



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 219 508**

⑤① Int. Cl.7: **G05B 23/02**
G05B 13/02

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧⑥ Número de solicitud europea: **01909556 .1**

⑧⑥ Fecha de presentación: **02.02.2001**

⑧⑦ Número de publicación de la solicitud: **1256037**

⑧⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **13.11.2002**

⑤④ Título: **Procedimiento para la explotación de una instalación técnica.**

③⑩ Prioridad: **14.02.2000 DE 100 06 455**

④⑤ Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.12.2004

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.12.2004

⑦③ Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

⑦② Inventor/es: **Fandrich, Jörg;**
Gassmann, Jörg y
Gerlach, André

⑦④ Agente: **Dávila Baz, Ángel**

ES 2 219 508 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la explotación de una instalación técnica.

La invención se refiere a una instalación dosificadora de hidracina para un circuito de vapor de agua.

En muchas instalaciones técnicas modernas, por ejemplo centrales de energía, se utilizan sistemas expertos para la diagnosis del estado de funcionamiento para ofrecer a los operadores una ayuda para la explotación de la central de energía - en especial en caso de avería. Los diagnósticos elaborados por un sistema experto ofrecen normalmente información sobre la clase de avería, el lugar en donde se ha producido y posibles medidas para su solución. El operador se ve con ello aliviado en la tarea de detectar posibles relaciones operativas y por medio de esto le es más fácil solucionar averías. El sistema experto contiene con ello los llamados conocimientos expertos como base científica, que se utiliza después para establecer el diagnóstico.

En el documento DE 43 38 237 A1 se indican un procedimiento y una instalación para analizar un diagnóstico de un estado operativo de una instalación técnica. Con ello se estructura un árbol de síntomas, en el que según el caso de avería se activa una ruta y se emite un texto de diagnóstico. En una memoria de datos se archivan reglas, definiciones de síntomas y textos de diagnosis. La representación de todos los componentes lógicos del diagnóstico y su estructura de enlace hace posible seguir hacia atrás el diagnóstico y de este modo analizarlo. Así es posible un seguimiento completo de la ruta del diagnóstico sobre todas las reglas activas que contribuyen al mismo. El operador tiene por medio de esto una visión lo más amplia posible sobre las relaciones operativas de la avería actualmente existente y puede actuar después específicamente contra la avería mediante manipulaciones de conexión. En este procedimiento existe el inconveniente de que se pone en manos del operador la responsabilidad de desarrollar estrategias adecuadas para eliminar la avería y aplicar contramedidas; esta persona se ve fácilmente superada en especial en procesos con plazos críticos.

En el documento DE 44 21 245 A1 se describe una instalación para simular el funcionamiento de una instalación técnica. La instalación contiene un módulo de simulación apoyado por programa y reglas sobre el conocimiento científico. A partir de los datos de entrada de simulación se forman síntomas que se alimentan al módulo de simulación y éste elabora un diagnóstico a partir de ellos. El tratamiento de los datos en el interior de la instalación puede observarse con ello paso a paso. Dependiendo del diagnóstico generado puede realizarse por último un retroacoplamiento con el funcionamiento simulado de la instalación. Con ello puede deducirse individualmente qué modificaciones se producen en el estado operativo de la instalación técnica mediante las medidas de retroacoplamiento obtenidas conforme al diagnóstico.

En el paso antes citado no se encuentran indicaciones sobre las estrategias que podrían usarse durante el retroacoplamiento del diagnóstico en el proceso simulado, para restablecer un funcionamiento normal deseado.

La invención se ha impuesto la tarea de indicar una instalación dosificadora de hidracina para un circuito de vapor de agua, que actúe con seguridad y ra-

pidez en contra de una carga de oxígeno.

La tarea es resuelta conforme a la invención con las particularidades de la reivindicación 1.

Mediante el uso simultáneo de la base científica del sistema experto para diagnóstico e intervención reguladora en la instalación técnica se aprovecha consecuentemente el conocimiento experto existente y consideraciones de doble vía, que serían necesarias en el caso de una ejecución separada de diagnóstico y generación de una intervención reguladora, son en gran medida innecesarias y se eliminan las fuentes de errores que pudieran posiblemente aparecer. Aparte de esto, mediante la solución unitaria de diagnóstico e intervención reguladora la relación entre ambas es muy clara y puede representarse bien, por ejemplo en la pantalla de control del operador de una instalación técnica. Asimismo una ampliación de las posibilidades de diagnóstico puede usarse también al mismo tiempo para una mejora de la intervención reguladora.

Con ello el sistema experto elabora el diagnóstico por medio de valores de medición procedentes de la instalación técnica y la intervención reguladora se establece al menos a partir de uno de los valores de medición y/o de la magnitud derivada de los valores de medición. De este modo para elaborar el diagnóstico y establecer la intervención reguladora puede recurrirse a la misma base de datos de los valores de medición.

De forma ventajosa se forma la variación de la regla y/o su modificación como magnitudes derivadas de los valores de medición. También aquí puede usarse una base de datos de los valores de medición tanto para la elaboración del diagnóstico como para determinar la intervención reguladora.

De forma ventajosa la base científica determina completamente la intervención reguladora. Esto significa que para las dos tareas - diagnóstico e intervención reguladora para eliminar la avería - sólo es necesario utilizar una única base científica para la solución.

Una forma de ejecución preferida de la invención consiste en que la base científica del sistema experto está formulada según métodos de la lógica fuzzy. Los sistemas expertos en los que es posible una modelación del conocimiento según métodos de este tipo, son habituales en el comercio (por ejemplo DIWA o DIGEST de la empresa Siemens AG). El uso de un sistema experto de este tipo permite la concentración en la importante tarea de preparar una base científica tecnológica y libera de consideraciones en cuanto a formalismos para formular la base científica.

De forma ventajosa, la lógica fuzzy utilizada en la formulación de la base científica contiene reglas IF...THEN específicas y lingüísticas. La forma de proceder en la formulación de estas reglas es conocida. De este modo puede recogerse y tratarse unitariamente el conocimiento para el diagnóstico y para la intervención reguladora.

De forma ventajosa se aplica la lógica fuzzy a la variación de la regla y/o a las magnitudes derivadas de la misma. Por ello se entiende la conversión de valores de entrada físicamente relevantes en los llamados valores de pertenencia. Los valores de pertenencia determinan a su vez el grado de la activación de la regla. Pueden encontrarse detalles y fundamentos de la lógica fuzzy, por ejemplo en Hans-Heinrich Bothe: "Neuro-Fuzzy-Methoden", Springer, Berlín y otros, 1998. Como bibliografía adicional se ofrece también

por ejemplo Dimiter Driankov y otros: "An Introduction to Fuzzy Control", Springer, Berlin, Heidelberg, 1993. La aplicación de la lógica fuzzy (fuzzyficación) de las magnitudes citadas tiene la ventaja de que las magnitudes tratadas de este modo pueden tratarse después en un regulador fuzzy para establecer la intervención reguladora. De este modo pueden solucionarse las dos tareas impuestas - diagnóstico y establecimiento de una intervención reguladora - con medios unitarios, presentándose así también las magnitudes necesarias para establecer la intervención reguladora de una forma preferida.

Un ejemplo de ejecución de la invención se explica con base en los dibujos adjuntos. Aquí muestran:

la figura 1 una representación esquemática de los componentes más importantes de un sistema experto unida a una instalación técnica para la elaboración simultánea de diagnósticos del estado operativo de la instalación técnica y determinación de una intervención reguladora en la instalación técnica,

la figura 2 una instalación técnica con los reguladores y el sistema de diagnóstico correspondientes, y

la figura 3 una instalación dosificadora de hidracina conforme a la invención para un circuito de vapor de agua de una instalación técnica, realizándose tras un diagnóstico de una entrada de oxígeno negativa por parte del sistema experto una adición dosificadora automática de hidracina, para impedir la peligrosa corrosión de componentes importantes del circuito de vapor de agua.

La figura 1 muestra un sistema experto 1 que está unido a una instalación técnica 2. El sistema experto asume con ello las tareas diagnóstico del estado operativo y determinación de una intervención reguladora para eliminar automáticamente una avería. La instalación técnica se compone con ello de uno o varios tramos reguladores RS, uno o varios elementos de medición MG y uno o varios elementos de ajuste SG. Con 3 se ha indicado que en los tramos reguladores RS no sólo pueden influir las magnitudes de ajuste prefijadas por los elementos de ajuste SG, sino también magnitudes perturbadoras que, dado el caso, no se han detectado ni siquiera con la técnica de medición. Los elementos de medición MG entregan valores de medición 6 al sistema experto 1, que allí se archivan en una base de datos MW. Los valores de medición se fuzzyfican según métodos conocidos en una fase de tratamiento FZ. Una base científica WB contiene síntomas S y reglas R que, con base en conocimientos expertos tecnológicos, se formulan según métodos conocidos de la lógica fuzzy. Con base en los valores de medición actualmente existentes fuzzyficados, y los síntomas S y reglas R de la base científica WB se elabora en una lógica de diagnóstico D un diagnóstico 9 sobre el estado operativo actual de la instalación técnica y se indica como texto de diagnóstico en una unidad indicadora, por ejemplo un campo de diagnóstico DT de una imagen de pantalla. La base de datos MW alimenta en paralelo a la unidad de diagnóstico D, también a una fase de pretratamiento VV de un regulador fuzzy, valores de medición 8 que trata el regulador fuzzy FR para la intervención reguladora en la instalación técnica. En la fase de pretratamiento VV se forman las magnitudes utilizadas para la regulación variación de la regla e y modificación de de la variación de la regla e, usándose también el valor nominal w de una magnitud a regular. A las magnitudes variación de la regla e y modificación de la variación

de la regla 1 se fuzzyfica a continuación, según métodos conocidos, en otra fase de tratamiento FZZ y se alimentan al regulador FR como magnitudes e' o de' fuzzyficadas. Este regulador FR está ejecutado como regulador fuzzy, que utiliza la misma base científica WB que también se usa para establecer el diagnóstico 9. El regulador fuzzy FR entrega una magnitud de ajuste u' fuzzyficada, que se convierte en otra fase de tratamiento DFZ mediante una defuzzyficación a continuación en un valor de salida nítido u. Este valor de salida nítido u se utiliza para activar al menos uno de los elementos de ajuste SG de la instalación técnica. La intervención reguladora en la instalación técnica se realiza hasta que se alcanza un estado normal deseado.

La figura 2 muestra el caso normal en el que la instalación técnica 2 posee una multitud de elementos de medición y ajuste MG o SG. Unido a esta instalación técnica 2 se encuentra el sistema experto 1, que diagnostica el estado operativo de la instalación técnica y, en el caso de una avería, realiza una o varias intervenciones reguladoras u en la instalación técnica 2. El estado operativo de la instalación técnica se transmite al sistema experto 1 por medio de valores de medición 6, que son entregados por los elementos de medición MG de la instalación técnica 2.

El sistema experto 1 se compone de los componentes principales unidad de diagnóstico D, base científica WB y uno o varios reguladores fuzzy FR1 a FRn. El sistema experto 1 elabora, con base a los síntomas S y reglas R contenidos en la base científica, un diagnóstico del estado operativo de la instalación técnica 2. Si se identifica una avería se activan automáticamente una o varias intervenciones reguladoras u mediante al menos uno de los reguladores fuzzy FR1 a FRn en la instalación técnica 2. El o los reguladores fuzzy acuden para formar una o varias magnitudes de ajuste u a la misma base científica WB, que también se utiliza para elaborar los diagnósticos. Las magnitudes de ajuste generadas por el regulador o los reguladores fuzzy actúan sobre el elemento o los elementos de ajuste SG de la instalación técnica 2, de tal manera que se restablece un estado normal. Toda la instalación técnica 2 se supervisa por tanto mediante el sistema experto 1, se elaboran diagnósticos sobre el estado operativo y, en caso de una avería identificada, se ejecutan automáticamente una o varias intervenciones reguladoras u en la instalación técnica 2 por parte del regulador o de los reguladores fuzzy, hasta que se restablece un estado operativo deseado. De este modo se solucionan automáticamente las averías activadas por errores en la instalación técnica 2.

La figura 3 muestra una instalación dosificadora de hidracina conforme a la invención para un circuito de vapor de agua 22 de una instalación técnica, accionándose tras un diagnóstico de una entrada negativa de oxígeno mediante un sistema experto una instalación dosificadora 23 automática, que alimenta hidracina para evitar una corrosión peligrosa de componentes importantes en el circuito de vapor de agua 22. El circuito de vapor de agua 22 se compone de los componentes principales generador de vapor 24, turbina 25, condensador 26, una o varias bombas 27, recipiente de agua de alimentación 28, elementos de medición 10 a 16 y una válvula dosificadora 17 como elemento de ajuste de la instalación dosificadora 23. Una posible entrada de oxígeno como consecuencia de una fuga en el circuito de vapor de agua 22

representa un caso de avería, que provoca el problema de la corrosión de importantes partes de instalación del circuito de vapor de agua 22. Las consecuencias de una entrada de oxígeno de este tipo pueden eliminarse mediante la adición dosificada de hidracina - fórmula química N_2H_4 , que se combina con el oxígeno existente en el circuito de vapor de agua 22 como consecuencia de la fuga e impide que éste ponga en marcha una reacción química corrosiva. En la dosificación de hidracina debería prestarse atención a no dosificar más hidracina que la necesaria, ya que un exceso de hidracina provoca otro problema, es decir, la recepción de hierro como sustancia en suspensión y la peligrosa sedimentación unida a la misma de partículas de hierro en suspensión, en especial en el generador de vapor 24. Por ello debe buscarse un compromiso entre una neutralización segura de la acción corrosiva de oxígeno mediante una adición suficiente de hidracina y un impedimento lo mejor posible de la introducción de partículas de hierro en suspensión.

Los elementos de medición 10 a 16, que se encuentran repartidos en el circuito de vapor de agua 22 de la instalación técnica, entregan valores de medición sobre el estado operativo al sistema experto. Para el diagnóstico de una entrada de oxígeno perturbadora en el circuito de vapor de agua 22 de la instalación técnica se utilizan fundamentalmente el valor de medición 6a, que puede tomarse en el elemento de medición 12, de la concentración de oxígeno en el agua de alimentación delante del generador de vapor 24, el valor de medición 6b del potencial redox obtenido en el mismo punto sobre el elemento de medición 13, que es una medida de la concentración de la hidracina situada en el circuito de vapor de agua 22, y el valor de medición 6c disponible sobre el elemento de medición 14 de la concentración de oxígeno después del condensador 26.

Los otros elementos de medición sirven fundamentalmente para la medición de conductibilidad de cationes; los valores de medición allí obtenidos son criterios adicionales que confirman una entrada de oxígeno en el circuito de vapor de agua 22, y delimitan el lugar de una entrada de oxígeno. En funcionamiento normal una concentración relativamente elevada de la hidracina se ocupa de que exista un bajo contenido de oxígeno y mantiene bajo, como regulador, el contenido de oxígeno incluso en el caso de una entrada de aire. Esta reserva de hidracina ("regulador de hidracina") tiene una magnitud que se establece según las experiencias operativas de la instalación técnica. Este regulador de hidracina, que representa una seguridad contra la corrosión de importantes componentes de circuito de vapor de agua, debe mantenerse también en el caso de una avería para evitar la corrosión de la forma más segura posible.

El sistema experto obtiene los valores de medición antes citada. Si en los elementos de medición 12 y 14 se miden concentraciones de oxígeno 6a ó 6c, que están por encima de los valores del funcionamiento normal, y baja el valor de medición 6b del potencial redox sobre el elemento de medición 13, estos son indicios del caso de avería de una entrada de oxígeno en el circuito de vapor de agua 22. El sistema experto elabora a partir de estos valores de medición - con la ayuda de valores de medición adicionales de la conductibilidad de cationes en el circuito de vapor de agua 22 sobre los elementos de medición 10, 11, 15 y 16 - un diagnóstico de avería, haciéndose uso para elaborar el

diagnóstico de los síntomas y reglas contenidos en la base científica 29. Los valores de medición 6a, 6b y 6c de las concentraciones de oxígeno y del potencial redox se transmiten en paralelo también a tres reguladores fuzzy 18a, 18b y 18c que, tras la identificación de una entrada de oxígeno perturbadora mediante el sistema experto, calculan automáticamente intervenciones reguladoras 21a, 21b y 21c sobre el elemento de ajuste 17 de la instalación dosificadora 23. Los tres reguladores fuzzy - que también se alimentan con los valores nominales necesarios 32a, 32b y 32c - hacen con ello uso para generar la intervención reguladora respectiva de los síntomas y reglas disponibles en la base científica 29, que también se usan para generar el diagnóstico de avería.

El primer regulador fuzzy 18c trata el valor de medición 6c de la concentración de oxígeno en el circuito de vapor de agua después del condensador 26 u calcula, tras identificar una avería, una intervención reguladora 21c sobre el elemento de ajuste 17 para la instalación dosificadora de hidracina 23. Un análisis de este tramo regulador a regular mediante este primer regulador fuzzy 18c da como resultado que, para formar la intervención reguladora 21c, es suficiente con formar en la fase de pretratamiento 34c de este primer regulador la variación de la regla 35c, fuzzyficarla en la etapa de tratamiento 36c y seguir tratándola en el regulador. El regulador calcula una magnitud de ajuste 41c fuzzyficada, que a continuación se desfuzzyfica en la fase de tratamiento 37c, es decir, se convierte en un valor nítido para la intervención reguladora 21c.

El segundo regulador fuzzy 18a trata el valor de medición 6a de la concentración de oxígeno en el agua de alimentación antes del generador de vapor. A causa de la estructura algo complicada del tramo regulador a regular mediante este segundo regulador fuzzy 18a se calculan, en la etapa de pretratamiento correspondiente 34a, la variación de la regla 35a y su modificación 38a y, a continuación, se fuzzyfica en la etapa de tratamiento 36a. La modificación 38a de la variación de la regla 35a se compone con ello de una porción diferenciada y otra integrada, que ofrecen información sobre el comportamiento de la variación de la regla 35a en el pasado. El segundo regulador fuzzy 18a calcula, a partir de las magnitudes fuzzyficadas variación de la regla y modificación de la variación de la regla 39a ó 40a, una intervención reguladora 21a sobre el elemento de ajuste 17 de la instalación dosificadora de hidracina 23. Con ello el segundo regulador fuzzy 18a calcula en primer lugar una magnitud de ajuste 41a fuzzyficada, que después se convierte en una etapa de tratamiento 37a en un valor nítido para la intervención reguladora 21a. Para determinar la intervención reguladora 21a el segundo regulador fuzzy hace uso de los síntomas y reglas disponibles en la base científica 29, que también se usan para elaborar el diagnóstico de avería.

El tercer regulador fuzzy 18b obtiene el valor de medición 6b del potencial redox en el agua de alimentación antes del generador de vapor 24. La medición de este valor de medición 6b representa una redundancia para medir la concentración de oxígeno sobre el elemento de medición 12 en el mismo punto, usando un valor de medición de otra clase que entrega igualmente un indicio de una entrada de oxígeno perturbadora. En la etapa de pretratamiento 34b correspondiente a este tercer regulador fuzzy 18b se forman, al igual que en el segundo regulador fuzz 18a, la

variación de la regla 35b y su modificación 38b y, a continuación, se fuzzyfican en la etapa de tratamiento 36b. Con ayuda de los síntomas y reglas disponibles en la base científica 29 - que también se usan para elaborar el diagnóstico de avería - el tercer regulador fuzzy 18b calcula una intervención reguladora 21b sobre el elemento de ajuste 17 de la instalación dosificadora de hidracina 23. Con ello el tercer regulador fuzzy 18b calcula en primer lugar una magnitud de ajuste 41b fuzzyficada, que después de convierte en una etapa de tratamiento 37b en un valor nítido para la intervención reguladora 21b.

Las magnitudes de ajuste 41a, 41b y 41c fuzzyficadas calculadas por los tres reguladores fuzzy 18a, 18b y 18c se defuzzyfican a continuación en las etapas de tratamiento 37a, 37b y 37c y se conectan posteriormente, como magnitudes de ajuste nítidas 21a, 21b y 21c, a un elemento 33 asignado a los tres reguladores fuzzy para la formación del valor máximo. El mayor valor existente en este elemento 33 de en-

tre los valores de las intervenciones reguladoras se transconecta y actúa sobre el elemento de ajuste 17 de la instalación dosificadora de hidracina 23. Para aumentar la seguridad con relación a la resistencia a la corrosión puede añadirse previamente todavía una porción sobrante de hidracina 30. Se produce entonces, mediante la selección del valor máximo a partir de las tres intervenciones reguladoras calculadas y la adición de una porción sobrante de hidracina 30 adicional, suficiente seguridad contra la corrosión de importantes componentes del circuito de vapor de agua 22 de una instalación técnica. La dosificación de hidracina se produce hasta que la magnitud del regulador de hidracina en el circuito de vapor de agua alcanza un valor prefijado o presenta una variación todavía tolerable respecto al mismo.

Por regulación se entiende en este ámbito una intervención en una instalación técnica que se ocupa que una magnitud vigilada se mantenga dentro de una banda de tolerancia prefijada.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Instalación dosificadora de hidracina para un circuito de vapor de agua (22), **caracterizada** por

- un primer elemento de medición (14) para establecer un primer valor de medición (6c) de la concentración de oxígeno en el agua de alimentación después de un condensador (26), 5
- un segundo elemento de medición (12) para establecer un primer valor de medición (6a) de la concentración de oxígeno en el agua de alimentación delante de un generador de vapor (24), 10
- un tercer elemento de medición (13) para establecer un tercer valor de medición (6b) de la concentración de hidracina en el agua de alimentación después delante del generador de vapor (24), 15
- un sistema experto (31) que obtiene al menos los valores de medición (6c, 6a, 6c) establecidos por los elementos de medición (14, 12, 13) como señales de entrada, para elaborar un diagnóstico de avería con relación a una entrada de oxígeno indeseada en el circuito de vapor de agua (22) por medio de síntomas (S) y reglas (R) disponibles en una base científica (29), 20
- al menos un primer, un segundo y un tercer re- 25

30

35

40

45

50

55

60

65

gulador fuzzy (18c, 18a y 18b), alimentándose

- al primer regulador fuzzy (18c) el primer valor de medición (6c) y un primer valor nominal (32c) correspondiente,
 - al segundo regulador fuzzy (18a) el segundo valor de medición (6a) y un segundo valor nominal (32a) correspondiente, y
 - al tercer regulador fuzzy (18b) el tercer valor de medición (6b) y un tercer valor nominal (32b) correspondiente,
- por medio de los reguladores fuzzy (18a, 18b, 18c), después de un diagnóstico de avería elaborado mediante el sistema experto (31) al menos por medio del primer, del segundo y del tercer valor de medición (6c, 6a, 6b), se calcula en cada caso una intervención reguladora (21a, 21b, 21c) sobre un elemento de ajuste (17) de una instalación dosificadora (23) para hidracina, con el uso de los síntomas (S) y reglas (R) disponibles en la base científica (29), y
- un elemento seleccionador del valor máximo (33), por medio del cual se selecciona a partir de las intervenciones reguladoras (21a, 21b, 21c) la intervención con el máximo valor y se conecta posteriormente al elemento de ajuste (17).

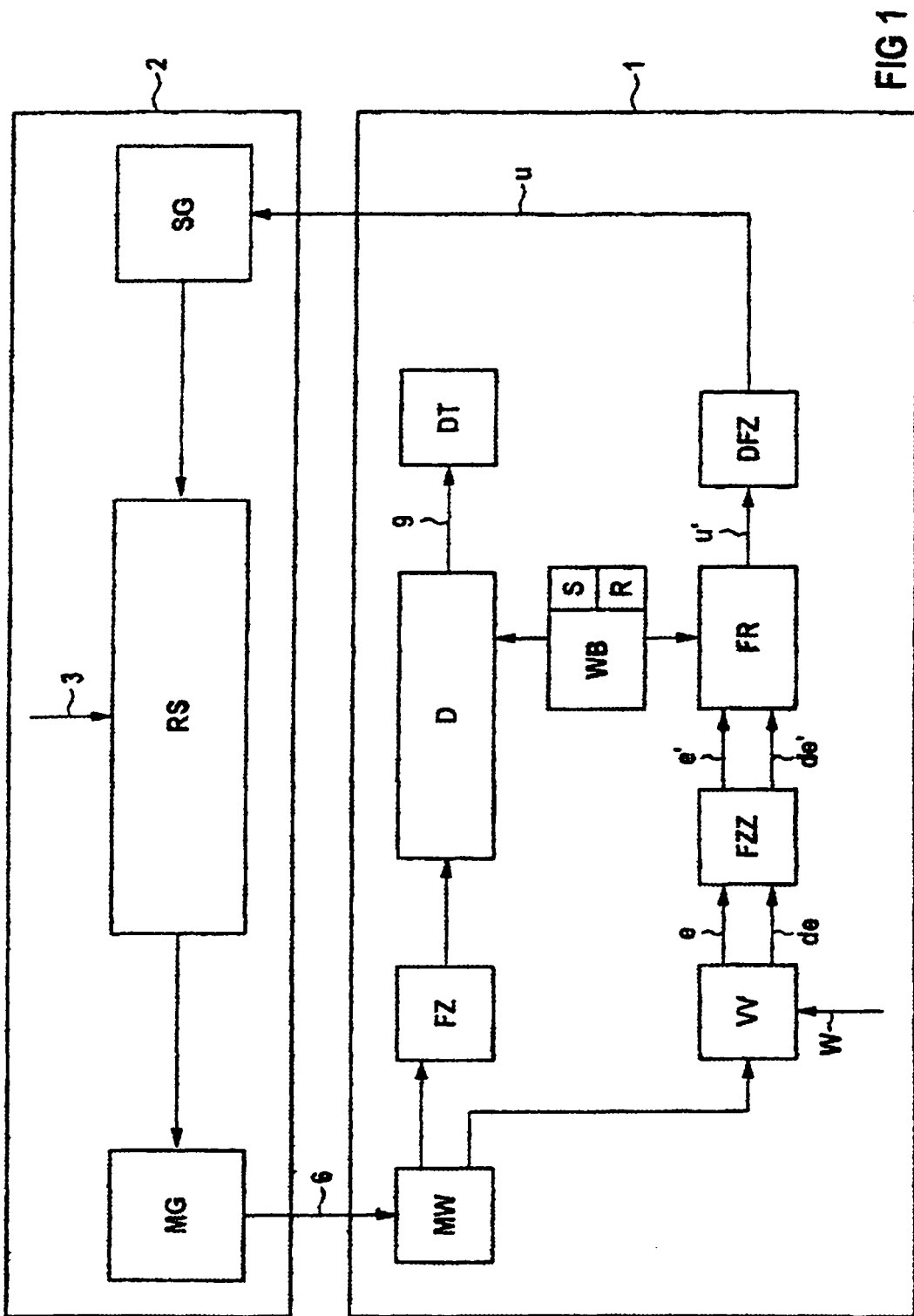


FIG 1

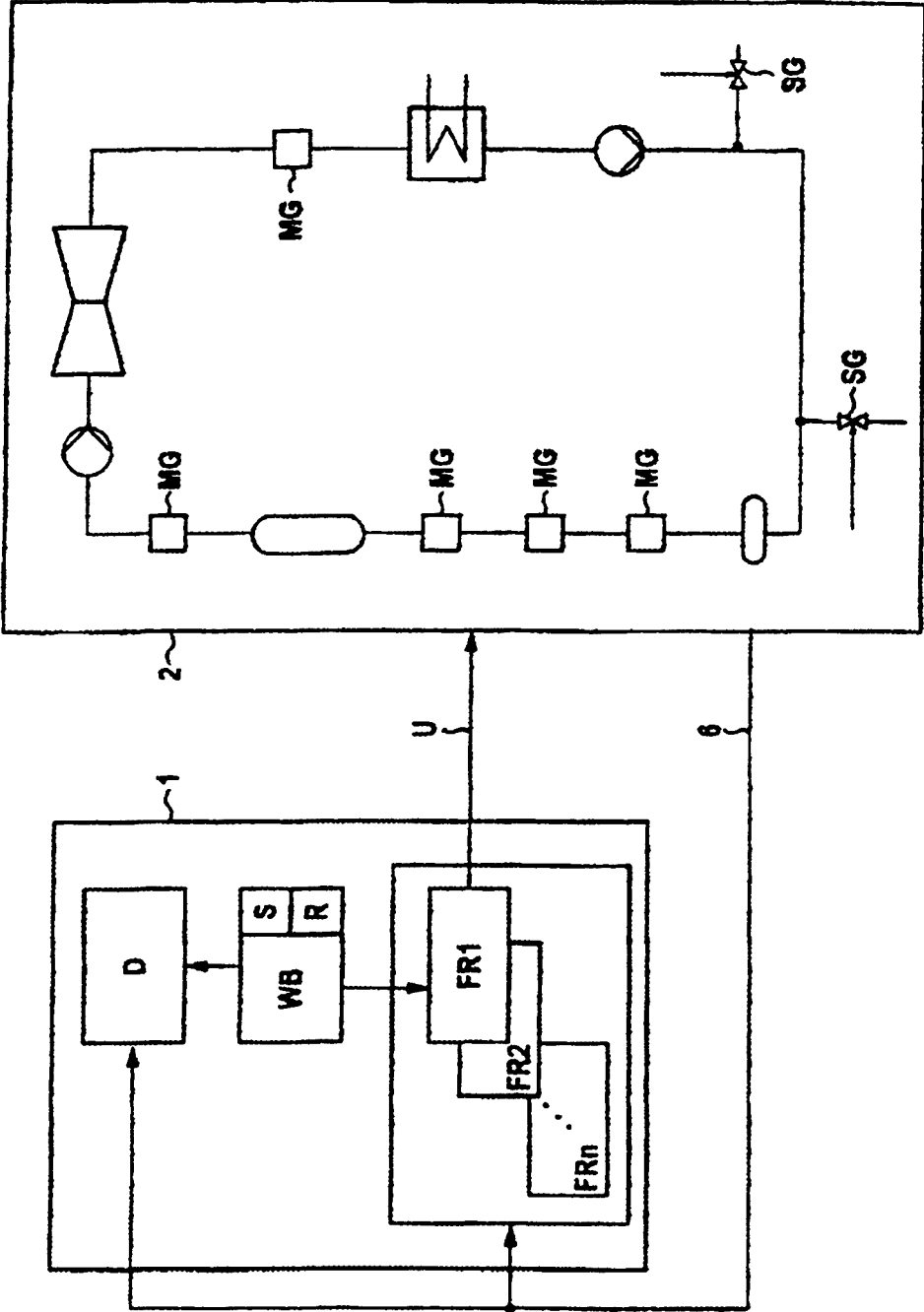


FIG 2

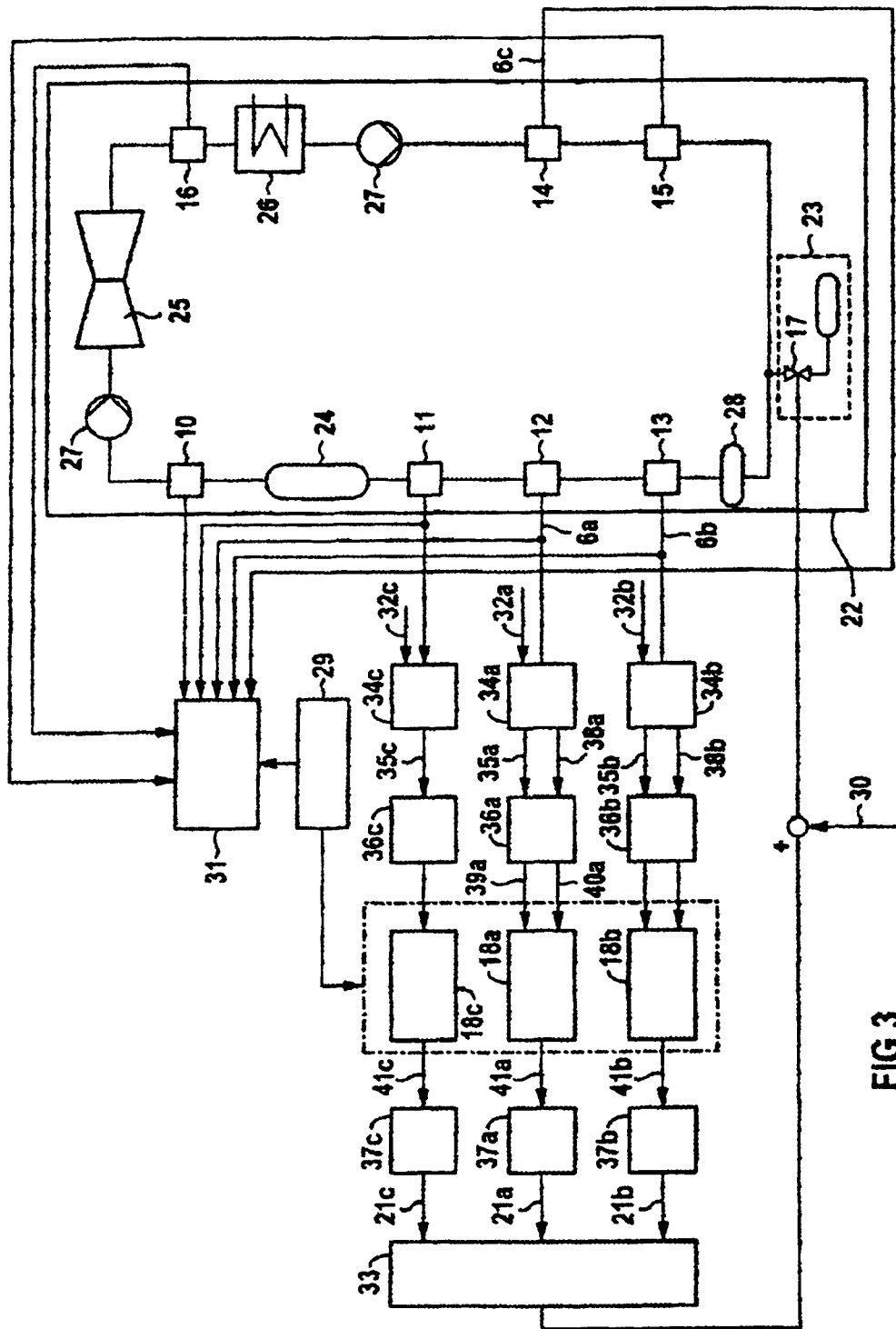


FIG 3