

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 617 087**

51 Int. Cl.:

**B60L 7/00** (2006.01)

**B60T 13/74** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2012** **E 12165376 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.11.2016** **EP 2657060**

54 Título: **Un sistema de frenado eléctrico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**15.06.2017**

73 Titular/es:

**BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH**  
**(100.0%)**  
**Schöneberger Ufer 1**  
**10785 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**BERGLUND, JAN**

74 Agente/Representante:

**URÍZAR ANASAGASTI, José Antonio**

**ES 2 617 087 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

Un sistema de frenado eléctrico

## 5 CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION Y ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

[0001] La presente invención se refiere a un sistema de frenado eléctrico para un vehículo eléctrico sobre rail de acuerdo con el preámbulo de la adjunta reivindicación 1.

10 [0002] La razón para tener dos dispositivos de frenado en un sistema eléctrico de frenado de este tipo es que se tiene que asegurar que el frenado del vehículo eléctrico sobre rail pueda ser siempre realizado, de manera que uno de dichos dispositivos de frenado debe ser considerado de hecho como redundante. Dicho primer dispositivo de frenado eléctrico será normalmente el dispositivo de frenado utilizado para el frenado de servicio del vehículo eléctrico sobre rail, en el que el frenado a través del mismo se obtiene normalmente mediante el control de las  
15 válvulas de corriente asociadas con dicho convertidor para conducir una corriente desde la máquina eléctrica operando entonces como un generador principalmente a través de diodos rectificadores del convertidor y a al menos una dicha primera resistencia disipativa o a una línea de suministro de energía eléctrica a la que está conectado el vehículo.

20 [0003] El segundo dispositivo de frenado está normalmente allí para conseguir frenado, es decir, asegurar un frenado fiable del vehículo si el primer dispositivo de frenado eléctrico por cualquier razón no fuera capaz de ello. Un dispositivo de frenado mecánico ha sido elegido con este propósito para dicho segundo dispositivo de frenado, en el que el dispositivo de frenado mecánico ha supervisado el dispositivo de frenado eléctrico y  
25 añadido par de frenado mecánico al par de frenado generado por el primer dispositivo de frenado eléctrico, si aquel par de frenado disminuyera mucho o desapareciera totalmente. El uso de tal dispositivo de frenado mecánico como dicho segundo dispositivo de frenado significa que el freno mecánico de tal vehículo eléctrico sobre rail tiene que dimensionarse en consecuencia dando como resultado un coste considerable, en particular su coste de vida útil, especialmente debido al mantenimiento requerido para tales frenos y la considerable masa de los mismos resultando en un notable consumo extra de energía, sin hablar de la contaminación por partículas de pastillas de freno de tales frenos mecánicos.

30 [0004] Cuando hablamos aquí de primer dispositivo de frenado eléctrico, no consideramos la opción de utilizar el control PWM del convertidor conectado a dicha máquina eléctrica para frenar el vehículo. Esta opción puede elegirse y se elige normalmente cuando existe la posibilidad de alimentar energía de dicha máquina de retorno a una red de suministro. Cuando esta posibilidad existe, este control PWM puede hacerse cargo de todo el frenado eléctrico. Sin embargo, esta posibilidad no existe si ningún otro consumidor está conectado a dicha red o si el  
35 vehículo está dentro de una sección muerta de la red. El control PWM puede en tal caso ser combinado con el control del sistema de frenado eléctrico de acuerdo con la invención. Por ello es importante medir la tensión continua del lado de tensión continua de dicho convertidor para controlar dispositivos de frenado eléctrico del sistema para mantener esta tensión continua a un nivel que no destruya los dispositivos semiconductores de dicho convertidor.

40 [0005] Un sistema de frenado eléctrico según la introducción se conoce a través de DE 10 2006 051317 A1.

## 45 RESUMEN DE LA INVENCION

[0006] El objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de frenado eléctrico del tipo definido en la introducción que está mejorado en al menos algún aspecto con respecto a tales sistemas de frenado ya conocidos.

50 [0007] Este objeto se obtiene de acuerdo con la invención proporcionando un sistema que se caracteriza además porque el sistema comprende además medios configurados para proporcionar a ambas dichas unidades de control una misma señal de referencia de una corriente total de frenado a conducir desde terminales eléctricos de la máquina eléctrica a dichas resistencias disipativas de los dos dispositivos, porque dichas unidades de control están configuradas, a la recepción de dicha señal de referencia de corriente total de frenado, para  
55 controlar dichos dos dispositivos para que funcionen en paralelo para compartir y suministrar conjuntamente dicha corriente total de frenado a dichas resistencias disipativas y porque dichas dos unidades de control están configuradas para comunicarse entre sí para calcular y determinar la proporción de dicha corriente total de frenado a suministrar a dicha al menos una resistencia disipativa de cada dispositivo de frenado.

60 [0008] Por el hecho de que dichas unidades de control recibirán dicha señal de referencia de la corriente total de frenado y controlarán los dos dispositivos para que operen en paralelo para compartir y suministrar conjuntamente la corriente total de frenado, cada unidad de control puede supervisar automáticamente el otro dispositivo de frenado. De este modo, dicha primera unidad de control descubrirá un posible fallo del segundo  
65 dispositivo de frenado eléctrico y viceversa. Además, dichas unidades de control pueden controlar los dos

dispositivos para compartir dicha corriente total de frenado de acuerdo con las condiciones establecidas. Por el hecho de que dichas dos unidades de control están configuradas para comunicarse entre sí para calcular y determinar la proporción de dicha corriente total de frenado a suministrar a dicha al menos una resistencia disipativa de cada dispositivo de frenado, dichos dispositivos pueden compartir la corriente de frenado y por ello los dispositivos de frenado eléctrico comparten el par de frenado de una manera favorable.

**[0009]** De acuerdo con una realización de la invención, cada uno de dichos dispositivos de frenado está configurado para suministrar él solo dicha corriente total de frenado ordenada a dicha al menos una resistencia disipativa del mismo cuando se produce un fallo del otro dispositivo de frenado. Por lo tanto, en caso de fallo de uno de los dispositivos de frenado eléctrico, el otro dispositivo de frenado eléctrico asumirá toda la potencia de frenado para la parte restante de la distancia de frenado y asegurará que el vehículo sigue siendo frenado apropiadamente.

**[0010]** De acuerdo con otra realización de la invención, cada uno de dichos dispositivos de frenado comprende un elemento configurado para medir la corriente que fluye a través de dicha al menos una resistencia disipativa del dispositivo al frenar y enviar información sobre la intensidad de la corriente medida a la unidad de control del dispositivo para comprobar la función del dispositivo. Dicho bucle de retroalimentación permite un control fiable de la función del dispositivo de frenado eléctrico en cuestión.

**[0011]** Según otra realización de la invención que es un desarrollo adicional de la última realización mencionada, dicho elemento o unidad de control de cada dispositivo de frenado está configurado para enviar información sobre dicha intensidad de la corriente medida a la unidad de control del otro dispositivo de frenado para supervisar cada dispositivo de frenado por la unidad de control del otro dispositivo de frenado. Se puede obtener por esto una supervisión mutua fiable de los dispositivos de frenado eléctrico del sistema de frenado. Dicha información se utiliza preferentemente entonces por las unidades de control de los dos dispositivos de frenado determinando  $\Delta I$  como  $I_{ref} / 2 - I_1$ , (siendo  $I_1$  e  $I_2$  las intensidades de las corrientes a las unidades de control del primer y segundo dispositivos de frenado, respectivamente) y si  $\Delta I > 0$   $I_2$  es incrementado en  $\Delta I$  y correspondientemente para  $I_1$ .

**[0012]** De acuerdo con otra realización de la invención, dicho primer dispositivo de frenado eléctrico tiene válvulas de corriente controladas a través de una unidad de control del convertidor para conducir corriente a dicha al menos una resistencia disipativa del mismo para el frenado eléctrico del vehículo cuando dicha máquina y convertidor están conectados a un suministro de energía eléctrica. Esto da como resultado un control adecuado de la corriente de frenado y por ello par de frenado de dicho primer dispositivo de frenado eléctrico.

**[0013]** De acuerdo con otra realización de la invención, dicho segundo dispositivo de frenado eléctrico comprende una trayectoria de corriente desde dichos terminales eléctricos a través de diodos rectificadores de dicho convertidor y medios configurados para variar la resistencia de dicha trayectoria, estando separada dicha segunda unidad de control de una unidad de control de convertidor configurada para controlar dicho convertidor por Modulación de Ancho de Pulsos, operable independientemente de la existencia de un suministro de energía eléctrica a dicho convertidor y la unidad de control del convertidor y configurada para controlar dichos elementos de resistencia para mantener dicha resistencia infinitamente alta cuando no se frena mediante dicho segundo dispositivo y para realizar el frenado a través de dicho segundo dispositivo variando esta resistencia para controlar la intensidad de la corriente desde la máquina eléctrica a través de dichos diodos del convertidor a través de dicha conexión y por ello el par de frenado aplicado a dichas ruedas a través del dispositivo y dicho elemento de variación de resistencia es controlable para variar la resistencia de dicha conexión hasta un cero teórico permitiendo un paso en bypass de dicha al menos una resistencia disipativa por dicha corriente. La presencia de dicha segunda unidad de control y de dicho elemento permite una operación de seguridad eléctrica que da como resultado un frenado de control también en condiciones de emergencia, ya que dicha resistencia de dicha trayectoria y por ello la intensidad de la corriente desde la máquina eléctrica se puede variar. Esto significa que se puede obtener una acción de frenado de control en condiciones de emergencia sin necesidad de un freno mecánico con grandes dimensiones para ello. Además, por el hecho de que dichos medios son controlables para variar la resistencia de la conexión hasta un cero teórico, la intensidad de dicha corriente puede mantenerse a un nivel deseado también cuando la velocidad del vehículo sobre rail ha disminuido a un valor bastante bajo para garantizar un frenado considerable también a esta velocidad y hasta una velocidad muy baja, de modo que sólo se requiere un pequeño freno mecánico para detener el vehículo y mantener el vehículo en una posición de estacionamiento. "Cero Teórico" significa que la resistencia es despreciable respecto a la resistencia de dicha al menos una resistencia disipativa, tal como en cualquier caso inferior al 1% de la misma, pero puede por supuesto no ser cero, puesto que dicha conexión tendrá una resistencia, no al menos causada por dichos diodos y posiblemente otros dispositivos semiconductores en ella incluso si están en un estado encendido.

**[0014]** Según otra realización de la invención, el sistema de frenado eléctrico comprende una fuente de energía eléctrica que comprende al menos una batería eléctrica configurada para proporcionar energía eléctrica a dicha segunda unidad de control de dicho segundo dispositivo de frenado eléctrico. Esto significa que dicho segundo dispositivo de frenado eléctrico puede funcionar de forma totalmente independiente de las perturbaciones de

cualquier suministro de energía eléctrica al vehículo y/o cualquier mal funcionamiento de cualquier equipo, especialmente de los equipos eléctricos o electrónicos del vehículo.

5 **[0015]** De acuerdo con otra realización de la invención, dicho segundo dispositivo de frenado eléctrico comprende un elemento configurado para medir la tensión continua de un enlace intermedio de tensión continua de dicho convertidor y enviar información sobre ella a dicha segunda unidad de control, y dicha segunda unidad de control está configurada para controlar dichos medios de variación de resistencia para variar dicha resistencia para obtener una intensidad sustancialmente constante de dicha corriente y por ello de un par de frenado durante el frenado del vehículo mediante este segundo dispositivo. Esto significa que se puede obtener una potente acción de frenado sustancialmente constante incluso si dicho primer dispositivo de frenado eléctrico fallara hasta una velocidad muy baja del vehículo, lo que también puede entonces alcanzarse en un corto período de tiempo. Esto puede compararse con el caso de una dicha resistencia constante como de una cierta velocidad, lo que daría como resultado un par de frenado decreciendo sustancialmente con la velocidad.

15 **[0016]** De acuerdo con otra realización de la invención, dicho segundo dispositivo de frenado eléctrico comprende un elemento configurado para medir la intensidad de dicha corriente y enviar información sobre ella a dicha segunda unidad de control y la segunda unidad de control está configurada para controlar dichos medios de variación de resistencia para variar dicha resistencia para obtener una intensidad sustancialmente constante de dicha corriente y por ello de un par de frenado durante el frenado del vehículo mediante dicho segundo dispositivo. Esta es otra opción favorable de realizar frenado eficiente ya a través de sólo dicho segundo dispositivo de frenado eléctrico.

20 **[0017]** Según otra realización de la invención, el sistema de frenado eléctrico comprende un condensador separado conectado a cada terminal eléctrico de dicha máquina eléctrica por un elemento de conmutación y dicha segunda unidad de control está configurada para controlar estos elementos de conmutación para que estén abiertos mientras dicho convertidor y por ello la máquina eléctrica está conectada a una fuente de energía eléctrica y estos elementos de conmutación para cerrar cuando se interrumpe la alimentación eléctrica al convertidor y se debe llevar a cabo frenado de seguridad a través de dicho segundo dispositivo de frenado eléctrico para aumentar el par de frenado obtenido. En consecuencia, tales condensadores pueden usarse para aumentar el par de frenado cuando se realiza frenado mediante el sistema de frenado eléctrico.

25 **[0018]** La invención se refiere también a un dispositivo de vehículo sobre rail que comprende un sistema de frenado eléctrico de acuerdo con la presente invención, así como un vehículo unido sobre rail que tiene un sistema de frenado eléctrico de acuerdo con la presente invención. Las ventajas de tales dispositivo de accionamiento y vehículo respecto a la reducción de coste, peso e influencia negativa sobre el ambiente al llevar a cabo el frenado aparecen claramente a partir de la descripción anterior de diferentes realizaciones de un sistema de frenado eléctrico de acuerdo con la presente invención.

30 **[0019]** Un vehículo sobre rail tiene según una realización de la invención un sistema de frenado eléctrico separado para cada eje de rueda del mismo. Esto garantizará un frenado eficiente y fiable para un vehículo que tenga todos los ejes de ruedas accionados.

35 **[0020]** Otras ventajas, así como características ventajosas de la invención, aparecerán a partir de la siguiente descripción.

40 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

45 **[0021]** Con referencia a los dibujos adjuntos, sigue a continuación una descripción específica de un sistema de frenado eléctrico de acuerdo con una realización de la invención citada como ejemplo.

50 **[0022]** En los dibujos:

Figura 1 es un diagrama de circuito muy simplificado que ilustra un sistema de frenado eléctrico de acuerdo con una realización de la invención, y

55 Figura 2 es un diagrama de circuito algo más detallado de un sistema de frenado eléctrico del tipo mostrado en la figura 1.

**DESCRIPCIÓN DETALLADA DE UNA REALIZACIÓN DE LA INVENCION**

60 **[0023]** La construcción general de un sistema de frenado eléctrico para un vehículo eléctrico sobre rail de acuerdo con una realización de la presente invención se ilustra en la figura 1. El vehículo tiene una máquina eléctrica de imán permanente 1 configurada para ser conectada a una fuente de energía eléctrica 2 a través de un convertidor 3 configurado para controlar la máquina 1 mediante Modulación de Ancho de Pulsos para la propulsión del vehículo por transmisión de potencia a las ruedas del mismo.

65

**[0024]** El sistema de frenado eléctrico comprende un primer dispositivo de frenado eléctrico 4 que tiene un primer dispositivo de influencia de la corriente 5 y una primera unidad de control 6 configurada para controlar dicho primer dispositivo para conducir corriente  $I_1$  desde los terminales eléctricos de la máquina eléctrica 1 a al menos una primera resistencia disipativa 66 para el frenado eléctrico del vehículo.

**[0025]** El sistema de frenado eléctrico tiene también un segundo dispositivo de frenado eléctrico 7 que tiene un segundo dispositivo de influencia de corriente 8 y una segunda unidad de control 9 configurada para controlar dicho segundo dispositivo para conducir corriente  $I_2$  desde los terminales eléctricos de la máquina eléctrica hasta al menos una segunda resistencia disipativa 10 para el frenado eléctrico del vehículo.

**[0026]** El sistema comprende además medios 11 configurados para proporcionar a ambas unidades de control 6, 9 una misma señal de referencia  $I_{ref}$  de una corriente total de frenado a ser conducida desde terminales eléctricos de la máquina eléctrica 1 a dichas resistencias disipativas 66, 10 de los dos dispositivos. Estos medios son accionados preferentemente por el conductor del vehículo. Dichas unidades de control también reciben una señal de freno 12 que informa que es el momento de frenar el vehículo. Las unidades de control 6, 9 están configuradas, a la recepción de dicha señal de referencia de la corriente total de frenado  $I_{ref}$ , para controlar dichos dos dispositivos 5, 8 en paralelo para compartir y suministrar conjuntamente dicha corriente total de frenado a dichas resistencias disipativas. Por consiguiente, las unidades de control 6, 9 controlan los dispositivos 5, 8 para suministrar corrientes  $I_1$  e  $I_2$  a través de las resistencias de frenado 6 y 10, respectivamente, que conjuntamente son  $I_{ref}$ . Cada unidad de control comienza a intentar entregar  $I_{ref}/2$  y considera después de un retardo una desviación de la respectiva corriente  $I_1$  o  $I_2$  de la misma para obtener esto.

**[0027]** Cada dispositivo de frenado comprende un elemento 13, 14 configurado para medir la corriente que fluye a través de dicha al menos una resistencia disipativa del dispositivo al frenar y enviar información sobre la intensidad de la corriente medida a la unidad de control del dispositivo para comprobar la Función del dispositivo. Se muestra cómo la unidad de control de cada dispositivo de frenado está configurada para enviar información sobre dicha intensidad de la corriente medida a la unidad de control del otro dispositivo de frenado (una alternativa es enviar dicha información directamente desde un sensor de corriente a la otra unidad de control ) Para supervisar cada dispositivo de frenado por la unidad de control del otro dispositivo de frenado, que se muestra a través de las flechas 15, 16. El bucle de realimentación desde los miembros 13, 14 a las unidades de control 6, 9 proporciona a la unidad de control respectiva una evidencia De la buena función del dispositivo de frenado eléctrico en cuestión.

**[0028]** La figura 2 ilustra más detalladamente cómo puede realizarse un sistema de frenado eléctrico de acuerdo con la presente invención con la estructura general mostrada en la figura 1. El sistema de frenado eléctrico se aplica a un vehículo sobre rail 20 indicado esquemáticamente. Se muestra cómo el vehículo tiene una máquina eléctrica de imán permanente 1 configurada para ser conectada a una fuente de energía eléctrica 21, aquí en forma de una línea de corriente continua, a través de un convertidor 3 que tiene válvulas de corriente 22 de al menos un dispositivo semiconductor 23 de tipo desconexión, en este caso un IGBT, conectado en antiparalelo con un diodo rectificador 24. El convertidor está configurado para controlar la máquina eléctrica 1 mediante Modulación de Ancho de Pulsos para propulsión del vehículo por transmisión de potencia a las ruedas del mismo. Las válvulas de corriente 22 del convertidor 3 están controladas por una unidad de control de convertidor 6. Esta unidad de control de convertidor 6 está configurada para controlar también otras válvulas de corriente 25, 26 conectadas a un enlace intermedio de corriente continua 27 del convertidor 3 para obtener frenado eléctrico de servicio del vehículo. Las válvulas de corriente 25, 26 están para ello conectadas a las primeras resistencias disipativas de frenado 66. Cuando debe tener lugar el frenado eléctrico a través de dicho primer dispositivo de frenado eléctrico, una corriente eléctrica generada por la rotación de la máquina 1 fluirá desde los terminales 28-30 de la misma a través de los diodos 24 del convertidor ya a través de las válvulas de corriente 25, 26 a las resistencias disipativas 66, 66' o a la línea de corriente continua 21 cuando esto es posible, es decir, ningún otro vehículo está cerca del vehículo eléctrico sobre rail en cuestión.

**[0029]** Se describirá ahora un segundo dispositivo de frenado eléctrico del sistema de frenado eléctrico de acuerdo con la invención, y tal como se explica a continuación también se puede utilizar para el frenado cuando el frenado no se puede llevar a cabo a través del primer dispositivo de frenado eléctrico descrito anteriormente, lo que puede ser el caso, por ejemplo, cuando se interrumpe la alimentación eléctrica al convertidor y/o a la unidad de control del convertidor. El segundo dispositivo de frenado eléctrico comprende un conjunto de producción de par de frenado resistivo que comprende una trayectoria 31 de los terminales eléctricos 28-30 de la máquina eléctrica 1 a través de los seis diodos rectificadores 24 del convertidor 3 que incluye al menos una resistencia disipadora 10. Este dispositivo de frenado comprende medios configurados para variar la resistencia de la trayectoria 31 y comprenden una conexión en serie, como se ve en una trayectoria de dicha corriente (flechas 32) desde dicha máquina y dicho convertidor, de un primer conmutador reductor 33 en forma de una válvula de corriente que tiene un dispositivo semiconductor 34 de tipo de desconexión, tal como un IGBT, y un diodo rectificador 35 conectado en antiparalelo con el mismo y luego un conmutador elevador 36 en forma de una válvula de corriente que tiene un dispositivo semiconductor 37 de tipo de desconexión, como por ejemplo un IGBT, y un diodo rectificador 38 conectado en antiparalelo con el mismo. Una unidad de control 9 operable

independientemente de la existencia del suministro de energía eléctrica a dicho convertidor 3 y a la unidad de control del convertidor 6 por estar conectada a una fuente de energía eléctrica que comprende al menos una batería eléctrica 39, está configurada para proporcionar energía eléctrica a y controlar unidades de accionamiento de compuerta no mostradas y configuradas para controlar los dispositivos semiconductores 34, 37 del conmutador reductor y el conmutador elevador para controlar la resistencia en dicha trayectoria 31.

**[0030]** Un inductor 40 está dispuesto entre el interruptor reductor 33 y el conmutador elevador 36 para reducir tanto las corrientes de pico del IGBT 34 del conmutador 33 como para actuar como inyector de corriente para elevar la tensión 41 a través de la resistencia de freno disipativa 10.

**[0031]** El segundo dispositivo de frenado eléctrico tiene también un elemento 42 configurado para medir la tensión continua del enlace intermedio de tensión continua 27 y enviar información sobre ella a la unidad de control 9, así como un citado miembro 14 configurado para medir la intensidad de la corriente (flechas 32) en la trayectoria 31 y enviar información sobre ella a la unidad de control 9. La unidad de control 9 está preferiblemente configurada para controlar los conmutadores 33 y 36 para variar la resistencia de la conexión 31 para obtener una intensidad sustancialmente constante de la corriente en dicha conexión y por ello de dicho par de frenado durante el frenado del vehículo mediante este segundo dispositivo de frenado eléctrico.

**[0032]** En la figura 2 se muestra cómo el segundo dispositivo de frenado eléctrico, que gracias a la batería 39 puede funcionar como un dispositivo de frenado independientemente de la existencia de suministro de energía eléctrica al convertidor 3 y a la unidad de control 6, puede comprender una resistencia 43 adicional conectada en paralelo con un conmutador elevador 36 y a la trayectoria entre el conmutador reductor y el conmutador elevador para reducir el tamaño requerido del inductor 40.

**[0033]** Se ilustra cómo el segundo dispositivo de frenado eléctrico puede comprender un condensador separado 44-46 conectado a cada terminal eléctrico 28-30 de la máquina eléctrica 1 por un elemento de conmutación 47-49. Estos condensadores se pueden conectar cuando los IGBT 23 se apagan para aumentar el par de frenado.

**[0034]** Se explicará ahora el funcionamiento de un segundo dispositivo de frenado eléctrico mostrado en la figura 2. Este segundo dispositivo de frenado eléctrico funciona en paralelo con dicho primer dispositivo de frenado eléctrico para suministrar conjuntamente una corriente total de frenado ordenada a dichas resistencias disipativas 66, 66' y 10. Cuando se frena la energía eléctrica fluirá desde la máquina eléctrica de imanes permanentes 1 al enlace de corriente continua 27 a través de los seis diodos rectificadores 24 del convertidor 3 y de acuerdo con las flechas 32 en la trayectoria 31 a la combinación de los conmutadores reductores y elevadores 33, 36. El propósito de estos conmutadores es mantener un par de frenado resistivo alto constante aplicado sobre la máquina 1 independientemente de la velocidad de la máquina, es decir del vehículo. Esto puede lograrse controlando la resistencia en dicha trayectoria 31 para disminuir gradualmente para mantener la intensidad de dicha corriente sustancialmente constante y por ello el par de frenado sustancialmente constante. Cuando los dispositivos semiconductores de los conmutadores 33 y 36 se apagan, dicha resistencia será infinitamente alta, y la unidad de control 9 iniciará, al recibir una orden de frenado dada por el conductor del vehículo junto con la unidad de control 5 del primer dispositivo de frenado, una acción de frenado encendiendo alternativamente el IGBT del conmutador reductor 33 en una parte creciente del tiempo para variar dicha resistencia desde infinito hasta ser la misma que la resistencia de dicha al menos una resistencia disipativa 10, cuando el IGBT 34 se activa continuamente. La unidad de control 9 está configurada además para arrancar y encender el IGBT 37 del conmutador elevador 36 a partir de dicho instante en el que el IGBT 34 se conecta continuamente y para encender el IGBT 37 durante una parte creciente tiempo para disminuir dicha resistencia y conduciendo una parte creciente de la corriente a través del IGBT 37 al tiempo que aumenta el cortocircuito de la resistencia disipativa 10 y reduciendo por ello dicha resistencia hacia cero teórico, cuando el IGBT 37 se activa continuamente. La corriente procedente del enlace intermedio de tensión continua 27 puede por control apropiado de los IGBTs 34 y 37 a través de la unidad de control 9 controlarse para que tenga una intensidad constante durante el procedimiento de frenado hasta que el número de revoluciones de la máquina eléctrica 1 y por ello la velocidad del vehículo es muy baja, tal vez menos de 5 km / hora o incluso menos de 3 km / hora. Un freno mecánico pequeño se puede utilizar entonces para detener el vehículo y mantener el vehículo en la posición de estacionamiento.

**[0035]** El primer dispositivo de frenado eléctrico y el segundo dispositivo de frenado eléctrico en el sistema de frenado eléctrico según la presente invención trabajan en paralelo y cada unidad de control 5, 9 por dispositivo de frenado eléctrico supervisa el otro dispositivo de frenado eléctrico. En el caso de que un dispositivo de frenado eléctrico esté fallando, el otro dispositivo de frenado eléctrico asume toda la potencia de frenado para el resto de la distancia del frenado.

**[0036]** Además, se señala que dicho vehículo eléctrico sobre rail puede tener un sistema de frenado eléctrico de acuerdo con la figura 1 para cada eje de rueda accionado del vehículo, lo que significa que dicho vehículo puede tener hasta 16 sistemas de este tipo. Una unidad de control principal puede entonces decidir si el vehículo puede todavía ser conducido si algunos de tales sistemas eléctricos fallan.

**[0037]** Naturalmente, la invención no está de ninguna manera restringida a la realización descrita anteriormente, pero serían evidentes muchas posibilidades de de la misma para una persona con conocimientos ordinarios en la técnica sin apartarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

- 5 **[0038]** Está por supuesto dentro del alcance de la presente invención dejar que las unidades de control de los dos dispositivos de frenado eléctrico controlen la disposición respectiva para obtener cualquier proporción de esa corriente de freno respecto a la corriente de freno a través del otro dispositivo.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema de frenado eléctrico para un vehículo eléctrico sobre rail que comprende una máquina eléctrica de imán permanente (1) configurada para ser conectada a una fuente de energía eléctrica (21) a través de un convertidor (3) configurado para controlar dicha corriente por Modulación de Ancho de Pulsos para propulsión del vehículo por transmisión de potencia a las ruedas del mismo, comprendiendo dicho sistema
- 10       • un primer dispositivo de frenado eléctrico (4) que tiene un primer dispositivo de influencia de corriente (5) y una primera unidad de control (6) configurada para controlar dicho primer dispositivo para conducir corriente desde terminales eléctricos (28-30) de la máquina eléctrica a al menos una primera resistencia disipativa (66) para el frenado eléctrico del vehículo, y
- 15       • un segundo dispositivo de frenado, siendo dicho segundo dispositivo de frenado un dispositivo de frenado eléctrico (7) que tiene un segundo dispositivo de influencia de corriente (8) y una segunda unidad de control (9) configurada para controlar dicho segundo dispositivo para conducir corriente desde terminales eléctricos de la máquina eléctrica a al menos una segunda resistencia disipativa (10) para el frenado eléctrico del vehículo, **caracterizado porque** el sistema comprende además medios (11) configurados para proporcionar a ambas unidades de control una misma señal de referencia ( $I_{ref}$ ) de una corriente total de frenado que debe ser conducida desde terminales eléctricos de la máquina eléctrica a dichas resistencias disipativas de los dos dispositivos, **porque** dichas unidades de control (6, 9) están configuradas, al recibir dicha señal de referencia de corriente total de frenado, para controlar dichos dos dispositivos para que funcionen en paralelo para compartir y suministrar conjuntamente dicha corriente total de frenado a dichas resistencias disipativas, y **porque** dichas dos unidades de control (6, 9) están configuradas para comunicarse entre sí para calcular y determinar la proporción de dicha corriente total de frenado a entregar a dicha al menos una resistencia disipativa (66, 10) de cada dispositivo de frenado.
- 20
- 25
- 30
- 35 2. Un sistema de frenado eléctrico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** cada uno de dichos dispositivos de frenado está configurado para suministrar él solo dicha corriente total de frenado ordenada a dicha al menos una resistencia disipativa (66, 10) del mismo al fallar el otro dispositivo de frenado.
- 40 3. Un sistema de frenado eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** cada dispositivo de frenado citado comprende un elemento (13, 14) configurado para medir la corriente que fluye a través de dicha al menos una resistencia disipativa (66, 10) del dispositivo cuando frena y enviar información sobre la intensidad de la corriente medida a la unidad de control (6, 9) del dispositivo para comprobar la función del dispositivo.
- 45 4. Un sistema de frenado eléctrico de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** dicho elemento (13, 14) o unidad de control (6, 9) de cada dispositivo de frenado está configurado para enviar información sobre dicha intensidad de la corriente medida a la unidad de control del otro dispositivo de frenado para supervisar cada dispositivo de frenado por la unidad de control del otro dispositivo de frenado.
- 50 5. Un sistema de frenado eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** dicho primer dispositivo de frenado eléctrico (4) tiene válvulas de corriente (22) controladas a través de una unidad de control de convertidor (6) para conducir corriente a dicha al menos una resistencia disipativa (66) del mismo para frenado eléctrico del vehículo cuando dicha máquina y convertidor están conectados a una fuente de alimentación eléctrica.
- 55 6. Un sistema de frenado eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** dicho segundo dispositivo de frenado eléctrico (7) comprende una trayectoria de corriente desde dichos terminales eléctricos (28-30) a través de diodos rectificadores (24) de dicho convertidor (3) y medios (8) configurados para variar la resistencia de dicha trayectoria, **porque** dicha segunda unidad de control (9) está separada de una unidad de control de convertidor (6) configurada para controlar dicho convertidor por Modulación de Ancho de Pulsos, operable independientemente de la existencia de un suministro de energía eléctrica a dicho convertidor y a la unidad de control del convertidor y configurada para controlar dichos medios de resistencia (8) para mantener dicha resistencia infinitamente alta cuando no se frena a través de dicho segundo dispositivo y para realizar el frenado a través de dicho segundo dispositivo por variación de esta resistencia para controlar la intensidad de la corriente desde la máquina eléctrica a través de dichos diodos (24) del convertidor (3) a través de dicha conexión y por ello el par de frenado aplicado a dichas ruedas a través del dispositivo, y **porque** dichos
- 60
- 65



medios de variación de resistencia (8) son controlables para disminuir la resistencia de dicha conexión hasta un cero teórico permitiendo cortocircuitar dicha al menos una resistencia disipativa (10) por dicha corriente.

- 5
7. Un sistema de frenado eléctrico de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** comprende una fuente de energía eléctrica que comprende al menos una batería eléctrica (39) configurada para proporcionar energía eléctrica a dicha segunda unidad de control (9) de dicho segundo dispositivo de frenado eléctrico.
- 10
8. Un sistema de frenado eléctrico según la reivindicación 6 ó 7, **caracterizado porque** dicho segundo dispositivo de frenado eléctrico (7) comprende un elemento (42) configurado para medir la tensión continua de un enlace intermedio de tensión continua (27) de dicho convertidor (3) y enviar información sobre ella a dicha segunda unidad de control (9), y **porque** dicha segunda unidad de control está configurada para controlar dichos medios de variación de resistencia (8) para variar dicha resistencia para obtener una intensidad sustancialmente constante de dicha corriente y por ello de un par de frenado durante el frenado del vehículo a través de este segundo dispositivo.
- 15
9. Un sistema de frenado eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado porque** dicho segundo dispositivo de frenado eléctrico (7) comprende un elemento (14) configurado para medir la intensidad de dicha corriente y enviar información sobre ella a dicha segunda unidad de control (9), y **porque** la segunda unidad de control está configurada para controlar dichos medios de variación de resistencia (8) para variar dicha resistencia para obtener una intensidad sustancialmente constante de dicha corriente y por ello de un par de frenado durante el frenado del vehículo a través de dicho segundo dispositivo .
- 20
10. Un sistema de frenado eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizado porque** comprende un condensador separado (44-46) conectable a cada terminal eléctrico (28-30) de dicha máquina eléctrica (1) mediante un elemento de conmutación (47-49), y **porque** dicha segunda unidad de control (9) está configurada para controlar estos elementos de conmutación para que estén abiertos mientras dicho convertidor (3) y por ello la máquina eléctrica está conectada a una fuente de energía eléctrica (21) y para que estos elementos de conmutación se cierren cuando se interrumpe la alimentación eléctrica al convertidor y debe llevarse a cabo frenado de seguridad a través de dicho segundo dispositivo de frenado eléctrico para aumentar el par de frenado obtenido.
- 25
- 30
- 35
11. Una disposición de accionamiento de vehículo sobre rail, **caracterizada porque** comprende un sistema de frenado eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 10.
- 40
12. Un vehículo sobre rail, **caracterizado porque** tiene un sistema de frenado eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10.
13. Un vehículo de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado porque** tiene un dicho sistema de frenado eléctrico separado para cada eje de rueda del mismo.

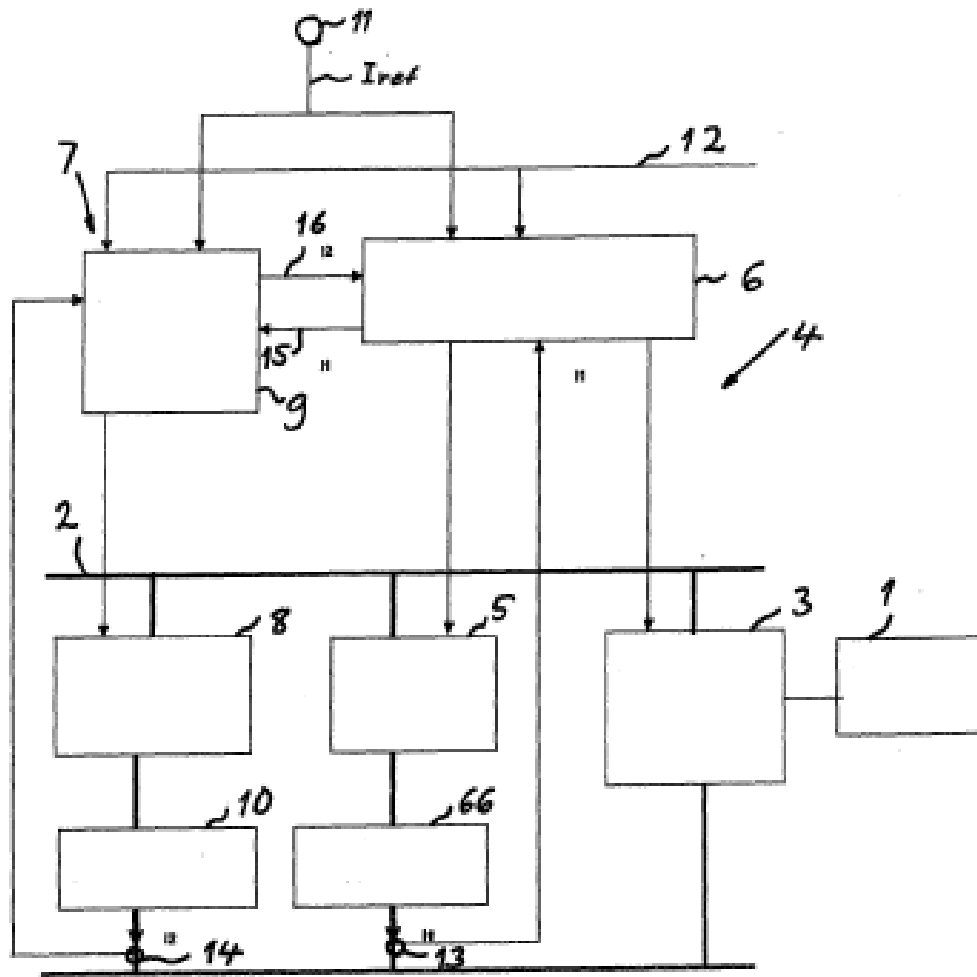


Fig 1

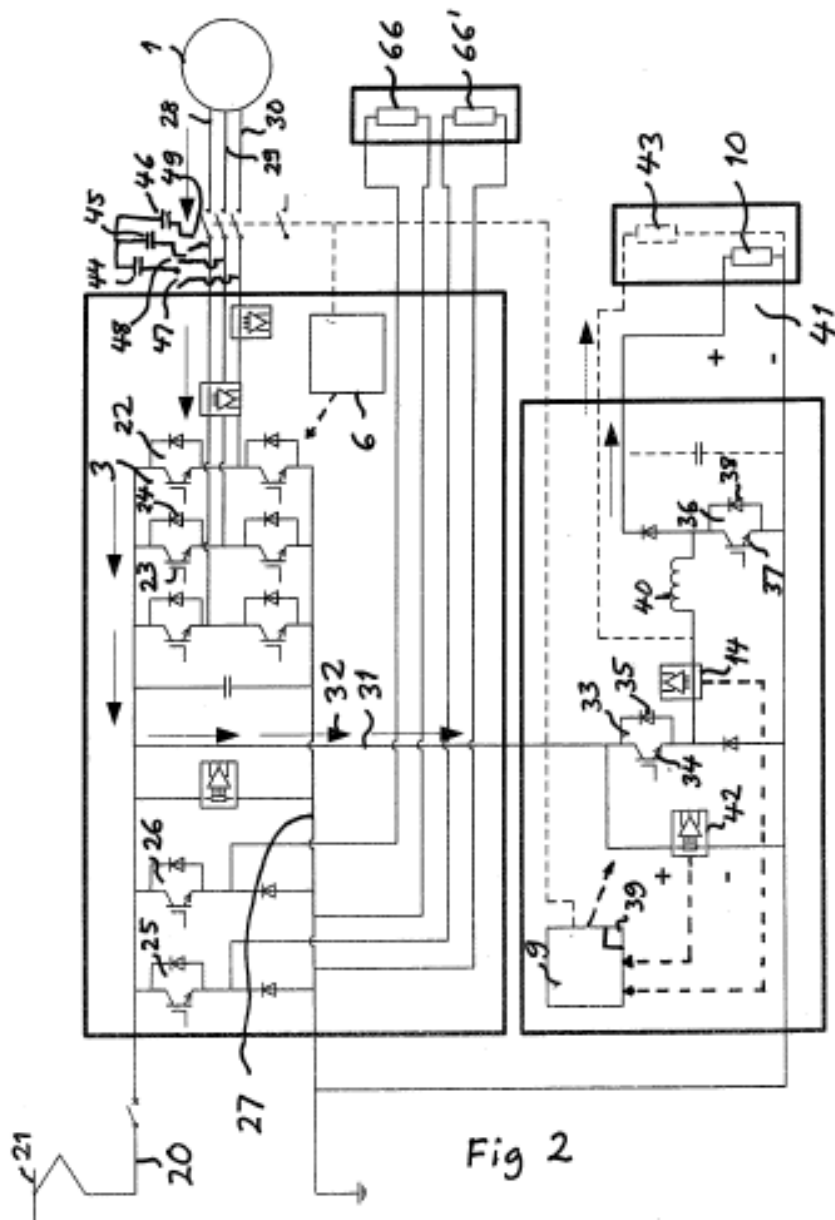


Fig 2