

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 518**

51 Int. Cl.:

G01P 7/00 (2006.01)

G01P 21/02 (2006.01)

B60T 8/17 (2006.01)

B60T 13/66 (2006.01)

B60T 8/172 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.05.2014 PCT/EP2014/060772**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.12.2014 WO14195162**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.05.2014 E 14728858 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2017 EP 2981832**

54 Título: **Procedimiento para determinar al menos una velocidad en un vehículo sobre raíles**

30 Prioridad:
04.06.2013 DE 102013210361

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.11.2017

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:
**HASSLER, STEFAN;
STÜTZLE, THORSTEN y
FÖRSTER, TILL**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 641 518 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 determinar al menos una velocidad en un vehículo sobre raíles

5 La invención hace referencia a un procedimiento para determinar al menos una velocidad en un vehículo sobre raíles, el cual está equipado con al menos una primera unidad de mecanismo de traslación, en el que se proporciona al menos una variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación referida a la primera unidad de mecanismo de traslación mediante al menos una primera unidad sensora asociada a la primera unidad de mecanismo de traslación.

10 En un gran número de aplicaciones en vehículos sobre raíles se utiliza la velocidad de circulación del vehículo. Un ejemplo normal es un proceso de frenado, que se ajusta en fino a la velocidad de circulación momentánea. Hoy en día el sistema de frenado se compone cada vez con más frecuencia de al menos un freno electrodinámico y de un freno neumático, equipado con protección contra deslizamiento y centrifugado. Los sistemas de frenado del futuro deberán estar formados de forma preferida solamente de un freno electrodinámico y de una instalación de frenado de otro tipo, en particular de un freno por fuerza acumulada de muelle, en donde se prescindiera del empleo de un freno neumático sustituto de igual valía, complicado en cuanto a los costes y al espacio constructivo.

15 Para cumplir los requisitos, que se han prescrito para un frenado rápido y de emergencia seguro de tales sistemas, están previstos unos planos de redundancia para la regulación de un freno electrodinámico formado por al menos un motor del mecanismo de traslación, en donde para un cambio entre planos de redundancia y dado el caso una activación de la instalación de frenado de otro tipo, como p.ej. un freno por fuerza acumulada de muelle de mecanismos de traslación, debe existir una detección de velocidad lo más exacta posible y que se considere segura. Además de esto un establecimiento preciso de la velocidad se basa en la realización de una función de protección contra deslizamiento y centrifugado fiable.

25 Es conocido establecer la velocidad de una unidad de mecanismo de traslación configurada como bogie mediante un transmisor del número de revoluciones en un motor del bogie o en el eje de rueda accionado por el mismo. En ciertas situaciones del funcionamiento, como por ejemplo un resbalamiento/deslizamiento o un centrifugado del eje de rueda, la velocidad del bogie detectada en base a las velocidades de la rueda varía respecto a la velocidad de circulación del vehículo sobre raíles, respectivamente de los otros bogies. Esto puede influir negativamente en la realización de una función de protección contra deslizamiento y centrifugado. Además de esto puede dificultarse o ser defectuoso un cambio de los planos de redundancia, que estén previstos para la regulación de un motor del bogie que se use como freno electrodinámico, respectivamente la activación de una instalación de frenado de otro tipo del bogie.

35 Del documento WO 2008/071498 se conoce un procedimiento para determinar un perímetro de rueda actualizado de una rueda dispuesta en un vehículo, en el que a una unidad de control a la rueda está asociado al menos un perímetro de rueda y en el que, en función de la velocidad de rotación de la rueda y en función del perímetro de rueda asociado, mediante la unidad de control se determina la velocidad de la rueda. Asimismo se determina una velocidad de referencia del vehículo y/o de la rueda independiente de la velocidad de rueda determinada, se establece la variación de la al menos una velocidad de rueda respecto a la velocidad de referencia y se determina en función de la variación del perímetro de rueda actualizado de la rueda.

40 El objeto de la invención consiste en determinar un procedimiento para proporcionar al menos una velocidad en un vehículo sobre raíles, mediante la cual pueda conseguirse una determinación particularmente fiable, en particular que pueda considerarse segura.

45 Conforme a la invención se propone un procedimiento para determinar al menos una velocidad en un vehículo sobre raíles, el cual esté equipado con al menos una primera unidad de mecanismo de traslación, en el que se proporcione al menos una variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación referida a la primera unidad de mecanismo de traslación mediante al menos una primera unidad sensora asociada a la primera unidad de mecanismo de traslación. El procedimiento conforme a la invención está caracterizado porque se forma una variable de velocidad de referencia característica en base a la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación, una unidad de medición inercial detecta unas variables de medición inercial, conforme a un primer modo de funcionamiento se determina una variable de velocidad inercial mediante un cálculo inercial al menos sobre la base de las variables de medición inerciales y de la variable de velocidad inercial para estimar una variación en el cálculo inercial y se corrige mediante esta variación, en donde se lleva a cabo el cálculo inercial mediante al menos una unidad de cálculo, conforme a un segundo modo de funcionamiento se determina la variable de velocidad inercial mediante el cálculo inercial al menos en base a las variables de medición inercial y sin tener en cuenta la variable de velocidad de referencia característica, sobre la base de una comparación entre la variable de velocidad inercial determinada en el primer modo de funcionamiento y la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación se detecta un proceso de provisión de información anormal de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación mediante una unidad de reconocimiento y, si se presenta un proceso de provisión de información anormal, se lleva a cabo el cálculo inercial conforme al segundo modo de funcionamiento.

De este modo puede reducirse considerablemente, en particular evitarse, la influencia de un proceso de provisión de información anormal de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación en la determinación de una velocidad del vehículo sobre raíles. Esto puede conseguirse en particular por medio de que la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación no se incluya directamente en esta determinación, sino en combinación con unas variables de medición inercial, que sean independientes *per se* de una dinámica de la unidad de mecanismo de traslación que conduzca a una detección dado el caso defectuosa de variables de medición, y la inclusión de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación se ajuste después del reconocimiento de un proceso de provisión de información anormal, el cual puede estar provocado por ejemplo por un deslizamiento o un centrifugado de la unidad de mecanismo de traslación, una medición errónea de la unidad sensora o una transmisión defectuosa de datos de salida de la misma. La variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación puede usarse por ello ventajosamente para apoyar el cálculo inercial, en donde mediante la medida propuesta puede actuarse ventajosamente en contra de una influencia negativa, que esté provocada por la detección de posibilidades de error inherentes a esta variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación.

Por "unidad de mecanismo de traslación" debe entenderse en particular un grupo constructivo del vehículo sobre raíles, que presente al menos una rueda en contacto con un raíl. La unidad de mecanismo de traslación se corresponde por ejemplo con un bogie que esté equipado con un motor de propulsión, que en un proceso de frenado se use convenientemente como freno electrodinámico, y/o con una instalación de frenado de otro tipo, como p.ej. un freno por fuerza acumulada de muelle. Sin embargo puede corresponderse con un único eje de rueda o una única rueda, el o la cual esté acoplado(a) a un motor de propulsión de este tipo y/o esté equipado(a) con una instalación de freno de este tipo.

Para "proporcionar" la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación, la unidad sensora presenta al menos un sensor para detectar una variable de medición, que se corresponde con la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación o se trata mediante otra variable para formar la misma. El sensor realiza convenientemente al menos un proceso de medición en al menos una rueda de la unidad de mecanismo de traslación o en un elemento de propulsión acoplado mecánicamente a la misma, en particular rígidamente, para propulsar la rueda, como en particular un eje de rueda o un elemento de un motor de propulsión. La variable de medición es a este respecto al menos una variable influenciada por la dinámica de la rueda. El al menos un sensor de la unidad sensora está configurado en un modo de realización preferido de la invención como transmisor del número de revoluciones, en donde la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación se corresponde con un número de revoluciones o una variable proporcional a un número de revoluciones. Para formar la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación en base a la variable de medición puede utilizarse al menos otra variable, como en particular una variable de diámetro de rueda. Si la unidad de mecanismo de traslación comprende varias ruedas, la unidad sensora puede presentar varios sensores que estén asociados respectivamente a una rueda diferente, en donde las salidas de los sensores se usan para proporcionar la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación. La misma puede proporcionarse a este respecto mediante un promediado entre las distintas ruedas de la unidad de mecanismo de traslación.

La variable de velocidad de referencia característica puede formarse en base a la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación por medio de que se corresponda con la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación o con una variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación multiplicada por un factor independiente de la dinámica de la rueda o del vehículo sobre raíles, o de que se combine con otra variable de velocidad.

El proceso de provisión de información anormal puede detectarse en particular mediante una comparación de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación con la variable de referencia. En particular puede estar preajustado para ello un valor umbral, en donde una diferencia formada con la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación y la variable de referencia se compara con este valor umbral. De este modo puede reconocerse fácilmente una variación significativa de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación respecto a la variable de referencia, que indique un proceso de provisión de información anormal. Como variable de referencia puede utilizarse en particular la variable de velocidad inercial determinada.

Por "variable de velocidad" debe entenderse una velocidad o una variable, que haga posible un establecimiento claro de una velocidad. Una velocidad es a este respecto, en el sentido habitual, una velocidad con relación a un observador fijo con relación a la línea ferroviaria recorrida por el vehículo sobre raíles. La variable de velocidad puede ser un vector o un número referido a un vector, como p.ej. un valor vectorial o un determinado componente vectorial.

Por "variable de velocidad inercial" debe entenderse en particular una variable de velocidad, que se proporciona como resultado del cálculo inercial llevado a cabo por la unidad de cálculo para una ulterior valoración. Se trata de una variable para la velocidad local de la unidad de medición inercial o de un cuerpo base, al que está unida la misma. Si la unidad de medición inercial está unida rígidamente a un cuerpo base de la unidad de mecanismo de traslación, la variable de velocidad inercial es una variable de velocidad del mecanismo de traslación local, referida a

la unidad de mecanismo de traslación, en el cual puede influir la propia dinámica de la unidad de mecanismo de traslación. En particular la variable de velocidad inercial puede ser una variable para la velocidad del centro de gravedad de la unidad de mecanismo de traslación. Si son posibles movimientos relativos de la unidad de mecanismo de traslación con relación a una caja de vagón del vehículo sobre raíles, aquí la variable de velocidad inercial puede ser diferente de la velocidad de vehículo referida a todo el vehículo sobre raíles. Si la unidad de mecanismo de traslación está configurada como bogie, la variable de velocidad inercial puede ser a este respecto una variable de velocidad del bogie. Si la unidad de medición inercial está unida rígidamente a una caja de vagón del vehículo sobre raíles, puede ser una variable para la velocidad del centro de gravedad de la caja de vagón.

Por "cálculo inercial" debe entenderse un cálculo, mediante el cual se determina una variable de velocidad en base a las variables de medición inercial detectadas por la unidad de medición inercial, en particular mediante una integración numérica. Para ello se conocen unos algoritmos, como en particular un llamado "algoritmo strapdown", que se usan en combinación con sensores fijados al vehículo de la unidad de medición inercial. El modo de realización de un cálculo inercial se conoce suficientemente en la literatura especializada, como en particular en "Sistemas de navegación integrados", Jan Wendel, Oldenburg Wissenschaftsverlag, Munich 2007, ISBN 978-3-486-58160-7, y se explica aquí con más detalle.

En un primer modo de funcionamiento se lleva a cabo el cálculo inercial al menos en base a las variables de medición inercial y a la variable de velocidad de referencia. La consideración de la variable de velocidad de referencia característica se usa para estimar una variación en el cálculo inercial, en donde la estimación se tiene en cuenta para determinar la variable de velocidad inercial mediante su reacoplamiento al cálculo inercial. Esta variación puede ser en particular una variación sistemática, que p.ej. puede producirse a causa de un error sistemático en la detección de las variables de medición inercial mediante la unidad de medición inercial, o una variación estática. Por "variación" puede entenderse una variación de una variable individual o de varios componentes.

El cálculo inercial conforme al segundo modo de funcionamiento puede llevarse a cabo sin tener en cuenta la variable de velocidad de referencia característica, por medio de que se ajuste(n) la formación de la variable de velocidad de referencia característica y/o la provisión de información de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación, y/o de que se desacople la unidad de cálculo de la variable de velocidad de referencia característica o de una línea que transmita la variable de velocidad de referencia característica.

En un modo de realización preferido de la invención se propone que un primer módulo de cálculo de la unidad de cálculo determine a partir de las variables de medición inercial un valor estimativo de la variable de velocidad inercial que, en el primer modo de funcionamiento, para estimar la variación se combine con la variable de velocidad de referencia característica mediante un segundo módulo de cálculo de la unidad de cálculo, que forme un observador de estado, en donde la variación estimada por el segundo módulo de cálculo la utiliza el primer módulo de cálculo. Por "observador de estado" debe entenderse un sistema de cálculo, que proporcione una estimación del estado de un sistema dinámico en base a una variable de salida de este sistema dinámico y a valores de medición para esta variable de salida. Para aplicar un observador de estado al presente caso de un cálculo inercial, el "sistema dinámico" se corresponde con la dinámico de error del cálculo inercial realizado por el primer módulo de cálculo y al "estado" de la variación a estimar, en donde el valor estimativo se corresponde con la variable de velocidad inercial de la "variable de salida", y se evalúa la variación en base a esta variable de salida y a la variable de velocidad de referencia que se usa como "valor de medición".

Para una posible implementación del observador de estado se aplica por ejemplo

$$\mathbf{x}^+_{k+1} = \mathbf{x}^-_{k+1} + K_k (\mathbf{z}_k - H \mathbf{x}^-_{k+1})$$

en donde

$$\mathbf{x}^-_{k+1} = \Phi \mathbf{x}^+_k$$

y \mathbf{x}^+ es el "estado", es decir la variación a estimar, Φ es un modelo del "sistema dinámico", es decir de la dinámico de error del cálculo inercial, z la diferencia "medida" entre el valor estimativo de la variable de velocidad inercial y de la variable de velocidad de referencia característica y H un modelo de la influencia del proceso de medición en el estado estimado \mathbf{x}^- a la hora de medir z . K es una matriz de ponderación (también llamada refuerzo de observador o "gain-matrix"), que tiene en cuenta en particular errores a la hora de medir z . Los índices $k, k+1$ designan los momentos t_k, t_{k+1} .

Las posibles implementaciones algorítmicas para el observador de estado representan por ejemplo un observador de Luenberger o un filtro Kalman (en esta aplicación también llamado “filtro de error-state-Kalman”).

5 El primer modo de funcionamiento y el segundo modo de funcionamiento para la realización del cálculo inercial mediante la unidad de cálculo se diferencian uno del otro en la consideración de la variable de velocidad de referencia característica, la cual está formado en base a la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación. Son posibles diferentes configuraciones del primer modo de funcionamiento, que dependen de la clase de formación de la variable de velocidad de referencia característica. Conforme a una primera configuración fácil de implementar del primer modo de funcionamiento, la variable de velocidad de referencia característica se corresponde dinámicamente con la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación. Por ello debe entenderse que la variable de velocidad de referencia característica es idéntica a la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación o que se proporciona en base a la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación y en base a uno o varios factores, que son independientes de la dinámica de la unidad de mecanismo de traslación o del vehículo sobre raíles. A este respecto se incluye el caso en el que, para formar la variable de velocidad de referencia característica, la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación se multiplica por un factor constante. Para formar la variable de velocidad de referencia característica no se utiliza después ninguna otra variable dinámica que la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación. En el segundo modo de funcionamiento, en el que la variable de velocidad de referencia característica no es tenida en cuenta por la unidad de cálculo, el observador de estado se hace funcionar convenientemente en un modo de propagación libre. En la posible implementación antes explicada del observador de estado se ajusta para ello el refuerzo de observador K al valor 0.

Conforme a una segunda configuración del primer modo de funcionamiento, se proporciona una variable de velocidad global y la variable de velocidad de referencia característica se forma en base a la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación y a la variable de velocidad global, con lo que puede hacerse de forma particularmente precisa una estimación de la variación. Por “variable de velocidad global” debe entenderse una variable de velocidad que está referido a la dinámica de todo el vehículo sobre raíles. La variable de velocidad global se diferencia de la variable de velocidad inercial, que puede referirse dado el caso a la propia dinámica de la unidad de mecanismo de traslación.

Si el vehículo sobre raíles está equipado con un bus de vehículo, a través del cual pueden transmitirse datos en el vehículo, la variable de velocidad global puede proporcionarse mediante el bus de vehículo o puede proporcionarse en base a unas variables, que se ponen a disposición mediante el bus de vehículo.

En el segundo modo de funcionamiento, en el que la variable de velocidad de referencia característica no es tenida en cuenta por la unidad de cálculo se combina para estimar la variación, en esta configuración del primer modo de funcionamiento, el valor estimativo de la variable de velocidad inercial determinado por el primer módulo de cálculo con la variable de velocidad global mediante el segundo módulo de cálculo, en donde el primer módulo de cálculo utiliza la variación estimada por el segundo módulo de cálculo, o se hace funcionar el observador de estado en un modo de propagación libre. En la primera alternativa citada puede tenerse en cuenta una estimación de la variación en el cálculo inercial, incluso si se ha detectado un proceso de provisión de información anormal de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación y por ello debe evitarse una consideración de la variable de velocidad de referencia característica formada a partir de la misma, por medio de que para el paso desde el primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento la variable de velocidad global sustituye a la variable de velocidad de referencia. La alternativa citada en segundo lugar puede aplicarse por ello de forma preferida, si la variable de velocidad global no puede proporcionarse o es defectuosa.

Son posibles diferentes configuraciones de la variable de velocidad global. Conforme a una primera clase de formación, que es adecuada para un modo de realización del vehículo sobre raíles con varias unidades de mecanismo de traslación, la variable de velocidad global es proporcionada al menos en base a una variable de velocidad por al menos una unidad de mecanismo de traslación diferente de la primera unidad de mecanismo de traslación. En particular la variable de velocidad global puede proporcionarse, al menos en base a un promediado de variables de velocidad, mediante varias unidades de mecanismo de traslación, diferentes respectivamente de la primera unidad de mecanismo de traslación. A este respecto puede tenerse en cuenta la variancia respectiva de las variables de velocidad correspondientes. Las variables de velocidad de las otras unidades de mecanismo de traslación pueden proporcionarse respectivamente, como variable de velocidad inercial, mediante el procedimiento descrito anteriormente para la primera unidad de mecanismo de traslación.

Alternativamente puede proporcionarse la variable de velocidad global mediante un dispositivo de detección global del vehículo sobre raíles, que es diferente de la unidad de medición inercial. Por “dispositivo de detección global” debe entenderse un dispositivo de detección, que es independiente, en particular diferente de un dispositivo de detección local, referido a la unidad de mecanismo de traslación. En particular el dispositivo de detección global puede estar presente una vez en el vehículo sobre raíles. Este dispositivo de detección puede estar formado en particular por un dispositivo de localización, que se use para determinar una variable de posición del vehículo sobre raíles. Por ejemplo la variable de posición puede determinarse mediante la detección de señales de radio, que sea

irradiadas por instalaciones fijas en el lado de la línea ferroviaria, como p.ej. balizas de línea ferroviaria o antenas de telefonía móvil, o bien desde satélites.

En la segunda configuración contemplada del primer modo de funcionamiento se combina, en un modo de realización preferido de la invención para proporcionar la variable de velocidad de referencia característica, la variable de velocidad global con la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación mediante un módulo de cálculo que se basa en el principio del mapeo de datos de sensor. De este modo puede evitarse una influencia de errores, con los que esté afectada la provisión de información de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación, mediante la combinación de la misma con la variable de velocidad global. Para implementar un mapeo de datos de sensor son posibles diferentes algoritmos, como en particular un filtro Kalman.

Conforme a otra configuración ventajosa de la invención se propone que a la primera unidad de mecanismo de traslación estén asociadas varias unidades de cálculo, en donde cada unidad de cálculo puede llevar a cabo el cálculo inercial respectivamente conforme a los modos de funcionamiento y se proporciona un resultado del cálculo inercial a una salida, y a las unidades de cálculo está asociado un dispositivo de conmutación que, para proporcionar la variable de velocidad inercial, está conectado a elección a una de las salidas. De este modo puede realizarse una provisión de información a elección de la variable de velocidad inercial, que está ajustada en fino a los modos de funcionamiento actualmente aplicados por las unidades de cálculo. Por ejemplo el dispositivo de conmutación puede controlarse de tal manera, que sólo establezca una conexión con una salida de unidad de cálculo si la correspondiente unidad de cálculo se hace funcionar en el segundo modo de funcionamiento. De este modo puede reducirse además ventajosamente la influencia de errores, con los que esté afectada la provisión de información de la variable de medición del mecanismo de traslación.

Esta influencia puede reducirse de forma particularmente eficiente, por medio de que a cada unidad de cálculo se conecte previamente respectivamente una unidad de conmutación, la cual en un primer estado de conmutación proporcione la variable de velocidad de referencia característica para la respectiva unidad de cálculo para llevar a cabo el primer modo de funcionamiento y, en un segundo estado de conmutación, desacople de la variable de velocidad de referencia característica la unidad de cálculo para llevar a cabo el segundo modo de funcionamiento, en donde – en el caso de no presentarse un proceso de detección anormal – se ajustan mutuamente en fino ciclos de conmutación de las unidades de conmutación y un ciclo de conmutación del dispositivo de conmutación, de tal manera que el dispositivo de conmutación en cada proceso de conmutación establece una conexión a una unidad de cálculo, la cual lleva a cabo el cálculo inercial conforme al segundo modo de funcionamiento y – en el caso de presentarse un proceso de detección anormal – todas las unidades de conmutación están conmutadas en el segundo estado de conmutación. De este modo puede conseguirse una determinación particularmente fiable de la variable de velocidad inercial en cuanto a un proceso de provisión de información anormal de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación, ya que el resultado de una determinación de la variable de velocidad inercial que incluya la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación no puede proporcionarse directamente como variable de salida. Por ello mediante los ciclos de conmutación puede descartarse que los errores en la provisión de información de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación puedan tener una influencia directa en la provisión de información de la variable de velocidad inercial. Si se utiliza la variable de velocidad inercial como variable de referencia para detectar un proceso de provisión de información anormal de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación, este proceso de detección en sí puede realizarse de forma particularmente fiable. De este modo puede evitarse una influencia desventajosa de un proceso de provisión de información anormal desde muchos puntos de vista.

Con relación a esto, conforme a un modo de realización preferido se propone que las unidades de conmutación en su segundo estado de conmutación proporcionen la variable de velocidad global para la respectiva unidad de cálculo para llevar a cabo el segundo modo de funcionamiento.

Puede conseguirse además una reducción adicional de la influencia de un proceso de provisión de información anormal de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación por medio de que, en el caso de que no se presente un proceso de detección anormal, los ciclos de conmutación de las unidades de conmutación y el ciclo de conmutación del dispositivo de conmutación estén ajustados en fino entre ellos de tal manera, que el dispositivo de conmutación en cada proceso de conmutación establezca una conexión a una de las unidades de cálculo, la cual lleve a cabo el cálculo inercial desde al menos un momento predeterminado conforme al segundo modo de funcionamiento.

Si el vehículo sobre raíles presenta un dispositivo de detección global distinto de la unidad de medición inercial, el cual proporcione para la segunda configuración del primer modo de funcionamiento la variable de velocidad global, se propone que – en un modo de establecimiento del diámetro de rueda – el cálculo inercial se lleve a cabo conforme al segundo modo de funcionamiento para determinar la variable de velocidad inercial y se determine al menos una variable de diámetro de rueda de la unidad de mecanismo de traslación al menos en base a la variable de velocidad inercial determinado. El segundo modo de funcionamiento se realiza aquí de forma correspondiente a la segunda configuración del primer modo de funcionamiento, en el que se tiene en cuenta la variable de velocidad global en el cálculo inercial, por medio de que para estimar la variación el valor estimativo se combina con la variable

de velocidad global mediante el segundo módulo de cálculo, en donde la variación estimada mediante el segundo módulo de cálculo es utilizada por el primer módulo de cálculo. De este modo la determinación de la variable de velocidad inercial puede realizarse sin tener en cuenta la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación, por un lado, y – debido a que la variable de velocidad global se proporciona mediante el dispositivo de detección global – con independencia de una detección realizada en una unidad de mecanismo de traslación, por otro lado. De este modo puede conseguirse una determinación de la variable de velocidad inercial, que sea independiente de los tamaños de rueda de la unidad de mecanismo de traslación, de tal manera que pueda utilizarse para determinar la variable de diámetro de rueda. Para determinar la variable de diámetro de rueda se utiliza convenientemente, adicionalmente a la variable de velocidad inercial, al menos una variable de medición detectada por la unidad sensora. Si está configurado al menos un sensor de la unidad sensora como transmisor de número de revoluciones, la variable de diámetro de rueda puede determinarse de forma particularmente sencilla en base a un número de revoluciones detectado y a la variable de velocidad inercial.

La determinación de la variable de diámetro de rueda puede utilizarse ventajosamente para incrementar la precisión de la determinación de la variable de velocidad inercial, por medio de que en un modo de realización del cálculo inercial conforme al primer modo de funcionamiento, que siga el modo de establecimiento de diámetro de rueda, se incluya la variable de diámetro de rueda determinado en el modo de establecimiento de diámetro de rueda a la hora de proporcionar la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación.

Se explican unos ejemplos de realización de la invención en base a los dibujos. Aquí muestran:

la figura 1: un tren automotor con unidades de mecanismo de traslación en una vista lateral,

la figura 2: una unidad de medición inercial acoplada a la unidad de mecanismo de traslación y un dispositivo de cálculo para llevar a cabo un cálculo inercial,

la figura 3: la provisión de información de una variable de velocidad de referencia característica para el cálculo inercial conforme a un primer modo de realización,

la figura 4: la provisión de información de una variable de velocidad de referencia característica para el cálculo inercial conforme a un segundo modo de realización,

la figura 5: una configuración alternativa del dispositivo de cálculo con varias unidades de cálculo para llevar a cabo el cálculo inercial y unidades de conmutación para conmutar entre dos modos de funcionamiento de las unidades de cálculo,

la figura 6: ciclos de conmutación de las unidades de conmutación,

la figura 7: una configuración alternativa del dispositivo de cálculo con un módulo para establecer el diámetro de rueda, y

la figura 8: un procedimiento de valoración para valorar un resultado del cálculo inercial.

La figura 1 muestra un vehículo sobre raíles 10 configurado como tren automotor eléctrico en una vista lateral esquemática. Presenta varios vagones 12.1 a 12.3, que están apoyados sobre raíles respectivamente mediante dos unidades de mecanismo de traslación 14. Las unidades de mecanismo de traslación 14 están configuradas respectivamente como un bogie, mediante el cual están montados dos juegos de ruedas 16 que están en contacto con los raíles. Un juego de ruedas 16 presenta a este respecto respectivamente dos ruedas 17.

Varias unidades de mecanismo de traslación 14, en particular dos, comprenden respectivamente una unidad sensora 18, que se usa para detectar al menos una variable de medición n . En el modo de realización contemplado la unidad sensora 18 presenta un transmisor de número de revoluciones 20, al que está asociado un juego de ruedas 16 de la unidad de mecanismo de traslación 14, en donde la variable de medición n se corresponde con el número de revoluciones de este juego de ruedas 16. Estas unidades de mecanismo de traslación 14 están equipadas respectivamente con al menos un motor de propulsión (no mostrado), el cual en un proceso de frenado del vehículo sobre raíles 10 puede ser utilizado como freno electrodinámico y regularse de forma correspondiente mediante una regulación.

A estas unidades de mecanismo de traslación 14 del vehículo sobre raíles 10 está asociada además respectivamente una unidad de medición inercial 22, que está acoplada mecánicamente de forma rígida a la unidad de mecanismo de traslación 14 correspondiente. La unidad de medición inercial 22 está acoplada a este respecto mecánicamente de forma rígida a un cuerpo base de la unidad de mecanismo de traslación 14 correspondiente – en el modo de realización contemplado de la unidad de mecanismo de traslación 14 como bogie por ejemplo a su chasis. La unidad de medición inercial 22 comprende unos sensores de aceleración 21 representados en la figura 2,

los cuales emiten tres variables inerciales traslatorias f^b_x , f^b_y y f^b_z , así como tres giróscopos 23, que emiten tres variables de medición inercial rotatorias $\omega^{b_{ib},x}$, $\omega^{b_{ib},y}$ y $\omega^{b_{ib},z}$. La detección se realiza en un sistema de referencia de la unidad de medición inercial 22 fijado a la unidad de mecanismo de traslación 14, también llamado "b-frame". Este sistema de referencia está definido por tres ejes x, y, z, en donde el eje x – en el caso de una orientación recta del vehículo sobre raíles 10 – señala en la dirección del eje longitudinal del vehículo, el eje y está orientado en paralelo al plano de las vías y perpendicularmente al eje x, el eje z es perpendicular al eje x y al eje y y el origen coincide con la unidad de medición inercial 22. Las variables inerciales traslatorias pueden representarse como "vector de aceleración" f^b . Las variables de medición inercial rotatorias $\omega^{b_{ib},x}$, $\omega^{b_{ib},y}$ y $\omega^{b_{ib},z}$ pueden representarse como vector de velocidad de giro $\omega^{b_{ib}}$. El mismo representa las velocidades de giro de este sistema de referencia "b-frame" medidas en el sistema de referencia "b-frame", con relación a un sistema inercial, también llamado "i-frame".

A estas unidades de mecanismo de traslación 14 está asociado además respectivamente al menos un dispositivo de cálculo R con al menos una unidad de cálculo 24 (véase la figura 2), que lleva a cabo un cálculo inercial al menos en base a las variables de medición inercial rotatorias f^b , $\omega^{b_{ib}}$. El cálculo inercial se realiza mediante una implementación de un algoritmo citado en lenguaje técnico con el término "algoritmo strapdown". Este algoritmo se conoce de la literatura especializada y no se explica aquí con más detalle. Mediante una integración numérica llevada a cabo en el cálculo inercial en base a las variables de medición inercial f^b , $\omega^{b_{ib}}$ se determina en particular un valor estimativo V'_{DG} de una variable de velocidad inercial V_{DG} , que se explica posteriormente con más detalle en base a la figura 2. La variable de velocidad inercial V_{DG} representa una variable para una velocidad que, en el sentido habitual, es una velocidad con relación a un observador fijo con respecto a la línea ferroviaria recorrida por el vehículo sobre raíles 10. La variable de velocidad inercial V_{DG} o su valor estimativo V'_{DG} se obtiene de una integración numérica para la velocidad V_n expresada en el llamado marco de navegación, también llamado "n-frame", y dado el caso de una conversión de la misma a un sistema de coordenadas desplazado respecto al n-frame, cuyo origen coincide con un punto de referencia, en particular con el centro de gravedad del cuerpo, al que está acoplada rígidamente la unidad de medición inercial 22 (la llamada "compensación de brazo de palanca"). Mediante la unión rígida de la unidad de medición inercial 22 a la unidad de mecanismo de traslación 14 puede deducirse a partir de la variable de velocidad inercial V_{DG} una variable para la velocidad de la unidad de mecanismo de traslación, en particular la velocidad del centro de gravedad de la unidad de mecanismo de traslación 14. Según esto puede influirse en la variable de velocidad inercial V_{DG} mediante la propia dinámica local de la unidad de mecanismo de traslación 14. En otro modo de realización, no mostrado, la unidad de medición inercial 22 puede estar unida rígidamente a una caja de vagón del vehículo sobre raíles 10, en donde la variable de velocidad inercial V_{DG} puede ser después una variable para la velocidad de la caja de vagón, en particular la velocidad del centro de gravedad de la caja de vagón.

A continuación se explica la determinación de la variable de velocidad inercial V_{DG} para una de las unidades de mecanismo de traslación 14, a la que están asociados una unidad sensora 18, una unidad de medición inercial 22 y un dispositivo de cálculo R. Esta descripción se aplica a la otra unidad de mecanismo de traslación 14. Del vehículo sobre raíles 10, que está configurada de forma correspondiente. En otro modo de realización del vehículo sobre raíles 10 es concebible que, en el caso de más de dos unidades de mecanismo de traslación, estén previstos respectivamente una unidad sensora 18, una unidad de medición inercial 22 y un dispositivo de cálculo R, o que los mismos sólo estén previstos para una única unidad de mecanismo de traslación 14.

Una implementación estructural de la unidad de cálculo 24 se muestra en la figura 2. La misma presenta un primer módulo de cálculo 24.1, el cual a partir de las variables de salida de la unidad de medición inercial 22 enviadas a las entradas E_f y E_{ω} de la unidad de cálculo 24 - es decir, las variables de medición inercial f^b , $\omega^{b_{ib}}$ - determina y proporciona el valor estimativo V'_{DG} de la variable de velocidad inercial V_{DG} mediante el algoritmo strapdown.

Este cálculo inercial puede llevarse a cabo mediante la unidad de cálculo 24 conforme a dos modos de funcionamiento.

En un primer modo de funcionamiento, mientras se lleva a cabo el cálculo inercial mediante la unidad de cálculo 24 se incluye una variable de velocidad de referencia característica V_{ref} . Esto se usa para estimar una variación en el cálculo inercial y – mediante reacoplamiento de la variación estimada en el cálculo inercial – determinar un valor corregido de la variable de velocidad inercial V_{DG} . Posteriormente se describe con más detalle la provisión de información de la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} .

La unidad de cálculo 24 presenta un segundo módulo de cálculo 24.2, el cual forma un observador de estado. Para estimar la variación se combina en el observador de estado el valor estimativo V'_{DG} determinado por el primer módulo de cálculo 24.1 con la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} . A este respecto se sustrae mediante un formador de diferencia 25 del segundo módulo de cálculo 24.2 el valor estimativo V'_{DG} de la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} , que se obtiene en una entrada E_{ref} de la unidad de cálculo 24. La diferencia z con ello determinada se envía a un módulo de cálculo 26 del segundo módulo de cálculo 24.2 o del observador de estado. El módulo de cálculo 26 implementa un algoritmo llamado en lenguaje técnico "filtro error-state-Kalman". Este filtro se aplica a un vector de estado x, el cual contiene en particular las siguientes variables para la aparición de una variación en el cálculo inercial: una variable b_{gyro} que se refiere a los errores relacionados

con las variables de medición inercial ω^{ib} , una variable b_{acc} que se refiere a los errores relacionados con las variables de medición inercial f^b y una variable δv que se refiere a una variación que se produce en el cálculo inercial de la variable de velocidad inercial V_{DG} determinada a partir de las variables de medición inercial f^b , ω^{ib} .

- 5 Partiendo del vector de estado x^+_k estimado en el momento k se realiza en el módulo de cálculo 26 una estimación x^-_{k+1} del vector de estado x en el momento $k+1$, basándose en un modelo Φ de la dinámica de error del cálculo inercial:

$$x^-_{k+1} = \Phi x^+_k$$

Esto se corresponde con una ecuación predictiva del observador de estado, que se aplica a un sistema dinámico sin variable de control o regulación (representada en la literatura especializada como entrada "u").

- 10 Para el error, con el que está afectado el vector de estado estimado x^-_{k+1} , se aplica, partiendo del error P^+_k estimado en el momento k

$$P^-_{k+1} = \Phi P^+_k \Phi^T + Q_k$$

con la matriz de covariancia Q_k .

La estimación x^-_{k+1} del vector de estado x en el momento $k+1$ se corrige mediante el vector de medición z_k :

15
$$x^+_{k+1} = x^-_{k+1} + K_k (z_k - H x^-_{k+1})$$

en donde H es la matriz de observación y para la matriz de ponderación K_k (también llamada "matriz Kalman-gain" o refuerzo de observador) se aplica lo siguiente:

$$K_k = P^-_{k+1} H^T (H P^-_{k+1} H^T + R_k)^{-1}$$

- 20 A este respecto R_k es una matriz, la cual representa el error con el que está afectado el vector de medición z_k . A este error contribuye en particular un error, con el que está afectado la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} .

Para el error, con el que está afectado el vector de estado estimado x^+_{k+1} , se aplica

$$P^+_{k+1} = (1 - K_k H) P^-_{k+1}$$

- 25 Las variables antes citadas b_{gyro} , b_{acc} y δv del vector de estado estimado x^+_{k+1} se envían a una entrada E_8 del primer módulo de cálculo 24.1. De este modo se reacopla la variación estimada (b_{gyro} , b_{acc} , δv) al cálculo inercial.

- 30 Estas variables los tiene en cuenta el primer módulo de cálculo 24.1 a la hora de llevar a cabo el cálculo diferencial, con lo que puede determinarse una variación δV_{DG} de la variable de velocidad inercial V_{DG} . Una vez sustraída esta variación δV_{DG} de la variable estimativa V'_{DG} en el módulo de cálculo 24.1, se proporciona la variable de velocidad inercial V_{DG} corregido de este modo a una salida A_v de la unidad de cálculo 24. Como variable de salida adicional de la unidad de cálculo 24 se determina la varianza σ_{DG} asociada a la variable de velocidad inercial V_{DG} a partir del error P^+_k y se proporciona a una salida A_σ de la unidad de cálculo 24.

El cálculo inercial puede llevarse a cabo mediante un segundo modo de funcionamiento. El mismo está caracterizado porque la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} sigue sin tenerse en cuenta mientras se lleva a cabo el cálculo inercial.

- 35 Para un cambio entre los modos de funcionamiento antes descritos está preconnectada una unidad de conmutación 28 a la unidad de cálculo 24, en particular al observador de estado 26, que en el primer modo de funcionamiento utiliza la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} . La misma presenta un primer estado de conmutación, en el que la unidad de conmutación 28 proporciona la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} para la unidad de cálculo 24, para llevar a cabo el primer modo de funcionamiento. En un segundo estado de funcionamiento la unidad de cálculo 24 está desacoplada, para llevar a cabo el segundo modo de funcionamiento,
- 40

de la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} o de una línea que transmite esta variable de velocidad de referencia V_{ref} .

5 A continuación se describen dos ejemplos de realización, que se diferencian entre sí en la configuración de la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} y en el modo de realización del cálculo inercial en el segundo modo de funcionamiento.

La provisión de información de la velocidad de referencia V_{ref} conforme a un primer ejemplo de realización se explica en base a la figura 3.

10 La misma muestra la unidad sensora 18, la cual detecta la variable de medición n . A partir de ésta se proporciona una variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} referida a la respectiva unidad de mecanismo de traslación 14. Por ejemplo, a partir de la variable de medición n configurada como número de revoluciones en una unidad 19 puede proporcionarse la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} como velocidad perimétrica del juego de ruedas 16 correspondiente, mediante la consideración de una variable de diámetro de rueda r .

15 En el primer ejemplo de realización contemplado, la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} representa la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} utilizada por la unidad de cálculo 24 en el primer modo de funcionamiento.

20 Se monitoriza la provisión de información de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} , en particular la detección de las variables de medición n en las que se basa la misma. Para esta monitorización se utiliza otra variable de referencia, que se compara en una unidad de reconocimiento 30 con la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} . La variable de referencia se corresponde aquí con la variable de velocidad inercial V_{DG} determinada por la unidad de cálculo 24. En el caso de que la diferencia $Abs(V_{dreh} - V_{DG})$ formada en la unidad de reconocimiento 30 supere un valor umbral preajustado, el proceso de provisión de información de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} se considera "anormal". Este caso puede darse p.ej. si se produce un defecto de la unidad sensora 18 o un resbalamiento de la respectiva unidad de mecanismo de traslación 14.

30 Con la detección de un proceso de provisión de información anormal mediante la unidad de reconocimiento 30, la misma genera una señal S_{anom} , la cual produce un cambio desde el primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento. A este respecto se realiza en particular un accionamiento de la unidad de conmutación 28, que desacopla de la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} la unidad de cálculo 24, en particular el observador de estado 26. Además de esto se genera una señal FP, la cual se envía a una entrada E_{FP} de la unidad de cálculo 24 (véase la figura 2). Si se presenta una señal activa FP en esta entrada E_{FP} , el segundo módulo de cálculo 24.2 se hace funcionar en un modo de propagación libre. Aquí se ajusta el refuerzo de observador K al valor 0. De este modo se propagan solamente el estado de sistema x y el error P sin actualización mediante el vector de medición z .

35 A continuación se explica en base a la figura 4 la provisión de información de la velocidad de referencia V_{ref} conforme a un segundo ejemplo de realización.

40 En este ejemplo de realización se proporciona una variable de velocidad global V_{Σ} . Esta provisión de información, que se lleva a cabo en un módulo de mapeo 32, se realiza en base al menos a una variable de velocidad $V_{DGfremd_i}$, que está referida a otra unidad de mecanismo de traslación 14 del vehículo sobre raíles 10. Si se utilizan varias variables de velocidad $V_{DGfremd_i}$, las mismos se refieren respectivamente a una unidad de mecanismo de traslación 14 diferente. Suponiendo que la descripción anterior está dirigida a la determinación de la variable de velocidad inercial V_{DG} para la unidad de mecanismo de traslación 14, en donde N se corresponde con el número de unidades de mecanismo de traslación 14 en el vehículo sobre raíles, la determinación de la variable de velocidad global V_{Σ} puede realizarse sobre la base de las variables de velocidad $V_{DGfremd_1}$ a $V_{DGfremd_N-1}$, como se ha representado en la figura, en el caso de que se disponga de una variable de velocidad para cada una de las unidades de mecanismo de traslación 14-1 a 14.N-1. Sin embargo, también es concebible un modo de realización en el que se disponga de menos variables de velocidad $V_{DGfremd_i}$.

50 Las variables de velocidad $V_{DGfremd_i}$ utilizadas pueden determinarse mediante los métodos descritos anteriormente para la variable de velocidad inercial V_{DG} y según esto pueden estar configuradas respectivamente como variable de velocidad inercial V_{DG-i} de la unidad de mecanismo de traslación 14.i asociada. El módulo de mapeo 32 está conectado a un bus de datos de vehículo 34, en particular al llamado "MVB" (o Multifunction Vehicle Bus), desde el que pueden leerse las variables de velocidad $V_{DGfremd_i}$ mediante el módulo de mapeo 32.

La variable de velocidad global V_{Σ} es en el modo de realización contemplado el resultado de un mapeo y una plausibilización de las variables de velocidad $V_{DGfremd_i}$ individuales utilizadas, que son realizados desde el módulo de

5 mapeo 32. Esto se realiza teniendo en cuenta las variancias $\sigma_{DGfremd_i}$, que se asocian respectivamente a la variable de velocidad $V_{DGfremd_i}$ respectiva y también se ponen a disposición a través del bus de datos de vehículo 34. Las variancias $\sigma_{DGfremd_i}$ pueden respectivamente, como se ha descrito anteriormente, determinarse mediante un observador de estado. El mapeo y la plausibilización de las variables de velocidad $V_{DGfremd_i}$ individuales se corresponden en particular con un promediado de las variables de velocidad $V_{DGfremd_i}$, ponderado mediante las variancias $\sigma_{DGfremd_i}$. Si no se dispone de una variable de velocidad $V_{DGfremd_i}$, en el algoritmo de valoración la variancia correspondiente puede ajustarse al valor infinito.

En una salida A_{Σ} del módulo de mapeo 32 se proporcionan la variable de velocidad global V_{Σ} y su variancia σ_{Σ} , como resultados del mapeo y de una plausibilización de las variables de velocidad $V_{DGfremd_i}$ individuales.

10 La variable de velocidad de referencia característica V_{ref} , que la utiliza la unidad de cálculo 24 a la hora de realizar el cálculo inercial en el primer modo de funcionamiento, se proporciona en base a la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} y a la variable de velocidad global V_{Σ} . Esto se realiza mediante un módulo de mapeo 36 perteneciente al dispositivo de cálculo R, el cual, para proporcionar la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} , combina la variable de velocidad global V_{Σ} con la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} en base al principio del mapeo de datos de sensor. En el ejemplo de realización contemplado, el módulo de mapeo 36 está equipado con una implementación de un filtro Kalman. Como variables de entrada se envían a una entrada E_{Σ} del módulo de mapeo 36 la variable de velocidad global V_{Σ} y la variancia σ_{Σ} asociada, y a una entrada E_{dreh} del módulo de mapeo 36 la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} y la variancia σ_{Σ} asociada.

20 La provisión de información de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} y la unidad de reconocimiento 30 también se han representado, en donde se hace referencia a la descripción anterior con la figura 3.

25 El filtro Kalman se aplica a un vector de estado x , el cual representa la velocidad de referencia mapeada V_{ref} . Partiendo de un valor para el vector de estado x en un momento k se realiza una estimación del vector de estado x en el momento $k+1$, en base a un modelo Φ de la dinámica de la unidad de mecanismo de traslación 14 y del vehículo sobre raíles 10:

$$\mathbf{x}^-_{k+1} = \Phi \mathbf{x}^+_k$$

En particular la matriz Φ puede describir un modelo dinámico, en el que se supone una aceleración constante.

Para el error de estimación se aplica:

30
$$P^-_{k+1} = \Phi P^+_k \Phi^T$$

La estimación se corrige mediante el vector de medición z_k , el cual reúne la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} y la variable de velocidad global V_{Σ} :

$$\mathbf{x}^+_{k+1} = \mathbf{x}^-_{k+1} + K_k (z_k - H \mathbf{x}^-_{k+1}),$$

35 con $z_k = (V_{\Sigma}, V_{dreh})$, en donde H es la matriz de observación y para la matriz de ponderación K_k (también llamada "matriz Kalman-gain"), se aplica lo siguiente:

$$K_k = P^-_{k+1} H^T (H P^-_{k+1} H^T + R_k)^{-1}$$

A este respecto R_k es una matriz, que contiene los errores de medición σ_{dreh} y σ_{Σ} .

Para el error con el que está afectado el vector de estado estimado x^+_{k+1} , se aplica

$$P^+_k = (1 - K_k H) P^-_{k+1}$$

40 A una salida A_{ref} del módulo de mapeo 36 se proporcionan el valor de la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} actualizado con el algoritmo y su variancia σ_{ref} , determinada a partir del error P .

En el primer modo de funcionamiento el cálculo inercial se realiza como se ha explicado ya anteriormente, por medio de que la unidad de conmutación 28 proporciona la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} para la unidad de cálculo 24.

5 Como se ha explicado en base a la figura 3 se monitoriza el proceso de detección de la variable de medición n en la que se basa la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} . Un cambio en el segundo modo de funcionamiento, mediante el reconocimiento de un proceso de provisión de información anormal de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} , se realiza como se ha descrito anteriormente para el primer ejemplo de realización. A este respecto la unidad de reconocimiento 30 genera la señal S_{anom} , mediante la cual se acciona la unidad de conmutación 28 para que pase al segundo estado de conmutación.

10 El modo de realización del cálculo inercial conforme al segundo modo de funcionamiento se diferencia del primer ejemplo de realización descrito anteriormente (en el que el observador de estado o el segundo módulo de cálculo 24.2 se hace funcionar en un modo de propagación libre) en que la unidad de conmutación 28 desacopla la unidad de cálculo 24 de la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} y proporciona la variable de velocidad global V_{Σ} en lugar de éste para la unidad de cálculo 24. Seguidamente la variable de velocidad global V_{Σ} es utilizado en lugar de la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} por el observador de estado o el segundo módulo de cálculo 24.2 y se combina, para determinar las variables b_{gyro} , b_{acc} y δv , con el valor estimativo V'_{DG} de la variable de velocidad inercial V_{DG} .

15 Si para realizar el cálculo inercial conforme al segundo modo de funcionamiento no está disponible la variable de velocidad global V_{Σ} , la señal FP es generada por el módulo de mapeo 32, que se envía a la entrada E_{FP} del segundo módulo de cálculo 24.2, y el observador de estado se hace funcionar en el modo de propagación libre.

La descripción anterior está dirigida al modo de realización del dispositivo de cálculo R con una unidad de cálculo 24. A continuación se describe otro modo de realización, en el que el dispositivo de cálculo R presenta varias unidades de cálculo 24, 24' y 24'' para proporcionar la variable de velocidad inercial V_{DG} . Este modo de realización se muestra en la figura 5.

25 Las otras unidades de cálculo 24' y 24'' están también previstas para llevar a cabo el cálculo inercial sobre la base de las mismas variables de medición inercial f^b y $\omega^{b_{ib}}$ que para la unidad de cálculo 24 conforme a los modos de cálculo descritos anteriormente. Cada unidad de cálculo 24, 24', 24'' proporciona, como se ha descrito anteriormente, un resultado del cálculo inercial en su salida A_v . A las unidades de cálculo 24, 24', 24'' está asociado un dispositivo de conmutación 42 conectado posteriormente, que está conectado a elección a una de las salidas A_v para proporcionar la variable de velocidad inercial V_{DG} .

30 A cada unidad de cálculo 24, 24', 24'' está preconectada respectivamente una unidad de conmutación 28, 28' ó 28'', cuya función ya se ha descrito anteriormente: en un primer estado de conmutación la unidad de conmutación 28, 28' ó 28'' proporciona la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} para la respectiva unidad de cálculo 24, 24' ó 24'', cuando la misma lleva a cabo el cálculo inercial conforme al primer modo de funcionamiento. En un segundo estado de conmutación se desacopla de la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} la unidad de cálculo asociada 24, 24', 24'' para llevar a cabo el segundo modo de funcionamiento. Conforme al modo de realización de la figura 3, con el desacoplamiento se realiza una activación del modo de propagación libre del observador de estado asociado o del segundo módulo de cálculo 24.2 (no mostrado en la figura 5), mientras que – en el modo de realización conforme a la figura 4 – el observador de estado utiliza la variable de velocidad global V_{Σ} en lugar de la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} .

El dispositivo de conmutación 42 y las unidades de conmutación 28, 28', 28'' se accionan si se presenta un proceso de provisión de información normal de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} conforme a unos ciclos de conmutación preajustados, que están ajustados en fino entre ellos. Estos ciclos de conmutación se explican en base a la figura 6.

45 En la figura 6 se han representado para cada unidad de cálculo 24, 24' ó 24'' los ciclos de conmutación de la unidad de conmutación 28, 28' ó 28'' correspondiente mediante un cambio entre zonas rayadas y no rayadas, en función del tiempo t registrado sobre el eje horizontal. Una zona rayada se corresponde con un periodo de tiempo en el que el cálculo inercial llevado a cabo por la unidad de cálculo asociada se realiza conforme al primer modo de funcionamiento, es decir, esta unidad de cálculo tiene en cuenta la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} para estimar la variación. Durante un periodo de tiempo representado mediante una zona no rayada el cálculo inercial se realiza conforme al segundo modo de funcionamiento, es decir, sin tener en cuenta la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} .

55 Si se presenta un proceso de provisión de información normal de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} , los ciclos de conmutación de las unidades de conmutación 28, 28' y 28'' están desplazados mutuamente en el tiempo de tal manera, que una conmutación de una unidad de conmutación en el

segundo estado de conmutación, es decir un paso de la unidad de cálculo asociada al segundo modo de funcionamiento, puede realizarse básicamente si otra unidad de conmutación se encuentra todavía por sí misma en el segundo estado de conmutación. Dicho de otra manera, existe básicamente un solape temporal entre el final de un periodo de tiempo, en el que una unidad de conmutación se encuentra en el segundo estado de conmutación, y el comienzo de otro periodo de tiempo en el que otra unidad de conmutación se encuentra en el segundo estado de conmutación. Esto se reproduce mediante un solape entre el final de una zona no rayada para una primera unidad de cálculo y el comienzo de una zona no rayada para una segunda unidad de cálculo.

El ciclo de conmutación del dispositivo de conmutación 42 conectado posteriormente a las unidades de cálculo 24, 24' y 24'' se muestra mediante una línea 44 representada en negrilla. Los procesos de conmutación sucesivos del dispositivo de conmutación 42 se representan mediante pasos de la línea 44 entre las diferentes líneas del diagrama. Por ejemplo la línea 44 existente en la primera zona no rayada de la primera línea asociada a la unidad de cálculo 24 representa la situación, en la que el dispositivo de conmutación 42 establece una conexión a la salida A_v de esta unidad de cálculo 24, es decir, esta unidad de cálculo 24 proporciona la variable de velocidad inercial V_{DG} . El paso de la línea 44 a la segunda línea se corresponde con una conmutación del dispositivo de conmutación 42, que establece una conexión activa a la salida A_v de la segunda unidad de cálculo 24'.

Del diagrama puede deducirse que el dispositivo de conmutación 42 en cada proceso de conmutación (es decir paso de línea en el diagrama) establece una conexión activa a una unidad de cálculo, la cual lleva a cabo el cálculo inercial conforme al segundo modo de funcionamiento. En particular los ciclos de conmutación de las unidades de conmutación 28, 28' y 28'' y del dispositivo de conmutación 42 están ajustados en fino mutuamente de tal manera, que el dispositivo de conmutación 42 en cada proceso de conmutación establece una conexión activa a una unidad de cálculo, la cual lleva a cabo el cálculo inercial conforme al segundo modo de funcionamiento desde al menos un tiempo predeterminado Δt . Esto se hace posible mediante los solapes antes descritos entre las zonas no rayadas.

Los procesos de conmutación de las unidades de conmutación 28, 28' y 28'' y del dispositivo de conmutación 42 son controlados mediante una unidad de control 46 (véase la figura 5), en la que están programados los ciclos de conmutación descritos anteriormente.

La descripción anterior con relación a los ciclos de conmutación hace referencia al caso de un proceso de provisión de información normal. Si la unidad de reconocimiento 30 reconoce un proceso de provisión de información anormal de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} , la señal S_{anom} es recibida por la unidad de control 46, la cual conmuta las unidades de conmutación 28 al segundo estado de conmutación o mantiene el segundo estado de conmutación ya existente de las unidades de conmutación 28, para que todas las unidades de cálculo 24, 24', 24'' estén desacopladas de la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} . Esto se ha representado en el diagrama de la figura 6 en un momento t_{anom} . A continuación se hacen funcionar todas las unidades de cálculo 24, 24', 24'' en el segundo modo de funcionamiento y se detiene el ciclo de conmutación del dispositivo de conmutación 42.

En un momento t_{nom} , en el que la unidad de reconocimiento 30 detecta una finalización del proceso de provisión de información anormal, se hacen funcionar dos de las tres unidades de cálculo 24, 24', 24'' en el primer modo de funcionamiento. A este respecto se trata de unas unidades de cálculo, a las que estaba conectado el dispositivo de conmutación 42 durante el periodo de tiempo $[t_{anom}, t_{nom}]$. El dispositivo de conmutación 42 sigue asimismo separado de estas unidades de cálculo después del momento t_{nom} . A este respecto se hace funcionar asimismo en el segundo modo de funcionamiento la tercera unidad de cálculo, a la que permanece conectado activamente el dispositivo de conmutación 42. En un momento t' después de transcurrido un tiempo $\Delta t'$, después del momento t_{nom} , se realiza un cambio al segundo modo de funcionamiento para una de las unidades de cálculo, que se encuentra en el primer modo de funcionamiento. Una vez transcurrido el periodo de tiempo Δt el dispositivo de conmutación 42 se conecta activamente a esta unidad de cálculo y se recupera el funcionamiento de conmutación descrito anteriormente con unos procesos de conmutación por turnos.

En un modo de realización del segundo modo de funcionamiento conforme a la figura 4, en el que se utiliza la variable de velocidad global V_{Σ} en lugar de la variable de velocidad de referencia característica V_{ref} , está prevista una medida para el caso en el no se disponga de la variable de velocidad global V_{Σ} . Aquí a cada unidad de cálculo 24, 24' ó 24'' está preconnectado respectivamente un elemento Y 48, al cual puede aplicarse una señal de control S generada por la unidad de control 46 para controlar la unidad de conmutación 28, 28' ó 28'' correspondiente, por un lado, y la señal FP, la cual representa la no disponibilidad de la variable de velocidad global V_{Σ} (véase la figura 4). Si el mismo no está disponible (en donde se genera una señal FP) y la señal de control S se corresponde con una conmutación de la unidad de conmutación correspondiente 28, 28', 28'' al segundo estado de conmutación (desacoplamiento de la variable de velocidad de referencia característica V_{ref}), se hace funcionar el módulo de cálculo 24.2 de la unidad de cálculo 24, 24' ó 24'' correspondiente en un modo de propagación libre – mediante la activación de una señal mediante el elemento Y 48. Esto se corresponde con un modo de realización del segundo modo de funcionamiento conforme al modo de realización en la figura 3.

A continuación se explica otro ejemplo de realización en base a la figura 7. El mismo se diferencia del ejemplo de realización de la figura 4 en particular por la provisión de información de una variable de velocidad global y la disposición de otro módulo de cálculo 24.3 de la unidad de cálculo 24, que está previsto para realizar un modo de establecimiento de diámetro de rueda. Además de esto se supone que las unidades sensoras 18 de las unidades de mecanismo de traslación 14 en la figura 1 presentan respectivamente dos sensores, que están asociados respectivamente a un juego de ruedas 16 diferente de la unidad de mecanismo de traslación 14 correspondiente. Según esto las unidades sensoras 18 detectan cuatro variables de medición n_1 a n_4 . Sobre la base de estas variables de medición n_1 a n_4 se establece para cada uno de estos juegos de ruedas 16 una variable de diámetro de rueda r_1 , r_2 , r_3 o r_4 . En el modo de realización contemplado las variables de medición n_1 a n_4 están configuradas respectivamente como número de revoluciones.

Un establecimiento de diámetro de rueda en el modo de establecimiento de diámetro de rueda puede ser llevado a cabo por un dispositivo de cálculo R, que está asociado a una de las unidades de medición inercial 22 del vehículo sobre raíles 10. Este establecimiento se basa en un modo de realización del cálculo inercial mediante los módulos de cálculo 24.1 y 24.2 conforme al segundo modo de funcionamiento, en donde se utiliza una variable de velocidad global V_{GPS} mediante el segundo módulo de cálculo 24.2 o el observador de estado. El mismo es proporcionado mediante un dispositivo de detección 50 del vehículo sobre raíles 10 (véase también la figura 1), que presenta en particular un dispositivo de detección de posición. El mismo se usa para detectar una variable de posición para la posición del vehículo sobre raíles 10 mediante la detección de señales de un sistema de localización, por ejemplo un sistema de localización apoyado por satélite. El dispositivo de detección 50 proporciona la variable de velocidad global V_{GPS} , referida a todo el vehículo sobre raíles, en base a las variables de posicionamiento detectadas.

La variable de velocidad inercial V_{DG} determinada mediante el cálculo inercial llevado a cabo en el segundo modo de funcionamiento es utilizada por el módulo de cálculo 24.3 para llevar a cabo el modo de determinación de diámetro de rueda. Adicionalmente el módulo de cálculo 24.3 utiliza las variables de medición n_1 a n_4 detectadas por las unidades sensoras 18 así como variables de diámetro de rueda r'_1 a r'_4 provisionales que se leen de una unidad de memoria (no mostrada). Más adelante se explica la provisión de información de estas variables de diámetro de rueda r'_1 a r'_4 provisionales.

Un primer elemento del módulo de cálculo 24.3 calcula en base a estas variables una variable s_i , que es un indicador de un proceso de detección anormal de las variables de medición n_i , p.ej. de un reconocimiento de resbalamiento:

$$s_i = (n_i \cdot 2\pi \cdot r'_i - V_{DG}) / V_{DG}$$

Si se presenta un proceso de detección normal para el juego de ruedas 16 correspondiente a las variables de medición n_i , mediante un segundo elemento del módulo de cálculo 24.3 se actualiza la variable de diámetro de rueda r_i asociado:

$$r_i = V_{DG} / 2\pi n_i$$

Una vez que las variables de diámetro de rueda r_i se han proporcionado y archivado en una unidad de memoria, se lleva a cabo el cálculo inercial para cada unidad de mecanismo de traslación 14 conforme al primer modo de funcionamiento. Aquí se utiliza, como se ha discutido anteriormente, una variable de velocidad de referencia característica V_{ref} mediante el segundo módulo de cálculo 24.2, que es el resultado de un mapeo de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} con la variable de velocidad global V_{GPS} , como se ha discutido anteriormente en base a la figura 4.

Como ya se ha explicado anteriormente en base a la figura 3, se proporciona a partir de las variables de medición n_i detectadas mediante las unidades sensoras 18 la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} mediante una inclusión de la correspondiente variable de diámetro de rueda r_i . Aquí las variables de diámetro de rueda r_i determinadas en el modo de establecimiento de diámetro de rueda se leen de una unidad de memoria y se combinan con las variables de medición n_i .

La provisión de información de la velocidad de referencia V_{ref} sobre la base de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} , el reconocimiento de un proceso de provisión de información anormal de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} mediante la unidad de reconocimiento 30 y la realización del cálculo inercial conforme a los modos de funcionamiento se realizan como ya se ha descrito anteriormente. Durante el establecimiento de la variable de velocidad inercial V_{DG} se realiza mediante el módulo de cálculo 24.3 un establecimiento continuo de las variables de diámetro de rueda r_i , siempre que no se presente ningún proceso de provisión de información anormal de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} . Para determinar la variable de velocidad inercial V_{DG} se usan sin embargo, asimismo, las variables de diámetro de rueda r_i , archivadas, determinadas en el modo de establecimiento de diámetro de rueda. A partir de las variables de diámetro de rueda calculados continuamente puede realizarse una monitorización a largo plazo de

5 juegos de ruedas 16 del vehículo sobre raíles 10. Puede determinarse un desgaste y pueden enviarse datos de mantenimiento. Además de esto es ventajoso determinar líneas con mucho desgaste a partir del desarrollo de las variables de diámetro de rueda. De este modo pueden obtenerse datos para mejorar tramos de vía. A este respecto puede compararse un desgaste establecido con datos de localización, de tal manera que pueda realizarse una asociación a posiciones en las que se produzca un mayor desgaste.

10 El modo de establecimiento de diámetro de rueda descrito anteriormente se realiza con unos intervalos de tiempo definidos. En el caso de un cambio a este modo se autoriza llevar a cabo el cálculo inercial conforme al segundo modo de funcionamiento, como se explica con base en la figura 7. Además de esto, se archivan como variables de diámetro de rueda r'_i las variables de diámetro de rueda r_i determinadas en último lugar en el modo de establecimiento continuo, antes del cambio. El modo de establecimiento de diámetro de rueda se realiza después, como se ha descrito anteriormente, para proporcionar unas variables de diámetro de rueda r_i actualizadas en base a estas variables de diámetro de rueda r'_i .

En un modo de realización del modo de establecimiento de diámetro de rueda por primera vez se utilizan como variables de diámetro de rueda r'_i los valores por defecto prearchivados.

15 En base a la figura 8 se describe una posible valoración de la variable de velocidad inercial V_{DG} , determinada para una unidad de mecanismo de traslación 14.

20 En la misma se han representado en particular la unidad de medición inercial 22 asociada a una determinada unidad de mecanismo de traslación 14, la unidad sensora 18 y el dispositivo de cálculo R. De forma correspondiente a los ejemplos de realización descritos anteriormente, el dispositivo de cálculo R puede presentar dado el caso el módulo de mapeo 36, el cual mapea la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación V_{dreh} de la unidad de mecanismo de traslación 14 con una variable de velocidad global, que puede corresponderse con las variables antes descritas V_{Σ} o V_{GPS} y que recibe el nombre de variable V_{fremd} . La variable de velocidad global V_{fremd} se proporciona a través del bus de datos 34. El dispositivo de cálculo R puede presentar, como se ha descrito también anteriormente, una o varias unidades de cálculo 24. Está formado por al menos la unidad sensora 18, la unidad de medición inercial 22 y el dispositivo de cálculo R de una unidad de navegación 52, que está asociada al vagón 12 en el que se encuentra la unidad de mecanismo de traslación 14 contemplada.

30 La variable de velocidad inercial V_{DG} determinada se valora al menos desde dos puntos de vista. Si la unidad de mecanismo de traslación 14 contemplada está equipada con una instalación de frenado diferente de un motor de propulsión, p.ej. un freno por fuerza acumulada de muelle, puede ser utilizada por un módulo de decisión 54 de una regulación de freno del vehículo sobre raíles 10, la cual está asociada a la unidad de mecanismo de traslación 14 contemplada y decide si la instalación de frenado debe aplicarse para frenar hasta la detención. Esto se realiza mediante un comparador 56 y un elemento Y 58. En el comparador 56 se compara la variable de velocidad inercial V_{DG} con un valor umbral V_{gr} . Si es menor que el valor umbral V_{gr} se envía una señal activa al elemento Y 58. Si al mismo también se ha aplicado una señal S_{NB} , que se genera si se produce una potencia de frenado insuficiente desde el freno electrodinámico formado por al menos un motor de propulsión de la unidad de mecanismo de traslación 14 contemplada, en un paso 60 se decide que se aplique el freno por fuerza acumulada de muelle.

40 La variable de velocidad inercial V_{DG} puede ser utilizada además por otro módulo de decisión 62 de la regulación de frenado que decide – en el caso de un proceso de frenado que se realice mediante el freno electrodinámico – si debe tener lugar una comprobación de la regulación del freno electrodinámico. Esto es particularmente adecuado para un freno electrodinámico, el cual posea al menos dos planos de redundancia. Si mediante la comprobación se determina que la regulación del freno electrodinámico debe considerarse defectuosa, puede aplicarse un cambio en otro plano de redundancia. El módulo de decisión 62 presenta un comparador 64, que compara una variable de aceleración b_{DG} detectada actualmente de la unidad de mecanismo de traslación 14 con un valor nominal b_{soll} (V_{DG}) a cumplir al menos en el proceso de frenado para la variable de velocidad inercial V_{DG} real. La detección de la variable de aceleración b_{DG} se realiza en base a la dirección de circulación FR comunicada por un aparato de control del tren. Si la variable de aceleración b_{DG} detectada es menor que el valor nominal b_{soll} , se transmite una señal a un dispositivo de prueba 66, que comprueba la idoneidad de la regulación del freno electrodinámico. La comprobación se realiza a este respecto sobre la base de al menos otros dos criterios, en donde el dispositivo de prueba está configurado como un llamado “votante 2 de 3”. El mismo produce un cambio entre dos planos de redundancia de la regulación, si se cumplen al menos dos de los criterios.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar al menos una velocidad en un vehículo sobre raíles (10), el cual está equipado con al menos una primera unidad de mecanismo de traslación (14), en el que
- 5 - se proporciona al menos una variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación (V_{dreh}) referida a la primera unidad de mecanismo de traslación (14) mediante al menos una primera unidad sensora (18) asociada a la primera unidad de mecanismo de traslación (14),
caracterizado porque
- se forma una variable de velocidad de referencia característica (V_{ref}) en base a la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación (V_{dreh}),
- 10 - una unidad de medición inercial (22) detecta unas variables de medición inercial ($\omega^{b_{ib}}$, f^b),
- conforme a un primer modo de funcionamiento se determina una variable de velocidad inercial (V_{DG}), mediante un cálculo inercial al menos sobre la base de las variables de medición inercial ($\omega^{b_{ib}}$, f^b) y de la variable de velocidad inercial (V_{ref}) para estimar una variación (b_{gyro} , b_{acc} , δv) en el cálculo inercial y se corrige mediante esta variación, en donde se lleva a cabo el cálculo inercial mediante al menos una unidad de cálculo (24; 24', 24''),
- 15 - conforme a un segundo modo de funcionamiento se determina la variable de velocidad inercial (V_{DG}) mediante el cálculo inercial al menos en base a las variables de medición inercial ($\omega^{b_{ib}}$, f^b) y sin tener en cuenta la variable de velocidad de referencia característica (V_{ref}),
- sobre la base de una comparación entre la variable de velocidad inercial (V_{DG}) determinada en el primer modo de funcionamiento y la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación (V_{dreh}), se detecta un proceso de provisión de información anormal de la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación (V_{dreh}) mediante una unidad de reconocimiento (30) y
- 20 - si se presenta un proceso de provisión de información anormal, se lleva a cabo el cálculo inercial conforme al segundo modo de funcionamiento.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque un primer módulo de cálculo (24.1) de la unidad de cálculo (24; 24', 24'') determina a partir de las variables de medición inercial ($\omega^{b_{ib}}$, f^b) un valor estimativo (V'_{DG}) de la variable de velocidad inercial (V_{DG}) que, en el primer modo de funcionamiento, para estimar la variación (b_{gyro} , b_{acc} , δv) se combina con la variable de velocidad de referencia característica (V_{ref}) mediante un segundo módulo de cálculo (24.2) de la unidad de cálculo (24; 24', 24''), que forma un observador de estado, en donde la variación (b_{gyro} , b_{acc} , δv) estimada por el segundo módulo de cálculo (24.2) la utiliza el primer módulo de cálculo (24.1).
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque, conforme a una primera configuración del primer modo de funcionamiento, la variable de velocidad de referencia característica (V_{ref}) se corresponde dinámicamente con la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación (V_{dreh}).
4. Procedimiento según las reivindicaciones 2 y 3, caracterizado porque en el segundo modo de funcionamiento el observador de estado se hace funcionar en un modo de propagación libre.
- 35 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque, conforme a una segunda configuración del primer modo de funcionamiento, se proporciona una variable de velocidad global (V_{Σ} ; V_{GPS}) y la variable de velocidad de referencia característica (V_{ref}) se forma en base a la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación (V_{dreh}) y a la variable de velocidad global (V_{Σ} ; V_{GPS}).
- 40 6. Procedimiento según las reivindicaciones 2 y 5, caracterizado porque en el segundo modo de funcionamiento se combina, para estimar la variación (b_{gyro} , b_{acc} , δv) en el cálculo inercial, el valor estimativo (V'_{DG}) con la variable de velocidad global (V_{Σ} ; V_{GPS}) mediante el segundo módulo de cálculo (24.2), en donde el primer módulo de cálculo (24.1) utiliza la variación (b_{gyro} , b_{acc} , δv) estimada por el segundo módulo de cálculo (24.2), o se hace funcionar el observador de estado en un modo de propagación libre.
- 45 7. Procedimiento según la reivindicación 5 ó 6, caracterizado porque la variable de velocidad global (V_{Σ}) se proporciona, al menos en base a un promediado de variables de velocidad ($V_{Dgftremd_i}$), mediante varias unidades de mecanismo de traslación, diferentes respectivamente de la primera unidad de mecanismo de traslación (14).

8. Procedimiento según la reivindicación 5 ó 6, caracterizado porque el vehículo sobre raíles (10) presenta un dispositivo de detección global (50) diferente de la unidad de medición inercial (22), el cual proporciona la variable de velocidad global (V_{GPS}).
- 5 9. Procedimiento según las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado porque se combina, para proporcionar la variable de velocidad de referencia característica (V_{ref}), la variable de velocidad global (V_{Σ} ; V_{GPS}) con la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación (V_{dreh}) mediante un módulo de mapeo (36) que se basa en el principio del mapeo de datos de sensor.
- 10 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque a la primera unidad de mecanismo de traslación (14) están asociadas varias unidades de cálculo (24, 24', 24''), en donde cada unidad de cálculo puede llevar a cabo el cálculo inercial respectivamente conforme a los modos de funcionamiento y se proporciona un resultado del cálculo inercial a una salida (A_v), y a las unidades de cálculo (24, 24', 24'') está asociado un dispositivo de conmutación (42) que, para proporcionar la variable de velocidad inercial (V_{DG}), está conectado a elección a una de las salidas (A_v).
- 15 11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado porque a cada unidad de cálculo (24, 24', 24'') se preconecta respectivamente una unidad de conmutación (28, 28', 28''), la cual en un primer estado de conmutación proporciona la variable de velocidad de referencia característica (V_{ref}) para la respectiva unidad de cálculo (24, 24', 24'') para llevar a cabo el primer modo de funcionamiento y, en un segundo estado de conmutación, desacopla de la variable de velocidad de referencia característica (V_{ref}) la unidad de cálculo (24, 24', 24'') para llevar a cabo el segundo modo de funcionamiento, en donde, en el caso de no presentarse un proceso de detección anormal, se ajustan mutuamente en fino ciclos de conmutación de las unidades de conmutación (28, 28', 28'') y un ciclo de conmutación del dispositivo de conmutación (42), de tal manera que el dispositivo de conmutación (42) en cada proceso de conmutación establece una conexión a una unidad de cálculo (24, 24', 24''), la cual lleva a cabo el cálculo inercial conforme al segundo modo de funcionamiento y, en el caso de presentarse un proceso de detección anormal, todas las unidades de conmutación (28, 28', 28'') están conmutadas en el segundo estado de conmutación.
- 20 25 12. Procedimiento según la reivindicación 6 y según la reivindicación 11, caracterizado porque las unidades de conmutación (28, 28', 28'') en su segundo estado de conmutación proporcionan la variable de velocidad global (V_{Σ}) para la respectiva unidad de cálculo (24, 24', 24''), para llevar a cabo el segundo modo de funcionamiento.
- 30 13. Procedimiento según la reivindicación 11 ó 12, caracterizado porque en el caso de que no se presente un proceso de detección anormal, los ciclos de conmutación de las unidades de conmutación (28, 28', 28'') y el ciclo de conmutación del dispositivo de conmutación (42) están ajustados en fino entre ellos de tal manera, que el dispositivo de conmutación (42) en cada proceso de conmutación establece una conexión a una de las unidades de cálculo (24, 24', 24''), la cual lleva a cabo el cálculo inercial desde al menos un momento predeterminado (Δt) conforme al segundo modo de funcionamiento.
- 35 14. Procedimiento según las reivindicaciones 6 y 8, caracterizado porque en un modo de establecimiento del diámetro de rueda, el cálculo inercial se lleva a cabo conforme al segundo modo de funcionamiento para determinar la variable de velocidad inercial (V_{DG}), y se determina al menos una variable de diámetro de rueda (r_1 , r_2) de la unidad de mecanismo de traslación (14) al menos en base a la variable de velocidad inercial (V_{DG}) determinada.
- 40 15. Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado porque en un modo de realización del cálculo inercial conforme al primer modo de funcionamiento, que sigue el modo de establecimiento de diámetro de rueda, se incluye la variable de diámetro de rueda (r_1 , r_2) determinada en el modo de establecimiento de diámetro de rueda a la hora de proporcionar la variable de medición de velocidad del mecanismo de traslación (V_{dreh}).

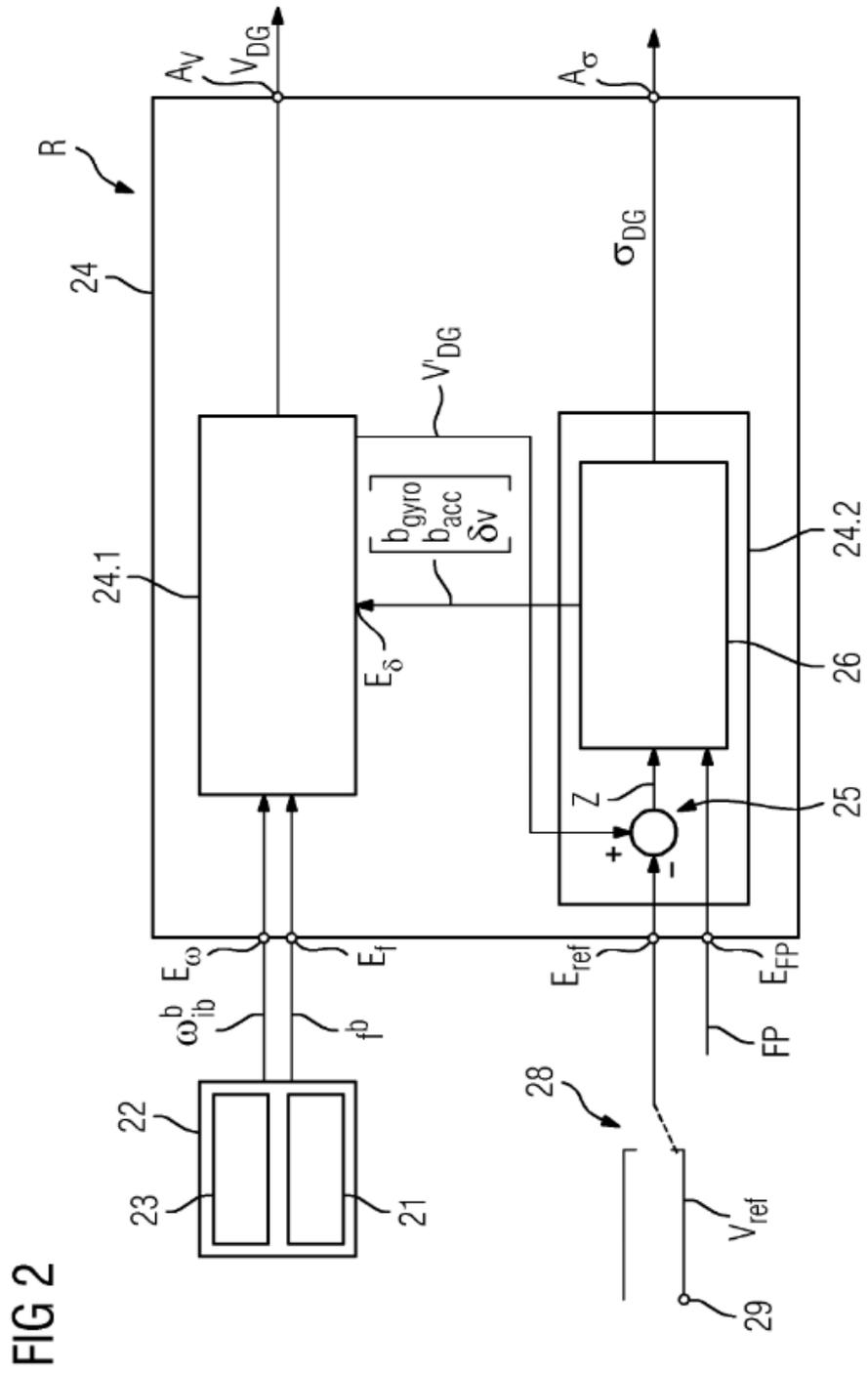
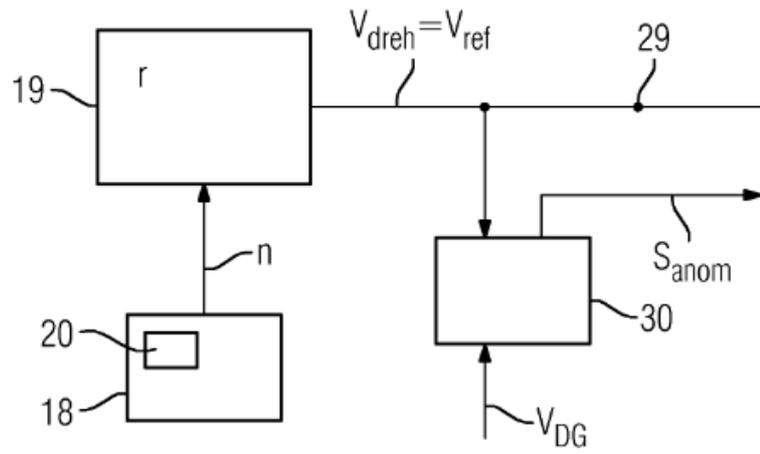
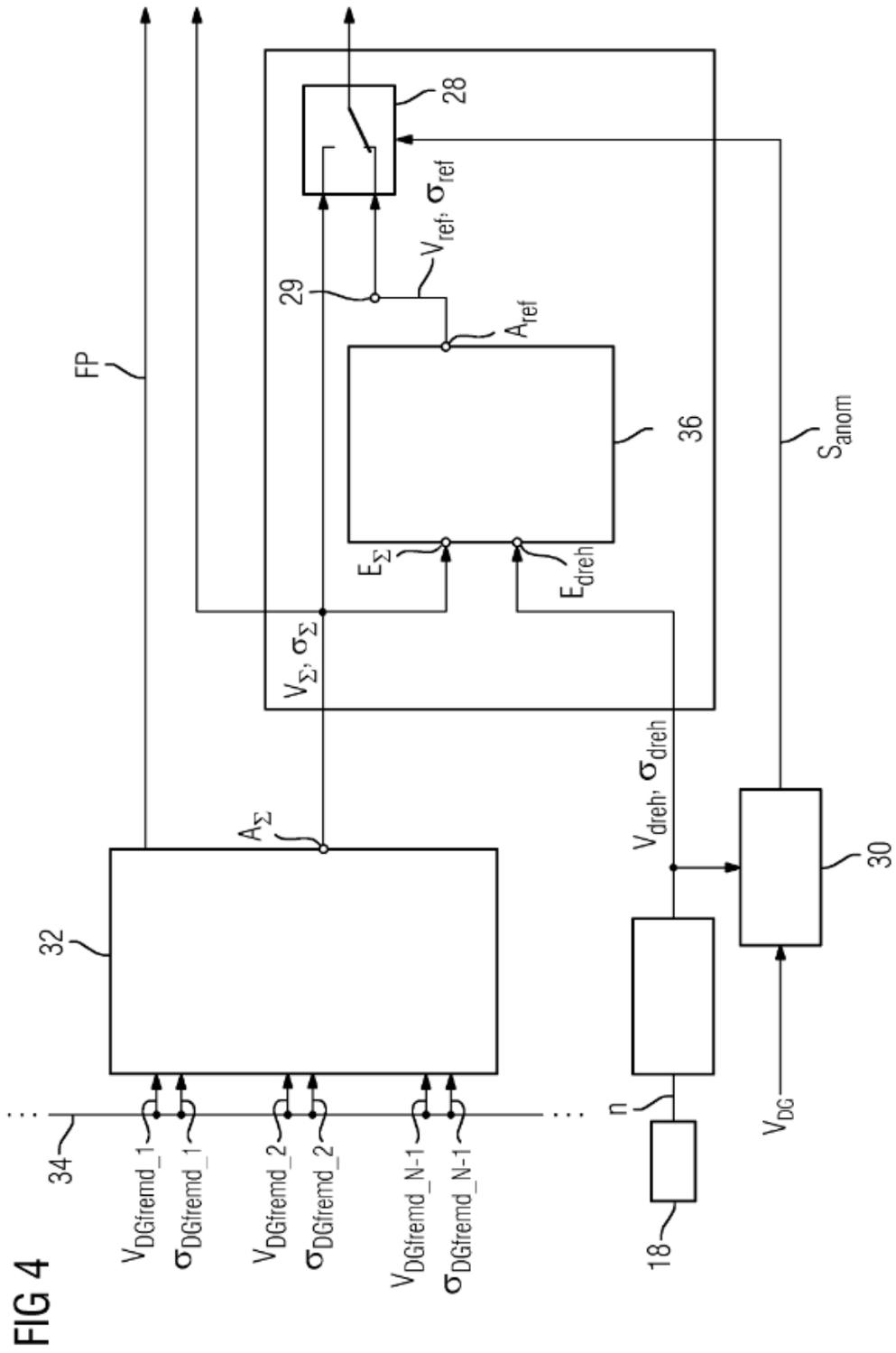
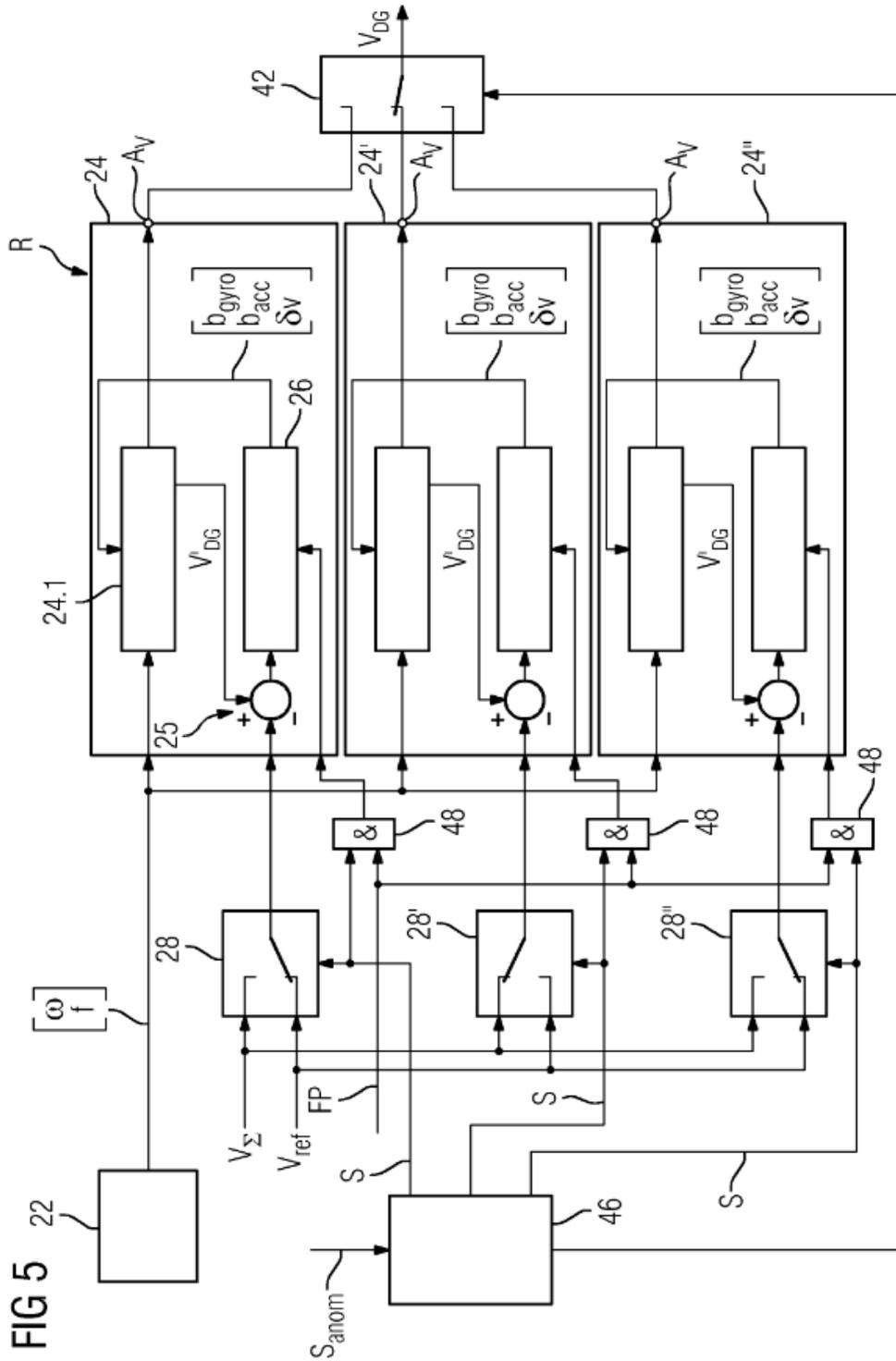


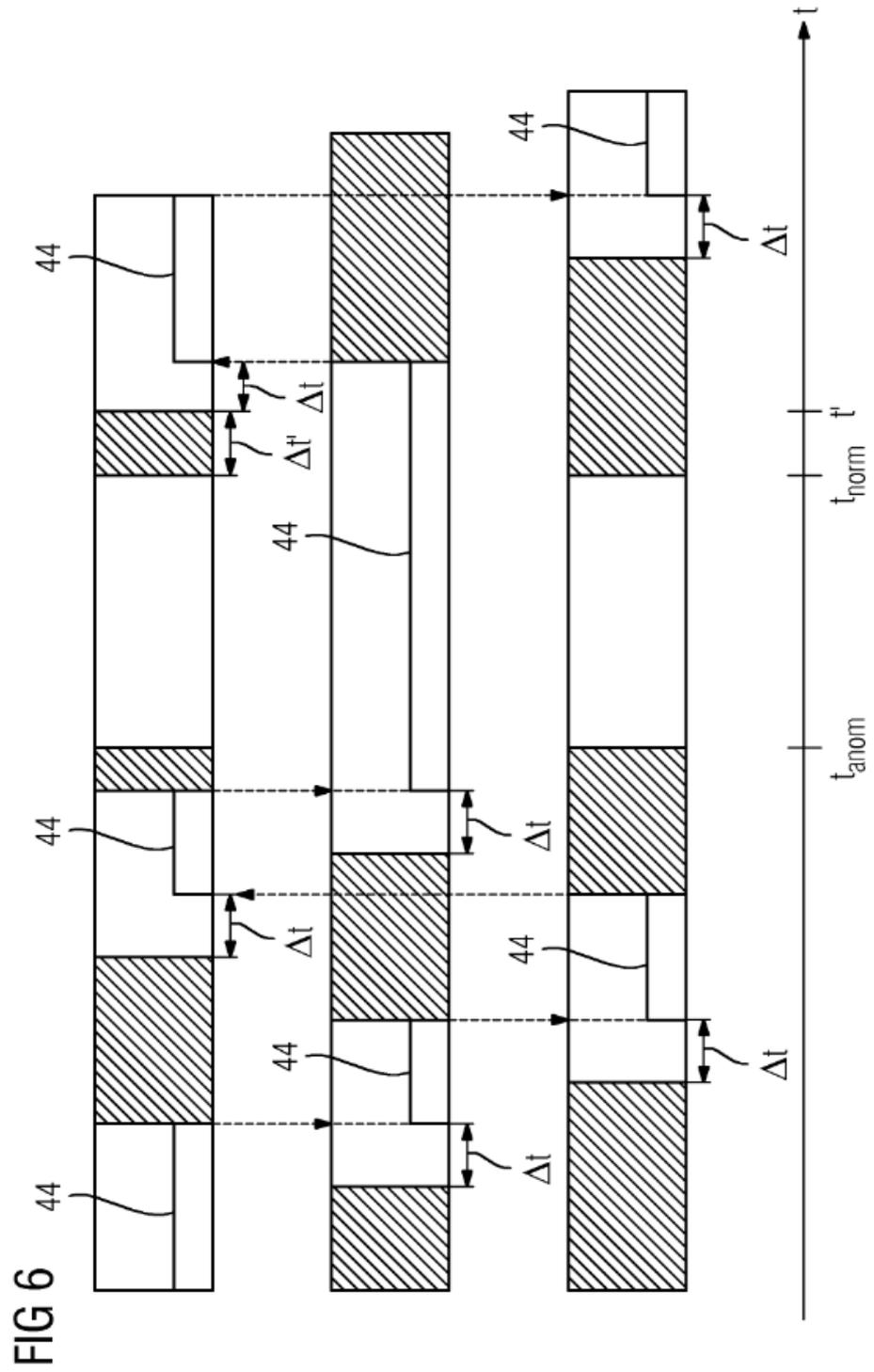
FIG 2

FIG 3









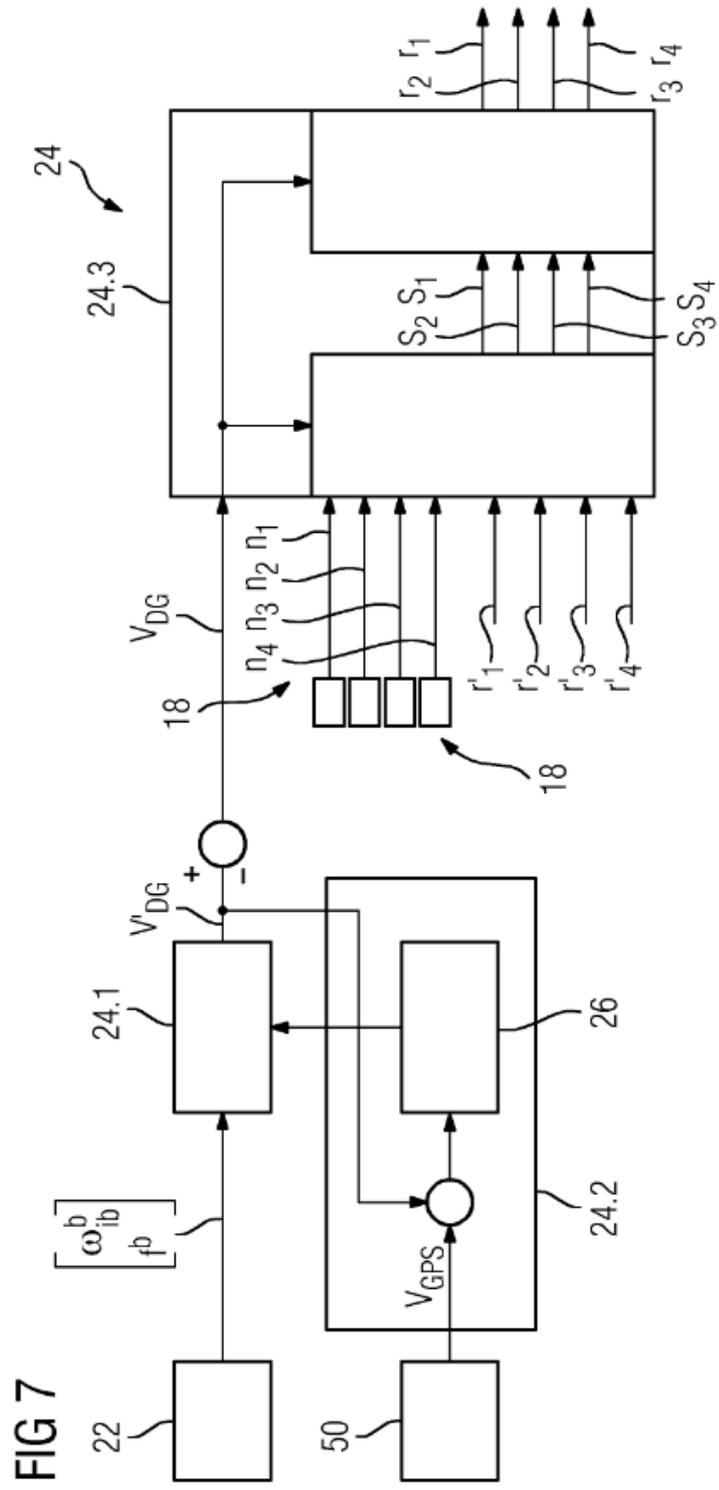


FIG 8

