

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 472 940**

51 Int. Cl.:

B61K 9/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2010 E 10749881 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.04.2014 EP 2475563**

54 Título: **Método y dispositivo para estimar la temperatura de una caja de cojinete de eje montado de un eje montado de un vehículo ferroviario**

30 Prioridad:

09.09.2009 DE 102009040801

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

03.07.2014

73 Titular/es:

**KNORR-BREMSE SYSTEME FÜR
SCHIENENFAHRZEUGE GMBH (100.0%)
Moosacher Strasse 80
80809 München, DE**

72 Inventor/es:

**FURTWÄNGLER, RALF y
FRIESEN, ULF**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 472 940 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

Método y dispositivo para estimar la temperatura de una caja de cojinete de eje montado de un vehículo ferroviario

5 La presente invención hace referencia a un método y a un dispositivo para estimar la temperatura de una caja de cojinete de eje montado de un eje montado de un vehículo ferroviario mediante un modelo matemático según los preámbulos de la reivindicación 1 y de la reivindicación 8.

10 En la circulación de vehículos ferroviarios actualmente se utilizan cada vez más sistemas de diagnóstico y de control con los cuales pueden detectarse modificaciones de estado de los componentes y de los grupos de componentes del vehículo ferroviario para reconocer defectos de esos componentes y grupos de componentes. En particular en el caso del eje montado de un vehículo ferroviario se considera muy importante la detección de daños relacionados con un sobrecalentamiento.

15 Los trenes modernos de alta velocidad se desplazan internacionalmente y deben observarse los criterios correspondientes para asegurar la interoperabilidad, como por ejemplo la Directiva 96/48/EG. En dicha norma se exige entre otras cosas el control a bordo de las cajas de cojinete de eje montado de los ejes montados del vehículo ferroviario. Para revelar estados críticos, como por ejemplo el sobrecalentamiento de una caja de cojinete de eje montado, es necesario en particular controlar la temperatura de la caja de cojinete de eje montado.

20 Por la solicitud EP 1 365 163 A1 se conoce un dispositivo para controlar la temperatura de una caja de cojinete de eje montado de un eje montado de un vehículo ferroviario, en donde un elemento sensor se encuentra dispuesto directamente en un elemento de junta de la caja de cojinete de eje montado, es decir lo más cercano posible a la zona de carga de la caja de cojinete de eje montado. Sin embargo, la colocación de un sensor de temperatura directamente en la zona de carga de una caja de cojinete de eje montado, en donde, de acuerdo con la experiencia, se presentan las temperaturas más elevadas, es decir, en la zona superior, observado desde la dirección de la circunferencia del aro de rodamiento externo, requiere de una cierta inversión en cuanto a la conexión mecánica del sensor de temperatura y su cableado, y debido al espacio requerido, es complicado de ejecutar en cuanto al aspecto constructivo, en particular cuando dentro de una unidad de rodamiento, por ejemplo en el caso de rodamientos dobles, deben considerarse además varias zonas de carga.

Objeto de la invención

30 A este respecto, es objeto de la presente invención proporcionar un método, así como un dispositivo para estimar la temperatura de una caja de cojinete de eje montado de un eje montado de un vehículo ferroviario mediante un modelo matemático, el cual posibilite una estimación lo suficientemente precisa de la temperatura de la caja de cojinete de eje montado con una inversión reducida en cuanto a la tecnología de procesamiento de señales y sin la colocación de sensores de temperatura en la respectiva caja de cojinete de eje montado.

Este objeto se alcanzará a través de las características de la reivindicación 1 y de la reivindicación 8.

Descripción de la invención

35 En el método acorde a la invención se prevé que

- el modelo matemático esté diseñado para estimar la temperatura de la respectiva caja de cojinete de eje montado o en un punto característico de la respectiva caja de cojinete de eje montado, en función de la velocidad y de la temperatura de entorno del vehículo ferroviario como variables de entrada del modelo matemático, y adicionalmente

40 - la temperatura de un componente del eje montado, el cual es distinto de la caja de cojinete de eje montado pero que indirecta o directamente se encuentra conectado de forma térmicamente conductora con la caja de cojinete de eje montado, sea medida durante el funcionamiento como temperatura de medición,

- la temperatura del componente distinto de la caja de cojinete de eje montado sea estimada con la ayuda del modelo matemático como temperatura estimada,

45 - para mejorar la precisión del modelo matemático en cuanto a la estimación de la temperatura de la caja de cojinete de eje montado, el modelo matemático presenta un elemento de corrección con el cual dicho modelo matemático sea calibrado o ajustado de manera continua, en cierto tiempo o cíclicamente en base a una comparación de la temperatura de medición con la temperatura estimada.

Expresado de otro modo, tiene lugar una calibración propia o un ajuste propio del modelo matemático a través de la medición y la estimación de la temperatura en un lugar distinto a la respectiva caja de cojinete de eje montado, en donde las condiciones para colocar un sensor de temperatura y su cableado son más favorables que en la respectiva caja de cojinete de eje montado.

5 De manera adicional con respecto a la velocidad y a la temperatura de entorno del vehículo ferroviario, pueden emplearse también otras variables de entrada para el modelo matemático. Gracias al modelo matemático debe poder deducirse la temperatura de la caja en base a la temperatura en el punto de medición, es decir en el componente distinto de la caja de cojinete de eje montado o en grupo de componentes distinto de la caja de cojinete de eje montado. El modelo matemático se basa en el principio de que la entrada de calor en la caja de cojinete de eje montado a través de conducción térmica se transmite al punto de medición a través de conducción térmica y de transferencia de calor, y además ésta es influenciada por factores externos, como por ejemplo el enfriamiento de los componentes del eje montado por el flujo de aire debido al desplazamiento, la velocidad del vehículo ferroviario o su sobrecalentamiento por una temperatura de entorno elevada. Si en el lugar de medición mencionado, sin aplicar el método aquí presentado, se aplicara simplemente sólo un umbral de diagnóstico muy reducido, debería tenerse presente la aparición de avisos erróneos ocasionados por perturbaciones correspondientes.

Junto con la temperatura en el punto de medición, la velocidad y la temperatura externa son variables de entrada del modelo matemático. El método ofrece como resultado una temperatura interna estimada de la caja de cojinete de eje montado, así como la temperatura de la caja de cojinete de eje montado en un punto característico como la zona de carga. El modelo matemático considera condiciones de contorno térmicas, como por ejemplo:

- 20 • la entrada de calor por fricción de la caja
- la conducción térmica dentro del eje montado
- la convección libre
- la convección forzada

25 El elemento de corrección K o su factor de corrección se adapta de forma continua o cíclica al punto de medición mediante una comparación de la temperatura medida con la temperatura estimada. A través de la influencia del elemento de corrección aumenta la precisión del modelo matemático con el tiempo de funcionamiento. Los errores iniciales en la modelación original, las imprecisiones y las desviaciones del comportamiento real, como se producen en un vehículo ferroviario a través de influencias perturbadoras, son compensados en gran medida por el elemento de corrección.

30 La estimación de la temperatura puede utilizarse para detectar cajas sobrecalentadas (detección de sobrecalentamiento), comparando el valor de temperatura estimado con un valor límite de temperatura, donde si el valor de temperatura estimado excede el valor límite de temperatura se genera una señal para una caja de cojinete de eje montado sobrecalentada y si el valor de temperatura estimado se ubica por debajo del valor límite de temperatura se genera una señal para un funcionamiento no perturbado térmicamente de la respectiva caja de cojinete de eje montado.

40 De manera adicional o alternativa, la temperatura de la caja de cojinete de eje montado del eje montado del vehículo ferroviario, estimada a través del método acorde a la invención, se utiliza para realizar una comparación con el valor límite de temperatura, para poder evaluar si un dispositivo de frenado que está asignado a la caja de cojinete de eje montado o que se encuentra dispuesto de forma adyacente con respecto a ésta, en particular un freno de fricción, se encuentra en un estado liberado o en un estado aplicación de freno.

45 En particular, una temperatura estimada de la caja de cojinete de eje montado que excede el valor límite de temperatura suministra una señal para un estado aplicado de un freno de fricción que se encuentra asignado a la caja de cojinete de eje montado o que es adyacente con respecto a la misma, y una temperatura estimada de la caja de cojinete de eje montado que se ubica por debajo del valor límite de temperatura suministra una señal para un estado liberado del freno de fricción que se encuentra asignado a la caja de cojinete de eje montado o que es adyacente con respecto a la misma.

50 Lo mencionado se basa en la experiencia de que al aplicar un freno de fricción, como por ejemplo uno de los frenos de disco asignado al eje de la caja de cojinete de eje montado, se produce calor por fricción. Este calor producido por la fricción se transmite entonces a la caja de cojinete de eje montado contigua por transferencia de calor, una conducción térmica a lo largo del eje y/o por convección.

Una temperatura relativamente baja de la caja de cojinete de eje montado indica por tanto no sólo un funcionamiento normal de la caja de cojinete de eje montado, sino también un estado liberado del freno de fricción contiguo. Por el

contrario, una temperatura relativamente elevada de la caja de cojinete de eje montado indica una caja de cojinete de eje montado sobrecalentada y/o un estado aplicado del freno de fricción contiguo a la respectiva caja de cojinete de eje montado.

5 Con la temperatura de la caja de cojinete de eje montado estimada mediante el método acorde a la invención pueden controlarse por tanto no sólo cajas de cojinete de eje montado, de ejes de vehículos ferroviarios con respecto a su estado térmico, sino también funcionamientos (aplicado o liberado) de los frenos de fricción del vehículo ferroviario que se encuentran dispuestos de forma contigua con respecto a la caja de cojinete de eje montado.

10 A través de las medidas mencionadas en las reivindicaciones dependientes son posibles ejecuciones y perfeccionamientos ventajosos de la invención.

De manera preferente, el método arriba descrito se perfecciona de manera que es adecuado para estimar la temperatura de una pluralidad de cajas de cojinete de eje montado, de ejes montados de un vehículo ferroviario, donde el método contiene los siguientes pasos:

15 - al menos a algunas de las caja de cojinete de eje montado se encuentra asignado respectivamente un modelo matemático para estimar respectivamente un valor para la temperatura de entorno del vehículo ferroviario en función de la velocidad del vehículo ferroviario como variable de entrada del respectivo modelo matemático, donde

20 - para mejorar la precisión de los modelos matemáticos asignados a por lo menos algunas de las cajas de cojinete de eje montado en cuanto a la respectiva estimación del valor para la temperatura de entorno del vehículo ferroviario se proporciona un elemento de corrección para cada uno de los modelos matemáticos, donde mediante dicho elemento el respectivo modelo matemático es calibrado o ajustado de manera continua, temporaria o cíclica en base a una comparación de la respectiva temperatura estimada con la temperatura de medición del respectivo componente distinto de la respectiva caja de cojinete de eje montado, y

25 - en base a los valores para la temperatura de entorno, estimados mediante los modelos matemáticos asignados por lo menos a algunas de las cajas de cojinete de eje montado, se conforma una temperatura de entorno resultante que se utiliza respectivamente como variable de entrada para los modelos matemáticos que se proporcionan para estimar el valor de la respectiva temperatura de la respectiva caja de cojinete de eje montado.

30 El modelo matemático para estimar la temperatura de entorno puede aplicarse en particular cuando deben controlarse una pluralidad de cajas de cojinete de eje montado. En el caso de vehículos ferroviarios con control de las cajas deben controlarse ciertamente todas las cajas de cojinete de eje montado. De este modo se encuentran presentes varios puntos de medición en los componentes distintos de las cajas de cojinete de eje montado, por ejemplo ocho por vagón y cuatro por bogie, el cual comprende dos ejes montados, compuestos respectivamente por dos engranajes y por un eje. En el caso de varios puntos de medición de este tipo se considera ventajoso que la estimación de la temperatura de entorno no sea influenciada en las cajas de cojinete de eje montado por una única caja caliente o por pocas cajas calientes. Asimismo, la sensibilidad con respecto a interferencias que afectan a la 35 térmica es menor, como por ejemplo en el caso de la irradiación solar.

40 Ya que la temperatura de entorno, como variable de entrada del modelo matemático para estimar la temperatura de la caja de cojinete de eje montado, no se mide más mediante un sensor de temperatura propio, sino a través del modelo matemático, puede prescindirse de un sensor de temperatura de esta clase. El modelo matemático se encuentra diseñado de manera que puede estimar la temperatura de entorno presente, para que se ajuste además la temperatura medida en el respectivo componente distinto a la respectiva caja de cojinete de eje montado en el caso de una caja de cojinete de eje montado que se encuentre sin perturbación térmica.

45 No obstante, en el caso de que una caja de cojinete de eje montado esté alterada térmicamente y por ejemplo se encuentre sobrecalentada, la temperatura más elevada de la caja de cojinete de eje montado que entre a formar parte del cálculo, alteraría el resultado de la estimación de la temperatura de entorno. Para impedir una alteración de este tipo, se conforma una temperatura de entorno resultante en base a los valores estimados para la temperatura de entorno, mediante los modelos matemáticos asignados, utilizando por lo menos algunas de las cajas de cojinete de eje montado, de manera que se reducen las alteraciones debido a cajas de cojinete de eje montado concretas eventualmente sobrecalentadas, o también cuando este sobrecalentamiento no se produzca en absoluto.

50 Para que una caja sobrecalentada en una de las cajas de cojinete de eje montado no conduzca a una estimación de una temperatura de entorno elevada a través del modelo matemático, sino a una temperatura de una caja de cojinete de eje montado elevada concreta, de manera correspondiente, se conforma un valor resultante a partir de las estimaciones individuales de la temperatura de entorno.

A modo de ejemplo, esto puede realizarse utilizando sólo las n temperaturas del entorno estimadas más reducidas, por ejemplo como valor promedio de las n temperaturas del entorno estimadas más reducidas. El valor resultante de la temperatura de entorno se emplea entonces como variable de entrada uniforme para los modelos matemáticos para la estimación de las temperaturas de las cajas de cojinete de eje montado por separado.

- 5 De este modo, el método es preciso de manera correspondiente y poco sensible con respecto a influencias perturbadoras. Esto es importante, ya que junto con la seguridad del método deben evitarse también activaciones erróneas.

10 Del modo antes indicado, el modelo matemático para estimar la temperatura de la caja de cojinete de eje montado y/o el modelo matemático para estimar la temperatura de entorno del vehículo ferroviario se basan respectivamente en una modelización de al menos algunos de los siguientes elementos: capacidades térmicas de los componentes del eje montado o de la caja de cojinete de eje montado, conducción térmica en componentes del eje montado o de la caja de cojinete de eje montado, resistencias térmicas de transferencia de calor entre componentes (1, 2, 4, 6) del eje o de la caja de cojinete de eje montado, así como transferencia de calor forzada, condicionada por convección forzada y libre, entre componentes del eje montado o de la caja de cojinete de eje montado, y del entorno.

15 Asimismo, en el modelo matemático para estimar la temperatura de la caja de cojinete de eje montado y/o en el modelo matemático para estimar la temperatura de entorno del vehículo ferroviario se realiza respectivamente una calibración básica o una parametrización básica, en base a la cual se adaptan los elementos de corrección para mejorar la precisión de los modelos matemáticos durante el funcionamiento del vehículo ferroviario. Expresado de otro modo, una calibración de entrada o básica de los modelos matemáticos, derivada de los parámetros del
20 vehículo, puede determinarse con la ayuda de simulaciones (por ejemplo elementos finitos) o efectuarse en base a datos de medición.

25 La presente invención hace referencia además a un dispositivo para ejecutar el método arriba descrito, donde se proporcionan un sensor de temperatura para medir la temperatura del componente del eje, el cual es distinto de la caja de cojinete de eje montado pero que indirecta o directamente se encuentra conectado de manera térmicamente conductora con la caja de cojinete de eje montado, así como un microordenador, en donde se implementa el modelo matemático para estimar la temperatura de la caja de cojinete de eje montado y/o el modelo matemático para estimar la temperatura de entorno del vehículo ferroviario.

30 De manera especialmente preferente, el sensor de temperatura se encuentra agrupado con un sensor de velocidad de un dispositivo antideslizamiento del vehículo ferroviario para conformar un sensor de combinación. De este modo no se originan gastos adicionales para el sensor de temperatura a través de la instalación del sensor y el cableado.

Además, el componente del eje montado, distinto de la caja de cojinete de eje montado, es una tapa de la caja de cojinete de eje montado que cubre al menos parcialmente la caja de cojinete de eje montado.

Otras medidas que perfeccionan la invención se representan en detalle a continuación mediante las figuras, junto con la descripción de un ejemplo de ejecución preferente de la invención. Los dibujos muestran:

35 Figura 1: una representación esquemática de una caja de cojinete de eje montado de un vehículo ferroviario con un sensor de temperatura;

Figura 2: un diagrama de circuito equivalente esquemático de un modelo matemático dentro del marco de un método para estimar la temperatura de la caja de cojinete de eje montado, de la caja de cojinete de eje montado de la figura 1, así como la temperatura de entorno del vehículo ferroviario;

40 Figura 3: un diagrama de bloques para representar un método para estimar la temperatura de la caja de cojinete de eje montado, de la caja de cojinete de eje montado de la figura 1;

Figura 4: un diagrama de bloques para representar un método para estimar la temperatura de entorno del vehículo ferroviario;

45 Figura 5: un diagrama de bloques para representar un método combinado para estimar las temperaturas de las cajas de cojinete de eje montado, de las cajas de cojinete de eje montado de un vehículo ferroviario, así como para estimar la temperatura de entorno del vehículo ferroviario;

Figura 6: un diagrama para representar perfiles de temperatura en un banco de pruebas.

Descripción del ejemplo de ejecución

En la figura 1 se muestra una representación esquemática de una caja de cojinete de eje montado 1 de un vehículo ferroviario, donde en un árbol o eje 2 del eje montado se encuentran dispuestos del lado del extremo dos engranajes que no se muestran aquí de forma explícita. En las proximidades de los engranajes se encuentra dispuesta respectivamente una caja de cojinete de eje montado 1 que soporta el eje 2 en un bogie que tampoco se encuentra representado. De manera preferente, la caja de cojinete de eje montado 1 consiste en una caja doble, es decir que se encuentran presentes dos cajas de cojinete de eje montado dispuestas una detrás de otra en dirección axial, por ejemplo en forma de dos rodamientos.

Las siguientes ejecuciones hacen referencia a un método y a un dispositivo para estimar la temperatura de la caja de cojinete de eje montado 1 mediante un modelo matemático. El modelo matemático para estimar la temperatura de la caja de cojinete de eje montado 1 se basa en una modelización de las capacidades térmicas de los componentes del eje montado, así como de la caja de cojinete de eje montado 1, de la conducción térmica en los componentes del eje montado o de la caja de cojinete de eje montado 1, de las resistencias térmicas en la transferencia de calor entre componentes del eje montado o de la caja de cojinete de eje montado 1, así como de la transferencia de calor forzada, condicionada por convección forzada y libre, entre componentes del eje montado o de la caja de cojinete de eje montado 1 en el entorno. La convección forzada está en función de la velocidad del vehículo ferroviario.

En la figura 2 se muestra un diagrama eléctrico de circuito equivalente del modelo matemático, donde éste presenta los siguientes elementos:

El eje 2 posee una capacidad térmica C_0 , donde una conducción térmica, simbolizada por la resistencia R_{01} , tiene lugar desde el eje hacia la caja de cojinete de eje montado 1 con la capacidad térmica C_1 , así como de forma inversa. Los anillos internos de la caja de cojinete de eje montado 1 diseñada preferentemente como rodamiento de rodillos se encuentran en una conexión directa de transmisión de calor con el eje 2. A modo de una simplificación, las dos cajas de cojinete de eje montado 1 que conforman un rodamiento doble presentan la capacidad térmica C_1 . Asimismo, la convección libre y forzada, es decir la transferencia de calor desde el eje 2 hacia el entorno se simboliza a través de las resistencias R_{0a} y R_{0b} . La convección forzada se efectúa debido a la velocidad de desplazamiento V_{train} del vehículo ferroviario. Se parte de la suposición de que el eje 2 presenta una temperatura T_0 .

Desde las cajas de cojinete de eje montado 1 con la capacidad térmica C_1 tiene lugar una conducción térmica hacia una carcasa 4 común de la caja de cojinete de eje montado 1, la cual presenta la capacidad térmica C_2 , así como hacia el eje 2 con la capacidad térmica C_0 mediante la resistencia R_{01} . Asimismo, tiene lugar una entrada de calor en la caja de cojinete de eje montado 1, donde dicha entrada depende de la velocidad V_{train} del vehículo ferroviario. Se parte de la suposición de que la caja de cojinete de eje montado 1 presenta una temperatura T_1 .

La conducción térmica desde la carcasa 4 de la caja de cojinete de eje montado 1 con la capacidad térmica C_2 hacia las cajas de cojinete de eje montado 1 (C_1) se simboliza a través de la resistencia R_{12} y la conducción térmica hacia la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6 con la capacidad térmica C_3 se simboliza a través de la resistencia R_{23} . Las resistencias R_{2a} y R_{2b} representan la convección libre y forzada, y con ello la transferencia de calor desde la carcasa 4 hacia el entorno, así como de forma inversa. Se parte de la suposición de que la carcasa 4 presenta una temperatura T_2 .

La convección libre y forzada que actúa en la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6 y, con ello, la transferencia de calor desde ésta hacia el entorno, se simbolizan a través de las resistencias R_{3a} y R_{3b} .

La carcasa 4 se encuentra en una conexión directa de transmisión de calor con los anillos de rodamiento externos de la caja de cojinete de eje montado 1 diseñada preferentemente como rodamiento de rodillos, así como también con la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6 del lado frontal. La conducción térmica entre la carcasa 4 y la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6 se efectúa mediante la resistencia R_{23} . La transferencia de calor entre el entorno con la temperatura de entorno T_{amb} y la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6, a través de convección libre y convección forzada debido a la velocidad de desplazamiento V_{train} , se representa a través de las resistencias de transferencia de calor R_{3a} y R_{3b} .

La tapa de la caja de cojinete de eje montado 6 rodea el extremo del eje 2 que resale un poco axialmente sobre la caja de cojinete de eje montado 1, donde se encuentra conformada una rueda polar 8 de un sensor de velocidad que aquí no se encuentra representado. El sensor de velocidad proporciona una señal de velocidad a un dispositivo antideslizamiento del vehículo ferroviario para poder frenar de manera controlada con respecto al deslizamiento.

En lugar de medir directamente la temperatura T_1 de la caja de cojinete de eje montado 1 se mide la temperatura T_3 de la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6 mediante un sensor de temperatura 10. Se proporciona además un sensor que no se encuentra representado, para medir de forma directa o indirecta la velocidad de desplazamiento V_{train} del vehículo ferroviario, así como un sensor que tampoco se encuentra representado, para medir la temperatura de entorno T_{amb} .

En el ejemplo de ejecución preferente del modelo matemático ($T_{\text{bearing,estimator}}$), mostrado en la figura 3 como diagrama de bloques, la temperatura T_3 de la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6 medida con el sensor de temperatura 8 se indica como T_{meas} . En la figura 3, además, la temperatura T_1 de la caja de cojinete de eje montado 1 a ser estimada con el modelo matemático $T_{\text{bearing,estimator}}$, se indica con el símbolo de referencia $T_{\text{B,est}}$. Por el contrario, la denominación de la temperatura de entorno T_{amb} , así como también la de la velocidad V_{train} del vehículo ferroviario, no se modifican.

El modelo matemático ($T_{\text{bearing,estimator}}$), debido a su estructuración, representada en la figura 2, es adecuado para estimar la temperatura $T_{\text{B,est}}$ de la caja de cojinete de eje montado 1 en función de la velocidad V_{train} y de la temperatura de entorno T_{amb} del vehículo ferroviario como variables de entrada.

De manera adicional, durante el funcionamiento, a través del sensor de temperatura 10 se mide como temperatura de medición la temperatura T_{meas} de la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6, la cual se encuentra conectada de manera térmicamente conductora con la carcasa 4 y con las cajas de cojinete de eje montado 1. Paralelamente con respecto a esto se estima la temperatura de la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6, también como temperatura estimada $T_{\text{meas,est}}$ con la ayuda del modelo matemático ($T_{\text{bearing,estimator}}$).

Para mejorar la precisión del modelo matemático ($T_{\text{bearing,estimator}}$) en cuanto a la estimación de la temperatura $T_{\text{B,est}}$ de la caja de cojinete de eje montado 1, el modelo matemático ($T_{\text{bearing,estimator}}$) presenta un elemento de corrección K_b , con el cual dicho modelo matemático es calibrado o ajustado de manera continua, en el tiempo o cíclicamente en base a una comparación de la temperatura de medición T_{meas} de la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6 con la temperatura estimada $T_{\text{meas,est}}$ de la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6.

Expresado de otro modo, tiene lugar una calibración propia o un ajuste propio del modelo matemático ($T_{\text{bearing,estimator}}$), el cual tiene como objetivo una estimación de la temperatura $T_{\text{B,est}}$ de la caja de cojinete de eje montado 1, a través de la medición y la estimación de la temperatura en un punto del eje montado, distinto de la caja de cojinete de eje montado 1, pero el cual se encuentra conectado termodinámicamente con la caja de cojinete de eje montado 1 a través de conducción térmica o de transferencia de calor. De manera preferente este punto es la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6, porque en ésta, debido al espacio requerido, un sensor de temperatura 10 puede colocarse con más facilidad que en la propia caja de cojinete de eje montado 1. Por otra parte, en la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6 se encuentra dispuesto el sensor de velocidad para la protección antideslizamiento que actúa junto con la rueda polar 8, de manera que ventajosamente el sensor de temperatura 10 puede agruparse con el sensor de velocidad para conformar un sensor de combinación.

Asimismo, en el modelo matemático ($T_{\text{bearing,estimator}}$) se realiza una calibración básica o una parametrización básica, en base a la cual se adaptan el elemento de corrección K_b o el factor de corrección K_b para mejorar la precisión del modelo matemático ($T_{\text{bearing,estimator}}$) durante el funcionamiento del vehículo ferroviario. La calibración de entrada o básica del modelo matemático ($T_{\text{bearing,estimator}}$) se deriva por ejemplo de los parámetros del vehículo, se determina con la ayuda de simulaciones (por ejemplo elementos finitos) o puede efectuarse en base a datos de medición.

De manera preferente, el método arriba descrito se perfecciona de manera que sea adecuado para estimar las temperaturas de una pluralidad de cajas de cojinete de eje montado 1 de ejes montados del vehículo ferroviario. Para ello a, al menos, algunas de las cajas de cojinete de eje montado 1, preferentemente a todas las cajas de cojinete de eje montado 1 del vehículo ferroviario, se asigna respectivamente un modelo matemático ($T_{\text{amb,estimator}}$) para estimar respectivamente un valor $T_{\text{amb,est}}$ para la temperatura de entorno del vehículo ferroviario en función de la velocidad V_{train} del vehículo ferroviario como variable de entrada del respectivo modelo matemático ($T_{\text{amb,estimator}}$). Un modelo matemático ($T_{\text{amb,estimator}}$) de este tipo se muestra en la figura 4 como un diagrama de bloques y, a modo de ejemplo, se combina con el modelo matemático ($T_{\text{bearing,estimator}}$) asignado a la respectiva caja de cojinete de eje montado 1.

Para mejorar la precisión del modelo matemático ($T_{\text{amb,estimator}}$) en cuanto a la respectiva estimación del valor T_{amb} para la temperatura de entorno del vehículo ferroviario, cada modelo matemático ($T_{\text{amb,estimator}}$) presenta un elemento de corrección K_a , con el cual el respectivo modelo matemático es calibrado o ajustado de manera continua, temporaria o cíclica en base a una comparación de la respectiva temperatura estimada $T_{\text{meas,est}}$ con la respectiva temperatura de medición T_{meas} de la respectiva caja de cojinete de eje montado 1. De este modo tiene lugar un ajuste de los modelos matemáticos ($T_{\text{amb,estimator}}$) para estimar la temperatura de entorno T_{amb} , así como en el modelo matemático ($T_{\text{bearing,estimator}}$) mostrado en la figura 3.

Un modelo matemático ($T_{\text{amb,estimator}}$) de este tipo, que posee la estructura mostrada en la figura 2, se encuentra por tanto diseñado de manera que puede estimarse una temperatura de entorno T_{amb} que se encuentra presente, para que se ajuste la temperatura medida T_{meas} en la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6 en el caso de una caja de cojinete de eje montado 1 sin perturbación térmica. Sin embargo, en el caso de que una o una pluralidad de cajas de cojinete de eje montado 1 tengan perturbaciones térmicas y por ejemplo estén sobrecalentadas, las

temperaturas más elevadas de las respectivas cajas de cojinete de eje montado 1 que entran en el cálculo del modelo matemático ($T_{amb\text{estimator}}$) alterarían el resultado de la estimación para la temperatura de entorno T_{amb} .

Para impedir esto, de manera preferente, del modo que se muestra en la figura 5, en base a los valores estimados $T_{amb,1} \dots T_{amb,n}$ para la temperatura de entorno mediante los modelos matemáticos $T_{amb\text{estimator},1} \dots T_{amb\text{estimator},n}$ asignados a las cajas de cojinete de eje montado 1...n se conforma una temperatura de entorno resultante $T_{amb,res}$ para la temperatura de entorno, la cual se utiliza respectivamente como variable de entrada para los modelos matemáticos $T_{bearing,estimator,1} \dots T_{bearing,estimator,n}$, los cuales se emplean para estimar el valor $T_{B,est,1} \dots T_{B,est,n}$ de la respectiva temperatura de la concreta caja de cojinete de eje montado 1. De este modo pueden determinarse alteraciones del resultado de medición para la temperatura de entorno T_{amb} a través de cajas de cojinete de eje montado 1 sobrecalentadas. Para que una caja caliente en una de las cajas de cojinete de eje montado 1 no conduzca a una estimación de una temperatura de entorno elevada a través del respectivo modelo matemático ($T_{amb\text{estimator}}$), sino a una temperatura de la caja de cojinete de eje montado $T_{b,est}$ elevada de manera correspondiente, se conforma un valor resultante a partir de las estimaciones individuales, de cada caja, de la temperatura de entorno T_{amb} .

A modo de ejemplo, esto puede realizarse utilizando sólo las n temperaturas del entorno estimadas T_{amb} más reducidas, por ejemplo como valor promedio de las n temperaturas del entorno estimadas T_{amb} más reducidas. El valor resultante de la temperatura de entorno $T_{amb,res}$ es utilizado como variable de entrada uniforme para los modelos matemáticos de $T_{amb\text{estimator},1}$ a $T_{amb\text{estimator},n}$ para estimar las temperaturas $T_{bearing,1}$ a $T_{bearing,n}$ de la respectiva caja de cojinete de eje montado 1.

En la figura 6 se representa un diagrama de temperatura-tiempo como resultado de un ensayo en un banco de prueba de una caja de cojinete de eje montado, en donde se verificó el modelo matemático ($T_{bearing\text{estimator}}$) de la figura 2 y de la figura 3. No obstante, sólo para el caso del banco de prueba de la caja de cojinete de eje montado, se utilizó para ello un sensor de temperatura que se dispuso directamente en la zona de carga de la caja de cojinete de eje montado 1, mediante el cual en función del tiempo fue medida la temperatura allí dominante directamente como $T_{B,meas}$. El perfil de la temperatura medida directamente en la caja de cojinete de eje montado 1 se muestra en la figura 6 en la línea de puntos (•••). Con la línea continua (-) se muestra el perfil de la temperatura $T_{B,est}$ estimada mediante el modelo matemático ($T_{bearing\text{estimator}}$) de la figura 2 y la figura 3, y con la línea discontinua (---) se indica la temperatura T_{meas} medida en la tapa de la caja de cojinete de eje montado 6. En el modelo matemático ($T_{bearing\text{estimator}}$) se consideraron también la temperatura de entorno T_{amb} medida aquí de forma preferente, así como una velocidad de desplazamiento V_{train} del vehículo ferroviario simulada a través de ventiladores. La comparación entre la temperatura $T_{B,est}$ (línea continua) estimada con el modelo matemático $T_{bearing\text{estimator}}$ y la temperatura medida $T_{B,meas}$ (línea de puntos) muestra una buena correspondencia y sólo pequeñas desviaciones.

La estimación de la temperatura se utiliza para detectar cajas sobrecalentadas (detección de sobrecalentamiento), comparando aproximadamente el valor de temperatura estimado $T_{B,est}$ con un valor límite de temperatura, donde si el valor de temperatura estimado $T_{B,est}$ excede el valor límite de temperatura se genera una señal para una caja de cojinete de eje montado 1 sobrecalentada y si el valor de temperatura estimado $T_{B,est}$ se ubica por debajo del valor límite de temperatura se genera una señal para un funcionamiento no perturbado térmicamente de la respectiva caja de cojinete de eje montado 1.

De manera adicional o alternativa, la temperatura $T_{B,est}$ de la caja de cojinete de eje montado 1 del eje montado del vehículo ferroviario, estimada a través del método acorde a la invención, se utiliza para realizar una comparación con el valor límite de temperatura, para poder evaluar si un dispositivo de frenado (el cual no se representa aquí) que está asignado a la caja de cojinete de eje montado 1 o que se encuentra dispuesto de forma adyacente con respecto a ésta, en particular un freno de disco, se encuentra en un estado liberado o en un estado de aplicación de frenado.

De este modo, una temperatura estimada $T_{B,est}$ de la caja de cojinete de eje montado 1 que excede el valor límite de temperatura, suministra una señal para un estado aplicado de un freno de fricción que se encuentra asignado a la caja de cojinete de eje montado 1 o que es adyacente con respecto a la misma, y una temperatura estimada $T_{B,est}$ de la caja de cojinete de eje montado que se ubica por debajo del valor límite de temperatura suministra una señal para un estado liberado del freno de fricción que se encuentra asignado a la caja de cojinete de eje montado 1 o que es adyacente con respecto a la misma.

Esto se basa en el empirismo de que al aplicar un freno de fricción se produce calor por fricción. Este calor producido por la fricción se transmite entonces a la caja de cojinete de eje montado 1 contigua por transferencia de calor, conducción térmica a lo largo del eje 2 y/o por convección.

Una temperatura estimada $T_{B,est}$ relativamente baja de la caja de cojinete de eje montado indica por tanto no sólo un funcionamiento normal de la caja de cojinete de eje montado 1, sino también un estado liberado del freno de fricción contiguo. Por el contrario, una temperatura estimada $T_{B,est}$ relativamente elevada de la caja de cojinete de eje

montado indica una caja de cojinete de eje montado 1 sobrecalentada y/o un estado aplicado del freno de fricción contiguo a la respectiva caja de cojinete de eje montado 1.

5 Con la temperatura $T_{B,est}$ de la caja de cojinete de eje montado estimada mediante el método acorde a la invención pueden controlarse por tanto también funcionamientos (aplicado o liberado) de los frenos de fricción del vehículo ferroviario que se encuentran dispuestos de forma contigua con respecto a la caja de cojinete de eje montado 1.

Lista de referencias

- 1 Caja de cojinete de eje montado
- 2 Eje
- 4 Carcasa
- 10 6 Tapa de la caja de cojinete de eje montado
- 8 Rueda polar
- 10 Sensor de temperatura

REIVINDICACIONES

1. Método para estimar la temperatura ($T_{B,est}$) de una caja de cojinete de eje montado (1) de un eje montado de un vehículo ferroviario mediante un modelo matemático ($T_{bearingestimator}$), donde

5 - el modelo matemático ($T_{bearingestimator}$) se encuentra diseñado para estimar la temperatura ($T_{B,est}$) de la respectiva caja de cojinete de eje montado (1) en función de la velocidad (V_{train}) y de la temperatura de entorno (T_{amb}) del vehículo ferroviario como variables de entrada del modelo matemático ($T_{bearingestimator}$), y adicionalmente

- la temperatura de un componente (6) del eje montado, el cual es distinto de la caja de cojinete de eje montado (1) pero que indirecta o directamente se encuentra conectado de forma térmicamente conductora con la caja de cojinete de eje montado (1), es medida durante el funcionamiento como temperatura de medición (T_{meas}),

10 - la temperatura del componente (6) distinto de la caja de cojinete de eje montado (1) es estimada con la ayuda del modelo matemático ($T_{bearingestimator}$) como temperatura estimada ($T_{meas,est}$),

15 - para mejorar la precisión del modelo matemático ($T_{bearingestimator}$) en cuanto a la estimación de la temperatura ($T_{B,est}$) de la caja de cojinete de eje montado (1), el modelo matemático ($T_{bearingestimator}$) presenta un elemento de corrección (K_b), con el cual dicho modelo matemático es calibrado o ajustado de manera continua, en el tiempo o cíclicamente en base a una comparación de la temperatura de medición (T_{meas}) con la temperatura estimada ($T_{meas,est}$).

2. Método para estimar las temperaturas de una pluralidad de cajas de cojinete de eje montado de ejes montados de un vehículo ferroviario según la reivindicación 1, caracterizado porque

20 - al menos, a algunas de las cajas de cojinete de eje montado (1...n) se encuentra asignado respectivamente un modelo matemático ($T_{ambestimator,1}... T_{ambestimator,n}$) para en función de la velocidad (V_{train}) del vehículo ferroviario, como variable de entrada del respectivo modelo matemático ($T_{ambestimator,1}... T_{ambestimator,n}$), respectivamente estimar un valor ($T_{amb,1}... T_{amb,n}$) para la temperatura de entorno del vehículo ferroviario, donde

25 - para mejorar la precisión de los modelos matemáticos ($T_{ambestimator,1}... T_{ambestimator,n}$) asignados a por lo menos algunas de las cajas de cojinete de eje montado (1...n), en cuanto a la respectiva estimación del valor ($T_{amb,1} ... T_{amb,n}$) para la temperatura de entorno del vehículo ferroviario se proporciona para cada uno de los modelos matemáticos ($T_{ambestimator,1}... T_{ambestimator,n}$) un elemento de corrección ($K_{a,1}...K_{a,n}$) mediante el cual el respectivo modelo matemático ($T_{ambestimator,1}... T_{ambestimator,n}$) es calibrado o ajustado de manera continua, en el tiempo o cíclicamente en base a una comparación de la respectiva temperatura estimada ($T_{meas,est,1} ... T_{meas,est,n}$) con la respectiva temperatura de medición ($T_{meas,1}...T_{meas,n}$) del respectivo componente (6) distinto de la respectiva caja de cojinete de eje montado (1 ... n), y

30 - porque una temperatura de entorno resultante ($T_{amb,res}$) se conforma a partir de los valores ($T_{amb,1}...T_{amb,n}$) para la temperatura de entorno que es estimada en base a los modelos matemáticos ($T_{ambestimator,1}... T_{ambestimator, n}$) asignados a por lo menos algunas de las cajas de cojinete de eje montado (1...n), donde dicha temperatura de entorno es usada respectivamente como variable de entrada para los modelos matemáticos ($T_{bearingestimator,1}...T_{bearingestimator,n}$), los cuales se proporcionan para estimar el valor ($T_{B,est,1}... T_{B,est,n}$) de la respectiva temperatura de la caja de cojinete de eje montado (1...n).

3. Método según la reivindicación 2, caracterizado porque la temperatura de entorno resultante ($T_{amb,res}$) es calculada mediante la formación de valores promedio o medianas de las n temperaturas del entorno estimadas más bajas (T_{amb}) a partir de los valores ($T_{amb,1} ... T_{amb,n}$) para la temperatura de entorno que son estimados en base a los modelos matemáticos ($T_{ambestimator,1}... T_{ambestimator,n}$) asignados a por lo menos algunas de las cajas de cojinete de eje montado (1...n).

4. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el modelo matemático ($T_{bearingestimator}$) para estimar la temperatura de la caja de cojinete de eje montado (1) y/o el modelo matemático ($T_{ambestimator,1}... T_{ambestimator,n}$) para estimar la temperatura de entorno (T_{amb}) del vehículo ferroviario se basa en una modelización de, al menos, algunos de los siguientes elementos:

45 las capacidades térmicas de los componentes (1, 2, 4, 6) del eje montado o de la caja de cojinete de eje montado, la conducción térmica en los componentes (1, 2, 4, 6) del eje montado o de la caja de cojinete de eje montado, las resistencias térmicas de transferencia de calor entre los componentes (1, 2, 4, 6) del eje montado o de la caja de cojinete de eje montado, así como transferencia de calor forzada, condicionada por convección forzada y libre, entre componentes (1, 2, 4, 6) del eje montado o de la caja de cojinete de eje montado y del entorno.

5. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en el modelo matemático ($T_{\text{bearing estimator}}$) para estimar la temperatura de la caja de cojinete de eje montado (1) y/o en el modelo matemático ($T_{\text{amb estimator}}$) para estimar la temperatura de entorno (T_{amb}) del vehículo ferroviario se realiza respectivamente una calibración básica o una parametrización básica, en base a la cual se adaptan los elementos de corrección (K_a , K_b) para mejorar la precisión de los modelos matemáticos ($T_{\text{bearing estimator}}$, $T_{\text{amb estimator}}$) durante el funcionamiento del vehículo ferroviario.
6. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en el caso de una temperatura estimada ($T_{B,est}$) de la caja de cojinete de eje montado (1) que excede un valor límite de temperatura se suministra una señal para un estado aplicado de al menos de al menos un freno de fricción que se encuentra asignado a la caja de cojinete de eje montado (1) o que es adyacente con respecto a la misma, y en el caso de una temperatura estimada ($T_{B,est}$) de la caja de cojinete de eje montado (1) que se ubica por debajo un valor límite de temperatura se suministra una señal para un estado liberado del freno de fricción que se encuentra asignado a la caja de cojinete de eje montado (1) o que es adyacente con respecto a la misma.
7. Método según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque en el caso de una temperatura estimada ($T_{B,est}$) de la caja de cojinete de eje montado (1) que excede un valor límite de temperatura se suministra una señal para una caja de cojinete de eje montado (1) sobrecalentada y en el caso de una temperatura estimada ($T_{B,est}$) de la caja de cojinete de eje montado (1) que se ubica por debajo de un valor límite de temperatura se suministra una señal para un funcionamiento sin perturbación térmica de la caja de cojinete de eje montado (1).
8. Dispositivo para estimar la temperatura ($T_{B,est}$) de una caja de cojinete de eje montado (1) de un eje montado de un vehículo ferroviario mediante un modelo matemático ($T_{\text{bearing estimator}}$), donde
- se proporciona un sensor de temperatura (10) para medir la temperatura de un componente (6) del eje montado, el cual es distinto de la caja de cojinete de eje montado (1) pero que indirecta o directamente se encuentra conectado de manera térmicamente conductora con la caja de cojinete de eje montado (1), así como
 - un microordenador, en donde se implementa el modelo matemático ($T_{\text{bearing estimator}}$) para estimar la temperatura ($T_{B,est}$) de la respectiva caja de cojinete de eje montado (1) en función de la velocidad (V_{train}) y de la temperatura de entorno (T_{amb}) del vehículo ferroviario como variables de entrada del modelo matemático ($T_{\text{bearing estimator}}$), y adicionalmente
 - la temperatura del componente (6) del eje montado, que es distinto de la caja de cojinete de eje montado (1) pero que indirecta o directamente se encuentra conectado con la caja de cojinete de eje montado (1) de manera térmicamente conductora, es medida por el sensor de temperatura (10) durante el funcionamiento como temperatura de medición (T_{meas}),
 - la temperatura del componente (6) distinto de la caja de cojinete de eje montado (1) es estimada con la ayuda del modelo matemático ($T_{\text{bearing estimator}}$) como temperatura estimada ($T_{\text{meas,est}}$),
 - para mejorar la precisión del modelo matemático ($T_{\text{bearing estimator}}$) en cuanto a la estimación de la temperatura ($T_{B,est}$) de la caja de cojinete de eje montado (1), el modelo matemático ($T_{\text{bearing estimator}}$) presenta un elemento de corrección (K_b), con el cual dicho modelo matemático es calibrado o ajustado de manera continua, en el tiempo o cíclicamente en base a una comparación de la temperatura de medición (T_{meas}) con la temperatura estimada ($T_{\text{meas,est}}$).
9. Dispositivo según la reivindicación 8, caracterizado porque el sensor de temperatura (10) se encuentra agrupado con un sensor de velocidad de un dispositivo antideslizamiento del vehículo ferroviario para conformar un sensor de combinación.
10. Dispositivo según la reivindicación 8 ó 9, caracterizado porque el componente (6) del eje montado, distinto de la caja de cojinete de eje montado (1), es una tapa de la caja de cojinete de eje montado (6) que cubre al menos parcialmente la caja de cojinete de eje montado (1).

45

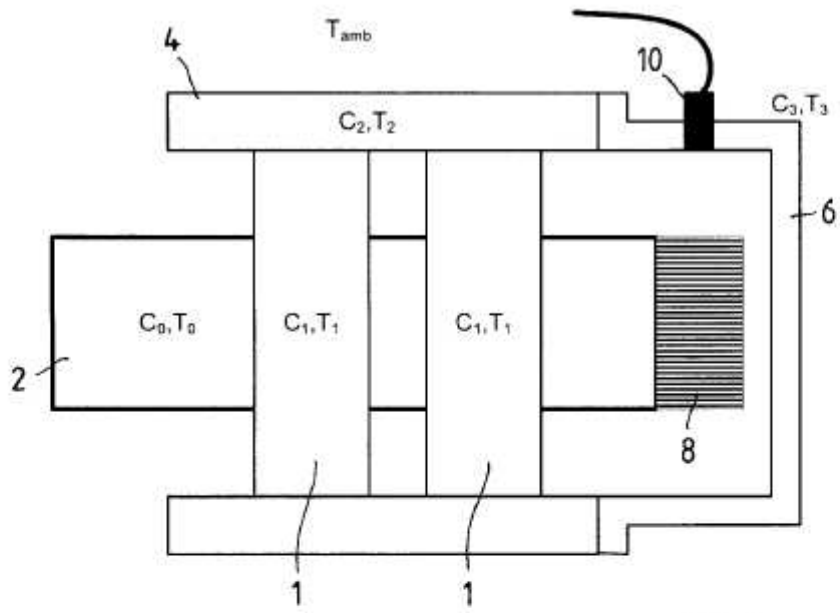


Fig. 1

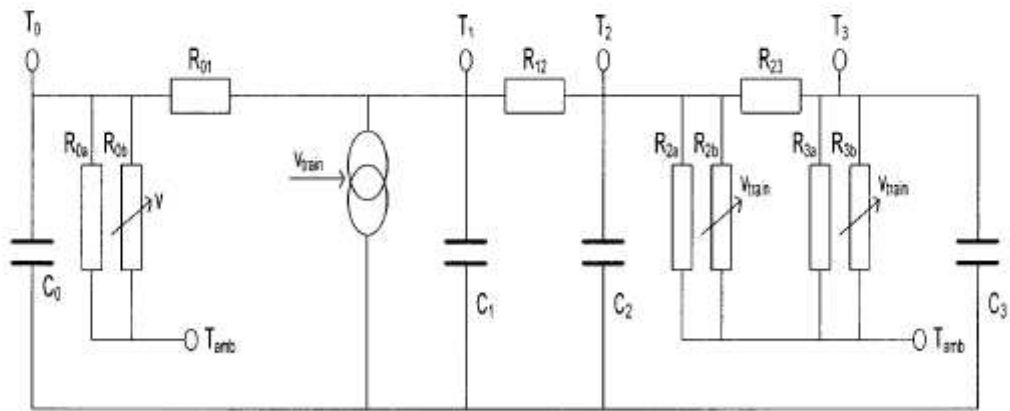


Fig. 2

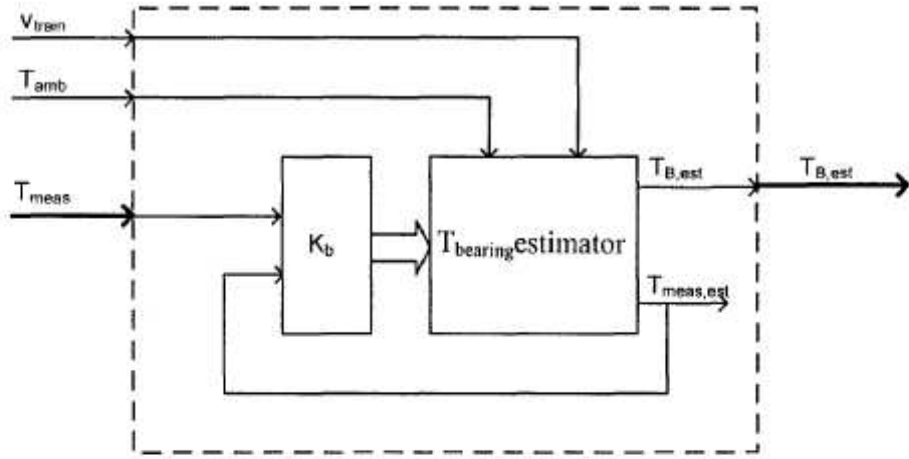


Fig.3

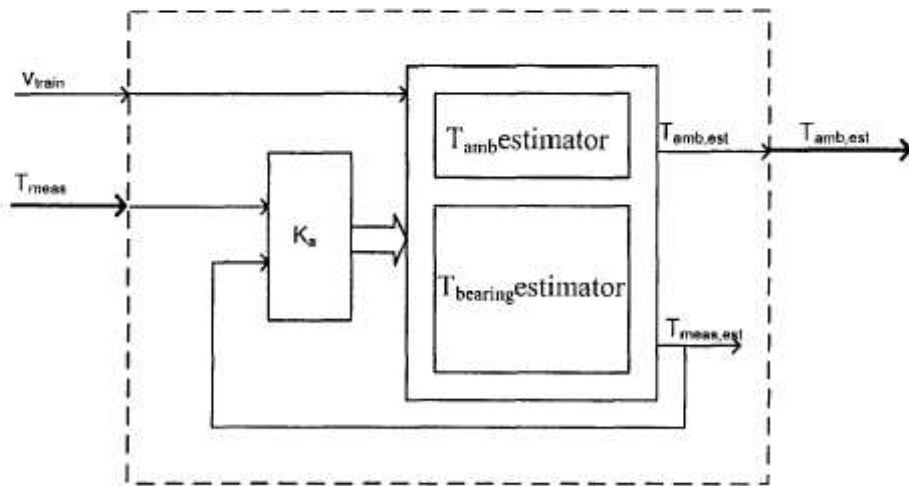


Fig.4

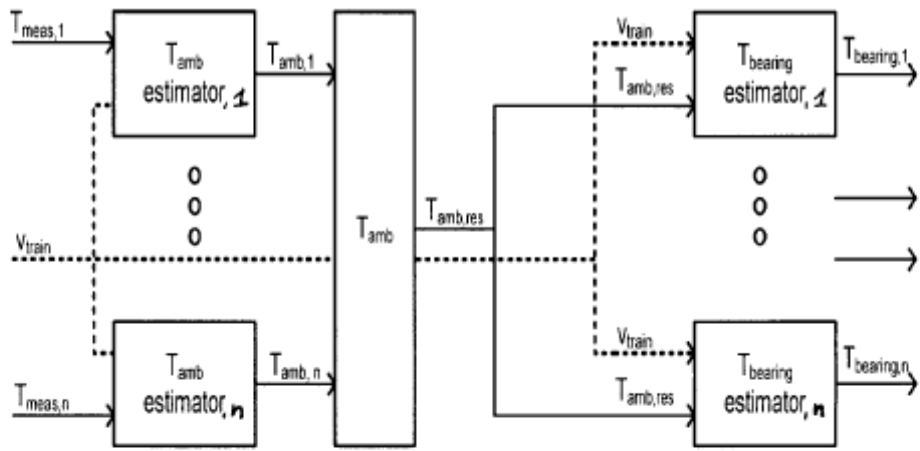


Fig.5

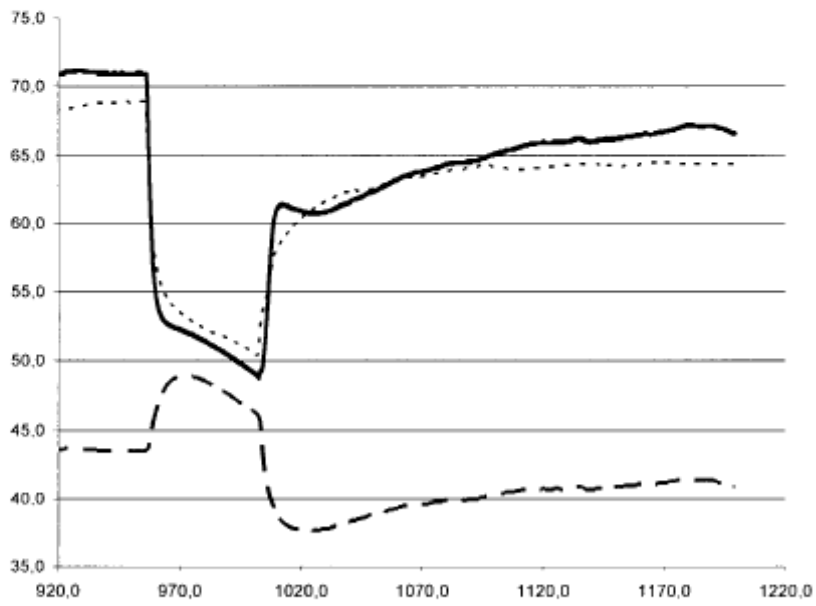


Fig.6