

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 976 183**

51 Int. Cl.:

A47J 36/32 (2006.01)

A47J 43/07 (2006.01)

A47J 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2019 E 19166082 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2024 EP 3714747**

54 Título: **Robot de cocina con detección de punto de ebullición**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.07.2024

73 Titular/es:
VORWERK & CO. INTERHOLDING GMBH
(100.0%)
Mühlenweg 17-37
42270 Wuppertal, DE

72 Inventor/es:
MOSEBACH, ANDREJ;
YAN, WENJIE;
TIETZ, SEBASTIAN;
KRAUT-RHEINKOBER, STEFAN y
SICKERT, MICHAEL

74 Agente/Representante:
VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 976 183 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

Robot de cocina con detección de punto de ebullición

5 La invención se refiere a un robot de cocina para preparar un alimento en una olla. El robot de cocina comprende la olla, un elemento calefactor para calentar la olla o un alimento en la olla y un sensor de temperatura para determinar la temperatura de la olla o de un alimento en la olla. Además, la invención se refiere a un procedimiento.

10 A la hora de preparar un alimento, el estado de ebullición es de especial importancia. Por ejemplo, la calidad del resultado de la cocción puede verse afectada si un alimento se cocina por encima del punto de ebullición durante demasiado tiempo. En el caso de un fogón, por los documentos US9675199 y US8791399 se conoce cómo detectar la ebullición del agua mediante un micrófono y un análisis de la señal del micrófono. En el caso del sistema Senseboil® de AEG se utiliza un sensor de aceleración para ello. Sin embargo, en este sentido se trata de un fogón y no de un robot de cocina. El documento DE-A-10 2013 106691 desvela un robot de cocina de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

20 Un robot de cocina para preparar un alimento en una olla del robot de cocina normalmente presenta un elemento calefactor y un sensor de temperatura. Además, generalmente se proporciona una herramienta mezcladora para mezclar y/o picar los alimentos en la olla. La adición de sensores o componentes adicionales para funciones adicionales especiales generalmente aumenta el esfuerzo de fabricación. Es un objetivo de la invención proporcionar un robot de cocina perfeccionado. Para solucionar el objetivo sirven un robot de cocina de acuerdo con la reivindicación principal, así como un procedimiento de acuerdo con la reivindicación dependiente. Unas formas de realización ventajosas resultan de las reivindicaciones subordinadas.

25 El objetivo se soluciona un robot de cocina para preparar una comida en un recipiente de preparación de comida. El robot de cocina comprende la olla, un elemento calefactor para calentar la olla o un alimento en la olla y un sensor de temperatura para determinar la temperatura de la olla o de un alimento en la olla. De acuerdo con la invención, el robot de cocina presenta un equipo de monitorización que está configurado de manera que el equipo de monitorización puede detectar una superación del punto de ebullición de un alimento en la olla basándose en un valor de medición de temperatura del sensor de temperatura y un valor de medición eléctrico que depende del suministro de energía al elemento calefactor. De este modo se puede fabricar un robot de cocina con detección del punto de ebullición con un coste de fabricación especialmente reducido. No se requieren sensores o componentes adicionales que normalmente no están previstos en un robot de cocina con un elemento calefactor y un sensor de temperatura.

35 Un robot de cocina se diferencia de un fogón u otro electrodoméstico de la cocina en que un robot de cocina comprende su propia olla. Además, un robot de cocina implica la presencia de una herramienta del robot de cocina para procesar un alimento en la olla, por ejemplo, para mezclar y/o picar.

40 En particular, el sensor de temperatura y/o el elemento calefactor están fijados directamente a la olla, es decir, existe un contacto directo. En el caso del elemento calefactor, la olla se puede calentar de forma especialmente eficaz. En el caso del sensor de temperatura se puede determinar, es decir, calcular de forma especialmente fiable una temperatura de la olla o del alimento contenido en la olla, a partir del valor de medición de la temperatura.

45 El valor de medición de temperatura y/o el valor de medición eléctrico se proporcionan en un intervalo de tiempo definido y/o constante. El valor de medición eléctrico describe la potencia eléctrica o la intensidad de corriente de la energía eléctrica que se suministra al elemento calefactor y/o se consume por el elemento calefactor para calentar. El equipo de control controla el suministro de energía al elemento calefactor y/o proporciona el valor de medición eléctrico. El valor de medición de temperatura y/o el valor de medición eléctrico puede ser una señal analógica o digital, que preferentemente ha sido sometida a un procesamiento de señales. El intervalo de tiempo resulta de una tasa de muestreo del sensor de temperatura y/o de una frecuencia de trabajo del equipo de control. Una tasa de muestreo del sensor de temperatura es preferentemente igual a una frecuencia de trabajo del equipo de control.

50 Detectar el exceso del punto de ebullición de un alimento proporciona una indicación de que se ha superado el punto de ebullición en el momento de la detección, después del cual no se había alcanzado previamente todavía el punto de ebullición. Por alimento se entiende un alimento al menos parcialmente líquido. Cuando se ha superado el punto de ebullición, los componentes líquidos del alimento se evaporan.

60 Como es bien sabido, punto de ebullición significa que a partir del punto de ebullición se produce un cambio, por ejemplo, de una fase líquida a una fase de vapor. En un robot de cocina el punto de ebullición suele ser el punto de ebullición normal, es decir, el punto de ebullición es de aproximadamente 1 bar. El punto de ebullición del agua ronda los 100 °C.

65 El equipo de control puede detectar una superación del punto de ebullición de un alimento en la olla basándose en el valor de medición de la temperatura y el valor de medición eléctrico, es decir, el valor de medición de la temperatura y el valor de medición eléctrico son variables de entrada para el equipo de control.

En una forma de realización, el equipo de monitorización determina a partir del valor de medición de temperatura y del valor de medición eléctrico un valor de variable de perturbación que está correlacionado con una pérdida de calor. La pérdida de calor, de la que depende el valor de variable de perturbación, se produce mediante una ebullición de un alimento en la olla, es decir, cuando se supera un punto de ebullición. Por lo tanto, la monitorización del punto de ebullición se puede realizar basándose en un valor calculado y el robot de cocina se puede proporcionar con poco esfuerzo de fabricación. La pérdida de calor significa que se suministra energía para calentar, pero no se calienta o no se calienta adecuadamente debido a una transformación de fase.

Mientras ningún componente líquido del alimento hierva durante la preparación de los alimentos, no hay pérdida de calor debido a la ebullición y el valor de variable de perturbación es cero. Cuando la temperatura de un componente líquido del alimento alcanza el punto de ebullición (es decir, la temperatura de ebullición), la potencia calorífica del elemento calefactor, que luego se suministra a la olla o al alimento mediante el elemento calefactor, se elimina nuevamente mediante la ebullición. En principio puede ocurrir que, tras superarse el punto de ebullición, debido a la ebullición se pierda de nuevo toda la potencia calorífica del elemento calefactor suministrada adicionalmente. La potencia calorífica suministrada se utiliza o consume entonces básicamente en su totalidad para la transformación de una fase líquida en una fase de vapor de un componente líquido del alimento.

La potencia calorífica eliminada por ebullición es la pérdida de calor con la que está correlacionado el valor de variable de perturbación. Como resultado, una vez superado el punto de ebullición, el valor de variable de perturbación adquiere un valor distinto de cero. En lo sucesivo, un cambio en el valor de variable de perturbación desde cero debido a la pérdida de calor por ebullición se denomina aumento. Dependiendo del procesamiento de la señal y de los multiplicadores seleccionados y su signo, el aumento y la superación de un punto de ebullición pueden dirigirse tanto en la dirección de valores positivos crecientes como en la dirección opuesta de una escala de valores.

En una forma de realización, el equipo de monitorización o una unidad de monitorización del equipo de monitorización controla el valor de variable de perturbación para detectar si se ha superado el punto de ebullición de un alimento en la olla. Así, se puede fabricar un robot de cocina con muy poco esfuerzo. En particular, la monitorización se realiza a través de un valor umbral, de modo que cuando el valor de variable de perturbación alcanza el valor umbral se detecta una superación del punto de ebullición.

En una forma de realización, el valor de variable de perturbación es idealmente cero si no se excede el punto de ebullición. El suministro de calor a través del elemento calefactor conduce entonces a una temperatura que se produce aproximadamente cuando no hay pérdida de calor por ebullición. Idealmente significa que los errores resultantes de influencias externas y otras desviaciones entre la teoría y la práctica se excluyeron de esta consideración o se tuvieron en cuenta mediante parámetros sin errores.

En una forma de realización, el equipo de monitorización utiliza un algoritmo o un sistema de ecuaciones para mapear un sistema térmico en el que el suministro de calor a través del elemento calefactor conduce a un aumento de la temperatura menos el valor de variable de perturbación. De este modo es posible detectar el punto de ebullición con poco esfuerzo. El suministro de calor a través del elemento calefactor se describe mediante el valor de medición eléctrico que depende de un suministro de energía al elemento calefactor. El aumento de temperatura corresponde a un cambio que se puede determinar a partir de dos valores de medición de temperatura consecutivos en el tiempo, en particular mediante sustracción.

Las variables de entrada se pueden ingresar en el sistema de ecuaciones o el algoritmo y se puede obtener al menos una variable de salida en función de las variables de entrada. Las variables de entrada son variables que se reemplazan con valores numéricos durante el uso. Utilizando el sistema de ecuaciones o el algoritmo se obtiene un valor numérico para la variable de salida en base a los valores numéricos de las variables de entrada. En un diseño, el sistema de ecuaciones o el algoritmo comprende una pluralidad de coeficientes. Preferentemente, todas o la mayoría de las variables de entrada están vinculadas por multiplicación a su propio coeficiente. Preferentemente existen otros coeficientes que están vinculados por multiplicación a una diferencia formada entre dos variables de entrada. En particular, los coeficientes son parámetros del sistema para una conductividad térmica, una transferencia de calor, una capacidad calorífica específica, una dimensión de superficie, por ejemplo, del fondo de la olla y/o un volumen, por ejemplo, de un espacio definido por la olla. Preferentemente, los coeficientes están firmemente definidos y ya no se modifican durante el uso. En un diseño está previsto al menos un coeficiente que se puede adaptar a un proceso de cocción.

El sistema térmico está definido en particular de manera que una potencia calorífica suministrada por el elemento calefactor conduce a un aumento de la temperatura de la olla y/o del alimento contenido en la olla. Las influencias externas se tienen en cuenta en el sistema mediante parámetros o se excluyen de la consideración. Las influencias externas incluyen, por ejemplo, una pérdida de calor debido a un ambiente más frío o una adición de calor al suministrar un ingrediente ya calentado a la olla.

En una forma de realización, el algoritmo o sistema de ecuaciones se aplica en ciclos consecutivos en el tiempo. Esto permite el uso de variables de salida de un ciclo actual como variables de entrada para un ciclo siguiente. De esta manera se puede reducir el esfuerzo necesario para dotar a un robot de cocina de una detección del punto de

ebullición. En particular, el intervalo de tiempo entre dos ciclos corresponde al intervalo de tiempo mencionado anteriormente.

5 En una forma de realización, el valor de medición de temperatura de un ciclo actual y el valor de medición eléctrico de un ciclo actual, así como un valor de variable de perturbación que se determinó en el ciclo anterior usando el algoritmo o el sistema de ecuaciones, se emplea como variables de entrada para determinar la valor de variable de perturbación que se monitoriza en el ciclo actual para detectar una superación del punto de ebullición de un alimento en la olla, en particular mediante la unidad de monitorización. De este modo es posible detectar el punto de ebullición con poco esfuerzo. En particular, el valor de variable de perturbación que se monitoriza en el ciclo actual y el valor de variable de perturbación que se ha determinado en el ciclo anterior se han calculado mediante el mismo algoritmo o el mismo sistema de ecuaciones.

15 En una forma de realización, el equipo de monitorización comprende una unidad de determinación del valor de predicción que determina un valor de variable de perturbación de predicción, un valor de medición de temperatura de predicción, un valor de temperatura de olla de predicción y/o un valor de temperatura de alimento de predicción como variables de salida de predicción. Al prever varias variables de salida de predicción, el sistema se puede mapear de manera mejorada y se puede obtener un robot de cocina con poco esfuerzo de fabricación. En particular, el valor de variable de perturbación de predicción del siguiente ciclo se establece igual a el valor de variable de perturbación de predicción del ciclo actual, es decir, $\check{s}^P(k+1) = \check{s}(k)$. En particular, el valor de medición de temperatura de predicción $\check{T}_{NTC}^P(k+1)$ del siguiente ciclo k+1 se determina basándose en el valor de medición eléctrico u(k) del ciclo actual k y/o en variables de entrada solo del ciclo actual k. Las variables de entrada son preferentemente un valor de medición de temperatura de estimación $\check{T}_{NTC}(k)$ y/o una diferencia $\check{T}_{SUR}(k) - \check{T}_{NTC}(k)$ de un valor de temperatura de olla de estimación $\check{T}_{SUR}(k)$ y el valor de medición de temperatura de estimación $\check{T}_{NTC}(k)$.

25 En una forma de realización el equipo de monitorización comprende una unidad de determinación del valor de corrección que determina un valor de variable de perturbación de corrección ($\check{s}^K(k+1)$), un valor de medición de temperatura de corrección ($\check{T}_{NTC}^K(k+1)$), un valor de temperatura de olla de corrección ($\check{T}_{SUR}^K(k+1)$) y/o un valor de temperatura de alimento de corrección ($\check{T}_{MED}^K(k+1)$) como variables de salida de corrección. Mediante unidad de determinación del valor de corrección se utiliza un valor de variable de perturbación $\check{s}(k+1)$ adaptada a las condiciones reales del sistema para la monitorización y se obtiene una detección del punto de ebullición con poco esfuerzo. En particular, el valor de variable de perturbación de corrección del siguiente ciclo y/o todas las variables de salida de corrección del siguiente ciclo k+1 se determinan basándose en el valor de medición de temperatura $T_{NTC}(k)$ del ciclo actual k y/o en variables de entrada solo del ciclo actual k. Una variable de entrada es preferentemente un valor de medición de temperatura de estimación $\check{T}_{NTC}(k)$. Preferentemente, todas las variables de salida de corrección se calculan basándose en una diferencia $T_{NTC}(k) - \check{T}_{NTC}(k)$ del valor de medición de temperatura $T_{NTC}(k)$ y el valor de medición de temperatura de estimación $\check{T}_{NTC}(k)$.

40 En una forma de realización el equipo de monitorización comprende una unidad de determinación del valor de estimación que determina un valor de variable de perturbación estimado $\check{s}(k+1)$, un valor de medición de temperatura de estimación $\check{T}_{NTC}(k+1)$, un valor de temperatura de olla de estimación $\check{T}_{SUR}(k+1)$ y/o un valor de temperatura de alimento de estimación $\check{T}_{MED}(k+1)$ como variables de salida de estimación. En particular, todas las variables de entrada y/o todas las variables de salida de estimación del siguiente ciclo son k+1. Las variables de salida de estimación de la unidad de determinación del valor de estimación forman por lo tanto variables de entrada para el siguiente ciclo, en particular para la unidad de determinación del valor de predicción y/o la unidad de determinación del valor de corrección. Preferentemente, el valor de medición de temperatura de estimación $\check{T}_{NTC}(k+1)$ se determina tomando como base el valor de medición de temperatura de predicción $\check{T}_{NTC}^P(k+1)$ y el valor de medición de temperatura de corrección $\check{T}_{NTC}^K(k+1)$, en particular mediante imágenes de la suma de las dos variables de entrada antes mencionadas. Preferentemente, el valor de temperatura de olla de estimación $\check{T}_{SUR}(k+1)$ se determina tomando como base el valor de temperatura de olla de predicción $\check{T}_{SUR}^P(k+1)$ y el valor de temperatura de olla de corrección $\check{T}_{SUR}^K(k+1)$, en particular mediante imágenes de la suma de las dos variables de entrada antes mencionadas. Preferentemente, el valor de temperatura de alimento de estimación $\check{T}_{MED}(k+1)$ se determina tomando como base el valor de temperatura de alimento de predicción $\check{T}_{MED}^P(k+1)$ y el valor de temperatura de alimento de corrección $\check{T}_{MED}^K(k+1)$, en particular mediante imágenes de la suma de las dos variables de entrada antes mencionadas.

55 En una forma de realización, el valor de variable de perturbación es el valor de variable de perturbación estimado $\check{s}(k+1)$. Por lo tanto, la unidad de determinación del valor de estimación calculó el valor de variable de perturbación que se monitoriza para detectar una superación del punto de ebullición. Preferentemente, el valor de variable de perturbación estimado $\check{s}(k+1)$ para el siguiente ciclo, que utiliza la unidad de monitorización para la monitorización en el ciclo actual, se determina por la unidad de determinación del valor de estimación mediante la suma del valor de medición de temperatura de predicción $\check{T}_{NTC}^P(k+1)$ de la unidad de determinación del valor de predicción y el valor de medición de la temperatura de corrección $\check{T}_{NTC}^K(k+1)$ de la unidad de determinación del valor de corrección.

65 En una forma de realización, la al menos una variable de salida de predicción $\check{x}^P(k+1)$ de la unidad de determinación del valor de predicción y/o la al menos una variable de salida de corrección $\check{x}^K(k+1)$ de la unidad de determinación de valor de corrección forma la al menos una variable de entrada para la unidad de determinación de valor estimado. Preferentemente están previstas varias variables de salida de predicción $\check{x}^P(k+1)$ y/o varias variables de salida de

corrección $\hat{x}^K(k+1)$. Varias variables de salida de predicción \hat{x}^P o varias variables de salida de corrección \hat{x}^K o varias variables de salida de estimación \hat{x} forman en cada caso un conjunto de valores de variables de salida. Un conjunto de este tipo puede denominarse (en álgebra lineal) vector, que contiene varios valores como elementos.

5 En una forma de realización, el valor de variable de perturbación $\check{s}(k+1)$ corresponde a una suma del valor de variable de perturbación de predicción $\check{s}^P(k+1)$ y del valor de variable de perturbación de corrección $\check{s}^K(k+1)$. La detección del punto de ebullición se puede lograr con poco esfuerzo.

10 En una forma de realización el equipo de monitorización comprende una unidad de monitorización, que está configurada de manera que la unidad de monitorización monitoriza el valor de variable de perturbación para detectar una superación del punto de ebullición y/o basándose en el valor de variable de perturbación determina una tasa de vapor. Un robot de cocina con una monitorización de la ebullición de un alimento durante su preparación puede fabricarse con poco esfuerzo.

15 Una tasa de vapor indica la cantidad de vapor que se libera del alimento en la olla por unidad de tiempo.

20 En particular, la determinación de la tasa de vapor se realiza mediante la unidad de monitorización. La tasa de vapor se determina preferentemente basándose en una amplitud del valor de variable de perturbación. Este diseño se basa en el conocimiento de que la amplitud del valor de variable de perturbación está correlacionada con la tasa de vapor.

25 En un diseño, la unidad de monitorización está configurada de manera que la unidad de monitorización detecta cuándo se ha alcanzado el punto de ebullición calculando una derivada del valor de variable de perturbación a lo largo del tiempo y comparándolo con un perfil teórico. En un diseño, el perfil teórico se define de tal manera que se detecta un exceso del punto de ebullición si la derivada del valor de variable de perturbación está por encima de un límite inferior durante una duración mínima.

Un aspecto adicional de la invención se refiere a un procedimiento para monitorizar la preparación de un alimento en una olla usando un robot de cocina, de acuerdo con la reivindicación 15.

30 A continuación, se explican con más detalle ejemplos de realización de la invención, también con ayuda de figuras. Los alcances de protección reivindicados no se limitan a los ejemplos de realización.

Muestran:

35 figura 1: representación esquemática de un robot de cocina;
 figura 2: diagrama de flujo para determinar un valor de variable de perturbación;
 figura 3: ejemplos de variables de salida y variables de entrada en la figura 2;
 figura 4a: sistema de ecuaciones de la unidad de determinación del valor de predicción;
 figura 4b: sistema de ecuaciones de la unidad de determinación del valor de corrección;
 40 figura 4c: sistema de ecuaciones de la unidad de determinación del valor de estimación;
 figura 5: curvas de medición del valor de medición de temperatura y del valor de medición eléctrico;
 figura 6: evolución de las magnitudes de perturbación en el tiempo, que se determinaron basándose en los valores de medición de temperatura y los valores de medición eléctrico de la figura 5 de acuerdo con el diagrama de flujo de la figura 2.

45 La figura 1 muestra un robot de cocina 1 con una olla 2 para alojar un alimento 20 que contiene componentes líquidos o es líquido. La olla 2 puede estar cubierta por una tapa 6 con una abertura de tapa 7. Puede estar prevista una tapa de apertura, no mostrada, para cubrir holgadamente la abertura de tapa 7 de modo que el vapor 21 siempre pueda salir de la olla 2. La tapa 6 se puede bloquear en la olla mediante un cierre 8. En el fondo de la olla 13 está prevista una herramienta giratoria 5 para picar y/o mezclar. Una carcasa 9 del robot de cocina 1 aloja la olla 2 de forma estable. Una pantalla 22 y una interfaz de usuario 23 permiten la interacción con un usuario. Para controlar el robot de cocina está previsto un equipo de control 10 con un procesador 11 y una memoria 12. En particular, en una parte inferior del fondo de la olla, que normalmente no entra en contacto con un alimento, están dispuestos un elemento calefactor 3 y un sensor de temperatura 4, preferentemente más o menos en el centro entre un punto central del fondo de la olla y una circunferencia exterior. Preferentemente, el elemento calefactor 3 y/o el sensor de temperatura 4 están en contacto directo con la olla 2, en particular con el fondo de olla 13. El elemento calefactor 3 y el sensor de temperatura 4 están dispuestos preferentemente uno frente al otro a ambos lados del centro del fondo de olla. La olla 2 está hecha de metal. El sensor de temperatura 4 es preferentemente un termistor con un coeficiente de temperatura negativo.

60 Durante el calentamiento normal de un alimento líquido 20 en la olla 2 sin evaporación masiva, el suministro de potencia calorífica a través del elemento calentador 3 hace que aumente la temperatura en el alimento. Si el alimento 20 se calienta en la olla 2 hasta tal punto que la temperatura de los componentes líquidos del alimento 20 alcanza su punto de ebullición, entonces la potencia calorífica suministrada adicionalmente se convierte completamente en un transporte de masa o una transformación de fase de líquido a vapor, mientras la temperatura permanece constante.
 65 En consecuencia, el líquido se evapora. Este cambio espontáneo en la transformación de energía se utiliza como se describe a continuación para detectar la ebullición de los componentes líquidos del alimento 20.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo que se implementa en un equipo de monitorización 15. El equipo de monitorización 15 comprende una unidad de determinación del valor de predicción 16, una unidad de determinación del valor de corrección 17 y una unidad de determinación del valor estimado 18, que se utilizan como se muestra en la figura 2 para determinar un valor de variable de perturbación estimado $\hat{s}(k+1)$. El sistema de ecuaciones o el algoritmo, que se describe mediante el diagrama de flujo (en particular en relación con las fórmulas de las figuras 3, 4a, 4b y 4c), se ejecuta durante un ciclo actual k. Al comienzo 25 del diagrama de flujo, las variables de salida estimadas del último ciclo corresponden a las variables de entrada $\hat{x}(k)$ del ciclo actual. Además, para un ciclo actual no se genera ningún valor de medición de temperatura $T_{NTC}(k)$ por el sensor de temperatura 4 y un valor de medición eléctrico $u(k)$, preferentemente la potencia eléctrica de funcionamiento actual del elemento calefactor 3, se transmite o se pone a disposición desde el equipo de control 10 al equipo de vigilancia 15. El valor de medición eléctrico $u(k)$ representa a este respecto una variable de entrada para la unidad de determinación del valor de predicción 16 y/o el valor de medición de temperatura $T_{NTC}(k)$ representa una variable de entrada para la unidad de determinación del valor de corrección 17. De las variables de entrada estimadas $\hat{x}(k)$, que se determinaron en el último ciclo k-1, el valor de medición de temperatura estimado $\hat{T}_{NTC}(k)$, el valor de la temperatura de la olla estimado $\hat{T}_{SUR}(k)$ y/o el valor de temperatura de los alimentos estimado $\hat{T}_{MED}(k)$ representan en particular variables de entrada para la unidad de determinación del valor de predicción 16, como se muestra en las figuras 3 y 4a. De las variables de entrada estimadas $\hat{x}(k)$, que se determinaron en el último ciclo k-1, en particular el valor de medición de temperatura estimado $\hat{T}_{NTC}(k)$ representa una variable de entrada para la unidad de determinación del valor de corrección 17, como se muestra en las figuras 3 y 4b. Las variables de salida de predicción $\hat{x}^P(k+1)$ determinadas por la unidad de determinación del valor de predicción 16 y las variables de salida de corrección $\hat{x}^K(k+1)$ determinadas por la unidad de determinación del valor de corrección 17, que se muestran a modo de ejemplo en la figura 3, representan las variables de entrada para la unidad de determinación del valor estimado 18. Al ejecutar el sistema de ecuaciones o el algoritmo, se determinan las variables de salida estimadas $\hat{x}(k+1)$ para el siguiente ciclo k+1. Las variables de salida estimadas $\hat{x}(k+1)$, que en particular contienen un conjunto de diferentes elementos como variables de salida en forma vectorial, se calculan mediante la unidad de determinación de valor de estimación 18. Antes del final 24 del ciclo k actual, el valor de variable de perturbación estimado $\hat{s}(k+1)$ que es un elemento del conjunto $\hat{x}(k+1)$, se transmite a la unidad de monitorización 19 para llevar a cabo una detección de punto de ebullición basándose en el valor de variable de perturbación estimado $\hat{s}(k+1)$ y, como alternativa o adicionalmente, llevar a cabo una determinación de la tasa de vapor para el ciclo actual k. Al final 24 del diagrama de flujo, las variables de salida estimadas $\hat{x}(k+1)$ forman las variables de entrada del siguiente ciclo k+1 y se ejecuta nuevamente el mismo algoritmo o el mismo sistema de ecuaciones. En el siguiente ciclo k+1 se calcula un valor de variable de perturbación estimado $\hat{s}(k+2)$ y se utiliza para la monitorización por parte de la unidad de monitorización 19 del siguiente ciclo k+1. Al iniciar el robot de cocina 1 o comenzar un proceso de preparación de alimentos, se utilizan valores iniciales predefinidos y almacenados $\hat{x}(0)$ para el primer ciclo en lugar de las variables de salida estimadas $\hat{x}(k)$ del último ciclo k-1.

La figura 3 muestra ejemplos de variables de salida de predicción $\hat{x}^P(k+1)$, variables de salida de corrección $\hat{x}^K(k+1)$, así como las variables de salida estimadas $\hat{x}(k)$ del último ciclo y las variables de salida estimadas $\hat{x}(k+1)$ del ciclo actual k. Los elementos individuales se explican con más detalle en las figuras 4a, 4b y 4c.

Las fórmulas de las figuras 4a, 4b y 4c reflejan un modelo matemático que describe la relación entre la potencia calorífica suministrada en forma de valor de medición eléctrico $u(k)$, del valor de medición de temperatura $T_{NTC}(k)$ del sensor de temperatura 4, una temperatura en la superficie de fondo de olla $T_{SUR}(k)$, la temperatura del alimento $T_{MED}(k)$ y una pérdida de calor en forma de un valor de medición de valor de variable de perturbación $\hat{s}(k)$, que, como se muestra en la figura 6, se produce en particular de forma abrupta en caso de que se supere el punto de ebullición SP. Durante un proceso de preparación de alimentos en el que el alimento líquido no hierve, el valor de variable de perturbación $\hat{s}(k)$ es igual a cero. Cuando la temperatura del alimento alcanza el punto de ebullición o la temperatura de ebullición, la potencia calorífica suministrada adicionalmente se extrae del sistema regularmente por completo debido a la ebullición, lo que se describe mediante un valor de variable de perturbación $\hat{s}(k)$, que no es igual a cero. El modelo matemático para describir este sistema físico simplificado se implementa preferentemente en la unidad de determinación del valor de predicción.

Como muestra la figura 4a, el valor de medición de temperatura de predicción $\hat{T}_{NTC}(k+1)$ se determina partiendo del último valor de medición de temperatura de estimación $\hat{T}_{NTC}(k)$, en donde el suministro de calor a través del elemento calefactor se tiene en cuenta mediante el valor de medición eléctrico $u(k)$, así como un intercambio de calor entre el sensor de temperatura 4 y la olla 2 en su superficie límite mediante la diferencia de temperatura $\hat{T}_{SUR}(k) - \hat{T}_{NTC}(k)$. De manera análoga se construyen las demás fórmulas, que parten siempre de la última temperatura estimada respectiva y tienen en cuenta las diferentes influencias del suministro de calor directa o indirectamente a través del elemento calefactor 3, las influencias de un intercambio de calor en una superficie límite, así como las influencias de la liberación de calor al entorno. Los coeficientes $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, c_1, c_2$ y h están previstos de manera correspondiente para tener en cuenta parámetros tales como conductividad térmica, coeficientes de transferencia de calor, medida de superficie y/o volumen, que dependen de la estructura de la base de olla 13 y de las propiedades del alimento.

La ebullición del alimento líquido 20 se puede detectar al predecirse primero el estado general de la olla 2 mediante la unidad de determinación del valor de predicción 16. A continuación el valor de medición de temperatura $T_{NTC}(k)$ medido se compara con el valor de medición de temperatura $\hat{T}_{NTC}(k)$ predicho mediante la unidad de determinación del valor

de corrección 17 y las desviaciones correspondientes como variables de salida de corrección $\hat{x}^k(k+1)$ que se utilizan en la siguiente etapa por la unidad de determinación de valor de estimación 18 para corregir los valores predichos de la unidad de determinación de valor de predicción 16. Los coeficientes l_1 , l_2 , l_3 e l_4 ponderan a este respecto la influencia del ablandamiento sobre el valor de temperatura de corrección \check{T}_{NTC}^k , \check{T}_{SUR}^k , \check{T}_{MED}^k respectivo, y el valor de variable de perturbación de corrección \check{s}^k .

La repetición de este procedimiento y ejecución del diagrama de flujo de la figura 2 durante una pluralidad de ciclos a lo largo del tiempo conduce a que las desviaciones entre el comportamiento del sistema real y el modelo de sistema de la unidad de determinación de valor de predicción 16 se vuelvan gradualmente más pequeñas y las temperaturas pronosticadas de la unidad de determinación del valor de predicción 16 en consecuencia se acercan cada vez más al sistema real. También las temperaturas no medidas T_{SUR} de la olla 2 o del fondo de la olla 15 y T_{MED} del alimento puede calcularse aproximadamente, es decir, estimarse, utilizando el procedimiento descrito anteriormente. Por lo tanto, basándose en un tipo de estimación calculada del valor de variable de perturbación $\check{s}(k+1)$ puede determinarse si se extrae del sistema energía térmica que no conduce a un aumento del valor de medición de temperatura T_{NTC} , lo que indica una ebullición del alimento 20 y por tanto una superación del punto de ebullición.

La Figura 5 muestra un proceso de ejemplo en el que 200 g de agua como alimento 20 se calientan a una temperatura de 105 °C. La ebullición comienza a partir de una temperatura de ebullición $T_{100\text{ °C}}$ de 100 °C. Durante el transcurso del experimento, el agua comenzó a hervir aproximadamente desde el momento $t = 120$ segundos. Para ello, la potencia eléctrica de funcionamiento con la que se alimentaba el elemento calefactor se elevó inicialmente al valor u_T aproximadamente al punto de ebullición SP y volvió a bajar ligeramente.

La figura 6 muestra el valor de variable de perturbación $\check{s}(k+1)$ estimado determinado a lo largo del tiempo t para el experimento de la figura 5. El intervalo de tiempo Z entre dos ciclos sucesivos k es tan corto que las magnitudes de perturbación estimadas individuales $\check{s}(k+1)$ forman un curso de curva continuo. Como en la Figura 5, el tiempo t es igual al producto del intervalo de tiempo Z y el ciclo k . Cuando se excede el punto de ebullición SP, se puede ver claramente, como lo marca la flecha en la figura 6, que hay una extracción repentina de energía en el sistema. Usando un valor umbral $S_{\check{U}}$, por consiguiente, se puede detectar con poco esfuerzo la superación del punto de ebullición. Alternativa o adicionalmente, la amplitud de la señal del valor de variable de perturbación estimado $\check{s}(k+1)$ se puede utilizar para determinar la tasa de vapor en correlación con la misma. Cuanto mayor sea la amplitud, mayor será la tasa de vapor.

Si el equipo de monitorización 15 descrito anteriormente describiera el comportamiento del sistema completamente y sin errores, entonces el valor de variable de perturbación estimado $\check{s}(k+1)$ sería básicamente cero hasta el momento de la ebullición y podría saltar a un valor fijo mayor que 0 en el momento de ebullición. Sin embargo, dado que el modelo no describe completamente el comportamiento físico y hay un error, se producen desviaciones y fluctuaciones visibles en el curso de la curva de la figura 6. Como se puede observar, la detección de superación del punto de ebullición funciona a pesar de las desviaciones y errores existentes. La razón es que la influencia de la extracción de energía durante la ebullición es mayor que el efecto de las desviaciones y errores.

En un diseño, el equipo de control 10 está configurado de modo que, dependiendo del momento detectado de la superación del punto de ebullición, se realiza un cambio automático a una temperatura objetivo, se solicita al usuario a través de la pantalla 22 que agregue un ingrediente específico y/o que finalice el proceso de preparación de alimentos. En particular, las recetas almacenadas se pueden llevar a cabo con un mayor grado de automatización. Además, se puede ajustar específicamente una intensidad de ebullición (tasa de vapor) y/o se puede finalizar el proceso de cocción sin conocer la cantidad de comida en la olla 2 en un momento, lo que da como resultado una calidad particularmente alta del resultado de cocción.

Para las funciones descritas anteriormente no se necesitan sensores ni componentes mecánicos adicionales, de modo que con un coste de fabricación especialmente reducido se puede proporcionar un robot de cocina con control del punto de ebullición y/o determinación de la tasa de vapor.

REIVINDICACIONES

1. Robot de cocina (1) para preparar un alimento (20) en una olla (2), en donde el robot de cocina (1) comprende la olla (2), un elemento calefactor (3) para calentar la olla (2) o un alimento (20) en la olla (2) y un sensor de temperatura (4) para determinar una temperatura de la olla (2) o de un alimento (20) en la olla (2), en donde el robot de cocina (1) presenta un equipo de monitorización (15) que está configurado de manera que el equipo de monitorización (15) basándose en un valor de medición de temperatura ($T_{NTC}(k)$) del sensor de temperatura (4) y un valor eléctrico ($u(k)$) del suministro de energía al elemento calefactor (3), a través del cual se tiene en cuenta el suministro de calor a través del elemento calefactor (3), detecta la superación de un punto de ebullición (SP) de un alimento (20) en la olla (2),
- 5 **caracterizado por que**
- 10 el robot de cocina (1) comprende un equipo de control (10) para controlar el suministro de energía al elemento calefactor (2) y está configurado de manera que el valor ($u(k)$) del suministro de energía al elemento calefactor (3) es un valor de medición ($u(k)$) de la potencia eléctrica o intensidad de corriente proporcionado en un intervalo de tiempo (Z) definido o constante al equipo de monitorización (15), en donde el intervalo de tiempo (Z) entre dos valores de medición ($u(k)$) resulta de una tasa de muestreo o una frecuencia de trabajo del equipo de control (10).
- 15
2. Robot de cocina (1) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el equipo de monitorización (15) está configurado de manera que el equipo de monitorización (15) a partir del valor de medición de temperatura ($T_{NTC}(k)$) y el valor de medición eléctrico ($u(k)$) determina un valor de variable de perturbación ($\check{s}(k+1)$) que está correlacionada con una pérdida de calor provocada por la ebullición de un alimento (20) en la olla (2).
- 20
3. Robot de cocina (1) según la reivindicación anterior, **caracterizado por que** el equipo de monitorización (15) está configurado de manera que el equipo de monitorización (15) monitoriza el valor de variable de perturbación ($\check{s}(k+1)$) para detectar una superación del punto de ebullición (SP) de un alimento (20) en la olla (2).
- 25
4. Robot de cocina (1) según una de las dos reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el equipo de monitorización (15) está configurado de manera que el valor de variable de perturbación ($\check{s}(k+1)$) sea idealmente cero si no se excede el punto de ebullición (SP).
- 30
5. Robot de cocina (1) según una de las tres reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el equipo de monitorización (15) está configurado de manera que el equipo de monitorización (15) con ayuda de un algoritmo o un sistema de ecuaciones mapea un sistema térmico en el que un suministro de calor a través del elemento calefactor (3) conduce a un aumento en la temperatura (T_{SUR} , T_{MED}) menos el valor de variable de perturbación ($\check{s}(k+1)$).
- 35
6. Robot de cocina (1) según la reivindicación anterior, **caracterizado por que** el equipo de monitorización (15) está configurado de manera que el algoritmo o el sistema de ecuaciones se aplica en ciclos (k, k+1) consecutivos en el tiempo.
- 40
7. Robot de cocina (1) según la reivindicación anterior, **caracterizado por que** el equipo de monitorización (15) está configurado de manera que el valor de medición de temperatura ($T_{NTC}(k)$) de un ciclo actual (k) y el valor de medición eléctrico ($u(k)$) de un ciclo actual (k), así como un valor de variable de perturbación ($\check{s}(k)$), que se determinó en el ciclo anterior (k-1), se emplean como variables de entrada para determinar el valor de variable de perturbación ($\check{s}(k+1)$) que se monitoriza en el ciclo actual (k) para detectar una superación del punto de ebullición (SP) de un alimento (20) en la olla (2).
- 45
8. Robot de cocina (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el equipo de monitorización (15) comprende una unidad de determinación del valor de predicción (16) que determina un valor de variable de perturbación de predicción ($\check{s}^P(k+1)$), un valor de medición de temperatura de predicción ($\check{T}_{NTC}^P(k+1)$), un valor de temperatura de olla de predicción ($\check{T}_{SUR}^P(k+1)$) y/o un valor de temperatura de alimentos de predicción ($\check{T}_{MED}^P(k+1)$) como variables de salida de predicción ($\check{x}^P(k+1)$).
- 50
9. Robot de cocina (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el equipo de monitorización (15) comprende una unidad de determinación del valor de corrección (17) que determina un valor de variable de perturbación de corrección ($\check{s}^K(k+1)$), un valor de medición de temperatura de corrección ($\check{T}_{NTC}^K(k+1)$), un valor de temperatura de olla de corrección ($\check{T}_{SUR}^K(k+1)$) y/o un valor de temperatura de alimentos de corrección ($\check{T}_{MED}^K(k+1)$) como variables de salida de corrección ($\check{x}^K(k+1)$).
- 55
10. Robot de cocina (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el equipo de monitorización (15) comprende una unidad de determinación de valor de estimación (18) que determina un valor de variable de perturbación ($\check{s}(k+1)$) estimado, un valor de medición de temperatura de estimación ($\check{T}_{NTC}(k+1)$), un valor de temperatura de olla de estimación ($\check{T}_{SUR}(k+1)$) y/o un valor de temperatura de alimento de estimación ($\check{T}_{MED}(k+1)$) como variables de salida de estimación ($\check{x}(k+1)$).
- 60
11. Robot de cocina (1) según la reivindicación 2 y la reivindicación anterior, **caracterizado por que** el valor de variable de perturbación ($\check{s}(k+1)$) es el valor de variable de perturbación ($\check{s}(k+1)$) estimado.
- 65

12. Robot de cocina (1) según las cuatro reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las variables de salida de predicción ($\hat{x}^P(k+1)$) de la unidad de determinación del valor de predicción (16) y/o las variables de salida de corrección ($\hat{x}^K(k+1)$) de la unidad de determinación de valor de corrección (17) forman las variables de entrada para la unidad de determinación de valor de estimación (18).
- 5 13. Robot de cocina (1) según las reivindicaciones 8, 9 y 11, **caracterizado por que** el valor de variable de perturbación ($\check{s}(k+1)$) corresponde a una suma del valor de variable de perturbación de predicción ($\check{s}^P(k+1)$) y del valor de variable de perturbación de corrección ($\check{s}^K(k+1)$).
- 10 14. Robot de cocina (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el equipo de monitorización (15) comprende una unidad de monitorización (19), que está configurada de manera que la unidad de monitorización (19) monitoriza el valor de variable de perturbación ($\check{s}(k+1)$) para detectar una superación del punto de ebullición (SP) y/o basándose en el valor de variable de perturbación ($\check{s}(k+1)$) se determina una tasa de vapor.
- 15 15. Procedimiento para monitorizar la preparación de un alimento (20) en una olla (2) usando un robot de cocina (1) que comprende la olla (2), un elemento calentador (3) para calentar la olla (2) o un alimento (20) en la olla (2) y un sensor de temperatura (4) para determinar una temperatura de la olla (2) o de un alimento (20) en la olla (2), con las siguientes etapas:
- 20 - un equipo de monitorización (15) del robot de cocina (1), basándose en un valor de medición de temperatura ($T_{NTC}(k)$) del sensor de temperatura (4) y un valor eléctrico ($u(k)$) del suministro de energía al elemento calefactor (3), a través del cual se tiene en cuenta el suministro de calor a través del elemento calefactor (3), detecta una superación de un punto de ebullición (SP) de un alimento (20) en la olla (2), y/o
- 25 - el equipo de monitorización (15) del robot de cocina (1), basándose en el valor de medición de temperatura ($T_{NTC}(k)$) del sensor de temperatura (4) y el valor eléctrico ($u(k)$) que depende de un suministro de energía al elemento calefactor (3), detecta una tasa de vapor de un alimento (20) en la olla (2),

caracterizado por que

- 30 un equipo de control (10) del robot de cocina (1) controla el suministro de energía al elemento calefactor (2) y el valor ($u(k)$) del suministro de energía al elemento calefactor (3) es un valor de medición ($u(k)$) de la potencia eléctrica o intensidad de corriente proporcionado en un intervalo de tiempo (Z) definido o constante al equipo de monitorización (15), en donde el intervalo de tiempo (Z) entre dos valores de medición ($u(k)$) resulta de una tasa de muestreo o una frecuencia de trabajo del equipo de control (10).

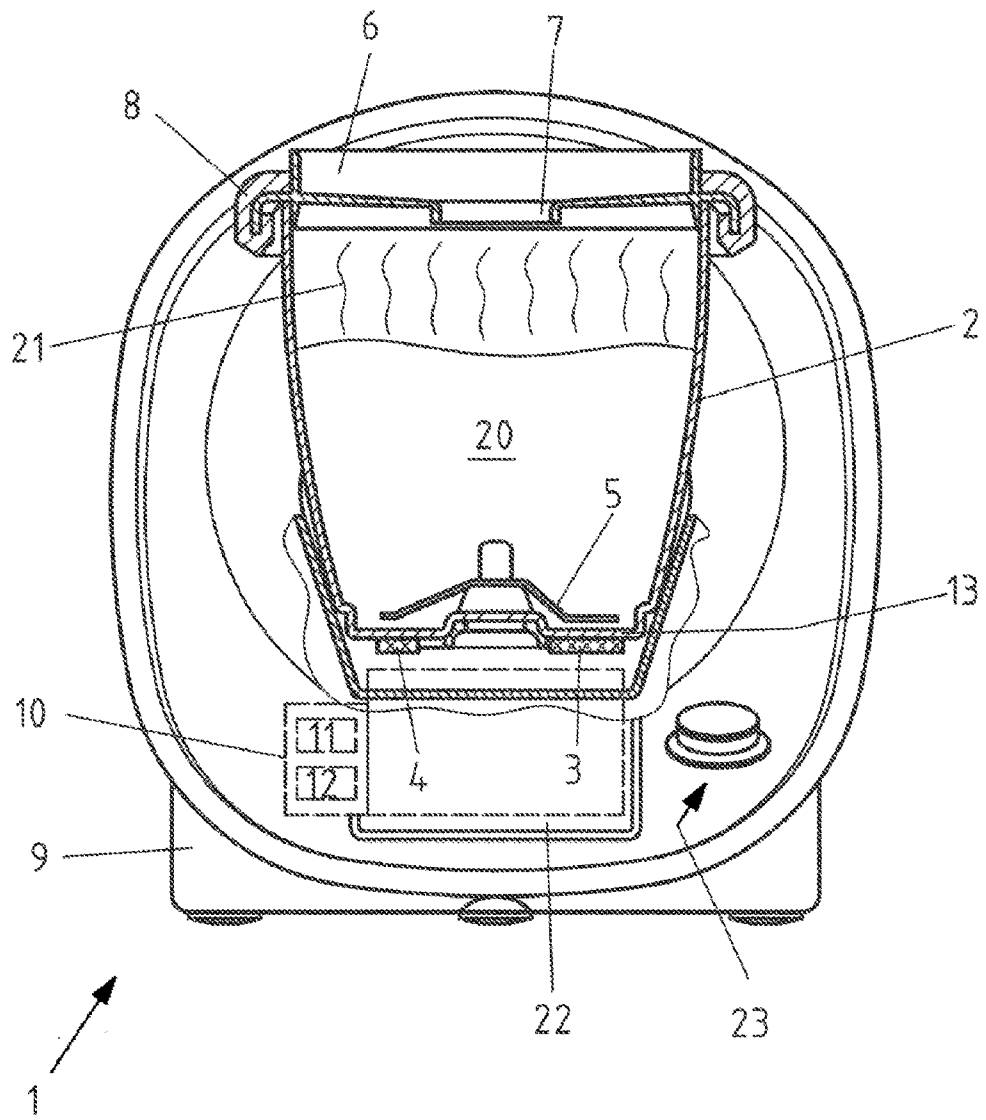


FIG. 1

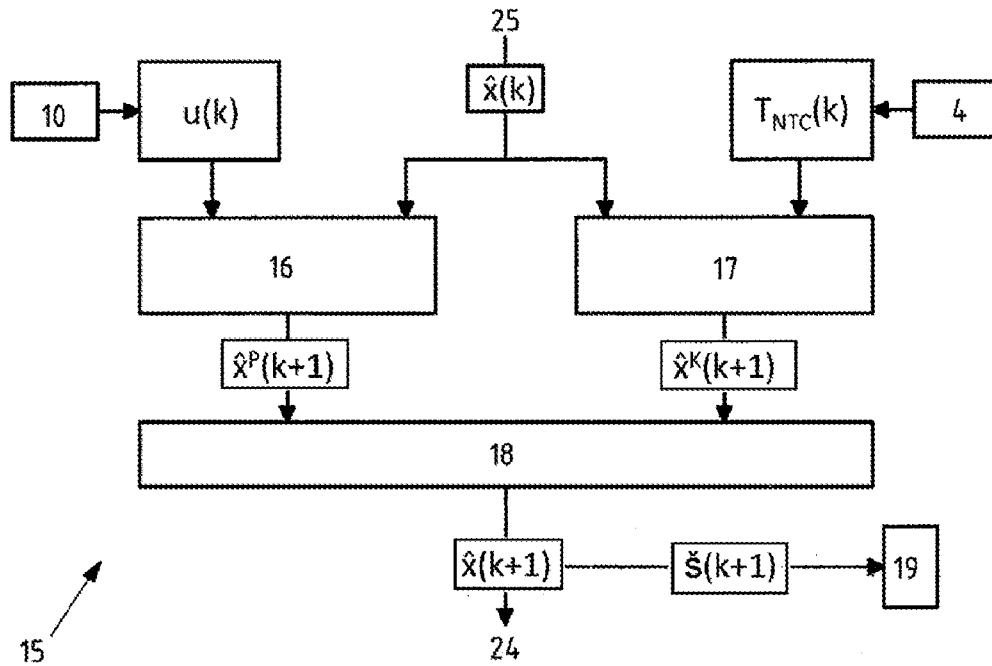


FIG.2

$$\hat{x}(k) = (\check{T}_{NTC}(k), \quad \check{T}_{SUR}(k), \quad \check{T}_{MED}(k), \quad \check{s}(k))$$

$$\hat{x}^P(k+1) = (\check{T}_{NTC}^P(k+1), \quad \check{T}_{SUR}^P(k+1), \quad \check{T}_{MED}^P(k+1), \quad \check{s}^P(k+1))$$

$$\hat{x}^K(k+1) = (\check{T}_{NTC}^K(k+1), \quad \check{T}_{SUR}^K(k+1), \quad \check{T}_{MED}^K(k+1), \quad \check{s}^K(k+1))$$

$$\hat{x}(k+1) = (\check{T}_{NTC}(k+1), \quad \check{T}_{SUR}(k+1), \quad \check{T}_{MED}(k+1), \quad \check{s}(k+1))$$

FIG.3

16

$$\begin{aligned} \check{T}_{NTC}^p(k+1) &= \check{T}_{NTC}(k) + h(a_1(\check{T}_{SUR}(k) - \check{T}_{NTC}(k)) + b_1 u(k)) \\ \check{T}_{SUR}^p(k+1) &= \check{T}_{SUR}(k) + h(a_3(c_1 \check{T}_{MED}(k) - \check{T}_{SUR}(k)) - a_2 \check{T}_{SUR}(k) + b_2 u(k)) - \check{S}(k) \\ \check{T}_{MED}^p(k+1) &= \check{T}_{MED}(k) + h(c_2 a_3(\check{T}_{SUR}(k) - c_1 \check{T}_{MED}(k)) - a_4 \check{T}_{MED}(k)) \\ \check{S}^p(k+1) &= \check{S}(k) \end{aligned}$$

FIG.4 a

17

$$\begin{aligned} \check{T}_{NTC}^k(k+1) &= l_1 (T_{NTC}(k) - \check{T}_{NTC}(k)) \\ \check{T}_{SUR}^k(k+1) &= l_2 (T_{NTC}(k) - \check{T}_{NTC}(k)) \\ \check{T}_{MED}^k(k+1) &= l_3 (T_{NTC}(k) - \check{T}_{NTC}(k)) \\ \check{S}^k(k+1) &= l_4 (T_{NTC}(k) - \check{T}_{NTC}(k)) \end{aligned}$$

FIG.4 b

18

$$\begin{aligned} \check{T}_{NTC}(k+1) &= T_{NTC}^p(k+1) + \check{T}_{NTC}^k(k+1) \\ \check{T}_{SUR}(k+1) &= T_{SUR}^p(k+1) + \check{T}_{SUR}^k(k+1) \\ \check{T}_{MED}(k+1) &= T_{MED}^p(k+1) + \check{T}_{MED}^k(k+1) \\ \check{S}(k+1) &= \check{S}^p(k+1) + \check{S}^k(k+1) \end{aligned}$$

FIG.4 c

