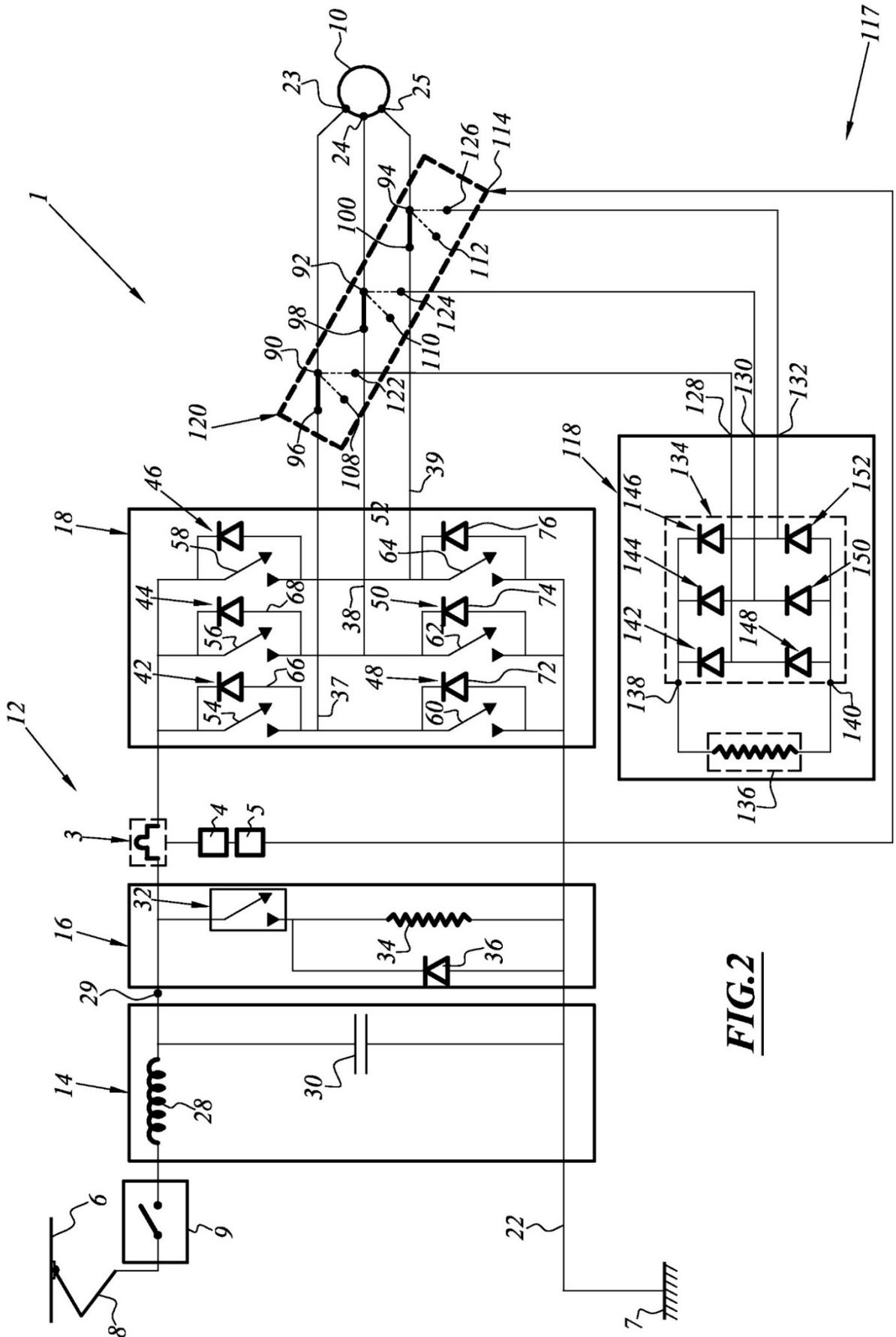


FIG. 2

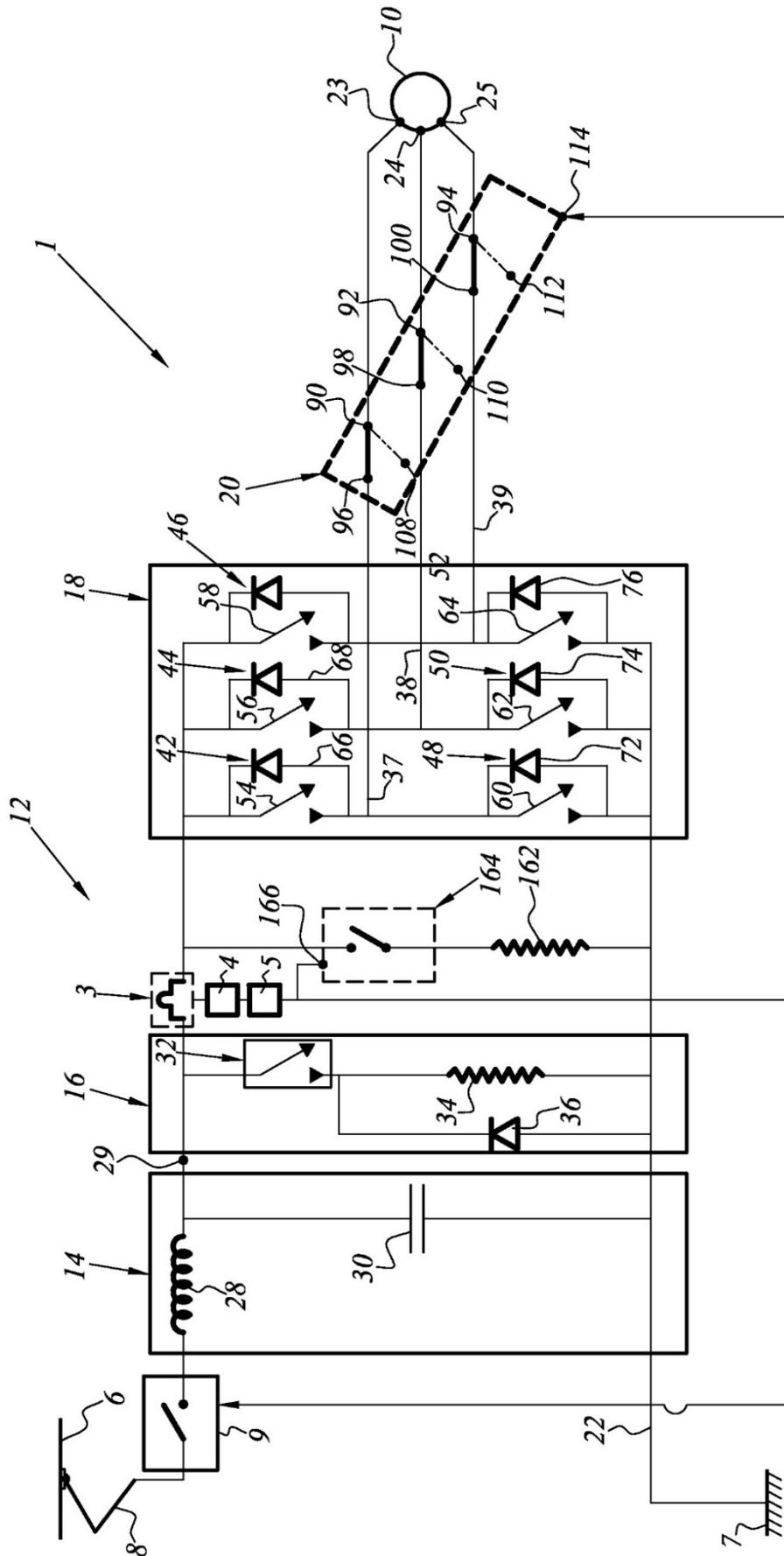


FIG.3

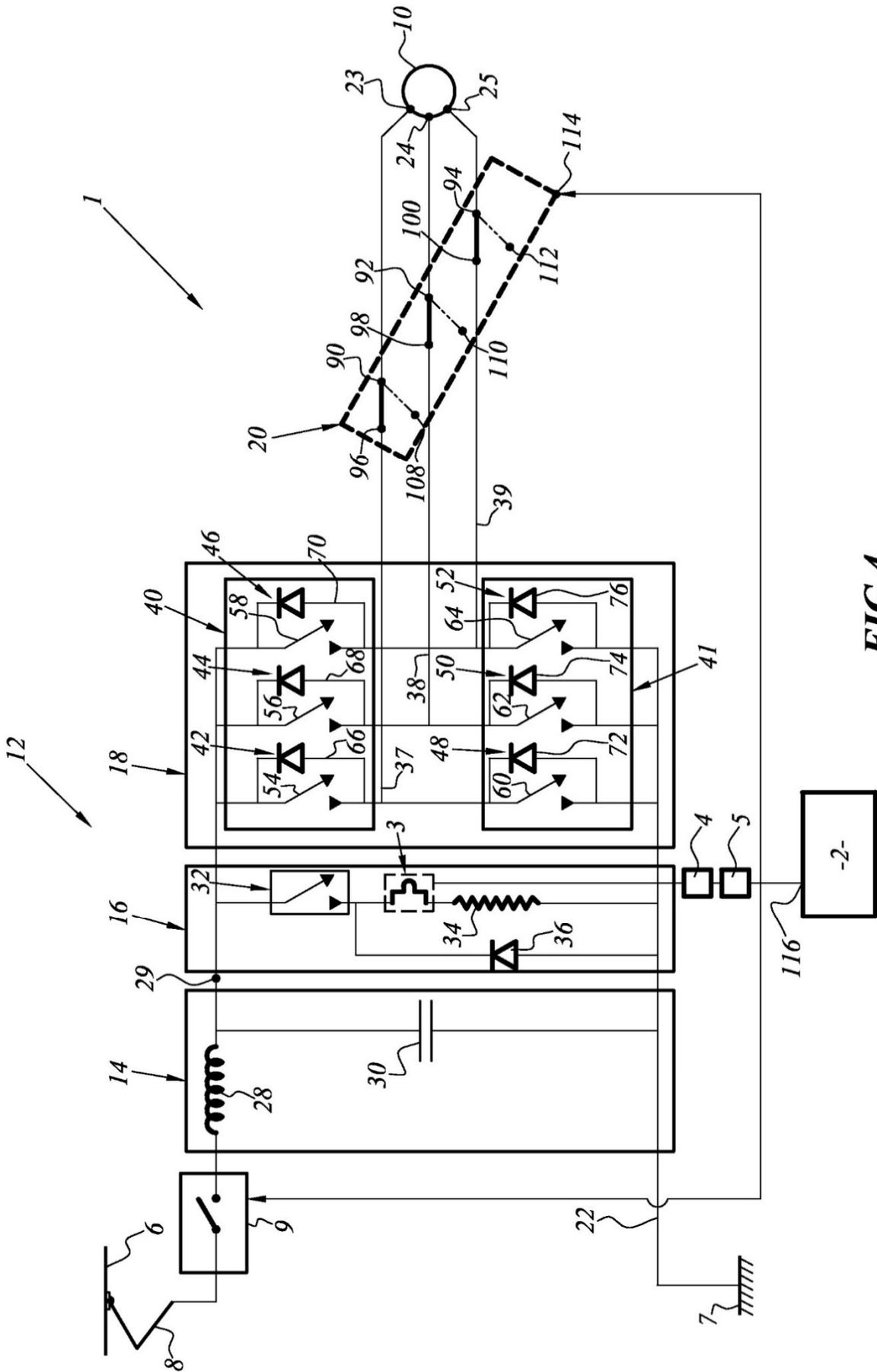


FIG. 4

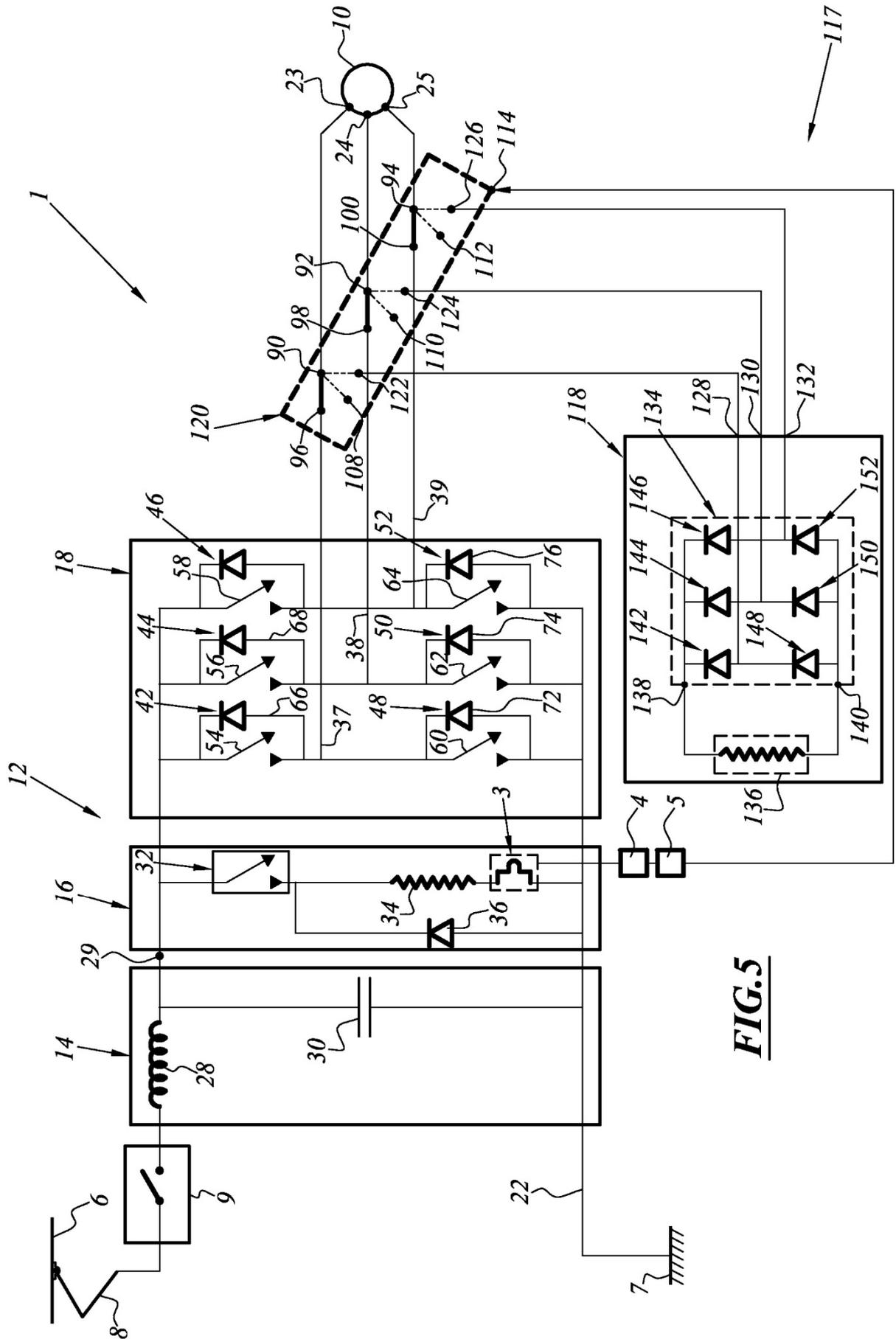


FIG. 5

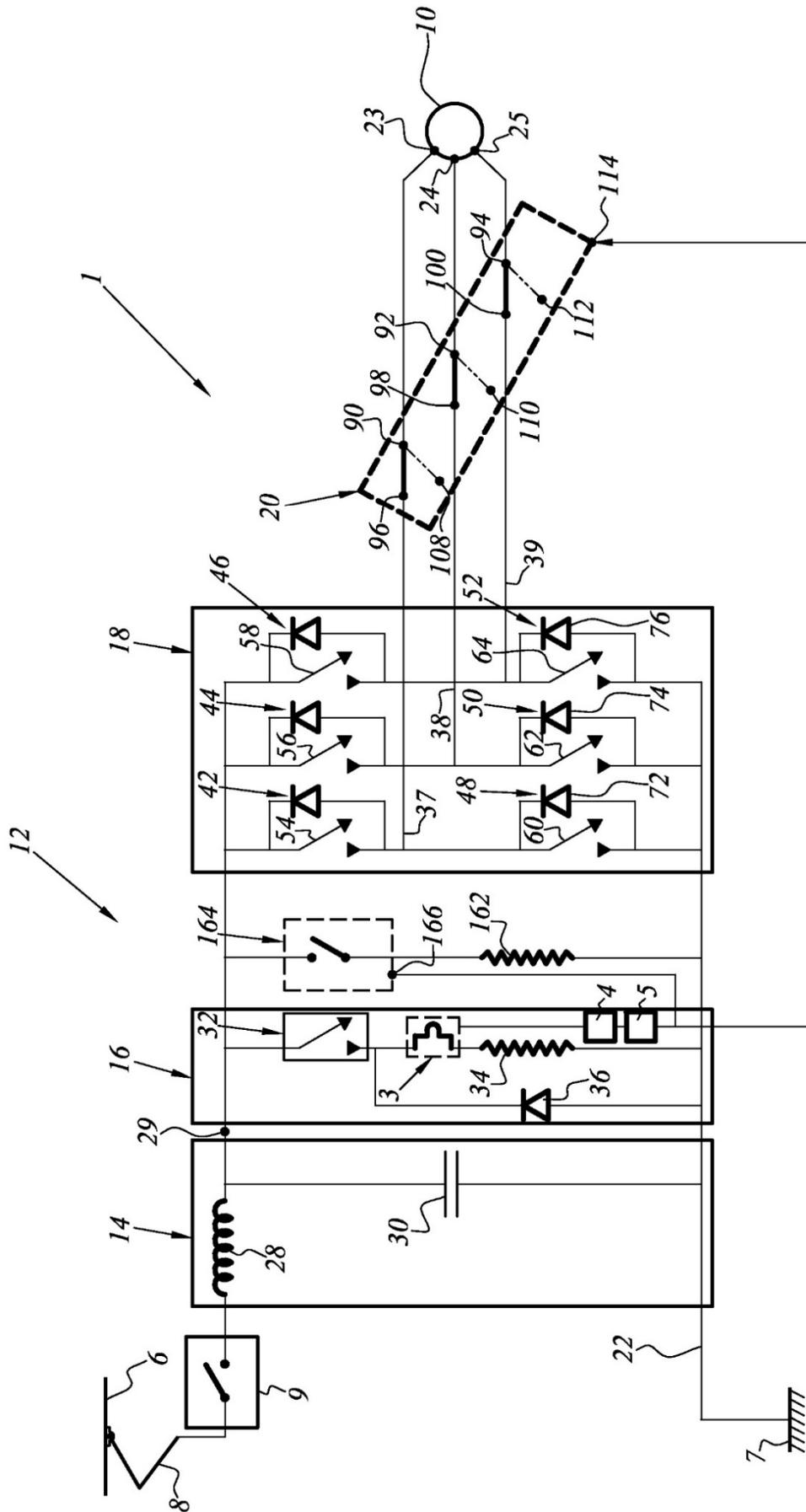


FIG. 6

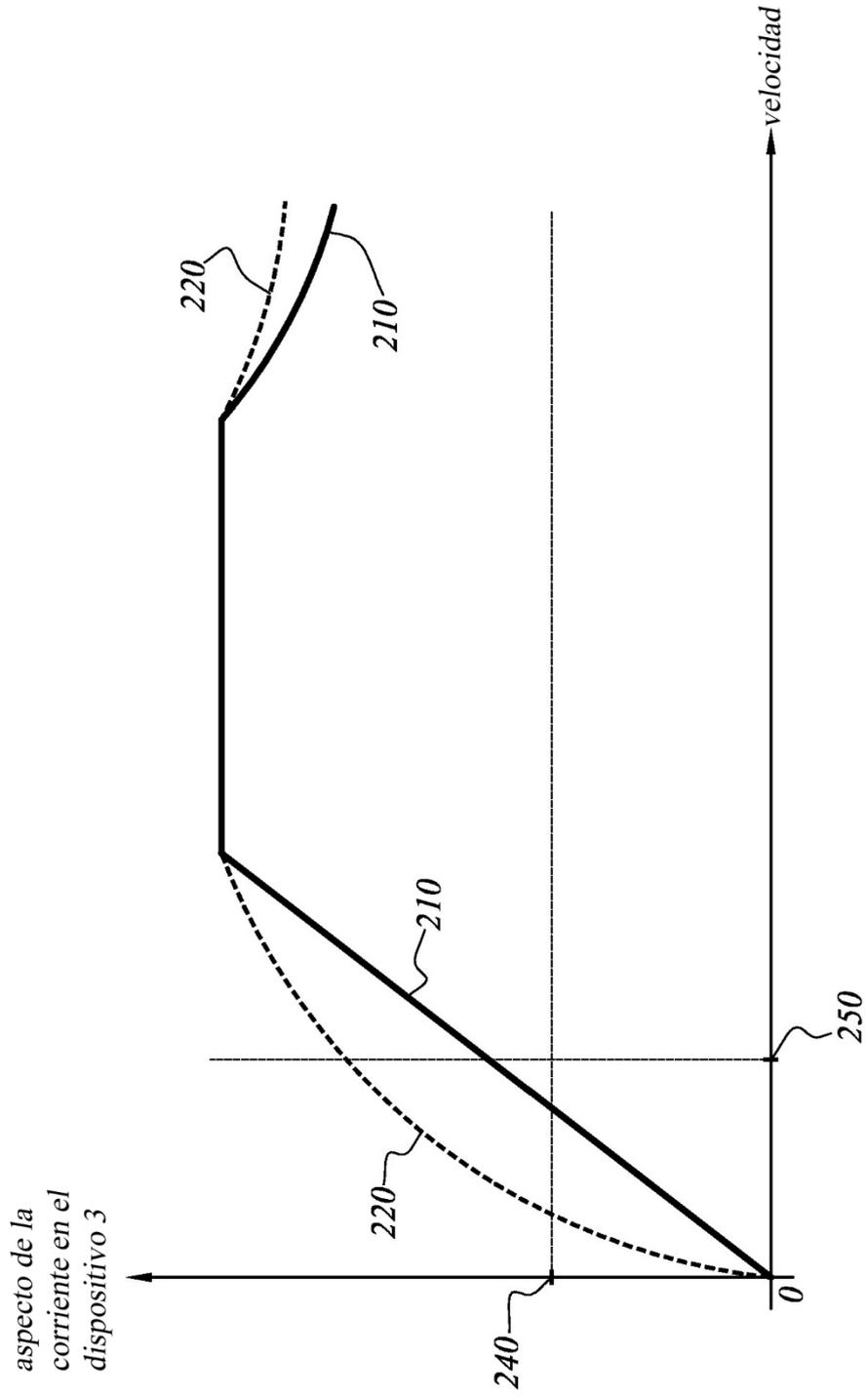


FIG.7