



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 312 353**

51 Int. Cl.:
B60L 15/20 (2006.01)
B60L 9/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **00943977 .9**
96 Fecha de presentación : **04.07.2000**
97 Número de publicación de la solicitud: **1112196**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.07.2001**

54 Título: **Procedimiento para el control de un sistema de accionamiento de potencia.**

30 Prioridad: **07.07.1999 DE 199 31 199**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2009

73 Titular/es: **Bombardier Transportation GmbH
Schoneberger Ufer 1
10785 Berlin, DE**

72 Inventor/es: **Klose, Christian y
Unger-Weber, Frank**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 312 353 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).

ES 2 312 353 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el control de un sistema de accionamiento de potencia.

5 La invención se refiere a un procedimiento según el preámbulo de la primera reivindicación y un dispositivo de control según el preámbulo de la reivindicación 11. Según un procedimiento conocido para el control de un sistema de accionamiento de alta potencia a velocidad variable (DE 44 22 275 A1) se alimentan dos motores trifásicos a través de cada vez un inversor de pulsos asociado desde un circuito intermedio de corriente continua que, por su lado, se carga a través de un convertidor de potencia desde una red de suministro eléctrico. Los motores de accionamiento 10 presentan un momento de inversión que siempre debe ser mayor que el par de fuerzas a aplicar. Además, se diseñan para la absorción constante de potencia por encima de una velocidad predeterminada que se determina por el punto de operación. Para disminuir en este caso magnitudes perturbadoras, como momentos oscilantes o pérdidas por oscilación armónica, en particular en el rango de funcionamiento por pulsos, y por ello conseguir una reducción de la sollicitación eléctrica y mecánica de los motores de accionamiento, así como de la carga de tensión del convertidor indirecto, se reduce la tensión del circuito intermedio en el rango de velocidades por debajo del punto de operación respecto a la 15 tensión máxima alcanzable del circuito intermedio y, en el rango de velocidades por encima del punto de operación, partiendo de la tensión reducida del circuito intermedio, se aumenta en una transición dependiente de la velocidad a la tensión máxima del circuito intermedio para la velocidad máxima de los motores de accionamiento. Los convertidores de potencia que pueden estar configurados como interruptores periódicos de corriente continua o interruptores de cuatro cuadrantes, están configurados luego como interruptores de cuatro cuadrantes si los motores de accionamiento 20 generan también en el funcionamiento como generador un par de fuerzas de frenado para el vehículo normalmente accionado. Durante la tracción las tensiones del motor aumentan linealmente con la velocidad, con un flujo magnético relativamente constante, desde la velocidad cero hasta el punto de operación. En este caso en el punto de operación se consigue la tensión compuesta máxima. Para velocidades más allá del punto de operación la tensión del motor 25 permanece constante luego con un flujo que disminuye.

La invención tiene el objetivo de especificar un procedimiento para el control según el preámbulo de la primera reivindicación y un dispositivo de control según el preámbulo de la reivindicación 11, mediante el que se consiga un balance energético mejorado ulteriormente del sistema de accionamiento.

30 La solución de este objetivo se resuelve según la invención por las características distintivas de la primera reivindicación y de la reivindicación 11. Ampliaciones ventajosas se especifican en las reivindicaciones restantes.

Con una manera de proceder según la invención se considera la constatación de que, en el rango de velocidades por encima del punto de operación, es decir, en el rango de excitación completa del inversor, para las velocidades correspondientes en el rango inferior del correspondiente momento de accionamiento a ser aplicado por el motor de accionamiento o del momento de frenado a entregar, la tensión correspondiente del circuito intermedio todavía no debe aumentarse al valor aumentado predefinido por el estado de la técnica. Según la invención la tensión del 35 circuito intermedio puede representarse por un campo característico mejorado de forma $U_d=f(M,n)$. Así se mantiene ampliamente constante la tensión del circuito intermedio para pequeños requerimientos de par de fuerzas o se aumenta en pequeños porcentajes respecto a la tensión del circuito intermedio imperante por debajo del punto de operación, así en el rango por pulsos del inversor. Solo en el caso de un requerimiento elevado del par de fuerzas por encima del punto de operación, la tensión del circuito intermedio debe aumentarse, para cumplir las exigencias puestas en el sistema de accionamiento respecto al par de fuerzas y a la velocidad, al valor predefinido por el estado de la técnica en 40 función del requerimiento aumentado del par de fuerzas. Las pérdidas de potencia del sistema de accionamiento son luego siempre mínimas. El rango de funcionamiento, en el que se cargan los elementos constructivos en el convertidor indirecto con tensión disminuida y por ello presentan una mayor vida útil con pérdidas totales de potencia reducidas, se amplía por ello para velocidades más allá del punto de operación.

Adicionalmente o también de forma independiente de ello puede realizarse de forma análoga el control del flujo magnético en el motor de accionamiento correspondiente. Luego se disminuye de forma constante el flujo magnético en el motor de accionamiento para velocidades por encima del punto de operación hacia velocidades mayores, correspondiendo el valor de salida al valor en gran medida constante, según se da en el campo de curvas características por debajo del punto de operación. En este caso se mantiene ampliamente constante el flujo magnético, cada vez referido a 55 una velocidad elegible, en el rango inferior del par de fuerzas a ser aplicado o frenado por el motor de accionamiento, y por el contrario se conduce solo de forma creciente hacia pares de fuerzas exigidos mayores. Por ello se produce, de forma similar al campo de curvas características para la tensión del circuito intermedio, un campo de curvas características acanalado, que cae aquí a valores menores por encima del punto de operación. En total se disminuye en este caso el flujo magnético de forma continua hacia velocidades mayores. El motor de accionamiento funciona por 60 consiguiente por encima del punto de operación, partiendo de pequeños requerimientos de par de fuerzas, en el rango inferior con valores de corriente óptimamente pequeños, que luego se aumentan si el requerimiento del par de fuerzas se aumenta más allá hasta el mayor valor correspondiente. En este caso el flujo magnético alcanza sólo con requerimientos mayores de par de fuerzas el valor que se predefine por el estado de la técnica. Con una disminución del flujo magnético se reducen a un valor mínimo también las pérdidas eléctricas y las pérdidas por corriente de Foucault, debiéndose realizar la reducción del flujo magnético en el caso de bajo requerimiento de par de fuerzas, de forma que 65 no se supera el momento de inversión del motor de accionamiento.

ES 2 312 353 T3

Si en el sistema de accionamiento se integran también los servicios auxiliares en forma de ventiladores, bombas o similares, que sirven para la refrigeración de los componentes individuales, como transformadores, convertidores y motores de accionamiento, luego es conveniente minimizar también en el balance energético su absorción de potencia a tomar y dependiente de las condiciones de funcionamiento. Para ello, la potencia frigorífica y por consiguiente la potencia de suministro eléctrico, hasta alcanzar una temperatura predefinida máxima admisible de al menos un componente que presenta una elevada constante de tiempo térmica o de una parte de él en el sistema de accionamiento, se conduce a un valor situado a voluntad por debajo de la potencia frigorífica máxima. Por el contrario, la potencia frigorífica por encima de la temperatura predeterminada, se incrementa a la potencia frigorífica máxima. El control de la potencia de los servicios auxiliares y por consiguiente de la refrigeración de los componentes individuales depende de las temperaturas correspondientes de los componentes y del número de componentes de refrigeración ajustables de forma independiente entre sí. Si los componentes de refrigeración no se ajustan de forma independiente entre sí, el control se realiza por la elección del valor máximo.

Adicionalmente o alternativamente puede ser también conveniente controlar la potencia frigorífica de forma proporcional a las pérdidas de potencia que aparecen actualmente en el sistema de accionamiento en los componentes con pequeña constante de tiempo térmica. Por ello se evita que aparezcan sobrecalentamientos parciales de los componentes o partes de ellos en puntos que no pueden alcanzarse con sensores térmicos o solo con dificultad. Por consiguiente se produce una ventilación más intensiva cuando en el sistema de accionamiento se presentan golpes de carga.

Una optimización adicional del balance energético se produce porque por debajo de valores máximos predeterminados de temperatura y de pérdidas de potencia en el sistema de accionamiento se aumenta solo la potencia frigorífica si la energía total a emplear para la refrigeración es menor que la suma de las pérdidas de potencia eléctrica que aparecen adicionalmente en ausencia de refrigeración en el sistema de accionamiento. Para ello, a partir de los datos actuales de funcionamiento se determinan las pérdidas presentes de potencia de los componentes individuales y por comparación con, por ejemplo, valores calculados empíricamente se establece si, en el caso de temperatura o carga crecientes de los componentes del sistema de accionamiento y del calentamiento creciente en comparación con la potencia frigorífica necesaria actualmente respecto al balance energético global, es más conveniente poner en marcha los servicios auxiliares ahora o solo en un momento posterior.

Junto a ello, para la mejora del balance energético se propone desexcitar el flujo magnético en el motor de accionamiento con la ausencia de requerimiento de par de fuerzas, es decir, en el caso de rodadura sin accionamiento o parada de un vehículo ferroviario. Entonces se elimina también el consumo de energía necesario para el funcionamiento de marcha en vacío. Adicionalmente se reduce la potencia de los servicios auxiliares por la adaptación de la relación de refrigeración con el requerimiento reducido de carga. Esto sucede hasta la desconexión completa de los servicios auxiliares individuales.

Un vehículo ferroviario accionado conforme a las medidas de la invención y provisto de los dispositivos requeridos para ello presenta un sistema de accionamiento de pérdidas mínimas en el que también pueden incluirse los servicios auxiliares.

La invención se explica a continuación detalladamente mediante representaciones de principio.

Muestran:

Fig. 1 un diagrama básico de conexión para un sistema de accionamiento con control de optimización,

Fig. 2 un diagrama de flujo con los pasos para la optimización energética del sistema de accionamiento,

Fig. 3 un gráfico tridimensional sobre el desarrollo de una tensión del circuito intermedio en el convertidor indirecto del sistema de accionamiento,

Fig. 3a un gráfico conforme a la fig. 3 respecto al estado de la técnica,

Fig. 4 un gráfico tridimensional sobre el desarrollo del flujo magnético en función del par de fuerzas y de la velocidad de un motor de accionamiento en el sistema de accionamiento y

Fig. 4a un gráfico conforme a la fig. 4 respecto al estado de la técnica.

Según la figura 1 un control para el funcionamiento a velocidad variable de un sistema de accionamiento de alta potencia comprende un convertidor indirecto 1, que se alimenta en cuestión a través de un transformador 2 a través de un pantógrafo 3 desde una red de suministro eléctrico monofásico 4. El devanado primario se finaliza en este caso a través de al menos una rueda de carril 5 y con al menos un carril 6 con un polo puesto a tierra de la red de suministro eléctrico 4. El devanado secundario del transformador 2 alimenta el circuito intermedio del convertidor 1, cuya salida trifásica alimenta al menos un motor trifásico 7 que sirve como motor de accionamiento para un vehículo ferroviario. El motor de accionamiento 7 transmite un par de fuerzas para accionamiento directamente o a través de un engranaje a la o las otras ruedas de carril 5 del vehículo ferroviario. Al convertidor indirecto 1, al transformador 2 y al motor de accionamiento 7 se les asignan servicios auxiliares 9 que comprenden ventiladores y/o dispositivos de bombeo de líquido para la refrigeración de los componentes del sistema de accionamiento formado por motor de accionamiento 7,

ES 2 312 353 T3

convertidor indirecto 1 y transformador 2, dado el caso bajo inclusión de los controles correspondientes, y refrigeran los componentes de forma adaptada a las necesidades. Además, está previsto un control de optimización 10 para todo el sistema de accionamiento, el cual registra los datos de funcionamiento de los componentes del sistema de accionamiento, inclusive los servicios auxiliares, y después de una determinación de la optimización envía los datos del control de optimización a estos componentes, de forma que la energía total se optimiza en función del punto de funcionamiento del sistema de accionamiento y, aquí en particular referido al par de fuerzas de accionamiento dado por el motor de accionamiento 7 y la velocidad imperante en este caso y de la tensión de la red de suministro eléctrico. Un vehículo ferroviario así equipado trabaja luego con un costo mínimo de energía.

El convertidor indirecto 1 puede alimentarse también desde un sistema generador accionado eléctricamente por motor diesel.

El convertidor indirecto 1 comprende en cuestión un convertidor de potencia 11 que está configurado como interruptor periódico de corriente continua con alimentación desde una red de corriente continua y en particular como interruptor de cuatro cuadrantes con funcionamiento de corriente alterna, para hacer posible una alimentación de la energía eléctrica recuperada a la red de suministro eléctrico 4 por la conmutación a funcionamiento de frenado del motor de accionamiento 7. El rectificador de red continua 11 alimentado desde el devanado secundario del transformador 2 alimenta, por su lado, en el lado secundario un circuito intermedio 12 que presenta un condensador eléctrico de circuito intermedio 14 y una disposición de un circuito de absorción 15 conectado aquí en paralelo. Con el circuito intermedio 12 alimentado con corriente continua está conectado un inversor por pulsos 16 que genera una tensión de frecuencia variable para la alimentación del motor de accionamiento 7 con velocidad variable con la energía de accionamiento necesaria y posee una excitación en el rango de cero hasta la excitación completa. La excitación del inversor se caracteriza por la relación de las tensiones de salida del inversor desde la máxima posible hasta la efectiva, alcanzándose la tensión de salida máxima posible con la excitación completa. En el caso de excitación completa el inversor trabaja en funcionamiento de bloques, en el rango de excitación restante el inversor trabaja en el funcionamiento por pulsos.

El convertidor de potencia 11 se controla por el control de optimización 10, de forma que se ajusta una tensión de circuito intermedio (fig. 3) óptima adaptada a las condiciones de funcionamiento del motor de accionamiento 7 en el circuito intermedio 12. La variabilidad de la tensión del circuito intermedio se indica en este caso por una flecha orientada inclinadamente hacia arriba (figura 1). El inversor de pulsos 16 está controlado, por su lado, igualmente por el control de optimización 10 de nuevo en función de los requerimientos de funcionamiento en el motor de accionamiento 7 y el valor de la tensión del circuito intermedio, en el que mediante el cambio de la tensión se adapta el flujo magnético en el motor de accionamiento 7 de forma óptima a las condiciones dadas de funcionamiento respecto al par de fuerzas y la velocidad requeridos (figura 4). Esta tensión de alimentación del motor de accionamiento 7 es por consiguiente igualmente variable y está simbolizada por una flecha orientada de forma inclinada hacia arriba (fig. 1).

Para conseguir una minimización del consumo total de energía del sistema de accionamiento, inclusive los servicios auxiliares, se procede según la figura 2, de forma que a partir de las magnitudes de entrada, el par de fuerzas M requerido y la velocidad n requerida se calcula una tensión mínima del circuito intermedio $U_{zwk\ min}$ determinada para el punto de funcionamiento correspondiente a partir de la tensión actual de red, estableciéndose al mismo tiempo una tensión permitida del circuito intermedio $U_{zwk\ max}$ lo mayor posible para ese punto de trabajo. En este caso la tensión mínima del circuito intermedio debe ser menor o igual a la tensión establecida máxima del circuito intermedio. En base a la tensión predeterminada mínima del circuito intermedio a general por el convertidor de potencia 11 en el circuito intermedio 12, en el control de optimización 10 se realiza un cálculo de pérdidas en el que se tienen en cuenta todos los componentes del sistema de accionamiento respecto a sus pérdidas eléctricas a esperar en el punto de funcionamiento, manteniéndose la tensión del circuito intermedio en un valor mínimo durante el funcionamiento por pulsos del inversor 16. Los datos de control obtenidos por ello se memorizan en una matriz de resultados, y luego en el circuito intermedio 12 se ajusta aquella tensión del circuito intermedio que por ello produce pérdidas totales mínimas en el sistema de accionamiento. Para los niveles individuales se memorizan de nuevo, referidos a los niveles, los resultados en la matriz de resultados. Si la tensión en el circuito intermedio 12 alcanza su rango de valor mínimo, entonces el valor para el que se produce un menor balance energético óptimo, se selecciona por comparación con los datos de control memorizados para los niveles individuales de la matriz de resultados. Los cálculos del balance energético se realizan en este caso para cada punto de trabajo posible del motor de accionamiento 7. La tensión del circuito intermedio se mantiene en el valor más inferior hasta que la tensión del motor necesaria para la producción del par de fuerzas requerido del motor de accionamiento 9 requiere un valor mayor de la tensión del circuito intermedio. En la figura 3 está representada esta zona de la curva característica aproximadamente como un plano. El resultado de los cálculos de optimización para la tensión del circuito intermedio está representado en la figura 3, encontrándose la velocidad predeterminada por el punto de operación T_p en un valor en el que se muestra un cambio significativo del campo de curvas características. En el sistema tridimensional de coordenadas representado se dibuja en este caso en el eje X el par de fuerzas del motor de accionamiento para el funcionamiento de marcha y de frenado, por lo que el punto cero se encuentra en el centro de la zona relevante del eje X. En el eje Y orientado hacia arriba se representa la tensión del circuito intermedio, mientras que sobre el eje Z se representa la velocidad. Luego la tensión en el circuito intermedio 12, con velocidades por encima de la velocidad predefinida por el punto de operación hasta la velocidad máxima y al mismo tiempo en el rango inferior del par de fuerzas a ser aplicado o frenado por el motor de accionamiento 7, puede mantenerse al menos ampliamente en el valor que ella presenta por debajo de la velocidad predefinida, es decir, por debajo del punto de operación. En este caso disminuye la magnitud del par de fuerzas con velocidad creciente, hasta que la tensión del circuito intermedio puede permanecer al menos ampliamente en el nivel

ES 2 312 353 T3

en el que ella impera en el rango por pulsos del inversor. Solo en el caso de requerimientos de par de fuerzas que van más allá referidos a la velocidad se realiza una elevación de la tensión del circuito intermedio en función del par de fuerzas. Por ello se produce un campo de curvas características ranurado para el funcionamiento de marcha y de frenado.

5

En comparación con la figura 3, en la figura 3a está representado el campo de curvas características y la tensión del circuito intermedio según el estado de la técnica. Se muestra aquí que la tensión del circuito intermedio se aumenta desde la velocidad correspondiente al punto de operación, de forma independiente del par de fuerzas a aplicar cada vez por el motor de accionamiento 7, hasta su valor máximo. Por el contrario, según la invención la tensión del circuito intermedio se eleva solo en la zona de exigencia superior de velocidad; siendo por consiguiente también dependiente del par de fuerzas.

10

Después de la optimización de la tensión del circuito intermedio conforme a la figura 2 se determina igualmente según la fig. 2, bajo las condiciones dadas por los requerimientos de par de fuerzas y velocidad, el flujo magnético óptimo para la potencia de funcionamiento requerida del motor de accionamiento 7. En este caso se parte de que la tensión instantánea del circuito intermedio es diferente de la tensión óptima del circuito intermedio y de que el flujo magnético relativo es menor que 1, es decir, puede situarse por debajo del flujo magnético máximo. Partiendo del flujo máximo, el flujo se reduce gradualmente hasta un valor predefinido en un modelo de cálculo. En este caso se calculan las pérdidas en el inversor y en el motor de accionamiento y se memorizan en una curva característica como función del flujo. El flujo correspondiente a las pérdidas mínimas se selecciona como flujo óptimo y se transmite al sistema de accionamiento como valor de consigna. Este proceso se aplica para cada punto de trabajo del sistema de accionamiento. Durante la optimización de la tensión del circuito intermedio, como del flujo magnético, se incluyen en este caso cada vez las pérdidas de potencia generadas por los componentes considerados y los parámetros correspondientes por el control de optimización 10 en el proceso de optimización. En este caso es posible realizar solo la optimización de la tensión del circuito intermedio o solo la optimización del flujo magnético para el motor de accionamiento para la reducción de las pérdidas en el sistema de accionamiento, si solo puede realizarse una de estas medidas de forma razonable técnicamente o por motivos de costes.

15

20

25

En la figura 4 está representado el campo de curvas características para el control óptimo del flujo magnético en el motor de accionamiento 7, de nuevo en el campo de curvas características tridimensionales, estando representado en el eje X la velocidad, en el eje Y el flujo magnético normalizado y en el eje Z el par de fuerzas requerido de accionamiento o de frenado del motor de accionamiento 7. El punto cero para el par de fuerzas está representado de nuevo en la zona central del eje Z, representando pares de fuerzas positivos para energía de accionamiento y pares de fuerzas negativos para energía de frenado. Un funcionamiento energéticamente óptimo se produce luego con excitación completa del inversor si se realiza una mayor reducción del flujo magnético hacia la velocidad máxima en la zona inferior del requerimiento de par de fuerzas, como en la zona superior del requerimiento de par. En el funcionamiento por pulsos del inversor se producen luego, en el caso de requerimiento de par de fuerzas en función del punto de trabajo, unas pérdidas mínimas de potencia por reducción del flujo magnético. En el caso de excitación completa del inversor, es decir, en el funcionamiento de bloques, no es posible una influencia del flujo por el inversor. Aquí el flujo se produce a partir de la tensión optimizada del circuito intermedio en función del punto de trabajo. Mediante la optimización del flujo magnético se reducen también las pérdidas generadas en el arrollamiento del devanado, así como en el hierro en el motor de accionamiento 7.

30

35

40

En la figura 4a está representado el campo de curvas características para el flujo magnético que se realiza por dispositivos del estado de la técnica. Luego se controla aquí el flujo magnético solo en función de la velocidad del motor de accionamiento e independientemente del par de fuerzas requerido. Por el contrario, en la manera de proceder optimizada según la figura 4, mediante la reducción del flujo magnético en el rango inferior de carga del motor de accionamiento, se obtiene una reducción del flujo magnético en una gran parte del campo característico del par de fuerzas y, por consiguiente, una reducción de las pérdidas de potencia.

45

Los servicios auxiliares asignados al sistema de accionamiento para la evacuación de las pérdidas de potencia que aparecen en los componentes se controla de forma que la potencia frigorífica hasta alcanzar una temperatura predefinida de al menos un componente que presenta una elevada constante de tiempo térmica o de una parte de él, se mantiene en un valor fuertemente reducido y situado ulteriormente por debajo de la potencia frigorífica máxima. Un componente con elevada constante de tiempo térmica es en este caso, por ejemplo, el transformador refrigerado por aceite o el motor de accionamiento adolecido de hierro y otras piezas individuales adolecidas de gran masa. Solo por encima de la temperatura predeterminada se aumenta, en función de la temperatura, la potencia frigorífica hasta su valor máximo en función de la temperatura actual de al menos uno de estos componentes o de una parte de ellos. Adicionalmente o junto a ello puede controlarse la potencia frigorífica también de una manera proporcional a las pérdidas de potencia actuales que aparecen en el sistema de accionamiento en componentes con una pequeña constante de tiempo térmica. Los componentes con una pequeña constante de tiempo térmica son en este caso, por ejemplo, devanados del motor de accionamiento, componentes en el convertidor estático, resistencias de frenado y similares. Al considerar la energía total es conveniente en este caso que, por debajo de los valores máximos predefinidos de temperatura y de pérdidas en el sistema de accionamiento, se aumenta solo luego la potencia frigorífica si la energía a emplear adicionalmente para la refrigeración es menor que la suma de las pérdidas de energía eléctrica que parecen con la ausencia de refrigeración en el sistema de accionamiento.

50

55

60

65

ES 2 312 353 T3

Si a los componentes individuales del sistema de accionamiento, es decir, por ejemplo el transformador de aceite, se les asigna un sistema de refrigeración por líquido, y al motor de accionamiento y dado el caso a otros componentes se les asigna cada vez un sistema de ventilación, luego es conveniente controlar la potencia frigorífica de estos servicios auxiliares individuales de forma selectiva en función de la temperatura y/o de la carga de los componentes asignados, y en este caso realizar de forma individual el cálculo de optimización y el control subsiguiente.

Para el balance energético también es ventajoso si el flujo magnético en el motor de accionamiento 7 se desexcita con la ausencia de requerimiento de par de fuerzas, el flujo magnético o la tensión de alimentación del motor de accionamiento 7 se controla así contra cero. En el vehículo ferroviario que rueda o que está parado no se necesita luego energía para el funcionamiento de marcha en vacío del motor de accionamiento. Adicionalmente se adapta la refrigeración y por consiguiente la potencia de los servicios auxiliares a los requerimientos reducidos de carga hasta la desconexión completa de los grupos de refrigeración y de los convertidores de los servicios auxiliares presentes para su suministro de tensión.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 312 353 T3

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control de un sistema de accionamiento de alta potencia a velocidad variable, que comprende al menos un motor trifásico (7) como motor de accionamiento, que está diseñado para la absorción constante de potencia por encima de una velocidad predefinida y que se alimenta de un convertidor indirecto (1) con una tensión variable del circuito intermedio, alimentándose el convertidor indirecto (1) de una red de suministro eléctrico (4) y reduciéndose la tensión del circuito intermedio en el rango de velocidades por debajo de la velocidad predefinida respecto a su valor máximo, de forma que la tensión del circuito intermedio no se reduce por debajo de una tensión mínima, determinada por la tensión de la red de suministro eléctrico que aparece en servicio, y en el rango de velocidades por encima de la velocidad predefinida, partiendo de la tensión reducida del circuito intermedio, se realiza una transición en función de la velocidad hasta la tensión máxima del circuito intermedio para una velocidad máxima, en particular para vehículos ferroviarios que se alimentan con energía de accionamiento desde una catenaria (4) eléctrica o desde un generador eléctrico interno al vehículo y accionado por motor diesel, **caracterizado** porque en el sistema de accionamiento (1, 2, 7), la tensión del circuito intermedio, para la velocidad por encima de la velocidad predefinida, y al mismo tiempo en el rango inferior del par de fuerzas a ser aplicado o frenado por el motor de accionamiento (7), se mantiene al menos ampliamente en el valor que ella presenta por debajo de la velocidad predefinida.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la tensión del circuito intermedio en cada punto de trabajo se ajusta de forma que da por resultado la pérdida total mínima de potencia del vehículo.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el flujo magnético en el motor de accionamiento (7) durante la atenuación de campo se disminuye de forma constante hacia velocidades mayores, y resulta de Uzkw, reduciéndose ampliamente el flujo magnético, en el modo por pulsos del inversor (16), en función del par de fuerzas a ser aplicado o frenado por el motor de accionamiento (7), así que resulta el mínimo para la suma de pérdidas de potencia en el inversor (16) y el motor de accionamiento (7).

4. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque el sistema de accionamiento (1, 2, 7) se refrigera mediante servicios auxiliares (9) como bombas y ventiladores, en el que la potencia frigorífica, hasta alcanzar una temperatura predeterminada de al menos un componente que presenta una elevada constante de tiempo térmica o de una parte de él en el sistema de accionamiento (1, 2, 7), se conduce a un valor fuertemente reducido y situado ampliamente por debajo de la potencia frigorífica máxima y, por encima de la temperatura predeterminada se incrementa a la potencia frigorífica máxima en función de la temperatura actual de al menos un componente o de una parte de él.

5. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque la potencia frigorífica se controla de forma proporcional a las pérdidas de potencia actuales que aparecen en el sistema de accionamiento (1, 2, 7) en componentes con una pequeña constante de tiempo térmica.

6. Procedimiento según la reivindicación 4 ó 5, **caracterizado** porque por debajo de valores predeterminados máximos de temperatura y de pérdidas de potencia en el sistema de accionamiento (1, 2, 7) se aumenta la potencia frigorífica sólo si la energía total a emplear adicionalmente para la refrigeración es menor que la suma de las pérdidas de energía eléctrica que aparecen adicionalmente por la ausencia de refrigeración en el sistema de accionamiento (1, 2, 7).

7. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado** porque a los componentes individuales del sistema de accionamiento (1, 2, 7) se les asignan servicios auxiliares (9) propios para la refrigeración y porque la potencia frigorífica de estos servicios de refrigeración se controla de manera selectiva en función de la temperatura y/o de la carga del componente asociado.

8. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque el flujo magnético en el motor de accionamiento (7) se desexcita en ausencia de requerimiento de par de fuerzas, así como se desconectan el convertidor de potencia (11) y el inversor (16).

9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado** porque los servicios auxiliares (9) presentes para la refrigeración se adaptan a los requerimientos cambiantes de carga hasta su desconexión completa.

10. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque en el sistema de accionamiento (1, 2, 7), la tensión del circuito intermedio, para la velocidad del motor de accionamiento (7) por encima de la velocidad predefinida y hasta la velocidad máxima, y al mismo tiempo en el rango inferior del par de fuerzas a ser aplicado o frenado por el motor de accionamiento (7), se mantiene al menos ampliamente en el valor que ella presenta por debajo de la velocidad predefinida.

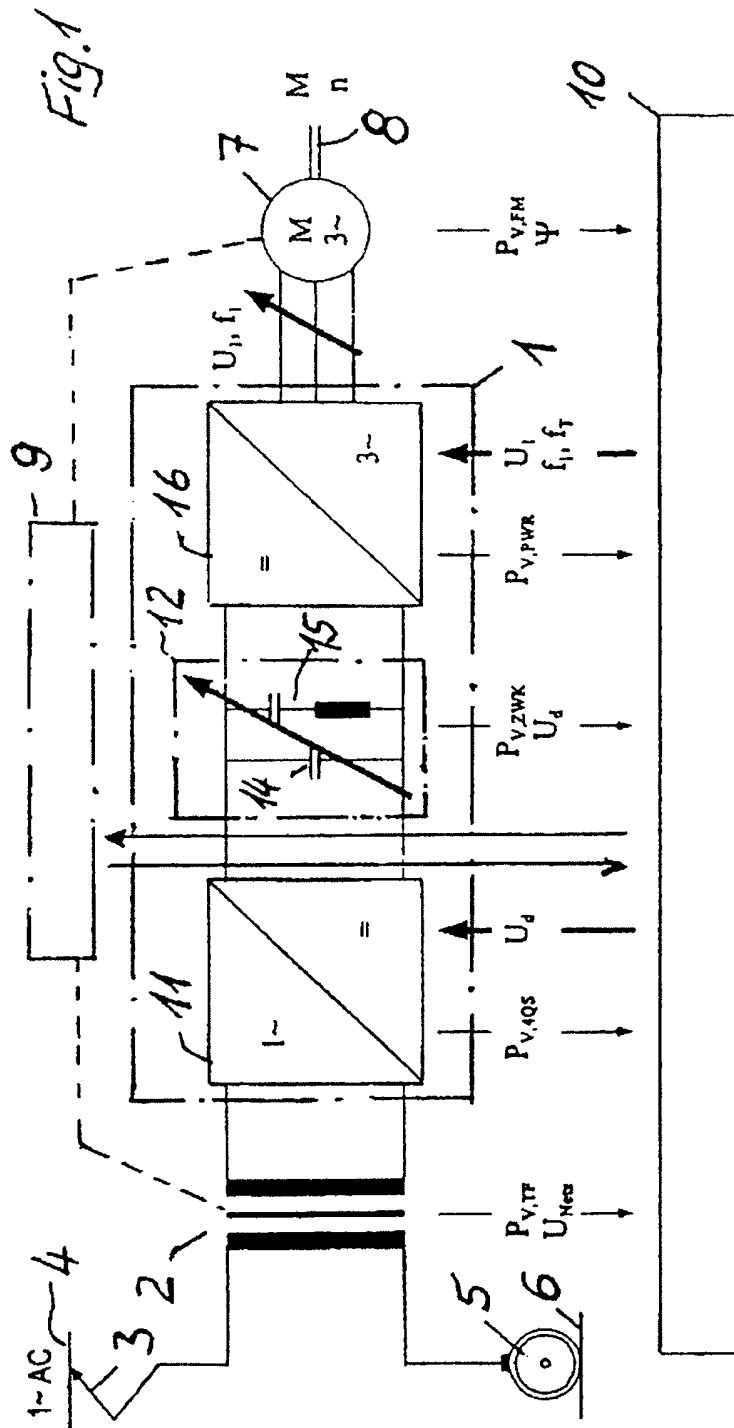
11. Dispositivo para el control de un sistema de accionamiento de alta potencia a velocidad variable, que comprende al menos un motor trifásico (7) como motor de accionamiento, que está diseñado para la absorción constante de potencia por encima de una velocidad predefinida y que se alimenta de un convertidor indirecto (1) con una tensión variable del circuito intermedio, alimentándose el convertidor indirecto (1) de una red de suministro eléctrico (4) y reduciéndose la tensión del circuito intermedio en el rango de velocidades por debajo de la velocidad predefinida

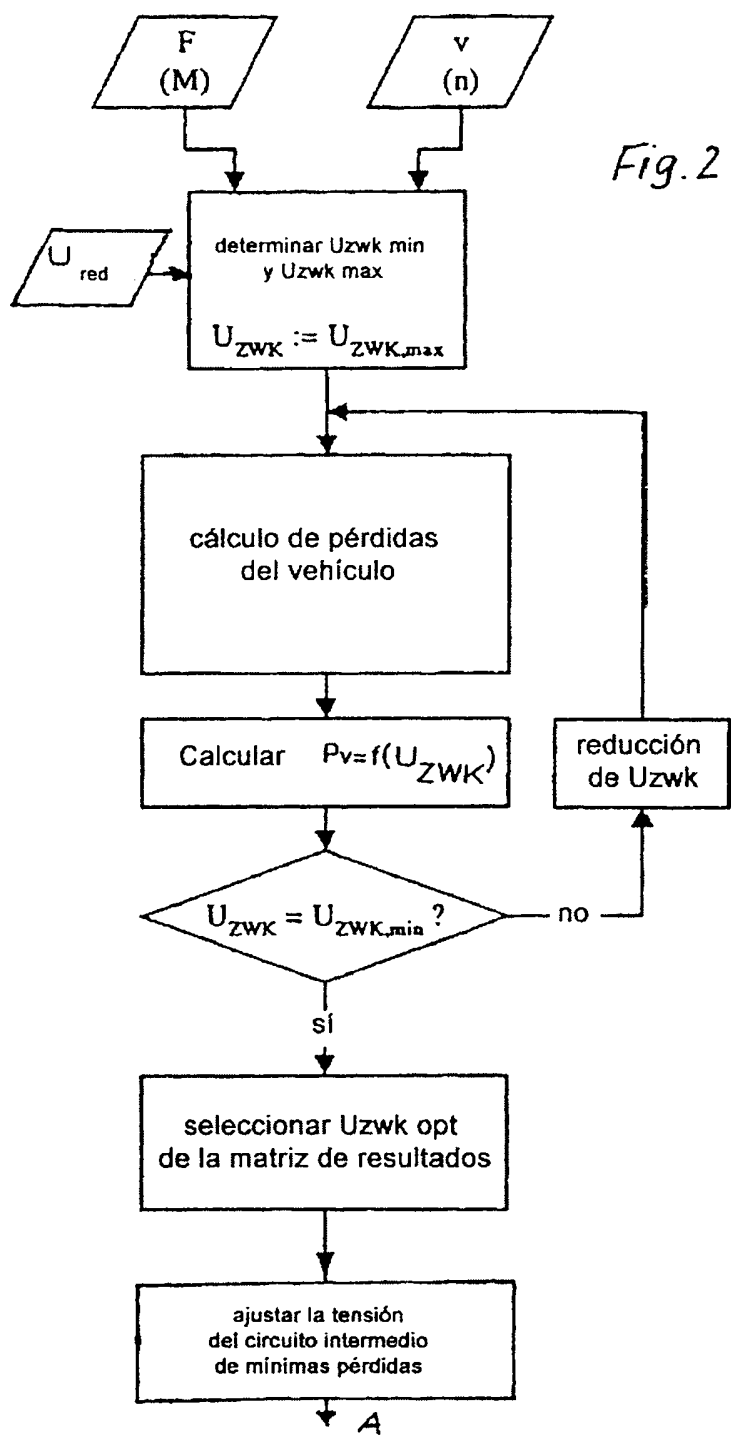
ES 2 312 353 T3

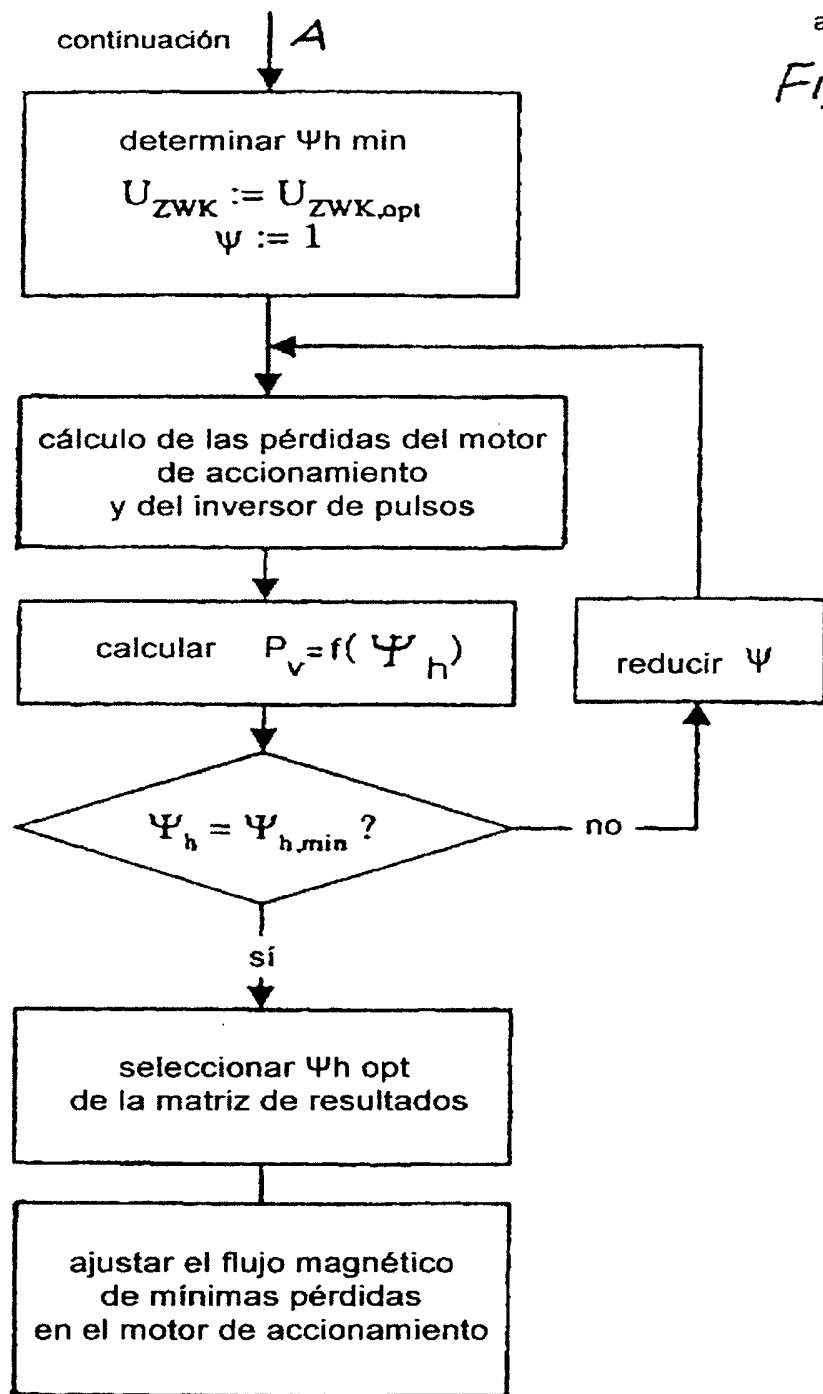
respecto a su valor máximo, de forma que la tensión del circuito intermedio no se reduce por debajo de una tensión mínima, determinada por la tensión de la red de suministro eléctrico que aparece en servicio, y en el rango de velocidades por encima de la velocidad predefinida, partiendo de la tensión reducida del circuito intermedio, se realiza una transición en función de la velocidad hasta la tensión máxima del circuito intermedio para una velocidad máxima, en particular para vehículos ferroviarios que se alimentan con energía de accionamiento desde una catenaria (4) o desde un generador eléctrico interno al vehículo y accionado por motor diesel, **caracterizado** porque en el sistema de accionamiento (1, 2, 7), la tensión del circuito intermedio, para la velocidad del motor de accionamiento (7) por encima de la velocidad predefinida, y al mismo tiempo en el rango inferior del par de fuerzas a ser aplicado o frenado por el motor de accionamiento (7), se mantiene al menos ampliamente en el valor que ella presenta por debajo de la velocidad predefinida.

12. Dispositivo de control según la reivindicación 11, **caracterizado** porque en el sistema de accionamiento (1, 2, 7), la tensión del circuito intermedio, para la velocidad del motor de accionamiento (7) por encima de la velocidad predefinida y hasta la velocidad máxima, y al mismo tiempo en el rango inferior del par de fuerzas a ser aplicado o frenado por el motor de accionamiento (7), se mantiene al menos ampliamente en su valor que ella presenta por debajo de la velocidad predefinida.

13. Dispositivo de control según la reivindicación 11 ó 12, **caracterizado** porque la tensión del circuito intermedio en cada punto de trabajo se ajusta de forma que da por resultado la pérdida total mínima de potencia del vehículo.







a
Fig-2

