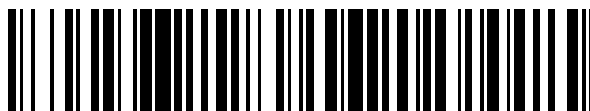


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 432**

51 Int. Cl.:

B60L 3/00

(2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.09.2015 PCT/EP2015/069885**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2016 WO16034548**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.09.2015 E 15763244 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019 EP 3188924**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de vigilancia de una red eléctrica en un vehículo ferroviario, así como un vehículo ferroviario**

30 Prioridad:

01.09.2014 DE 102014217431

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

13.07.2020

73 Titular/es:

**BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH
(100.0%)
Eichhornstrasse 3
10785 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**STREIFF, FABIAN y
ISEPPONI, GERHARD**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 773 432 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

Procedimiento y dispositivo de vigilancia de una red eléctrica en un vehículo ferroviario, así como un vehículo ferroviario

5 En los vehículos ferroviarios también se usan las llamadas máquinas de imanes permanentes, que asimismo pueden denominarse motores de imanes permanentes, para la propulsión del vehículo ferroviario. Estos son alimentados con energía eléctrica por lo general por medio de una red eléctrica trifásica. La red eléctrica también incluye un convertidor de potencia, que convierte una tensión de corriente continua (CC), por ejemplo, una tensión de enlace de CC, en una tensión de corriente alterna (CA) deseada para alimentar la máquina de imanes permanentes en el funcionamiento del motor. Sin embargo, el convertidor de potencia también puede convertir la tensión de CA generada por la máquina de imanes permanentes en una tensión de CC cuando la máquina de imanes permanentes está en funcionamiento.

10 Pueden producirse cortocircuitos no deseados en la red eléctrica. Estos pueden ocurrir dentro de la máquina de imanes permanentes, por ejemplo, dentro de una carcasa de la máquina, o a lo largo de una línea de fase que conecta el convertidor y la máquina de imanes permanentes. También pueden producirse cortocircuitos en el convertidor de energía. Dentro de los cortocircuitos también pueden presentarse los llamados arcos eléctricos, que pueden llevar a la destrucción no deseada de los componentes del vehículo ferroviario.

15 Es de conocimiento general que se vigila el nivel de una corriente de fase, por lo que se detecta un cortocircuito si el nivel de la corriente de fase está por encima de un umbral predeterminado.

20 Si se detecta un cortocircuito de este tipo, el convertidor suele desconectarse eléctricamente de la fuente de alimentación permanente del imán, por ejemplo, por medio de disyuntores debidamente dispuestos. Al mismo tiempo, el vehículo ferroviario se frena hasta la detención, a fin de evitar un posible suministro al cortocircuito.

25 En el documento JP 2013 192300 A se revela un dispositivo de motor de imán permanente que incluye: un motor trifásico de imanes permanentes para accionar un vehículo; un inversor para accionar el motor de imanes permanentes; contactores de motor en cada línea de las conexiones trifásicas del inversor con el motor de imanes permanentes y para realizar la conexión/desconexión eléctrica; un detector de tensión conectado a los cables y para detectar la tensión de los terminales del motor de imanes permanentes; medios de control para establecer la desconexión mediante la apertura de los contactores del motor cuando el dispositivo está defectuoso. Se ha prevista una apertura del contactor de motor entre el detector de tensión y el motor de imán permanente en los cables.

30 En el documento DE 10 2010 063 347 A1 se revela un procedimiento para ajustar la fuerza de sujeción ejercida por el freno de mano de un vehículo.

35 Se presenta la dificultad técnica de crear un procedimiento y un dispositivo de vigilancia de la red eléctrica en un vehículo ferroviario, así como un vehículo ferroviario que permita la vigilancia de la red incluso cuando la máquina eléctrica está desconectada.

La solución del problema técnico resulta de los objetos con las características de las reivindicaciones 1, 8 y 10. Otras características ventajosas de la invención resultan de las reivindicaciones secundarias.

40 Se propone un método para vigilar una red eléctrica en un vehículo ferroviario. La red eléctrica puede ser, en particular, una red de tracción del vehículo ferroviario o puede referirse a una parte de la red de tracción del vehículo ferroviario. La red eléctrica se utiliza en particular para la transmisión de energía entre un convertidor de potencia del vehículo ferroviario y una máquina de imanes permanentes del vehículo ferroviario.

45 La red eléctrica comprende al menos un convertidor de energía. El convertidor de energía puede funcionar como inversor como también como rectificador. Por ejemplo, el convertidor de energía puede haberse conformado como un convertidor de energía trifásico. En particular, el convertidor de energía puede incluir elementos de conmutación eléctrica como MOSFET o IGBT.

El convertidor de energía puede ser conectado eléctricamente en el lado de entrada a un circuito de enlace de corriente, en particular un condensador de circuito de enlace de corriente, del vehículo ferroviario. Una tensión de circuito intermedio que disminuye a través del condensador del circuito intermedio, que por lo tanto se dispuso del lado de entrada del convertidor, es una tensión de corriente continua (CC). En el lado de salida, el convertidor de energía puede ser conectado a la máquina de imanes permanentes, por ejemplo, a través de al menos una línea de fase.

50 La red eléctrica también incluye al menos una máquina de imanes permanentes. La máquina de imanes permanentes es una máquina síncrona con un rotor permanentemente magnetizado. La máquina de imanes permanentes puede funcionar en modo motor. En este caso, la energía eléctrica, que se transmite desde el convertidor de energía a la máquina de imanes permanentes, se convierte en energía mecánica. La energía eléctrica se transmite en forma de una corriente y una tensión alternas, que alimentan la máquina de imanes permanentes. En un modo de funcionamiento regenerativo, la energía mecánica es convertida en energía eléctrica por la máquina de imanes permanentes, por lo que la energía eléctrica puede ser transmitida al convertidor de energía. La máquina de imanes

permanentes genera una corriente y una tensión alternas.

Además, la red eléctrica comprende al menos una línea de primera fase para la conexión eléctrica de al menos un convertidor y de al menos una máquina de imanes permanentes. La línea de primera fase es una línea eléctrica a través de la cual puede fluir una corriente de primera fase. La red eléctrica comprende tres líneas de fase. A lo largo de la línea de fase puede disponerse al menos un elemento de conmutación eléctrica, por ejemplo, un elemento de conmutación de potencia, en particular un MOSFET, un IGBT o un disyuntor. Por medio del elemento de conmutación eléctrica de la primera línea de fase, se puede interrumpir una conexión eléctrica del convertidor de potencia y la línea de potencia permanente de imanes a través de la primera línea de fase.

Preferiblemente, un convertidor de energía trifásico conectado a una máquina trifásica de imanes permanentes a través de líneas trifásicas. La primera línea de fase también se interrumpe. Para ello, se puede activar un dispositivo de interrupción adecuado, como se explica con más detalle a continuación. Preferiblemente, el dispositivo de interrupción está diseñado como un elemento de conmutación eléctrica. El elemento de conmutación eléctrica puede estar dispuesto a lo largo de la primera línea de fase o de la primera línea de fase. Mediante el elemento de conmutación eléctrica, se puede establecer o interrumpir una conexión del convertidor y de la máquina de imanes permanente sobre la primera línea de fase. Por ejemplo, la primera línea de fase puede ser interrumpida abriendo el elemento de conmutación eléctrica. También se determina una diferencia de potencial entre una parte de la línea de fase del lado de la máquina y un potencial de referencia. El potencial de referencia puede ser, por ejemplo, un potencial de referencia, por ejemplo, un potencial de tierra de la red eléctrica. Alternativamente, el potencial de referencia puede ser el potencial de una línea de fase adicional de la red eléctrica, en particular de una parte del lado de la máquina de esta línea de fase adicional.

La parte de la línea de fase del lado de la máquina se refiere a una parte o sección de la línea de fase que conecta un punto de determinación de la diferencia de potencial con la máquina de imanes permanentes. El punto de determinación es de nuevo un punto en el que se determina la diferencia de potencial. El punto de destino puede ser, por ejemplo, igual al punto de interrupción. El término "punto" también puede referirse, por supuesto, a una sección de la línea de fase.

La determinación de la diferencia de potencial aquí comprende la detección directa de la diferencia de potencial, por ejemplo, por medio de un dispositivo de detección adecuado, en particular por medio de un sensor de tensión. Sin embargo, el término "determinación" también puede incluir el cálculo de la diferencia de potencial en función de una magnitud intermedia directamente registrada.

Además, se determina una magnitud dependiente de la diferencia de potencial. La magnitud dependiente de la diferencia de potencial es un indicador del nivel de la diferencia de potencial. A continuación, se explican con más detalle las magnitudes dependientes de la diferencia de potencial.

Asimismo, se determina una velocidad de giro de la máquina de imanes permanentes. La velocidad de giro puede ser registrada directamente, por ejemplo, por medio de un dispositivo de registro adecuado, en particular un sensor de velocidad. Sin embargo, también es posible determinar matemáticamente la velocidad de giro en función de al menos una magnitud registrada directamente, por ejemplo, la velocidad de marcha del vehículo ferroviario. Por supuesto, además, en particular los parámetros previamente conocidos del vehículo ferroviario, por ejemplo, las relaciones de transmisión de una conexión mecánica de las ruedas permanentes y giratorias del vehículo ferroviario también pueden tenerse en cuenta.

Además, se determina una magnitud de referencia dependiente de la velocidad de giro en función de la velocidad, que también puede designarse como magnitud dependiente de la velocidad de giro. Aquí puede conocerse de antemano una relación, por ejemplo, una relación funcional, entre la velocidad y la magnitud dependiente de la velocidad. Aquí, la magnitud dependiente de la velocidad se refiere a una magnitud correspondiente a la magnitud dependiente de la diferencia de potencial. En particular, la magnitud de referencia dependiente de la velocidad de giro puede ser un indicador del nivel de una tensión de circuito abierto de la máquina de imanes permanentes a una velocidad de giro determinada.

Por ejemplo, se puede suponer que existe una relación lineal entre la velocidad y el nivel de la tensión en circuito abierto, incrementándose la tensión en circuito abierto con el incremento de la velocidad de giro.

Además, se determina una desviación de la magnitud dependiente de la diferencia de potencial respecto de la magnitud de referencia dependiente de la velocidad de giro. En particular, puede determinarse una diferencia entre la magnitud de referencia dependiente de la velocidad de giro y la magnitud dependiente de la diferencia potencial.

También se detecta un error del sistema de red, si la desviación es mayor que un valor umbral predeterminado. En particular, se puede detectar un error del sistema de red si la diferencia anteriormente explicada o es una cantidad de la diferencia mayor que el valor umbral predefinido. El valor umbral predeterminado puede ser cero o puede ser mayor que cero por una pequeña cantidad predeterminada.

De esta manera puede detectarse en forma ventajosa una falla de red en una subred del lado de la máquina, especialmente en la máquina de imanes permanentes, si la misma está aislada eléctricamente del convertidor de

- potencia. La subred del lado de la máquina designa aquí por lo menos la parte de la red eléctrica que está dispuesta entre un punto de determinación de la red eléctrica y la red permanente de imanes, siendo la propia máquina de imanes permanentes también parte de la subred del lado de la máquina. Así, la subred del lado de la máquina puede comprender al menos la sección de la primera línea de fase que conecta el mencionado punto de determinación con de la máquina de imanes permanentes, así como al menos parte de la red eléctrica de la máquina de imanes permanentes.
- Además, se puede determinar un tipo de falla dependiendo de la cantidad de la desviación, por ejemplo, la cantidad de la diferencia explicada anteriormente. Si, por ejemplo, existe una diferencia de potencial de cero o cercana a cero y, por tanto, una desviación alta, en particular máxima, de la cantidad dependiente de la diferencia de potencial respecto de la magnitud de referencia dependiente de la velocidad, puede detectarse un cortocircuito. Sin embargo, si la diferencia de potencial determinada no es igual a cero, pero es menor que la tensión de circuito abierto esperada, hay una desviación, pero no una desviación máxima, de la magnitud dependiente de la diferencia de potencial respecto de la magnitud de referencia dependiente de la velocidad. En este caso, por ejemplo, se puede detectar una conexión indeseable de baja impedancia.
- Por ejemplo, se puede asignar un tipo de defecto a un intervalo de variación predefinido. Si la desviación definida por la invención se encuentra dentro de uno de los intervalos de desviación dependientes de los defectos, el tipo de defecto que se asigne al intervalo de desviación dependiente de los defectos correspondiente puede detectarse como el tipo de defecto.
- El procedimiento según la invención sólo puede llevarse a cabo si se interrumpe la primera línea de la fase. Este puede ser el caso si la línea de fase ya está interrumpida debido a otro fallo de la red, en particular una falla de la red en el convertidor de energía. También puede producirse una interrupción si el motor no funciona como se desea, por ejemplo, para ahorrar energía, en cuyo caso también puede interrumpirse la primera línea de fase. En el caso de que los imanes permanentes no funcionen, por ejemplo, otra máquina permanente del vehículo ferroviario puede realizar a propulsión de la unidad.
- Además, la red eléctrica comprende tres líneas de fase. Además, por lo menos dos, en particular dos de las tres, o todas las líneas de fase son ininterrumpidas, así como para cada línea de fase se determina una diferencia de potencial entre una parte de la línea de fase del lado de la máquina y un potencial de referencia. También se determina una magnitud dependiente de la diferencia de potencial.
- Una diferencia de potencial entre la línea de fase y un potencial de referencia común, por ejemplo, un potencial de tierra de la red eléctrica puede ser determinado para cada línea de fase. Pero, de modo alternativo y preferente para cada línea de fase el potencial de una de las líneas de fase restantes forma el potencial de referencia. Esto hace posible, como se explica con más detalle a continuación, que por ejemplo sólo se puedan utilizar dos sensores de tensión para determinar una diferencia de potencial para cada una de las líneas trifásicas. En este caso, los sensores de tensión en cada caso pueden detectar una diferencia de potencial entre las líneas de fase de un par de líneas, diferenciándose los pares de líneas en al menos una línea respectivamente de las dos líneas del par de líneas.
- Además, como se ha explicado anteriormente, se determina una velocidad de la máquina de imanes permanente y en dependencia de la velocidad se determina una magnitud de referencia dependiente de la velocidad para cada línea de fase.
- En una primera alternativa, se determina para cada línea de fase una desviación de la magnitud dependiente de la diferencia respecto de la magnitud de referencia dependiente de la velocidad y se detecta un error de red si al menos una de las desviaciones es mayor que un valor umbral predeterminado.
- De manera alternativa o acumulativa, se determina una diferencia de potencial mínima de todas las diferencias de potencial y una cantidad dependiente de esta diferencia de potencial mínima. La magnitud dependiente de la diferencia de potencial mínima se determina de la misma manera que la magnitud dependiente de la diferencia de potencial explicado anteriormente. Además, se determina una desviación de la magnitud dependiente de esta diferencia de potencial mínima respecto de la magnitud de referencia dependiente de la velocidad y se detecta un error de red si esta desviación es mayor que un valor umbral predefinido.
- De ello resulta de forma ventajosa que se puede determinar una falla en la red incluso en una red eléctrica trifásica.
- Además, dependiendo de las diferencias potenciales y/o de al menos una desviación, se determina un error de red bifásica o un error de la red trifásica.
- Si al menos una de las desviaciones es mayor que el valor umbral predeterminado y se desvía del resto de las diferencias potenciales en más de una cantidad predeterminada, puede detectarse un error de la red bifásica. Tal error de red bifásica puede ser, por ejemplo, un cortocircuito entre dos fases. Esa falla de la red bifásica también puede detectarse si al menos una desviación es mayor que el valor de umbral predeterminado, pero otra desviación es menor o igual que el valor de umbral predeterminado.
- Una falla de la red trifásica, por ejemplo, un cortocircuito entre todas las fases, puede ser detectado si al menos una

desviación es mayor que el valor umbral predeterminado. También se puede detectar una falla en la red trifásica si todas las desviaciones son mayores que el valor umbral predeterminado.

De este modo puede determinarse en forma ventajosa el tipo de error de la red.

5 En otra realización, la velocidad de la máquina de imanes se reduce permanentemente cuando se detecta un error en la red. Para ello, por ejemplo, se puede frenar un corredor de la máquina de imanes permanentes. Pero preferiblemente, el vehículo ferroviario puede ser frenado por al menos un dispositivo de frenado. Por supuesto, la velocidad de la máquina de imanes permanentes puede reducirse a cero. Reduciendo la velocidad, es ventajoso que un cortocircuito ya no sea alimentado por la máquina de imanes permanentes. Esto reduce el riesgo de daños no deseados.

10 De modo alternativo o acumulativo, se puede llevar a cabo una nueva interrupción de la parte del lado de la máquina de la conexión de fase. En particular, puede ser interrumpida la conexión eléctrica entre la línea de fase y un punto de conexión de la máquina de imanes permanentes, especialmente en el punto de conexión de la máquina de imanes permanentes. También es concebible que la línea de fase comprenda un elemento de conmutación eléctrica adicional que esté dispuesto en la parte de la línea de fase del lado de la máquina. La interrupción adicional puede hacerse mediante la apertura del elemento de conmutación eléctrica adicional.

15 Debido a una interrupción adicional de la parte de la línea de fase del lado de la máquina, se puede aislar eléctricamente una ubicación de la falla en la parte de la línea de fase del lado de la máquina.

20 Preferiblemente se realiza la interrupción de la parte de la línea de fase del lado de la máquina en un punto lo más próximo posible al motor. En particular, la distancia entre un punto de interrupción y el punto de conexión de la línea de fase a la máquina de imanes permanentes puede ser menor que una distancia predeterminada.

25 En otra realización, se comprueba la exactitud de la determinación de la diferencia de potencial. Si, como se explica con más detalle a continuación, se utiliza un dispositivo de determinación para determinar la diferencia potencial, se puede comprobar la funcionalidad de este dispositivo de determinación. La exactitud de la determinación de la diferencia de potencial se comprueba determinando por lo menos una diferencia de potencial de funcionamiento normal para una línea de fase ininterrumpida y determinando una desviación de la diferencia de potencial de funcionamiento normal con respecto a un valor de referencia de funcionamiento normal. Se detecta una precisión suficiente si la desviación es menor o igual a un valor umbral predeterminado. También puede determinarse una desviación de la diferencia de potencial de funcionamiento normal de un valor de referencia de funcionamiento normal, en particular mediante la determinación de una cantidad dependiente de la diferencia de potencial de funcionamiento normal y una magnitud de referencia correspondiente en función del valor de referencia de funcionamiento normal, mediante la cual se determina una desviación de la magnitud dependiente de la diferencia de potencial respecto de la magnitud de referencia correspondiente.

30 El valor de referencia de funcionamiento normal puede ser, por ejemplo, igual a la tensión de un enlace de CC. En particular, la diferencia de potencial de funcionamiento normal corresponde a una diferencia de potencial que cabe esperar en condiciones normales de funcionamiento, que puede determinarse, por ejemplo, mediante un cálculo. La precisión de la determinación de la diferencia de potencial puede determinarse, por ejemplo, en función de los parámetros de funcionamiento actuales de la red eléctrica. La diferencia de potencial de funcionamiento normal puede determinarse en función de los parámetros de funcionamiento actuales, por ejemplo, y los estados de conmutación de los elementos de conmutación del convertidor.

35 En este caso, se parte de la base que está dada la exactitud de la determinación de la diferencia de potencial para una línea de fase interrumpida si se realiza una determinación correcta para una línea de fase no interrumpida.

40 De modo alternativo o acumulativo, la exactitud de la determinación de la diferencia de potencial puede comprobarse detectando una parada de la máquina de imanes permanente, en la que se detecta por lo menos una diferencia de potencial de parada en caso de una línea de fase interrumpida, determinándose una desviación de la diferencia de potencial de parada respecto de un valor de referencia de parada y detectándose una exactitud suficiente si la desviación es inferior o igual a un valor umbral predeterminado. También puede determinarse una desviación de la diferencia de potencial de parada respecto de un valor de referencia de parada, en particular determinando una cantidad dependiente de la diferencia de potencial y en función de la diferencia de potencial de parada y una magnitud de referencia correspondiente en función del valor de referencia de parada, mediante la cual se determina una desviación de la cantidad dependiente de la diferencia de potencial respecto de la magnitud de referencia correspondiente.

45 En general, es posible que una señal de salida que represente la diferencia de potencial o una señal de salida que represente la magnitud dependiente de la diferencia de potencial o sea inversamente proporcional a un nivel de la diferencia de potencial o de la magnitud dependiente de la diferencia de potencial. Esto significa que se genera un nivel de señal alto o una señal de salida alta si se determina una diferencia de potencial baja. Cuando los imanes permanentes están detenidos, la diferencia de potencial esperada tiene un valor bajo, teóricamente cero, como se esperaba. Por lo tanto, se puede esperar una señal de salida alta. Sin embargo, debido a errores en un dispositivo de determinación, puede generarse una señal de salida inferior a la señal de salida esperada en el momento de la parada.

Esta es una forma ventajosa de detectar errores del dispositivo de determinación, por ejemplo, errores electrónicos.

5 En otra realización, la velocidad de giro se asigna a un intervalo de velocidad de giro de varios intervalos de velocidad de giro, por lo que se asigna una magnitud de referencia dependiente del intervalo a un intervalo de velocidad de giro, por lo que la magnitud de referencia dependiente de la velocidad de giro se determina como la magnitud de referencia dependiente del intervalo.

De este modo resulta de manera ventajosa un procedimiento que puede realizarse de manera simple en cuanto a la técnica de cálculo.

10 En otra realización, la diferencia de potencial se asigna a un intervalo de diferencia de potencial de varios intervalos de diferencia de potencial, en el que a un intervalo de diferencia de potencial se le asigna un valor de diferencia de potencial dependiente del intervalo. El valor de la diferencia de potencial dependiente del intervalo puede ser, por ejemplo, un valor mínimo o máximo del intervalo de diferencia de potencial. Además, la magnitud dependiente de la diferencia de potencial se determina en función del valor de la diferencia de potencial dependiente del intervalo. Esta es otra forma ventajosa de simplificar el cálculo del procedimiento. Sin embargo, en particular, uno de los tipos de error explicados anteriormente puede asignarse a uno o más intervalos de diferencia potencial. De ello resulta en forma ventajosa una clasificación simplificada de un tipo de defecto.

15 En otra realización, se determina para cada línea de fase una diferencia de potencial entre una parte del lado de la máquina y un potencial de referencia y una magnitud dependiente de la diferencia de potencial. Además, se forma una señal de salida combinada, en la que la señal de salida combinada comprende una primera secuencia de bits que codifica la magnitud dependiente de la diferencia de potencial formada a partir de la diferencia de potencial en miniatura. Esta secuencia de bits puede comprender un número predeterminado de bits, por ejemplo 3 bits. Además, la señal de salida combinada incluye otra secuencia de bits que codifica una igualdad de todas las diferencias potenciales. La secuencia de bits adicional puede, en particular, consistir exactamente en un bit, en el que uno de los dos estados del bit, por ejemplo, el estado "1" o el estado "0", codifica una igualdad de todas las diferencias potenciales.

20 De esta manera se resulta de modo ventajoso una simple codificación de la señal de salida, que simplifica la detección de un error de red y, por otra parte, la detección de un error de red trifásico o un error de red bifásico.

En otra realización, la magnitud dependiente de la diferencia de potencial es un valor de amplitud máxima o RMS de la diferencia de potencial durante un período de determinación predeterminado. El tiempo de determinación puede, por ejemplo, estar en un intervalo de 10 ms a 100 ms. El tiempo de determinación es preferiblemente de 100 ms.

30 La magnitud dependiente de la diferencia de potencial puede ser proporcionada como una señal digital. La magnitud dependiente de la diferencia de potencial también puede generarse de manera inversamente proporcional al nivel de la diferencia de potencial.

35 Además, la magnitud dependiente de la velocidad de giro también puede ser determinada en función de una temperatura de la máquina de imanes permanentes. De forma alternativa o acumulativa, la magnitud de referencia dependiente de la velocidad puede determinarse en función de la edad de la máquina de imanes permanentes. Se puede suponer que la tensión en vacío generada por la máquina de imanes permanentes en función de la velocidad depende adicionalmente de una temperatura de funcionamiento de la máquina de imanes permanentes y/o de una antigüedad de la máquina de imanes permanentes. Por lo tanto, el método propuesto puede mejorarse aún más en cuanto a su precisión y fiabilidad.

40 También se propone un dispositivo de vigilancia de una red eléctrica en un vehículo ferroviario. El sistema de red eléctrica puede haberse conformado como se explicó anteriormente.

El dispositivo comprende al menos un dispositivo de evaluación, al menos un dispositivo de determinación y al menos un dispositivo de interrupción. Por medio del dispositivo de interrupción, puede interrumpirse la primera línea de fase. Mediante el dispositivo de determinación se puede determinar una diferencia de potencial entre una parte de la línea de fase del lado de la máquina y un potencial de referencia.

45 Además, se puede determinar una magnitud dependiente de la diferencia de potencial. La magnitud dependiente de la diferencia potencial en este caso, por ejemplo, puede ser determinada por el dispositivo determinante. De esta manera, la magnitud dependiente de la diferencia de potencial puede ponerse a disposición del dispositivo determinante, por ejemplo, en forma de una señal de salida, en particular una señal de salida digital. Alternativamente, la magnitud dependiente de la diferencia potencial también puede ser determinada por el dispositivo de evaluación.

50 El dispositivo de evaluación y al menos un dispositivo de determinación están conectados mediante tecnología de datos y/o señales. El dispositivo de evaluación y el dispositivo de determinación también pueden haberse conformado como un dispositivo en conjunto.

55 Además, se puede determinar una velocidad de giro de la máquina de imanes permanente y en dependencia de la velocidad se puede determinar una magnitud de referencia dependiente de la velocidad de giro. En este caso, el dispositivo puede comprender un dispositivo de determinación de la velocidad de giro.

La determinación de la magnitud de referencia dependiente de la velocidad de giro también puede realizarse mediante el dispositivo de determinación o mediante el dispositivo de evaluación.

Además, el dispositivo de evaluación puede utilizarse para determinar una desviación de la magnitud dependiente de la diferencia de potencial respecto de la magnitud de referencia dependiente de la velocidad. También puede detectarse un error de red si la desviación es mayor que un valor umbral predeterminado.

El dispositivo permite realizar de forma ventajosa uno de los procedimientos descritos anteriormente. Por lo tanto, el dispositivo se conformó de manera tal que el procedimiento puede llevarse a cabo por medio del dispositivo según una de las formas de realización antes descritas.

En una realización preferida, la diferencia de potencial se determina en un punto próximo al motor. Esto puede significar que un punto de determinación para determinar la diferencia de potencial no se encuentra a una distancia mayor que una distancia predeterminada de un punto de conexión de la línea de fase a la máquina de imanes permanentes, midiéndose la distancia a lo largo de la línea de fase.

De este modo resulta de forma ventajosa una muy baja probabilidad de una detección defectuosa de un error de red debido a una falla en el cableado entre el sensor de tensión y el motor de imán permanente.

Se propone además un vehículo ferroviario, incluyendo el vehículo ferroviario un dispositivo de acuerdo con una de las realizaciones descritas antes. De esta manera resulta en forma ventajosa un vehículo ferroviario con una mayor seguridad operativa.

La invención se explica en mayor detalle por medio de un ejemplo de realización. Las figuras muestran:

Fig. 1 un diagrama de circuito esquemático de una red eléctrica de un vehículo ferroviario,

Fig. 2 un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo de acuerdo con la invención y

Fig. 3 una representación esquemática de los intervalos de velocidad y de los intervalos de tensión.

A continuación, los signos de referencia idénticos se refieren a elementos con características técnicas idénticas o similares.

La figura 1 muestra una red eléctrica 1 de un vehículo ferroviario (no representado acá). La red eléctrica 1 comprende un convertidor C y una máquina de imanes permanentes M, en la que se muestran de manera ejemplar los inductores L de la máquina de imanes permanentes M. Además, la red eléctrica 1 comprende un condensador de circuito intermedio C_k. El convertidor C está conectado en el lado de entrada a un condensador de circuito intermedio C_k.

El convertidor C es en este caso un convertidor trifásico. Comprende seis elementos de conmutación eléctrica S_C, cada uno de los cuales está conectado eléctricamente en paralelo con un diodo libre D. Para mayor claridad, sólo un elemento de conmutación eléctrica S_C y un diodo D del convertidor C están marcados con un símbolo de referencia.

Además, la red eléctrica 1 comprende tres líneas de fase P1, P2, P3. Se representaron también las corrientes de fase I_{P1}, I_{P2} y I_{P3}, que indican el flujo de corriente a través de la correspondiente línea de fase P1, P2 y P3.

Además, la red eléctrica 1 comprende un primer sensor de corriente CS1 y otro sensor de corriente CS3, en el que el primer sensor de corriente CS1 detecta la primera corriente de fase I_{P1} y el otro sensor de corriente CS3 detecta la tercera corriente de fase I_{P3}.

El convertidor C está conectado en el lado de salida con la máquina de imanes permanente M por medio de las líneas de fase P1, P2, P3. Por lo tanto, la máquina de imanes permanentes M es una máquina eléctrica trifásica.

En la primera línea de fase P1 se disponen un primer elemento de conmutación eléctrica S1_{P1} y un segundo elemento de conmutación eléctrica S2_{P1}. Al abrir y cerrar estos dos elementos de conmutación S1_{P1}, S2_{P1} la conexión eléctrica entre el convertidor C y de la máquina de imanes permanente M puede ser interrumpida a través de la primera línea de fase P1. La conexión eléctrica se establece cuando los elementos de conmutación S1_{P1}, S2_{P1} se cierran. Si al menos uno de los dos elementos de conmutación S1_{P1}, S2_{P1} está abierto, la conexión eléctrica se interrumpe. El primer elemento de conmutación S1_{P1} puede designar un llamado interruptor de motor. El segundo elemento de conmutación S2_{P1} puede designar otro interruptor de motor.

En consecuencia, un primer elemento de conmutación eléctrica S1_{P2}, S1_{P3} y un segundo elemento de conmutación eléctrica S2_{P2}, S2_{P3} también están dispuestos en otras líneas de fase P2, P3.

También se muestran un primer sensor de tensión VS1 y un segundo sensor de tensión VS2. El primer sensor de tensión VS1 mide una tensión U12, es decir, una diferencia de potencial entre la primera línea de fase P1 y la segunda línea de fase P2. Por consiguiente, el segundo sensor de tensión VS2 detecta una tensión U23 entre la segunda línea de fase P2 y la tercera línea de fase P3.

Para vigilar la red eléctrica 1, se abre al menos un elemento de conmutación eléctrica, preferiblemente ambos elementos de conmutación eléctrica S1_P1, ..., S2_P3, de cada línea de fase P1, P2, P3. Entonces se detectan las tensiones U12, U23 y se calcula una tensión U13 entre la primera línea de fase P1 y la tercera línea de fase P3.

Se determina además la velocidad de giro d (véase la Fig. 2) de la máquina de imanes permanentes M.

- 5 Además, para cada una de las tensiones U12, U23, U13 se determina una magnitud dependiente de la tensión, por ejemplo, un valor absoluto máximo durante un intervalo de tiempo predeterminado de 100 ms, que continúa, por ejemplo, después de una hora de inicio de la determinación.

10 Dependiendo de la velocidad de giro d de la máquina de imanes permanente M, se determina una magnitud de referencia dependiente de la velocidad de giro. La magnitud de referencia corresponde a la cantidad dependiente de la tensión. Por ejemplo, el valor de referencia dependiente de la velocidad puede ser un valor absoluto mínimo de una tensión de circuito abierto de la máquina de imanes permanente M en el intervalo de tiempo predeterminado de 100 ms.

15 Como se explica en mayor detalle en la Fig. 2, se determina entonces una diferencia entre la magnitud de referencia dependiente de la velocidad y la magnitud dependiente de la tensión y se detecta una falla en la red si la diferencia es mayor que un valor umbral predeterminado, en particular mayor que cero.

La Fig. 2 muestra la red eléctrica 1 de la Fig. 1, así como un dispositivo de determinación BE y un dispositivo de evaluación AE. En lo que respecta a la formación de la red eléctrica 1, se hace referencia a las explicaciones de la Fig. 1.

20 El dispositivo de determinación BE, que por ejemplo puede haberse conformado como un microcontrolador o parte de él, se conecta en lo que respecta a la técnica de señales a los sensores de tensión VS1, VS2. La tensión U12 entre la primera línea de fase P1 y de la segunda línea de fase P2 y la tensión U23 entre la segunda línea de fase P2 y de la tercera línea de fase P3 forman señales de entrada para el dispositivo de determinación BE. Estos son filtrados por una unidad de filtro F. Además, se muestra con más detalle que después del filtrado se forma una diferencia para determinar la tensión U13 entre la primera línea de fase P1 y la tercera línea de fase P3. En las unidades E, se determina un valor máximo de una amplitud de las tensiones U12, U23, U13 en un intervalo de 100 ms para determinar la magnitud dependiente de la tensión. Estas magnitudes dependientes de la tensión se digitalizan en un convertidor AD. La digitalización es inversamente proporcional a la altura de las magnitudes dependientes de la tensión. En particular, un valor de cero de la magnitud dependiente de la tensión se codifica con el valor digital más alto. La digitalización se puede realizar usando un código Gray.

30 Estos valores digitales, que representan las magnitudes dependientes de la tensión, forman las señales de salida del dispositivo de determinación BE y las señales de entrada del dispositivo de evaluación AE, que está conectado al procesamiento de datos del dispositivo de determinación BE. Una señal de entrada adicional de la unidad de evaluación AE es una velocidad de giro d de la máquina de imanes permanente M. Mediante una relación conocida previamente, que se muestra en la Fig. 2 como ejemplo en el bloque de evaluación AB, la unidad de evaluación AE determina una magnitud de referencia V_{ref} dependiente de la velocidad (véase la Fig. 3).

35 También se determina si la magnitud de referencia V_{ref} dependiente de la velocidad es mayor en más de una magnitud predeterminada, que cada una de las magnitudes dependientes de la tensión transmitidas. Si la magnitud de referencia V_{ref} dependiente de la velocidad es mayor que al menos una de las magnitudes dependientes de la tensión transmitida, se genera una señal de error FS. En la Fig. 2 se muestra además que otro bloque de evaluación AB2 se utiliza para comprobar si la máquina de imanes permanentes M no está conectada al convertidor C, por ejemplo, si todos los interruptores S1_P1, ..., S2_P3 están abiertos. También se puede comprobar si no hay una señal de retroalimentación, que también se puede llamar "señal de vida", de un dispositivo de control de tracción que no se representa en este caso. Por ejemplo, se puede detectar que los interruptores S1_P1, ..., S2_P3 están abiertos si no hay una señal de retroalimentación de este tipo.

45 Si se cumple al menos una de las condiciones, la unidad de evaluación AE emite una señal de error rFS resultante. En función de esta señal de error rFS resultante, puede iniciarse entonces una medida de protección correspondiente.

También se muestra un dispositivo generador de señales de referencia RE, que forma parte del dispositivo de evaluación AE. Este transmite una señal de referencia, por ejemplo, una señal de salto, al convertidor digital AD. Esto se puede evaluar, por ejemplo, al poner en marcha la unidad de evaluación AE y la unidad de determinación BE. De esta manera, se puede comprobar la capacidad funcional del convertidor digital AD.

50 Para comprobar la funcionalidad, también se puede verificar si un patrón de bits de la señal de salida digitalizada del dispositivo determinante DE cambia en un máximo de 1 bit, especialmente si se utiliza un llamado código gris (Gray) para la digitalización.

55 No está representado que por medio del dispositivo de evaluación BE y el dispositivo de evaluación AE puedan también controlar otra red eléctrica que, por ejemplo, también comprende un convertidor C, líneas de fase P1, P2, P3 y una máquina de imanes permanentes M. De este modo, el dispositivo de determinación BE y el dispositivo de

evaluación AE pueden utilizarse para vigilar varias redes eléctricas, comprendiendo cada uno de estos una máquina de imanes permanentes M para accionar el vehículo ferroviario. También es concebible que sean monitoreadas varias máquinas de imanes permanentes de un bogie.

5 En la Fig. 3 se muestra esquemáticamente una relación entre una velocidad de giro d y de una magnitud de referencia V_{ref} dependiente de la velocidad. La magnitud de referencia V_{ref} dependiente de la velocidad puede ser en particular una tensión. La tensión inducida a una cierta velocidad d depende aproximadamente linealmente de la velocidad de giro del motor. Sin embargo, la antigüedad y la temperatura, la temperatura del imán, también pueden influir en la tensión inducida. Así, por ejemplo, la magnitud de referencia V_{ref} dependiente de la velocidad de giro puede definirse como una tensión mínima dependiente de la velocidad inducida a una temperatura máxima del imán que se produce durante el funcionamiento normal. Alternativa o acumulativamente, la magnitud de referencia dependiente de la velocidad de giro V_{ref} también puede determinarse en función de la edad de los imanes permanentes, por lo que el valor de referencia dependiente de la velocidad disminuye con el aumento de la edad. Sin embargo, esta relación puede conocerse de antemano. Esto resulta ventajoso para aumentar la fiabilidad y la robustez del proceso.

15 Se muestra además que debido a la digitalización la velocidad de giro d puede asignarse a un intervalo de velocidad de giro de varios intervalos de velocidad, por lo que los intervalos de velocidad están limitados por las velocidades predeterminadas $d_0, d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7$. A cada intervalo de velocidad se le asigna una magnitud de referencia dependiente del intervalo $VL_1, VL_2, VL_3, VL_4, VL_5, VL_6, VL_7$. Por ejemplo, a un primer intervalo de velocidad, que se encuentra entre la primera velocidad d_0 y de una segunda velocidad d_1 , se le asigna una primera consigna dependiente del intervalo VL_1 . Si la velocidad de giro se encuentra dentro de este primer intervalo de velocidad, la magnitud de referencia V_{ref} dependiente de la velocidad se determina como esta magnitud de referencia VL_1 dependiente del intervalo.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de vigilancia de una red eléctrica (1) en un vehículo ferroviario, en el que la red eléctrica (1) está compuesta por tres líneas de fase (P1, P2, P3), al menos un convertidor (C), al menos una máquina de imanes permanentes (M), al menos un dispositivo de interrupción (S1_P1, S1_P2, S1_P3; S2_P1, S2_P2, S2_P3), y al menos una línea de primera fase (P1) para conectar eléctricamente el al menos un convertidor (C) y la al menos una máquina de imanes permanentes (M), estando el procedimiento **caracterizado porque**
- 5 se interrumpe la primera línea de fase (P1), en donde se determina una diferencia de potencial entre una parte del lado de la máquina de la primera línea de fase (P1) y un potencial de referencia y una magnitud dependiente de la diferencia de potencial,
- 10 en donde se determina una velocidad de giro (d) de la máquina de imanes permanentes (M) y, dependiendo de la velocidad de giro (d), una magnitud de referencia (Vref) dependiente de la velocidad de giro
- en donde se determina una desviación de la magnitud dependiente de la diferencia de potencial respecto de la magnitud de referencia (Vref) dependiente de la velocidad, detectándose un error de red si la desviación es mayor que un valor umbral predeterminado,
- 15 en donde se interrumpen al menos dos o todas las líneas de fase (P1, P2, P3), en donde para cada línea de fase (P1, P2, P3) se determina una diferencia de potencial entre una parte de la línea de fase (P1, P2, P3) del lado de la máquina y un potencial de referencia, en donde se determina una velocidad de giro (d) de la máquina de imanes permanentes (M) y una magnitud de referencia (Vref), dependiente de la velocidad de giro (d), para cada línea de fase (P1, P2, P3), en donde para cada línea de fase (P1, P2, P3) se determina una magnitud dependiente de la diferencia de potencial y una desviación de la magnitud dependiente de la diferencia de potencial respecto de la magnitud de referencia (Vref), dependiente de la velocidad de giro, y se detecta un error de red si al menos una de las desviaciones es mayor que un valor umbral predeterminado y/o en donde se determina una diferencia de potencial mínima de todas las diferencias de potencial y una magnitud dependiente de esta diferencia de potencial mínima, en donde se determina una desviación de la magnitud dependiente de esta diferencia de potencial mínima respecto de la magnitud de referencia (Vref), dependiente de la velocidad de giro, y se detecta un error de red si esta desviación es mayor que un valor umbral predeterminado, determinándose un error de red bifásico o un error de red trifásico en función de las diferencias de potencial y/o de la desviación mínima.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** si se detecta una falla en la red, se reduce la velocidad de giro (d) de la máquina de imanes permanentes (M) y/o se realiza una nueva interrupción de la parte de la línea de fase (P1, P2, P3) del lado de la máquina.
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se verifica la exactitud de la determinación de la diferencia de potencial determinando por lo menos una diferencia de potencial de funcionamiento normal para una línea de fase ininterrumpida (P1, P2, P3), en donde se determina una desviación de la diferencia de potencial de funcionamiento normal con respecto a un valor de referencia de funcionamiento normal,
- 35 en donde se detecta una exactitud suficiente si la desviación es inferior o igual a un valor umbral predeterminado y/o mediante la detección de una parada de la máquina de imanes permanentes (M), en donde se registra al menos una diferencia de potencial de parada para una línea de fase ininterrumpida (P1, P2, P3), en donde se determina una desviación de la diferencia de potencial de parada con respecto a un valor de referencia de parada, detectándose una precisión suficiente si la desviación es inferior o igual a un valor umbral predeterminado.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la velocidad de giro (d) se asigna a un intervalo de velocidad de giro de varios intervalos de velocidad de giro, en donde se asigna una magnitud de referencia dependiente del intervalo a un intervalo de velocidad de giro, en donde la magnitud de referencia (Vref) dependiente de la velocidad de giro se determina como la magnitud de referencia dependiente del intervalo.
- 45 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la diferencia de potencial se asigna a un intervalo de diferencia de potencial de varios intervalos de diferencia de potencial, en donde se asigna un valor de una diferencia de potencial dependiente del intervalo a un intervalo de diferencia de potencial, en donde la magnitud dependiente de la diferencia de potencial se determina en función del valor de diferencia de potencial dependiente del intervalo.
- 50 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** para cada línea de fase (P1, P2, P3) se determina una diferencia de potencial entre una parte de la línea de fase (P1, P2, P3) del lado de la máquina y un potencial de referencia y una magnitud dependiente de la diferencia de potencial, formándose una señal de salida combinada, en donde la señal de salida combinada comprende una primera secuencia de bits que codifica la magnitud dependiente de la diferencia de potencial formada a partir de la diferencia de potencial mínima, comprendiendo la señal de salida combinada otra secuencia de bits que codifica la igualdad de todas las diferencias de potencial.
- 55 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la magnitud

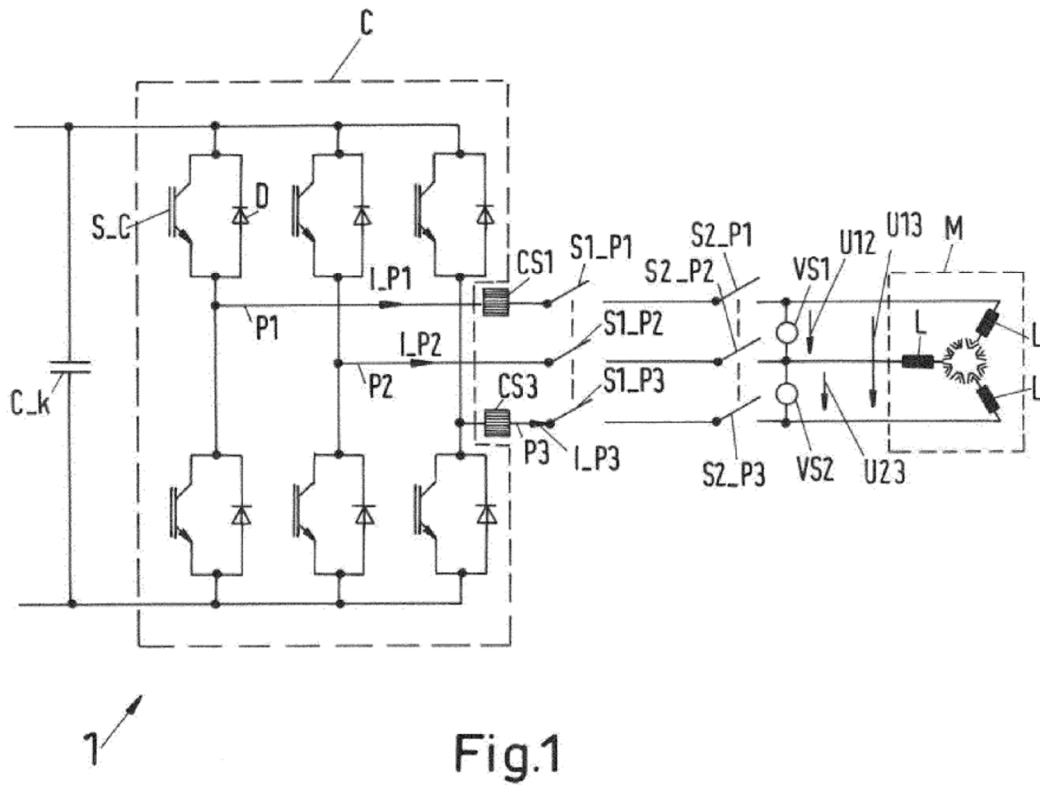
dependiente de la diferencia de potencial es una amplitud máxima o un valor RMS de la diferencia de potencial durante un período de determinación predeterminado.

5 8. Dispositivo de vigilancia de una red eléctrica (1) en un vehículo ferroviario, en donde la red eléctrica (1) comprende tres líneas de fase (P1, P2, P3), al menos un convertidor de potencia (C), al menos una máquina de imanes permanentes (M) y al menos una línea de primera fase (P1) para la conexión eléctrica del al menos un convertidor de potencia (C) y de la al menos una máquina de imanes permanentes (M) y al menos un dispositivo de interrupción (S1_P1, S1_P2, S1_P3; S2_P1, S2_P2, S2_P3), siendo posible interrumpir la primera línea de fase (P1) mediante el dispositivo de interrupción, **caracterizado porque**

10 el dispositivo comprende al menos un dispositivo de evaluación (AE) y al menos un dispositivo de determinación (BE), en donde se puede determinar una diferencia de potencial entre una parte del lado de la máquina de la primera línea de fase (P1) y un potencial de referencia mediante el dispositivo de determinación (BE), en donde además se puede determinar una magnitud dependiente de la diferencia de potencial, en donde se puede determinar una velocidad (d) de la máquina de imanes permanentes (M) y dependiendo de la velocidad de giro (d) una magnitud de referencia (Vref) dependiente de la velocidad, en donde mediante el dispositivo de evaluación (AE) se puede determinar una
15 desviación de la magnitud dependiente de la diferencia de potencial respecto de la magnitud de referencia (Vref) dependiente de la velocidad de rotación, pudiendo detectarse un error de red si la desviación es mayor que un valor umbral predeterminado, en donde se pueden interrumpir al menos dos o todas las líneas de fase (P1, P2, P3), en donde para cada línea de fase (P1, P2, P3) se puede determinar una diferencia de potencial entre una parte de la línea de fase (P1, P2, P3) del lado de la máquina y un potencial de referencia, en donde se puede determinar una
20 velocidad de giro (d) de la máquina de imanes permanentes (M) y dependiendo de la velocidad de giro (d) una magnitud de referencia (Vref) dependiente de la velocidad de rotación para cada línea de fase (P1, P2, P3), en donde se puede determinar para cada línea de fase (P1, P2, P3) una magnitud dependiente de la diferencia de potencial y una desviación de la magnitud dependiente de la diferencia de potencial respecto de la magnitud de referencia (Vref) dependiente de la velocidad de giro, y se puede detectar un error de red si al menos una de las desviaciones es mayor
25 que un valor umbral predeterminado y/o en donde se puede determinar una diferencia de potencial mínima de todas las diferencias de potencial y una magnitud dependiente de esta diferencia de potencial mínima, en donde puede determinarse una desviación de la magnitud que depende de esta diferencia potencial mínima respecto de la magnitud de referencia (Vref) dependiente de la velocidad y puede detectarse un error de red si esta desviación es mayor que un valor umbral predeterminado, en donde puede determinarse un error de red bifásico o un error de red trifásico en
30 función de las diferencias potenciales y/o de la desviación mínima.

9. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado porque** la diferencia de potencial se determina en un punto próximo al motor.

10. Vehículo ferroviario que comprende un dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 8 o 9.



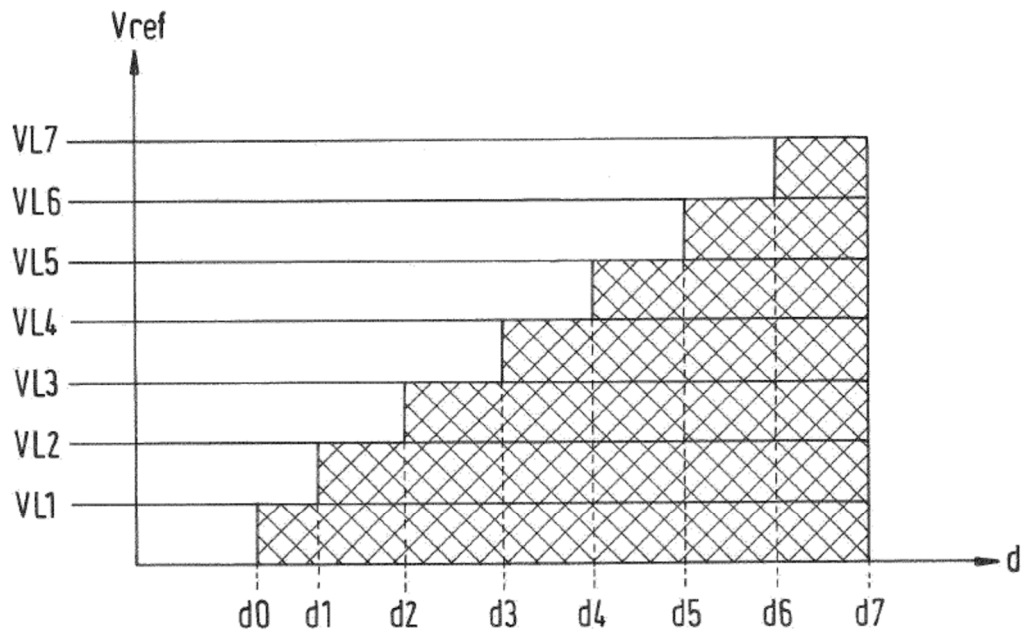


Fig.3