

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 997 986**

51 Int. Cl.:

B60L 15/02 (2006.01)

B60L 15/20 (2006.01)

B60L 50/60 (2009.01)

H02J 7/00 (2006.01)

H02P 1/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.11.2020 PCT/EP2020/083407**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.06.2021 WO21121890**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2020 E 20824099 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2024 EP 4042556**

54 Título: **Procedimiento para controlar una salida de corriente de una batería**

30 Prioridad:
16.12.2019 DE 102019219677

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.02.2025

73 Titular/es:
SIEMENS MOBILITY GMBH (100.00%)
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München, DE

72 Inventor/es:
HOFFMANN, WOLFGANG

74 Agente/Representante:
LOZANO GANDIA, José

ES 2 997 986 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 para controlar una salida de corriente de una batería

5 La invención se refiere a un procedimiento para controlar una salida de corriente de una batería, usándose la batería como batería de tracción para el accionamiento de un vehículo ferroviario.

Se conocen vehículos ferroviarios accionados por batería en los que la potencia eléctrica se toma de la batería y se usa para el accionamiento de motores.

10 La figura 3 muestra en un diagrama esquemático simplificado un accionamiento regulado de un vehículo ferroviario de este tipo según el estado de la técnica.

15 Un convertidor de potencia STR está conectado a una batería BAT en el lado de entrada y a un motor asíncrono ASM en el lado de salida.

El motor asíncrono ASM se usa como motor de tracción de una unidad de tracción o vehículo ferroviario, mientras que la batería BAT sirve como batería de tracción.

20 El convertidor de potencia STR contiene un circuito en serie formado sucesivamente por un convertidor CC/CC DCDCW, un circuito intermedio (de corriente continua) ZWK y un convertidor CC/CA DCACW.

25 El convertidor CC/CC DCDCW está conectado a la batería BAT como elemento de entrada del convertidor de potencia STR, mientras que el convertidor CC/CA DCACW está conectado al motor asíncrono ASM como elemento de salida del convertidor de potencia STR.

De esta manera, una corriente eléctrica real de batería $I_{bat,real}$ llega desde la batería BAT al convertidor CC/CC DCDCW del convertidor de potencia STR, que la convierte en una corriente continua de circuito intermedio CC I_{cccc} .

30 La corriente continua de circuito intermedio CC I_{cccc} llega a través del circuito intermedio ZWK como corriente del motor I_{mot} al convertidor CC/CA DCACW.

En el circuito intermedio ZWK está dispuesto un condensador al que se aplica una tensión diferencial real $U_{d,real}$.

35 La corriente del motor I_{mot} llega a través del convertidor CC/CA DCACW como corriente trifásica al motor asíncrono ASM para accionarlo.

40 El convertidor CC/CC DCDCW se regula mediante un regulador de corriente de batería I_{bat} para ajustar la corriente continua de circuito intermedio I_{cccc} . Para este fin, el regulador de corriente de batería I_{bat} recibe como señal de entrada una corriente teórica de batería $I_{bat,teórica}$ y una corriente real $I_{bat,real}$ de la batería BAT.

45 El circuito intermedio ZWK está conectado a un regulador de tensión de circuito intermedio, el regulador U_{zk} . El regulador de tensión de circuito intermedio, el regulador U_{zk} , recibe como señal de entrada una tensión diferencial teórica $U_{d,teórica}$ y una tensión diferencial real $U_{d,real}$. A partir de esta se forma la corriente teórica de batería $I_{bat,teórica}$.

El convertidor CC/CA DCACW y el motor asíncrono ASM se regulan mediante un regulador de par del motor asíncrono M_{asm} . Para este fin, el regulador de par del motor asíncrono M_{asm} recibe como señal de entrada un valor teórico de par $M_{teórico}$.

50 El valor teórico de par $M_{teórico}$ se forma a partir de un par de control previo M_{ff} y de un par especificado M_{tf} , que se alimentan como respectivas señales de entrada a una unidad de formación de valor mínimo MÍN.

55 El par de control previo M_{ff} se calcula a este respecto con ayuda de una unidad de cálculo del par de control previo VMB, mientras que el par especificado M_{tf} es solicitado o habilitado por el conductor del vehículo de tracción o del vehículo ferroviario en un momento dado.

Con ayuda de la unidad de formación de valor mínimo MÍN queda garantizada la siguiente condición:

$$M_{teórico} \leq M_{tf}$$

60 Para calcular el par de control previo M_{ff} , se alimenta una corriente ideal de batería $I_{bat,ideal}$ a la unidad de cálculo del par de control previo VMB.

65 El par de control previo M_{ff} se calcula a este respecto de tal forma que la corriente real de batería $I_{bat,real}$ se corresponde lo más exactamente posible con la corriente ideal de batería $I_{bat,ideal}$ especificada:

ES 2 997 986 T3

$$I_{bat,real} = I_{bat,ideal}$$

5 La corriente ideal de batería $I_{bat,ideal}$ se ha determinado o definido a este respecto de tal forma que no se rebasa una corriente máxima de batería especificada en los procesos de conducción del vehículo de tracción. Esto es necesario para evitar una desconexión de seguridad de la batería BAT debido a corrientes excesivas o a una toma de potencia excesiva.

10 Además, la corriente ideal de batería $I_{bat,ideal}$ está definida de tal manera que permite establecer rápidamente un par de tracción requerido del motor asíncrono ASM. Esto es necesario para minimizar en lo posible restricciones durante la marcha del vehículo de tracción.

El par de control previo M_{ff} se calcula de manera clásica con ayuda de una función de transferencia dinámica (transformada) $H_{sis}(z)$ del valor teórico de par $M_{teórico}$ a la corriente real de batería $I_{bat,real}$.

15 La función de transferencia $H_{sis}(z)$ se invierte para obtener una función de transferencia inversa $H_{sis}^{-1}(z)$.

La función de transferencia inversa $H_{sis}^{-1}(z)$ se multiplica por la corriente de la batería ideal $I_{bat,ideal}(z)$ (transformada) para obtener a partir de ella el par de control previo $M_{ff}(z)$. Esto se explicará a continuación con más detalle.

20 Mediante el diagrama esquemático mostrado en este caso se consigue que durante los procesos de conducción la batería BAT se usa de forma eléctricamente ideal, sin rebasar los valores límite de corriente especificados de la batería BAT.

25 De esta manera es posible que los respectivos componentes de accionamiento del vehículo de tracción funcionen de forma optimizada desde el punto de vista energético con las especificaciones de conducción del conductor del vehículo de tracción. Gracias a ello, el conductor del vehículo de tracción puede disponer en todo momento al máximo de una fuerza de tracción proyectada del vehículo de tracción.

30 La figura 4 muestra con referencia a la figura 3 una comparación del par especificado M_{ff} del conductor del vehículo de tracción con una corriente de batería ideal $I_{bat,ideal}$ deseada.

En el momento $t=3,008$, el conductor del vehículo de tracción solicita o habilita a modo de ejemplo el par especificado M_{ff} .

35 En el momento $t=3,016$, se produce en este caso con un retardo de tiempo una salida de corriente ideal deseada de la batería BAT en forma de corriente ideal de batería $I_{bat,ideal}$. La curva deseada de la corriente ideal de batería $I_{bat,ideal}$ es a este respecto lineal y no presenta oscilaciones.

40 En este ejemplo, la siguiente relación indicada a modo de ejemplo se aplica a una transformada de la corriente ideal de batería $I_{bat,ideal}(z)$:

$$I_{bat,ideal}(z) = 850 z / (z^2 - 1,15z + 0,15)$$

45 Esta es la descripción matemática de la curva representada.

La figura 5 muestra un gráfico de flujo de señales del tramo regulado del sistema de accionamiento por batería de la figura 3.

50 Como se ha descrito anteriormente en la figura 3, a partir del par de control previo M_{ff} y del par especificado por el conductor del vehículo de tracción M_{ff} se forma el valor teórico de par $M_{teórico}$, que llega como señal de entrada al regulador de par del motor asíncrono, el regulador M_{asm} .

El regulador de par del motor asíncrono, el regulador M_{asm} regula el par del motor asíncrono ASM a través del convertidor CC/CA DCACW. De ello resulta la corriente de motor I_{mot} .

55 La corriente de motor I_{mot} llega a una primera entrada de una primera unidad de sustracción DIF1.

La corriente continua del circuito intermedio I_{cccc} llega a una segunda entrada de la primera unidad de sustracción DIF1.

60 La unidad de sustracción DIF1 forma una corriente diferencial I_d a partir de estas corrientes:

$$I_d = I_{mot} - I_{cccc}$$

65 La corriente diferencial I_d llega como señal de entrada al regulador de tensión de circuito intermedio regulador U_{zk} y se convierte en la tensión diferencial real $U_{d,real}$.

ES 2 997 986 T3

La tensión diferencial real $U_{d,real}$ llega a una primera entrada de una segunda unidad de sustracción DIF2.

5 La tensión diferencial real $U_{d,real}$ llega como señal de entrada a un formador de valores teóricos SWB, que especifica la tensión diferencial teórica $U_{d,teórica}$ con ayuda de la tensión diferencial real $U_{d,real}$.

La tensión diferencial teórica $U_{d,teórica}$ llega como señal de salida del formador de valores teóricos SWB a una segunda entrada de la segunda unidad de sustracción DIF2.

10 La segunda unidad de sustracción DIF2 forma una tensión diferencial $U_{d,delta}$ a partir de las tensiones alimentadas:

$$U_{d,delta} = U_{d,teórica} - U_{d,real}.$$

15 Para la tensión diferencial $U_{d,delta}$ se determina una corriente teórica de batería de circuito intermedio $I_{bat,teórica,zk}$ asociada.

La corriente teórica de batería de circuito intermedio $I_{bat,teórica,zk}$ llega como señal de entrada al regulador de corriente de la batería, el regulador I_{bat} , que especifica tanto la corriente real de batería $I_{bat,real}$ como la corriente continua del circuito intermedio I_{cccc} basándose en ella.

20 Como está representado arriba, se cumple:

$$I_{bat,real} = I_{bat,ideal}$$

25 y

$$I_{bat}(z) = H_{sis}(z) M_{teórico}(z)$$

30 Los modelos parciales usados para el modelado del gráfico de flujo de señales están configurados de manera lineal.

El par de control previo M_{ff} necesario para ello se calcula ahora del siguiente modo:

$$M_{ff}(z) = H_{sis}^{-1}(z) I_{bat,ideal}(z) / z$$

35 La función de transferencia $H_{sis}(z)$ de un modelado de sistema típico de la figura 3 no es de fase mínima, por lo que no puede invertirse de forma estable. Esto puede verse por el hecho de que existe un punto cero z_{nmp} fuera del círculo unitario.

40 Por lo tanto, un par de control previo calculado a partir de esto se volvería infinito y por lo tanto no se puede usar.

Un ejemplo numérico realista y a modo de ejemplo para la función de transferencia $H_{sis}(z)$ con respecto a la figura 3 podría ser el siguiente:

$$H_{sis}(z) = (0,030226 (z+1,017) (z+0,4928)) / ((z-0,2636 (z^2+1,761z+0,7783))$$

45 con un punto cero $z_{nmp} = -1,017$.

Este punto cero z_{nmp} se encuentra fuera del círculo unitario, por lo que cabe esperar oscilaciones en la corriente de la batería, mientras que el par de control previo debería crecer más allá de todos los límites.

50 Para evitar este problema, en la práctica, los fabricantes de vehículos de tracción no invierten la función de transferencia dinámica $H_{sis}(z)$ en su conjunto, sino solo su parte estática. Esto se consigue mediante la siguiente aproximación:

$$55 H_{sis}^{práctica}(z) = H_{sis}(z=1)$$

$H_{sis}(z=1)$ es una magnitud escalar que puede invertirse sin problemas.

60 Con referencia a las figuras 3 a 5, la figura 6 muestra una comparación del par especificado M_{ff} por el conductor del vehículo de tracción, del par de control previo M_{ff} , así como la curva de una corriente de batería I_{bat} en la práctica.

En el momento $t=3$, el conductor del vehículo de tracción solicita o habilita a modo de ejemplo el par especificado M_{ff} .

65 En el momento $t=3,017$, se forma en la práctica un par de control previo M_{ff} con retardo en el tiempo que presenta etapas.

En el momento $t=3,017$, la representación de la corriente de batería I_{bat} muestra una corriente teórica de batería (ideal) $I_{bat,teórica}$ deseada, cuya curva es lineal y sin oscilaciones.

5 En el momento $t=3,017$, la representación de la corriente de batería I_{bat} muestra una corriente real de batería que corresponde a la práctica $I_{bat,práctica}$, cuya curva es lineal, aunque con oscilaciones.

Estas oscilaciones son perjudiciales, porque el sistema de la batería podría desconectarse debido a las oscilaciones, como se ha descrito anteriormente.

10 Mediante el procedimiento práctico anteriormente descrito, se especifica un aumento lento para la corriente de la batería, desperdiciándose, no obstante, fuerza de tracción, con consecuencias para el comportamiento de conducción, los horarios y con consecuencias para el dimensionado de los componentes de accionamiento.

15 Por el documento DE 10 2018 203 015 B3 se conoce un procedimiento para la regulación de una corriente de una batería de tracción. A este respecto, una unidad rectificadora del sistema de tracción convierte una tensión de red mediante una corriente de alimentación predeterminable en una tensión de circuito intermedio regulable de un circuito intermedio del sistema de tracción. Un regulador de tensión de circuito intermedio regula un valor real de tensión de la tensión de circuito intermedio a un valor teórico de tensión de la tensión de circuito intermedio y especifica una primera magnitud de salida. Un regulador de corriente de la batería regula un valor real de corriente de la corriente de la batería a un valor teórico de corriente de la corriente de la batería y especifica una segunda magnitud de salida. La primera magnitud de salida del regulador de tensión de circuito intermedio se solicita con la segunda magnitud de salida del regulador de corriente de la batería para formar una magnitud especificada para la corriente de alimentación, reajustándose mediante la corriente de alimentación especificada por la magnitud especificada el valor real de corriente de la corriente de la batería para su regulación.

25 Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es indicar un procedimiento para especificar un control previo de par M_{ff} para un vehículo de tracción con una batería de tracción, con el que la toma de corriente en la batería se aprovecha de forma ideal durante los procesos de arranque, sin rebasarse a este respecto los valores límite de corriente especificados de la batería.

30 Este objetivo se consigue mediante las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se indican perfeccionamientos ventajosos.

35 En resumen, el procedimiento de acuerdo con la invención está basado en que una parte inestable del sistema de la función de transferencia inversa de $H_{sis}(z)$ se trata de tal manera que se evitan oscilaciones y comportamientos inestables en la corriente de la batería.

Para ello, la corriente ideal de batería para calcular el par de control previo M_{ff} se manipula de la siguiente manera:

40
$$M_{ff}(z) = H_{sis}^{-1} I_{bat,nueva}(z) / z$$

$$M_{ff}(z) = I_{bat,nueva}(z) / (H_{sis}(z) z)$$

con

45
$$I_{bat,nueva}(z) = I_{bat,ideal}(z) - I_{bat,ideal}(z_{nmp})$$

De ello resulta:

50
$$M_{ff}(z) = (I_{bat,ideal}(z) - I_{bat,ideal}(z_{nmp})) / (H_{sis}(z) z)$$

Al seleccionarse $z = z_{nmp}$ en la corriente ideal de batería $I_{bat,ideal}$, se consigue una anulación de puntos de polo/puntos cero.

55 Gracias a la anulación de puntos de polo/puntos cero se reducen o evitan oscilaciones con respecto a las figuras anteriores.

En la presente invención, se suma una constante dependiente del punto cero a la transformada z del valor ideal de corriente de batería $I_{bat,ideal}(z)$ deseado.

60 El valor de la constante se llama $I_{bat,ideal}(z_{nmp})$, designando $z=z_{nmp}$ la posición de un punto cero fuera del círculo unitario de la función de transferencia $H_{sis}(z)$.

65 La adición de las constantes $I_{bat,ideal}(z_{nmp})$ en el área z solo afecta al primer valor de la secuencia asociada en el dominio del tiempo.

ES 2 997 986 T3

La señal ideal original de la corriente de batería $I_{bat,ideal}(z)$ solo debe cambiarse en la primera posición; por lo demás, se cumple la siguiente relación:

$$I_{bat,nueva}[n] = I_{bat,ideal}[n] \text{ para todos los } n > 0.$$

5 Con referencia a la figura 3, la figura 1 muestra una comparación del par especificado M_{ff} por el conductor del vehículo de tracción con una corriente de batería $I_{bat,nueva}$ que ha sido manipulada con ayuda de la presente invención para ser tomada de la batería.

10 En el momento $t=3,008$, el conductor del vehículo de tracción solicita o habilita a modo de ejemplo el par especificado M_{ff} .

Con referencia a la figura 2, en el momento $t=3,008$ se produce una salida de corriente de la batería BAT en forma de la corriente de batería $I_{bat,nueva}$.

15 La curva deseada de la corriente de batería $I_{bat,nueva}$ ya no presenta oscilaciones ni sobreoscilaciones.

Con referencia a la figura 4, el primer valor de la corriente de batería ideal era inicialmente $I_{bat,ideal}[n] = 0$ en el momento $t=3,016$.

20 Después de la manipulación de acuerdo con la invención, el valor de la nueva corriente ideal de batería es $I_{bat,ideal}[n] = 367,3$ A en el momento $t=3,016$ s.

25 Correspondientemente, teniéndose en cuenta el principio de acuerdo con la invención, la transformada z de la nueva curva de la nueva corriente de batería $I_{bat,nueva}(z)$ se multiplica por la función de transferencia de la inversa de la función de transferencia $H_{sis}^{-1}(z)$ como sigue:

$$M_{ff}(z) = H_{sis}^{-1}(z) I_{bat,nueva}(z) / z$$

30 De ello resulta un control previo de la especificación de par $M_{ff}(z)$, cuyos valores ya no oscilan o cuyos valores se mantienen dentro de los límites especificados.

La figura 2 muestra una comparación del par especificado M_{ff} por el conductor del vehículo de tracción, del par de control previo M_{ff} , así como de la curva de una corriente de batería I_{bat} basada en la presente invención.

35 En el momento $t=3$, el conductor del vehículo de tracción solicita o habilita a modo de ejemplo el par especificado M_{ff} .

En el momento $t=3,008$, se forma un par de control previo con retardo en el tiempo M_{ff} que presenta etapas.

40 En el momento $t=3,017$, la representación de la corriente de batería I_{bat} muestra una corriente teórica de batería (ideal) $I_{bat,teórica}$ deseada, cuya curva es lineal y sin oscilaciones.

En el momento $t=3,008$, en la representación de la corriente de batería I_{bat} se muestra una corriente de batería $I_{bat,nueva}$ formada de acuerdo con la invención, cuya curva es lineal y libre de oscilaciones.

45 La curva de la corriente de batería $I_{bat,nueva}$ sigue la corriente de batería $I_{bat,teórica}$ deseada con una muy buena aproximación.

50 La presente invención permite la generación de un valor teórico de par $M_{teórico}$, tomándose una corriente de batería deseada en función de la demanda de potencia por parte del conductor del vehículo de tracción, sin rebasarse las especificaciones de valores límite de la batería.

La presente invención permite el ajuste ideal de la corriente de la batería, sin causar a este respecto sobreoscilaciones ni oscilaciones en la corriente de la batería.

55 El procedimiento de acuerdo con la invención está basado en el hecho de que una parte inestable del sistema no es excitada por la nueva curva de señales teóricas.

Como ya se ha dicho anteriormente, se cumple:

60
$$M_{ff}(z) = H_{sis}^{-1}(z) I_{bat,nueva}(z) / z$$

$$M_{ff}(z) = I_{bat,ideal}(z) - I_{bat,ideal}(z_{nmp}) / (z H_{sis}(z))$$

65 Para $z \rightarrow z_{nmp}$ se ve una anulación de puntos de polo/puntos cero. De esta manera se consigue que la secuencia calculada para $I_{bat,nueva}$ ya no oscile más allá de los límites predeterminados.

Esto también puede verse en un ejemplo numérico concreto, que se basa en las explicaciones anteriormente expuestas con respecto a $H_{\text{sis}}(z)$:

$$\begin{aligned}
 M_{ff}(z) &= \frac{(z - 0,2636)(z^2 + 1,761z + 0,7783)}{0,030226(z + 1,017)(z + 0,4928)z} \left(\frac{850z}{z^2 - 1,15z + 0,15} + 367,26 \right) \\
 &= \frac{(z - 0,2636)(z^2 + 1,761z + 0,7783) \cdot 367,26(z + 1,017)(z + 0,1475)}{0,030226(z + 1,017)(z + 0,4928)z \cdot (z - 1)(z - 0,15)} \\
 &= 12151 \frac{(z - 0,2636)(z^2 + 1,761z + 0,7783)}{(z + 0,4928)z} \frac{(z + 0,1475)}{(z - 1)(z - 0,15)}
 \end{aligned}$$

5

Puede verse que el polo inicialmente existente $z_p = -1,017$ fuera del círculo unitario ya no existe después de la transformación.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para controlar una salida de corriente de una batería (BAT), usándose la batería (BAT) como batería de tracción para el accionamiento (ASM) de un vehículo ferroviario,

- 5 - en el que una corriente real de batería $I_{bat,real}$ llega a través de un convertidor CC/CC (DCDCW) como corriente continua de circuito intermedio I_{cccc} a un circuito intermedio (ZWK),
- en el que se aplica una tensión diferencial real $U_{d,real}$ al circuito intermedio (ZWK),
- 10 - en el que la corriente continua del circuito intermedio I_{cccc} llega como corriente del motor I_{mot} del circuito intermedio (ZWK) a un convertidor CC/CA (DCACW), que convierte la corriente del motor I_{mot} en una corriente alterna trifásica,
- en el que la corriente alterna trifásica se alimenta a un motor asíncrono (ASM), que se usa como accionamiento del vehículo ferroviario,
- en el que el motor asíncrono (ASM) y el convertidor CC/CA (DCACW) se regulan mediante un regulador de par (regulador M_{asm}),
- 15 - en el que el regulador de par (regulador M_{asm}) se usa para regular un valor teórico de par $M_{teórico}$ mediante el que se ajusta la corriente del motor I_{mot} ,
- en el que un regulador de tensión de circuito intermedio (regulador U_{zk}) determina una corriente teórica de batería $I_{bat,teórica}$, basándose en una tensión diferencial teórica $U_{d,teórica}$ y basándose en una tensión diferencial real $U_{d,real}$, ajustándose sobre la base de esta la corriente continua de circuito intermedio I_{cccc} ,
- 20 - en el que el convertidor CC/CC (DCDCW) se regula mediante un regulador de corriente de batería (regulador I_{bat}), que ajusta la corriente continua del circuito intermedio I_{cccc} basándose en la corriente teórica de batería $I_{bat,teórica}$ y basándose en la corriente real de batería $I_{bat,real}$,
- en el que el valor teórico de par $M_{teórico}$ se forma a partir de un par de control previo M_{ff} y a partir de un par especificado M_{tf} , teniendo en cuenta la relación $M_{tf} > \text{máx.}(M_{ff})$,
- 25 - en el que el par de control previo M_{ff} se forma basándose en la corriente real de batería $I_{bat,real}$, hasta que la corriente real de batería $I_{bat,real}$ corresponda a una corriente ideal de batería $I_{bat,ideal}$,
- en el que el cálculo del par de control previo M_{ff} se realiza con ayuda de una función de transferencia $H_{sis}(z)$, que representa el valor teórico de par $M_{teórico}$ de la siguiente manera en la corriente real de batería $I_{bat,real}$:

30
$$I_{bat}(z) = H_{sis}(z) M_{teórico}(z),$$

caracterizado

- 35 - **por que** de la función de transferencia $H_{sis}(z)$ se determina un punto cero $z=znmp$, que se encuentra fuera del círculo unitario,
- **por que** el cálculo del momento de control previo M_{ff} se realiza de la siguiente manera:

$$M_{ff}(z) = I_{bat,nueva}(z) / (H_{sis}(z) z)$$

40 con:

$$I_{bat,nueva}(z) = I_{bat,ideal}(z) - I_{bat,ideal}(z=znmp)$$

45 y con:

$$I_{bat,nueva}[n] = I_{bat,ideal}[n] \text{ para todos los } n > 0$$

50 de modo que mediante $z = znmp$ se consigue una anulación de puntos de polo/puntos cero en la corriente ideal de batería $I_{bat,ideal}$.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que se usa un convertidor como convertidor CC/CA (DCACW).

3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la tensión real ($U_{d,real}$) del circuito intermedio (ZWK) se aplica a un condensador.

55 4. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el par especificado (M_{tf}) es solicitado o habilitado por un conductor del vehículo de tracción.

60 5. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la corriente ideal de batería ($I_{bat,ideal}$) se determina o define de tal manera que no se rebasan las corrientes máximas de batería especificadas en los procesos de conducción del vehículo ferroviario.

6. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la corriente ideal de batería ($I_{bat,ideal}$) está determinada o definida de tal manera que es posible establecer rápidamente un par de tracción requerido del motor asíncrono ASM.

65

FIG 1

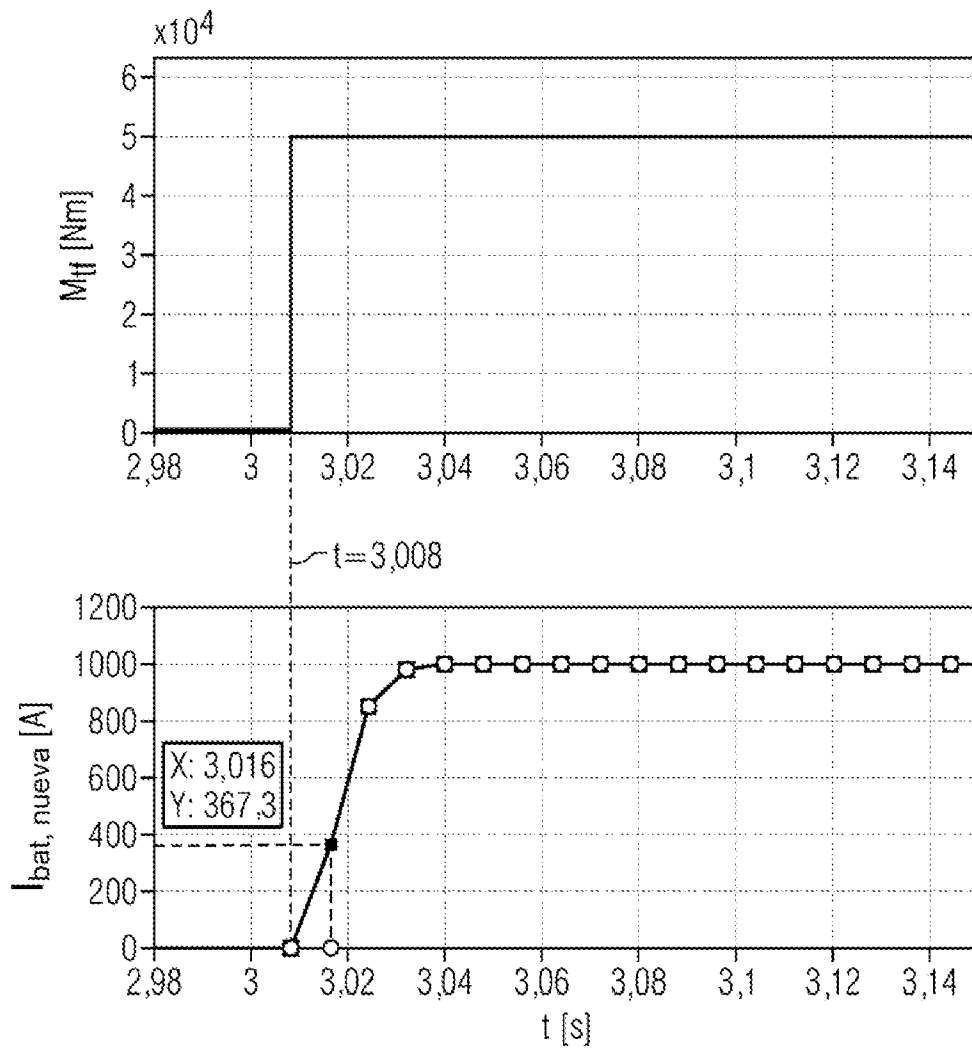


FIG 2

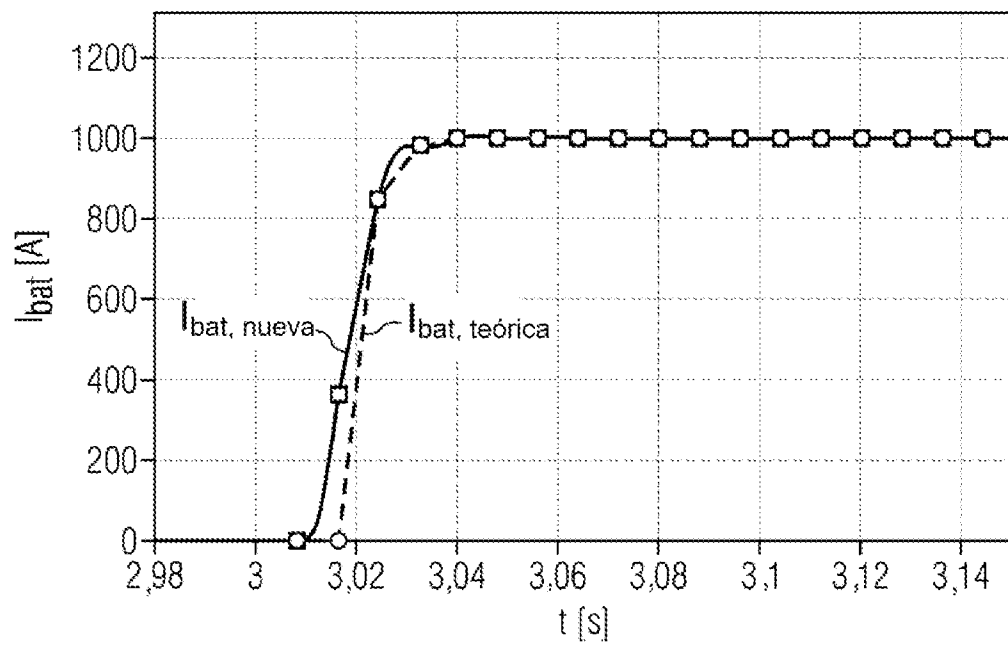
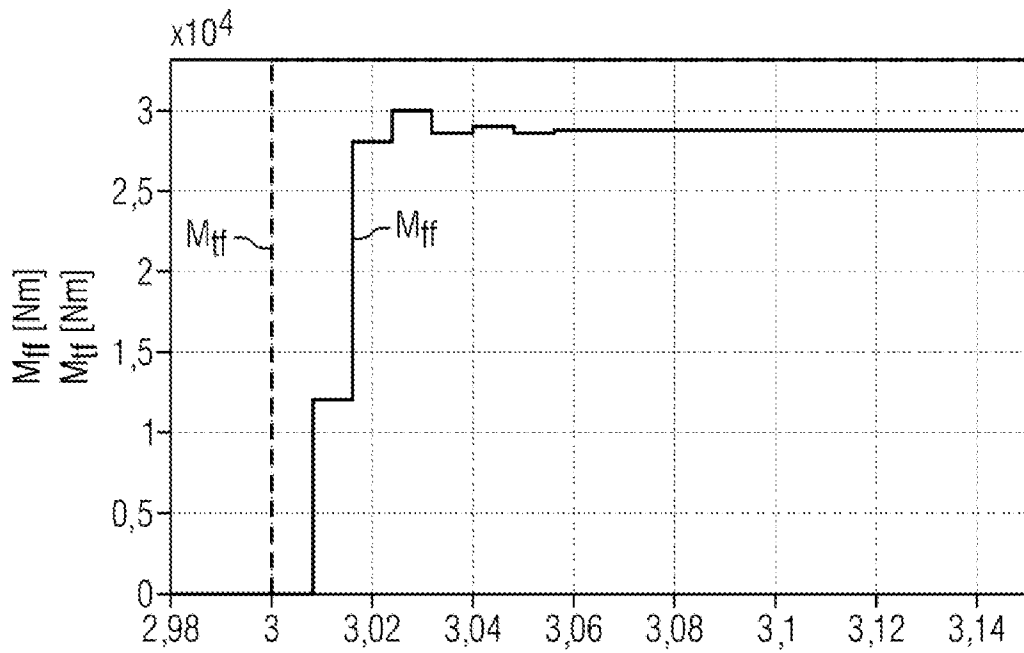


FIG 3

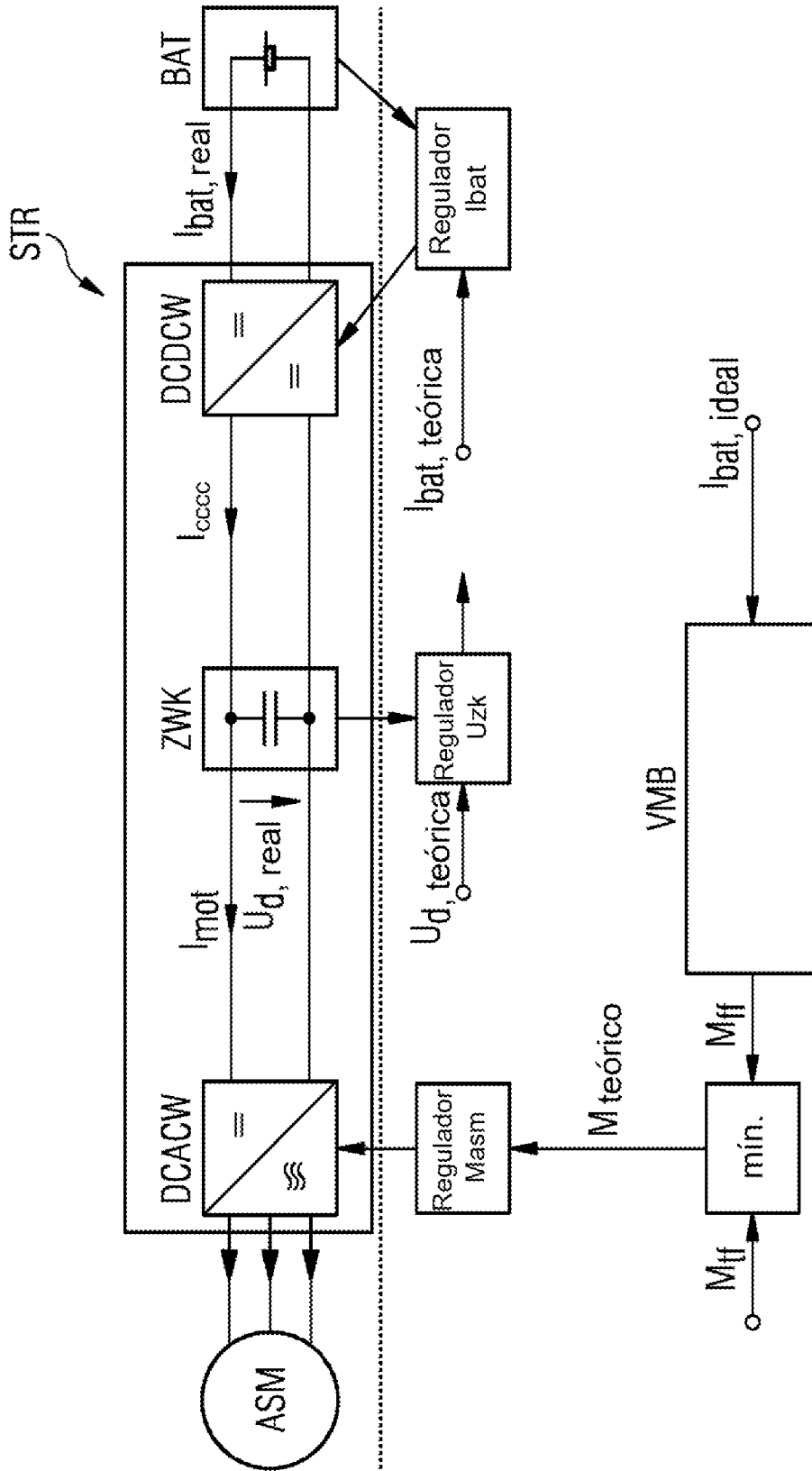


FIG 4

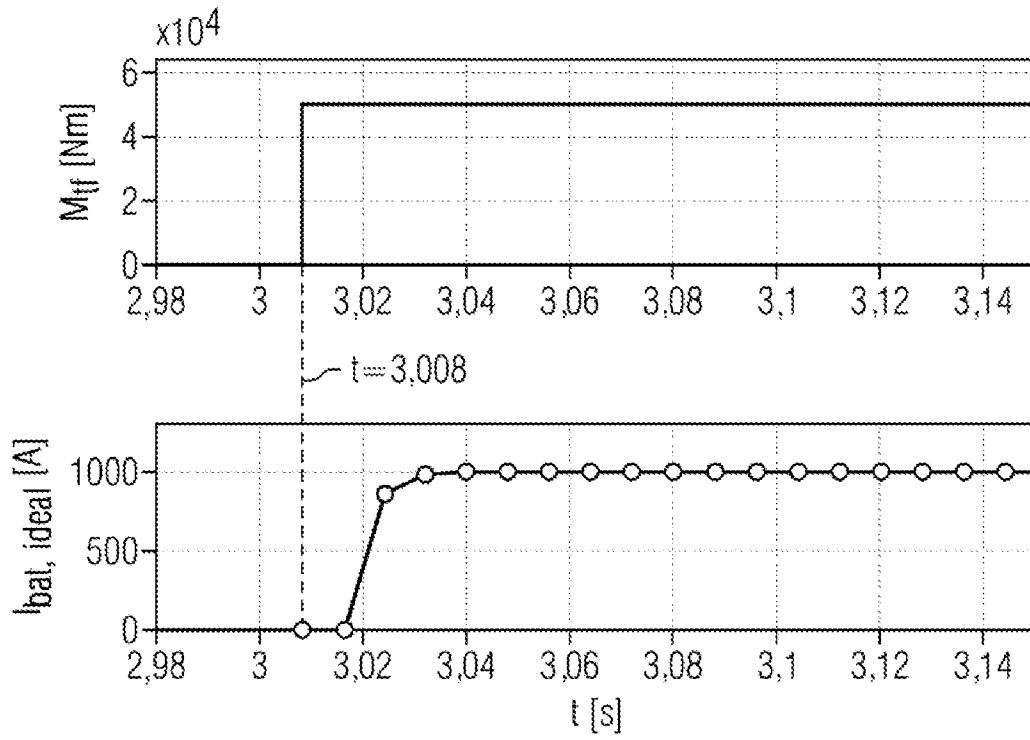


FIG 5

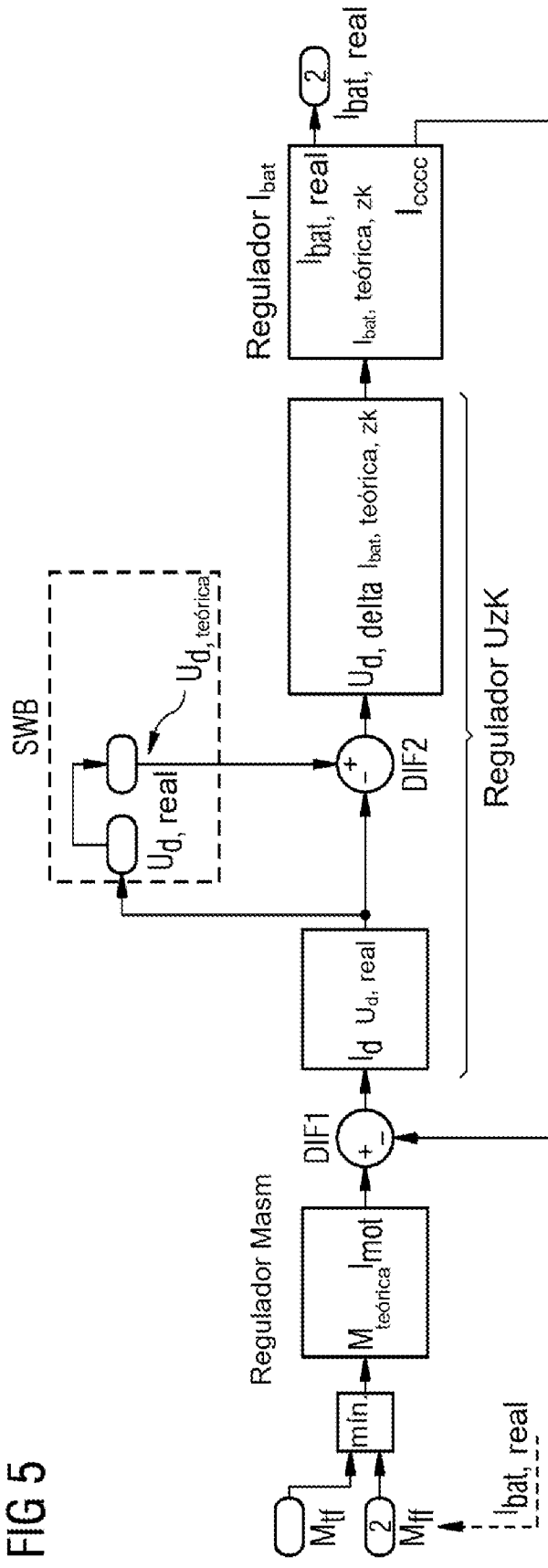


FIG 6

