



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 309 661**

(51) Int. Cl.:
H02P 21/14 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **05107012 .6**

(96) Fecha de presentación : **29.07.2005**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1648082**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **19.04.2006**

(54) Título: **Procedimiento y dispositivo para regular la potencia de máquinas sincrónicas eléctricas excitadas permanentemente.**

(30) Prioridad: **02.08.2004 DE 10 2004 037 378**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.12.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.12.2008

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

(72) Inventor/es: **Geil, Günter**

(74) Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 309 661 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 y dispositivo para regular la potencia de máquinas sincrónicas eléctricas excitadas permanentemente.

La invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para regular la tensión de máquinas sincrónicas eléctricas excitadas permanentemente con número de revoluciones prefijable, en las que mediante una corriente de máquina y un flujo magnético generado por imanes permanentes, que depende de la intensidad del flujo magnético y de la magnitud de la corriente de máquina así como de una constante de máquina, en donde se regulan la corriente de máquina y el número de revoluciones de la máquina.

En el caso de una máquina eléctrica existe la conocida relación entre la corriente, el flujo magnético y el par de giro:

$$c \times I_s \times \Phi = M.$$

En la misma significan:

c = una constante de máquina,

I_s = la corriente de máquina,

Φ = el flujo de máquina y

M = el par de giro.

En el caso de máquinas sincrónicas excitadas eléctricamente, una regulación a través de la corriente de excitación en bobinas de campo puede regular el flujo magnético en la máquina. Con una regulación de este tipo se conoce el flujo magnético en la máquina. En el caso de una prefijación de una determinada corriente de máquina, como consecuencia se conoce el par de giro que se establece en la máquina. Las máquinas sincrónicas excitadas permanentemente, por el contrario, no tienen sobre la rueda polar ninguna bobina de campo, a través de la cual pudiera regularse el flujo magnético en la máquina. El flujo magnético en la máquina se genera fundamentalmente a través de los imanes permanentes y el comportamiento magnético de los imanes permanentes depende de la temperatura. El flujo magnético en la máquina depende por ello de la temperatura de los imanes. En el caso de prefijarse una determinada corriente de máquina, el par de giro que se establece en la máquina depende por lo tanto también de la temperatura de los imanes y la máquina sincrónica excitada permanentemente ya no puede regularse con exactitud en cuanto a su par de giro. Si la máquina sincrónica excitada permanentemente ya no puede hacerse funcionar con una regulación precisa del par de giro, esta máquina tampoco puede hacerse funcionar con regulación de potencia a través de la corriente de máquina y el número de revoluciones de máquina. Una regulación de potencia precisa, sin embargo, es necesaria para muchas aplicaciones, en especial para la aplicación de la máquina sincrónica excitada permanentemente como máquina propulsora de barcos.

La tarea de la invención consiste en indicar un procedimiento de regulación y un dispositivo de regulación, con los que a pesar de las circunstancias descritas anteriormente sea posible una regulación de potencia precisa de máquinas propulsoras de barcos eléctricas y excitadas permanentemente, en especial en forma de hélices gobernadoras eléctricas.

Del estado general de la técnica de regulación de máquinas eléctricas se conoce detectar el flujo de máquina a través de sondas Hall. Un flujo de máquina medido con sondas Hall u otros registradores de medición puede utilizarse, junto con la corriente de máquina, para una regulación del par de giro y con ello de la potencia. También se conoce la medición directa del par de giro, por ejemplo a través de árboles de torsión. Los sistemas conocidos del estado de la técnica, sin embargo, son muy complicados o inestables a largo plazo. Aparte de esto son muy sensibles y por ello menos adecuados para grandes máquinas propulsoras de barcos, que deben cumplir su función de forma fiable durante muchos años.

Asimismo se conoce una regulación a través de los llamados modelos de máquina, por ejemplo en el documento JP 10 229 700, en los que a partir de la tensión de máquina medida, la corriente de máquina medida y una serie de parámetros de máquina, se establece el flujo de máquina y se alimenta a una regulación de conversión. Sin embargo, la práctica ha demostrado que esta clase de establecimiento del flujo de máquina es demasiado inespecífica para detectar el par de giro en la máquina, para cumplir los requisitos impuestos a máquinas propulsoras de barcos, en las que se trata de ajustar con precisión la potencia efectiva. Una regulación basada en el campo de máquinas sincrónicas excitadas por imanes permanentes para propulsiones de barcos se describe en el documento US 6592412.

En especial la dependencia de temperatura de los imanes permanentes puede regularse sólo de forma insuficientemente precisa a través de modelos de máquinas.

La tarea de la regulación de potencia precisa de máquinas sincrónicas eléctricas excitadas permanentemente es resuelta por medio de que, para tener en cuenta la dependencia de temperatura dada del flujo magnético generado por

ES 2 309 661 T3

los imanes permanentes, para mejorar la regulación de potencia, se utiliza un valor compensador de par de giro específico. De este modo se obtiene una solución de software, que es especialmente apropiada en especial para máquinas propulsoras de barcos grandes. Con ello es especialmente ventajoso que ya no sea necesario disponer de una accesibilidad de las grandes máquinas propulsoras de barcos, por ejemplo para poder reajustar o reparar aparatos medidores de par de giro o aparatos medidores de flujo de máquina. Por lo tanto se obtiene de forma ventajosa una solución, que es robusta y estable a largo plazo y con ello apropiada para los barcos.

La solución conforme a la invención es especialmente ventajosa para las máquinas propulsoras de hélices gobernadoras eléctricas con excitación permanente, ya que aquí no es posible un ajuste preciso de la potencia de propulsión de los barcos equipados con las hélices gobernadoras. Por esto se hace necesario dimensionar más grandes las máquinas propulsoras de este tipo de lo que sería necesario por sí mismo, ya que hasta ahora no se disponía de ningún procedimiento preciso y de un dispositivo correspondiente para la regulación de potencia precisa. Este sobredimensionamiento debe poder evitarse. Las tareas impuestas son resueltas mediante las particularidades de las reivindicaciones 1 y 4. Las reivindicaciones subordinadas dependientes de las mismas describen configuraciones ventajosas.

En una configuración especialmente ventajosa de la invención está previsto que en un dispositivo de regulación de la máquina eléctrica con circuitos de regulación, a través del valor compensador de par de giro se enlacen entre sí un circuito de regulación de número de revoluciones interior y otro exterior. De este modo se obtiene la posibilidad ventajosa de una solución técnica de regulación para el enlace necesario entre los reguladores de software utilizados, por medio de que la limitación del valor nominal del par de giro o de la potencia pueda unirse a través del valor compensador de par de giro específico sin retardo al valor nominal de la corriente de máquina, que se corresponde con el valor nominal del par de giro formando el par. Dentro del dispositivo de regulación se obtiene de este modo la ecuación

$$c \times I_s \times (ST \times \Phi) = M.$$

En la misma significan:

c = la constante de máquina,

I_s = la corriente de máquina,

ST = el valor compensador de par de giro,

Φ = el flujo de máquina y

M = el par de giro que se obtiene.

El valor compensador de par de giro se limita ventajosamente por motivos de seguridad al margen de valores usual para el funcionamiento. Asimismo se afina su introducción, para que los procesos dinámicos en las señales para la detección del par de giro específico no puedan influir en la regulación del número de revoluciones. En el caso de máquinas sincrónicas grandes, excitadas permanentemente, como las representadas por las máquinas propulsoras de barcos, la constante de tiempo para la temperatura de los imanes está dentro de un margen de 20 minutos y mayor. Como función de afinamiento más sencilla se ofrece ventajosamente la función PT1 con 2 minutos de constante de tiempo de afinamiento. Los procesos dinámicos perturbadores de origen eléctrico o mecánico en las señales, para la detección del par de giro específico, están con ello suficientemente afinados, mientras casi no se influye en el par de giro específico, dependiente del desarrollo de temperatura de los imanes permanentes.

En otra configuración de la invención está previsto que el valor compensador de par de giro específico se establezca a partir del valor nominal de corriente de máquina, de la potencia eléctrica, del grado de eficacia y del número de revoluciones como magnitudes resultantes. La corriente de máquina, la potencia eléctrica y el número de revoluciones pueden medirse con precisión, por ejemplo en un rectificador de corriente para alimentar la máquina o mediante un transmisor de pasos angulares. De este modo se obtiene ventajosamente la posibilidad de un establecimiento precisa del valor compensador de par de giro mediante mediciones habituales.

En otra configuración alternativa de la invención está previsto que el par de giro de máquina sea guiado mediante otras magnitudes medidas, por ejemplo un valor real de par de giro o el valor real de flujo de máquina, pero también mediante la temperatura de los imanes. De este modo puede aumentarse ventajosamente la precisión de la prefijación, teniendo en cuenta otras magnitudes importantes de la máquina.

En una configuración de la invención está previsto que para llevar a cabo el procedimiento, el dispositivo para regular la potencia de la máquina sincrónica excitada permanentemente presente un circuito de regulación de número de revoluciones interior y otro exterior formado por módulos de software, que están unidos entre sí a través de un valor compensador de par de giro ajustable. De este modo puede llevarse a cabo ventajosamente el procedimiento conforme a la invención.

ES 2 309 661 T3

En otra configuración de la invención está previsto ventajosamente que el valor compensador de par de giro ajustable pueda ajustarse según parámetros de máquina y utilización prefijados. De este modo puede ajustarse la potencia de máquina óptima para barcos, para los que la potencia efectiva en el eje de hélice es un criterio de verificación decisivo.

5 En una configuración alternativa de la invención está previsto que el par de giro de la máquina pueda ajustarse mediante magnitudes medidas, como el valor real de flujo de máquina y dado el caso la temperatura del imán. De este modo puede mejorarse todavía más la optimización de la regulación, sin que sea necesario usar sensores sensibles como árboles de medición de torsión.

10 En una configuración ventajosa de la invención está previsto que el dispositivo de regulación presente un circuito de regulación interior con un regulador del número de revoluciones con las magnitudes de regulación valor nominal del número de revoluciones antes del transmisor de marcha acelerada, valor nominal del número de revoluciones después del transmisor de marcha acelerada, valor real del número de revoluciones y valor nominal de corriente de máquina. De este modo puede formarse un circuito de regulación interior conforme a la invención, en donde los
15 transmisores de marcha acelerada son en principio conocidos, por ejemplo del documento DE 100 11 601 C2. Mediante la utilización de una transmisor de marcha acelerada de este tipo es posible conocer las relaciones de la propulsión de barco respectiva. La parametrización del transmisor de marcha acelerada se produce con ello ventajosamente durante la fase de puesta en marcha.

20 En una configuración adicional de la invención está previsto que el dispositivo de regulación presente un circuito de regulación exterior con las magnitudes de regulación valor real del número de revoluciones, limitación de la potencia efectiva de máquina y limitación del par de giro de máquina. De este modo se obtiene un trabajo seguro de la máquina eléctrica regulada conforme a la invención, en especial de una máquina sincrónica excitada permanentemente.

25 En una configuración adicional de la invención está previsto que el transmisor de marcha acelerada presente un seguimiento de transmisor de marcha acelerada. De este modo se obtiene un comportamiento especialmente ventajoso de la regulación.

30 Por último está previsto que la señal de salida del regulador del número de revoluciones sea el valor nominal de corriente de máquina. De este modo se obtiene una configuración de la regulación de corriente que puede ejecutarse de forma especialmente sencilla y especialmente fácil para el personal de la máquina.

35 La invención se describe con más detalle con base en dibujos, en los que, al igual que en las reivindicaciones, pueden verse otros detalles también esenciales para la invención.

Aquí muestran:

la figura 1 un esquema de regulación en detalle y

40 la figura 2 una representación esquemática del proceso de regulación.

En la figura 1 el 1 designa la hélice de barco con el árbol de impulsión 2, que puede ser tanto un árbol dispuesto en el propio barco como un árbol dispuesto en una hélice gobernadora eléctrica. El 3 designa propulsor, con preferencia una máquina sincrónica excitada permanentemente. El 4 designa un transmisor de pasos angulares para establecer con
45 precisión el número de revoluciones. El 5 designa la red de alimentación eléctrica del barco y el 6 el rectificador de corriente en el que se genera el valor real de corriente de máquina.

El 7 designa el valor real del número de revoluciones, que es entregado por el transmisor de pasos angulares y se entrega a la detección de valores reales del número de revoluciones 8. El 9 designa el transmisor de valores nominales del número de revoluciones en forma de una palanca de maniobra. El 10 designa el valor nominal del número de revoluciones antes del transmisor de marcha acelerada. 11 y 12 el valor nominal del número de revoluciones después del transmisor de marcha acelerada. El 13 designa el punto de comparación entre el valor nominal de número de revoluciones y el valor real del número de revoluciones, en el que se introduce el valor real del número de revoluciones
50 14.

55 El 15 designa un regulador del número de revoluciones con limitación del valor de salida y 16 el valor nominal de corriente de máquina. El 17 es el valor nominal de limitación de la potencia de máquina y 18 el valor nominal de limitación del par de giro, cuya magnitud se prefija específicamente para el barco. El 19 es el par de giro específico conforme a la invención, es decir, el valor compensador de par de giro que se alimenta a los dos divisores 21, 21 para
60 el valor nominal de limitación de par de giro/valor nominal de limitación de corriente de máquina y el valor nominal de limitación de potencia de máquina/valor nominal de limitación de corriente de máquina.

El 22 designa el valor nominal de limitación de corriente de máquina al igual que el 23 y el 24, que se alimenta a un dispositivo 25 para la selección mínima del valor nominal de limitación de corriente de máquina. El 26 designa el
65 valor nominal de limitación de corriente de máquina en el regulador del número de revoluciones.

En la figura 2, en la que se reproduce la influencia de las diferentes magnitudes de máquina sobre la regulación del par de giro, el 31 significa el multiplicador para la potencia de máquina en el que de forma habitual se introducen

ES 2 309 661 T3

la tensión, la corriente, el coseno de π y el grado de eficacia de la máquina. El 32 un divisor de par de giro, al que se alimenta el número de revoluciones y el 33 un divisor que establece el par de giro específico, mientras que el 34 indica una unidad de desbloqueo para el par de giro específico. El 35 es un limitador del par de giro específico y el 36 indica la función de afinamiento del par de giro específico. El 19 es la señal de salida para el par de giro específico.

Las figuras 1 y 2 las abreviaturas y los símbolos utilizados en las mismas se corresponden con el esquema de representación habitual de reguladores eléctricos. Por ello el técnico los puede entender sin más.

En resumen puede comprobarse que la ventaja de esta invención estriba muy fundamentalmente en que con una regulación sencilla y económica a través de módulos de software puede evitarse un sobredimensionamiento muy costoso de la instalación propulsora. En el caso de barcos, por ejemplo se mide la velocidad del barco acordada por contrato en el caso de una potencia de propulsión también fijada por contrato. Es con ello irritable si durante el funcionamiento de la instalación propulsora se modifican los valores de funcionamiento de la potencia de máquina o también procesos, dependientes del par de giro, de la máquina sincrónica excitada permanentemente. No se producen oscilaciones de potencia, que no dejan aparecer las magnitudes acordadas por contrato como no alcanzadas.

Una ventaja adicional de esta invención consiste en que la tensión de máquina máxima US se reduce algo, si por ejemplo en el caso de propulsiones de barco la máquina sincrónica excitada permanentemente llega a una limitación de la potencia efectiva de máquina. La tensión de marcha en vacío de salida del transformador de rectificador de corriente puede reducirse en el factor, en el que también se reduce la tensión de máquina máxima. En el mismo factor se reduce también la potencia constructiva del transformador de rectificador de corriente y, de este modo, descienden también sus costes. En el mismo factor se reduce también la potencia aparente, que extrae el convertidor de la red de a bordo. En el caso de propulsiones de barcos esto produce una reducción de costes también en generadores para la generación de corriente del convertidor, porque los generadores tienen que producir menos potencia reactiva. En total no sólo se reducen los costes de la propia máquina eléctrica, sino también los costes de los componentes para la alimentación de energía de la máquina propulsora. Por lo tanto se obtiene un abanico de ventajas con respecto a las máquinas sincrónicas eléctricas excitadas permanentemente actuales, que no funcionan con el valor compensador de par de giro.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para regular la tensión de máquinas sincrónicas eléctricas excitadas permanentemente con número de revoluciones prefijable, en las que mediante una corriente de máquina y un flujo magnético generado por imanes permanentes, que depende de la intensidad del flujo magnético y de la magnitud de la corriente de máquina así como de una constante de máquina, en donde se regulan la corriente de máquina y el número de revoluciones de la máquina y en donde para tener en cuenta la dependencia de temperatura dada del flujo magnético generado por los imanes permanentes, para mejorar la regulación de potencia, se utiliza un valor compensador de par de giro específico, en
10 donde el valor compensador de par de giro específico se establece a partir del valor nominal de corriente de máquina, de la potencia eléctrica, del grado de eficacia y del número de revoluciones como magnitudes resultantes, de forma continuada mediante técnica de cálculo.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque en un dispositivo de regulación para la máquina eléctrica, a través del valor compensador de par de giro se enlazan entre sí un circuito de regulación de número de revoluciones interior y otro exterior.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el par de giro de máquina es guiado mediante magnitudes medidas, por ejemplo un valor real de par de giro o el valor real de flujo de máquina.
- 20 4. Dispositivo para llevar a cabo el procedimiento según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque presenta un circuito de regulación de número de revoluciones interior y otro exterior formado por módulos de software, que están unidos entre sí a través del valor compensador de par de giro ajustable.
- 25 5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado** porque el valor compensador de par de giro ajustable puede ajustarse según parámetros de máquina y utilización prefijados, por ejemplo de forma correspondiente a la potencia efectiva deseada.
- 30 6. Procedimiento según la reivindicación 4 ó 5, **caracterizado** porque presenta un circuito de regulación interior con un regulador del número de revoluciones con las magnitudes de regulación valor nominal del número de revoluciones antes del transmisor de marcha acelerada, valor nominal del número de revoluciones después del transmisor de marcha acelerada, valor real del número de revoluciones y valor nominal de corriente de máquina.
- 35 7. Procedimiento según la reivindicación 4, 5 ó 6, **caracterizado** porque presenta un circuito de regulación exterior con las magnitudes de regulación valor real del número de revoluciones, limitación de la potencia efectiva de máquina y limitación del par de giro de máquina, en donde la limitación de la potencia efectiva de máquina y la limitación del par de giro de máquina son guiadas por magnitudes dadas externamente o por otras magnitudes de regulación, como por ejemplo el valor real del número de revoluciones.
- 40 8. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado** porque el transmisor de marcha acelerada presenta un seguimiento de transmisor de marcha acelerada.
9. Dispositivo según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la señal de salida del regulador del número de revoluciones es el valor nominal de la corriente de máquina.
- 45 10. Utilización del dispositivo según una o varias de las reivindicaciones 4 a 9 para regular un motor de hélice gobernadora eléctrica con excitación permanente.
- 50
- 55
- 60
- 65

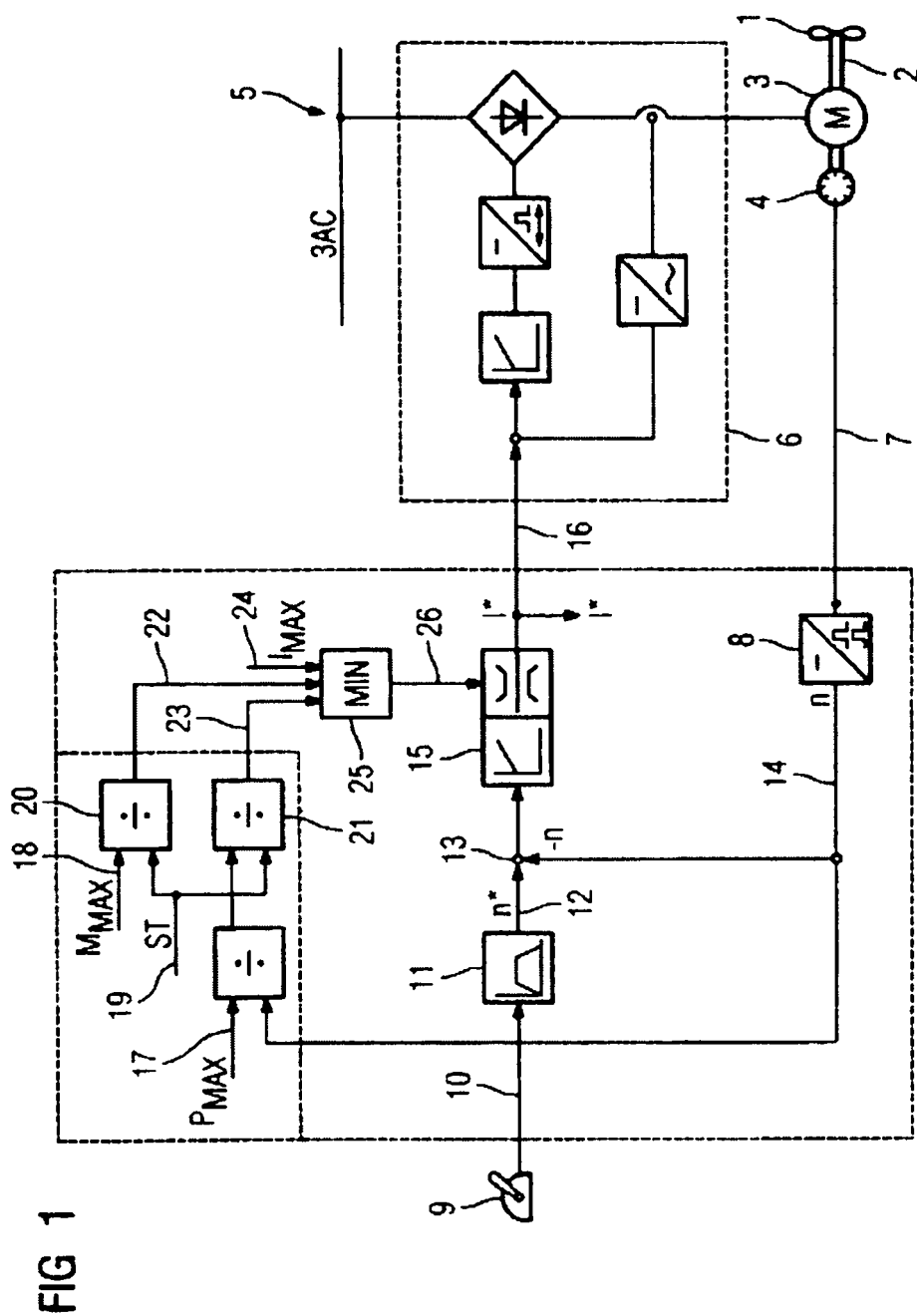


FIG 2

