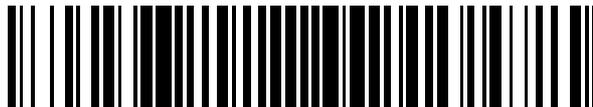


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 453 893**

51 Int. Cl.:

H02P 27/16 (2006.01)

H02P 27/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.11.2010 E 10792863 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2014 EP 2539998**

54 Título: **Instalación para hacer funcionar motores síncronos y procedimiento correspondiente**

30 Prioridad:

22.02.2010 DE 102010008814

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

08.04.2014

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

BENECKE, MARCEL

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 453 893 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

Instalación para hacer funcionar motores síncronos y procedimiento correspondiente

5 La invención se refiere a una instalación para hacer funcionar motores síncronos y a un procedimiento correspondiente para hacer funcionar motores síncronos con ajustadores de corriente alterna trifásicos, que están conectados a una red de corriente alterna y que comprenden al menos dos ajustadores semiconductores, por ejemplo tiristores conectados en anti-paralelo que se conectan, respectivamente encienden, en determinados momentos.

10 Los motores síncronos de corriente alterna sin jaula de arranque están ligados por principio a la frecuencia de la red de corriente alterna que alimenta. Un arranque, es decir un cebado de estos motores, no es por ello posible directamente en la red. Más bien es necesaria una instalación, entre la red de corriente alterna y la máquina síncrona, que primero haga posible el cebado. Para esto se utiliza normalmente un convertidor de frecuencia. El convertidor de frecuencia se compone de un rectificador, un (condensador de) circuito intermedio y un vibrador. Se utiliza para generar una corriente alterna con frecuencia ajustable.

15 Se conocen instalaciones para hacer funcionar máquinas eléctricas, en especial máquinas síncronas, por ejemplo de los documentos JP 55 111 688, US 4,125,796 y EP 1 987 847 A2.

La tarea de la invención consiste en indicar un procedimiento y una instalación, con el o con la que se haga posible, con una complejidad muy reducida de elementos constructivos electrónicos de potencia, un funcionamiento de una máquina síncrona en una red de corriente alterna. Con ello debe hacerse posible en especial también el arranque de la máquina síncrona.

20 Esta tarea es resuelta mediante una instalación conforme a la reivindicación 1. Otra solución consiste en un procedimiento conforme a la reivindicación 10. En las reivindicaciones subordinadas se indican perfeccionamientos de la invención.

25 En el caso del procedimiento conforme a la invención para hacer funcionar un motor síncrono se utiliza un ajustador de corriente alterna. El ajustador de corriente alterna comprende al menos dos ajustadores semiconductores, convenientemente tres ajustadores semiconductores, uno por fase. En el caso de los elementos de conmutación semiconductores puede tratarse por ejemplo de ajustadores de corriente alterna. Los ajustadores de corriente alterna pueden estar materializados como pares de tiristores conectados en anti-paralelo o como triacs. Sin embargo, también podrían utilizarse IGBTs u otros tipos de conmutadores semiconductores. El ajustador de corriente alterna está conectado a una red de corriente alterna. El devanado de estator del motor síncrono está
30 conectado con ello, de forma preferida, en conexión en estrella sin conductor neutro. Los ajustadores de corriente alterna se activan o encienden en determinados momentos, es decir, se conectan de forma conductora o se preparan para la conducción.

35 En el caso del procedimiento conforme a la invención se establece un ángulo de posición del rotor. El ángulo de posición mecánico indica convenientemente la posición del rotor con relación a una posición fija espacialmente y que puede determinarse. El ángulo de posición se extiende con ello convenientemente de 0° a 360°. Alternativamente también puede establecerse el ángulo de posición eléctrico, por ejemplo a través de una valoración de magnitudes eléctricas en el motor. Asimismo se establece la posición de fase de tensión de red en al menos una de las fases del devanado de estator. A partir del ángulo de posición y de la posición de fase de tensión de red se determinan los momentos de encendido, en los que se conectan o encienden los ajustadores semiconductores.

40 Convenientemente para el tratamiento ulterior se establece el ángulo de posición eléctrico o se calcula a partir del ángulo de posición mecánico. A la inversa, también es posible aplicar otras magnitudes, de tal modo que pueda trabajarse directamente con el ángulo de posición mecánico.

45 La instalación conforme a la invención para hacer funcionar una máquina síncrona comprende un ajustador de corriente alterna trifásico, que puede conectarse a una red de corriente alterna y comprende al menos dos ajustadores semiconductores para las fases de la red de corriente alterna. Asimismo está previsto un transmisor de posición para establecer el ángulo de posición del rotor de la máquina síncrona. Aparte de esto la instalación comprende una instalación para determinar la posición de fase de tensión de red para al menos una de las fases de la red de corriente alterna. Por último se dispone de medios para determinar una par de dos de los ajustadores semiconductores, con base en el ángulo de posición del rotor, y medios para determinar momentos de conmutación
50 para los ajustadores semiconductores del par con base en la posición de fase de tensión de red.

Con ello es posible que, durante la ejecución del procedimiento o durante el funcionamiento de la instalación, los momentos de encendido se determinen en un momento determinado para el futuro. Sin embargo, también es posible que el procedimiento se ejecute continuamente o que la instalación trabaje continuamente. En otras palabras, los

pasos aislados se repiten a pequeños intervalos de tiempo. Después es también posible que los momentos de encendido se determinen siempre sólo para ese momento, es decir, que sólo se decida encender ahora o precisamente no encender.

5 La ventaja del procedimiento conforme a la invención reside en la utilización de la posición del rotor para determinar momentos de encendido. Por medio de esto se logra que, incluso con números de revoluciones reducidos del motor síncrono, se genere sólo o casi sólo un momento de giro positivo. Con ello un momento de giro positivo quiere decir un momento de giro que, para un proceso de cebado, sólo señale en uno de los dos sentidos posibles. En otras palabras sólo se genera un momento de giro acelerador, mientras que se evita un momento de giro frenador.

10 En procedimientos conocidos, para el cebado del motor síncrono se sintetizan desarrollos de tensión con una frecuencia menor que la frecuencia de red. Con ello se determina la frecuencia a generar para un cierto espacio de tiempo. Al final del espacio de tiempo se conmuta a una frecuencia mayor. Con ello se determina la frecuencia.

15 Conforme a la invención, por el contrario, en primer lugar se tiene en cuenta la posición del rotor. Solamente en el segundo paso se contempla la posición de fase de tensión de red. Por ello, en la forma de proceder conforme a la invención se obtiene un desarrollo de tensión que tiene también características de un desarrollo de tensión con una frecuencia menor que la frecuencia de red. Sin embargo, los desarrollos de tensión generados tendrán un aspecto diferente a los de los procedimientos conocidos. Por un lado se producen rupturas en el desarrollo de tensión a causa de que el rotor sigue girando. Por otro lado aumenta la frecuencia de la frecuencia efectiva generada directamente con la velocidad de rotor y no aumenta en etapas. La invención tiene la ventaja de que la frecuencia de la tensión efectiva generada no es necesario que se controle nada o que ni siquiera se contemple; más bien se obtiene automáticamente y adaptada ventajosamente a la velocidad actual del rotor.

20 Conforme a la invención, a partir del ángulo de posición se establece una posición de fase de tensión de red ajustada para el par de ajustadores semiconductores, que debe estar disponible para que pueda disponerse de momentos de encendido. Esto se obtiene de que sólo con la polaridad correcta de las tensiones se consigue un momento de giro positivo. Junto con la posición de fase de tensión de red establecida se determinan después ventajosamente los momentos de encendido reales. De forma preferida se establece con ello la posición de fase de tensión de red en las fases de la par, a partir de dos de los al menos tres elementos de conmutación semiconductores.

25 Los medios para determinar la posición de fase de tensión de red ajustada para el par de dos de los ajustadores semiconductores están configurados para llevar a cabo la determinación con base en márgenes parciales para todo el margen angular del ángulo de posición, de 0° a 360°, en donde al menos a una parte del margen parcial está asociada en cada caso una posición de fase de tensión de red ajustada para el par de dos de los ajustadores semiconductores, y los medios para determinar una posición de fase de tensión de red ajustada determinan aquella posición de fase de tensión de red que está asociada al margen parcial en el que se encuentra el ángulo de posición.

30 También de forma preferida, los medios para determinar el par de dos de los ajustadores semiconductores están configurados para llevar a cabo la determinación con base en márgenes parciales para todo el margen angular del ángulo de posición, de 0° a 360°, en donde al menos a una parte del margen parcial está asociada en cada caso una posición de fase de tensión de red ajustada para el par de dos de los ajustadores semiconductores, y los medios para determinar una posición de fase de tensión de red ajustada determinan aquella posición de fase de tensión de red que está asociada al margen parcial en el que se encuentra el ángulo de posición.

35 Es posible, para determinar el par y para determinar la posición de fase de tensión de red ajustada, utilizar diferentes márgenes parciales. Sin embargo, de forma conveniente para determinar el par y para determinar la posición de fase de tensión de red ajustada se utilizan los mismos márgenes parciales. Es muy ventajoso que como márgenes parciales se utilicen seis márgenes parciales igual de grandes. Con ello cada margen parcial comprende 60° del ángulo de posición posible. Por medio de esto es posible, de forma ideal, generar un momento de giro siempre positivo. Con ello es conveniente adaptar la posición de los márgenes parciales con relación al ángulo de posición establecido a la configuración real del motor síncrono, de tal modo que el par establecido actualmente y la posición de fase de tensión de red ajustada establecida actualmente se ajusten, en su acción eléctrica sobre el devanado de estator, también a la posición del rotor. En otras palabras, es necesario que se ajusten la orientación de los márgenes parciales o la definición del ángulo de posición 0° a la orientación de los devanados de estator.

40 Los márgenes parciales utilizados están con ello de forma preferida determinados previamente y archivados por ejemplo en una tabla. Alternativamente la instalación puede estar configurada para determinar por programa la determinación del par y la determinación de la posición de fase de tensión de red ajustada, es decir, mediante una comparación codificada fijamente del ángulo de posición establecido con los márgenes parciales prefijados para el ángulo de posición.

De forma conveniente, los medios para determinar momentos de conmutación están configurados para provocar una conmutación para los ajustadores semiconductores del par determinado, si la posición de fase de tensión de red en ambas fases de los ajustadores semiconductores del par determinado se corresponde con la posición de fase de tensión de red ajustada determinada. Según los ajustadores semiconductores utilizados, los elementos de conmutación semiconductores aislados pueden conmutarse directamente o, por ejemplo en el caso de tiristores, encenderse.

En una configuración y un perfeccionamiento preferidos de la invención, la instalación presenta medios para establecer un paso por cero para al menos una de las fases. Asimismo están previstos de forma preferida medios para determinar un ángulo de conmutación. Si se conoce el paso por cero para al menos una de las fases, y asimismo está determinado un ángulo de conmutación, puede retrasarse un momento de encendido para la fase correspondiente alrededor del ángulo de conmutación con relación al paso por cero. Mediante el funcionamiento de la máquina síncrona durante el cebado muy por debajo de su número de revoluciones nominal, en el estator a causa de la rotación del rotor se genera una menor contra-tensión que durante el funcionamiento nominal. De este modo, en el caso de una tensión de alimentación no reducida fluyen en el estator unas corrientes claramente aumentadas. Durante el funcionamiento en el ajustador de corriente alterna se consigue de forma preferida, mediante un corte de fase modificado, también un menor valor efectivo de tensión en los bornes de la máquina. Para esto se ajusta de forma preferida el ángulo de encendido de los tiristores con relación al paso por cero de la tensión de red, de tal modo que la corriente fluyente sea lo más insignificamente superior a la corriente nominal de la máquina síncrona. Para esto puede utilizarse un gran ángulo de encendido, por ejemplo con velocidades bajas del rotor, por ejemplo de solo 150° , mientras que con velocidades suficientemente elevadas del rotor se utiliza un ángulo de encendido menor de por ejemplo 90° (retraso de encendido).

El procedimiento descrito se materializa en especial por software. Con relación a la instalación descrita, ésta presenta en especial una unidad de control, que está configurada para aplicar la manera de proceder descrita. Por ello puede implementarse de forma sencilla, en ajustadores de corriente alterna existentes, sin una complejidad adicional de elementos constructivos. Con ello es necesaria una detección de la posición del rotor. Es ventajoso que una unidad de control prevista en la máquina síncrona, que hoy en día está materializada convenientemente como microprocesador, asuma el control del ajustador de corriente alterna. En este caso se dispone ya automáticamente de datos, por ejemplo de un transmisor de posición integrado en la máquina síncrona. Asimismo una máquina síncrona de este tipo puede comprender ya el ajustador de corriente alterna, es decir, estar materializada como unidad conjunta, que de este modo puede conectarse directamente a una red de corriente alterna.

A continuación se explica con más detalle un ejemplo de ejecución para la invención preferido, pero en ningún caso limitador con base en el dibujo. Con ello las particularidades se han representado esquemáticamente y las particularidades que se correspondan se han marcado con los mismos símbolos de referencia. Las figuras muestran con ello en detalle:

la figura 1 un esquema de conexiones sustitutorio de un ajustador de corriente alterna con máquina síncrona conectada, y

la figura 2 diagramas para aclarar los momentos de encendido.

En la figura 1 está conectada una máquina síncrona de corriente alterna 1, a través de un ajustador de corriente alterna 4 trifásico, a las fases A, B, C de una red de corriente alterna. A cada una de las fases A, B, C está asociado un ajustador semiconductor 6, 7, 8 formado por dos tiristores conectados en anti-paralelo A1, A2, B1, B2, C1, C2. Los electrodos de encendido de los tiristores A1, A2, B1, B2, C1, C2 están conectados a una instalación de control 3, con la que se proporcionan las señales de encendido necesarias para encender los tiristores A1, A2, B1, B2, C1, C2. La instalación de control 3 controla también el ángulo de corte de fase. La instalación de control 3 se materializa de forma preferida mediante un microcontrolador. Entre las fases A, B, C de la red, por ejemplo entre los bornes A y B de la red en la figura 1, está conectada una instalación de medición de tensión 5, a cuya salida está disponible la tensión de red U_{AB} que se produce entre estos dos bornes A y B. También pueden existir otras instalaciones de medición de tensión no mostradas para los otros dos pares de fases.

En un primer ejemplo de ejecución, la instalación de control 3 y el ajustador de corriente giratoria 4 son una unidad separada de la máquina síncrona de corriente alterna 1, es decir están materializados como instalación de control de motor aparte. En un segundo ejemplo de ejecución, la instalación de control 3 y el ajustador de corriente alterna 4 forman parte de la máquina síncrona de corriente alterna 1. En este caso las funciones de la instalación de control 3 están integradas convenientemente en un microprocesador ya disponible, en la máquina síncrona de corriente alterna 1. En el presente caso la instalación de control 3 se usa para tratar un programa adecuado, con el que puede realizarse el funcionamiento de la instalación por software.

La invención se basa en el reconocimiento de que, en el caso de una máquina síncrona de polos macizos 1, el momento de giro m entregado por la máquina es proporcional a la componente del índice espacial i_{sq} de la corriente de estator i_s^R en el sistema de coordenadas rotatorio:

ecuación 1: $m \sim i_{Sq}$, en donde $\vec{i}_S^R = i_{Sd}^R + j \cdot i_{Sq}^R$

Con ayuda del ángulo de posición θ , que se corresponde con un ángulo de posición mecánico medido multiplicado por el número de pares de polos del motor, y la medición de las tres corrientes de estator, puede calcularse el índice espacial de corriente de estator en coordenadas rotóricas

5 ecuación 2: $i_{Sq}^R = i_{1A} \cdot (-\sin \theta_R) + (i_{1B} - i_{1C}) \cdot \cos \theta_R \cdot 3^{-0,5}$

A partir de la ecuación 2 pueden formularse condiciones de encendido en función de la posición del rotor. Bajo la premisa del conexionado del devanado de estator de la máquina síncrona 1 en conexión en estrella sin conductor neutro y la suposición de un flujo de corriente, en cada caso exactamente en dos fases A, , C, pueden indicarse las tres diferentes relaciones de la ecuación anterior:

10 ecuación 3a: $i_{Sq}^R |_{i_{1A} = -i_{1B}} = i_{1A} \cdot (-\sin \theta_R - \cos \theta_R \cdot 3^{-0,5})$

ecuación 3b: $i_{Sq}^R |_{i_{1A} = -i_{1C}} = i_{1A} \cdot (-\sin \theta_R + \cos \theta_R \cdot 3^{-0,5})$

ecuación 3c: $i_{Sq}^R |_{i_{1B} = -i_{1C}} = i_{1B} \cdot (\cos \theta_R \cdot 2 \cdot 3^{-0,5})$

15 La figura 2 muestra las funciones trigonométricas ligadas conforme a las expresiones entre paréntesis en la ecuación 3 para dos periodos del ángulo eléctrico θ , es decir, de una posición angular del rotor de $0^\circ/p$ a $720^\circ/p$ (p = número de pares de polos). Con ello se ha representado en la abscisa la posición angular eléctrica del motor, no por ejemplo el desarrollo en el tiempo. Por ello todos los desarrollos de 2π a 4π son una copia exacta de los desarrollos de 0 a 2π . Además de esto, la figura 2 muestra los posibles márgenes de conducción que se obtienen de los tiristores A1, A2, B1, B2, C1, C2 para los emparejamientos de fase AB, AC y BC. Determinados márgenes se excluyen con ello mutuamente, ya que exigen a la vez la conducción en cada caso de ambos tiristores A1, A2, B1, B2, C1, C2 de un ajustador semiconductor 6, 7, 8. Si se descartan estos estados, puede indicarse una secuencia de encendido conforme a la figura 2 abajo, en la que en cada caso se encienden dos ajustadores semiconductores 6, 7, 8. De este modo la determinación de los momentos de encendido se orienta, a este respecto, exclusivamente en la posición del rotor y no tiene en cuenta la posición de fase de la tensión de red.

25 De este modo se obtiene el par de fase BC, en el caso de excluirse las prefijaciones de conducción contradictorias en el margen del ángulo de fase θ entre $5/6\pi$ y $7/6\pi$. Como par de ajustadores semiconductores a encender se obtienen los correspondientes ajustadores semiconductores 7, 8 para las fases B y C. La posición de fase de tensión de red ajustada entre las fases B y C es con ello negativa, de forma correspondiente a un flujo de corriente desde la fase C a la fase B. En el margen parcial siguiente del ángulo de posición θ entre $7/6\pi$ y $9/6\pi$ el par a determinar de ajustadores semiconductores 6, 7 es el de las fases A y B. La posición de fase de tensión de red ajustada entre las fases A y B es con ello positiva, de forma correspondiente a un flujo de corriente desde la fase A a la fase B. Los restantes márgenes parciales funcionan análogamente, conforme a la figura 2.

35 Además de la orientación de la secuencia de encendido en la posición del rotor se produce ventajosamente una sincronización del encendido con la tensión de red. De este modo se consigue que una conducción de los tiristores A1, A2, B1, B2, C1, C2 sólo sea posible si la posición de fase de tensión de red de la respectiva tensión de red en la respectiva fase A, B, C es correcta, si por lo tanto también se genera realmente el momento de giro deseado. Con ello la transición al estado de preparado para el encendido también puede ejecutarse con retraso, es decir, con un ángulo de encendido. Por ejemplo el encendido podría realizarse con retraso, partiendo del paso por cero positivo de la tensión U_{AB} , por ejemplo en 90° con respecto a la frecuencia de red.

40 Si por lo tanto el rotor de la máquina síncrona 1, en el sentido de un ejemplo, está antes del cebado en una posición de reposo con un ángulo de posición de aproximadamente $1/3\pi$, el control produce que los momentos de encendido sólo sean posibles para los ajustadores semiconductores 6, 7 de las fases A y B. Además de esto el control comprueba continuamente si coincide la polaridad de las tensiones aplicadas por parte de la red de corriente alterna con la posición de fase de tensión de red ajustada, en este caso negativamente desde el punto de vista de la fase A con respecto a la fase B. Sólo si es éste el caso se obtienen de los momentos de encendido potenciales para los

ajustadores semiconductores 6, 7 de las fases A y B momentos de encendido reales, en los que se hace posible por lo tanto también una conducción de corriente.

5 Esto conduce en el ejemplo dado a que se transmite una tensión continua fundamentalmente pulsada, desde el ajustador de corriente alterna 4 a los devanados de estator de la máquina síncrona 1. La pulsación se obtiene con ello mediante la frecuencia de red de la red de corriente alterna. Esta se mantiene hasta que el rotor a causa de su giro de arranque supera el límite del ángulo de posición de $3/6 \pi$, con lo que su ángulo de posición entra en el siguiente margen parcial 21 entre $3/6 \pi$ y $5/6 \pi$. En este margen parcial 21 se conmuta a continuación, conforme a la figura 2, a los ajustadores semiconductores 6, 8 de las fases A y C. El giro ulterior del rotor produce en consecuencia otra conmutación entre los márgenes parciales 21 y, de este modo, entre los ajustadores semiconductores 6, 7, 8 utilizados. Por medio de esto se obtienen, en cuanto el rotor ya no está en reposo, tensiones alternas transmitidas por los ajustadores semiconductores 6, 7, 8. Debido a que la polaridad de las tensiones transmitidas se basa en la posición del rotor, la frecuencia de estas tensiones alternas se basa en la velocidad de giro del rotor.

15 El hecho de que una selección de dos ajustadores semiconductores 6, 7, 8 se decida a partir de tres ajustadores semiconductores 6, 7, 8 disponibles, exige que, en cada transición del ángulo de posición θ de rotor de un margen parcial 21 al siguiente margen parcial 21, se cambie uno de los ajustadores semiconductores 6, 7, 8 utilizados, mientras que el otro ajustador semiconductor 6, 7, 8 utilizado permanece igual. Con ello la figura 2 muestra que, en la transición de un margen parcial 21 al siguiente margen parcial 21, el tiristor A1, A2, B1, B2, C1, C2 responsable de la conducción real de la corriente, en el caso de un ajustador semiconductor 6, 7, 8 constante, sigue siendo el mismo. Un cambio de la posición de fase de tensión de red para uno de los ajustadores semiconductores 6, 7, 8 sólo se produce después de un cambio a partir de un margen parcial 21, en el que este ajustador semiconductor 6, 7, 8 estaba inactivo.

25 En el caso de una transformación con una frecuencia de red de 50 Hz, la duración de periodo de la tensión es de 20 ms. Se obtienen por ello, para un ajustador de corriente alterna, cada 20 ms momentos de encendido potenciales. Las semiondas negativas de la tensión se suprimen por medio de esto automáticamente. Sobre todo cuando el rotor gira ya con una velocidad considerable, es necesario contar con que los pasos desde uno de los márgenes parciales del ángulo de posición a otro margen parcial se producen con una tasa similar a la de los pasos por cero de la tensión de red. Después puede variarse ya el par de ajustadores semiconductores a activar, mientras que el par anteriormente válido todavía está encendido. Por lo tanto se obtienen a causa de esto, en el caso de un rotor no excesivamente lento, momentos de encendido potenciales cada $20 \text{ ms} / 3$, es decir aproximadamente cada 6 ms.

30 Esto tiene asimismo el efecto de que fluye todavía corriente, en determinadas circunstancias, a través de uno de los conmutadores semiconductores de un ajustador de corriente alterna, aunque éste idealmente ya no debería estar activo en absoluto, porque el rotor se ha desplazado al siguiente margen parcial en el que deberían estar activos los otros dos ajustadores de corriente alterna. En el caso de utilizarse tiristores, esto no debe impedirse directamente. Dentro de las circunstancias citadas se genera después un momento de giro negativo, indeseado, hasta que la corriente esté desactivada en el ajustador de corriente alterna "incorrecto".

40 Por ello es aquí muy ventajoso influir en el ángulo de encendido. Si con base en la posición del rotor se espera un paso al siguiente margen parcial del ángulo de posición, mientras la corriente fluye todavía - en el ajustador de corriente alterna después incorrecto, mediante un ángulo de encendido modificado puede reducirse la corriente que fluye en total. Para esto los tiristores se encienden por ejemplo más tarde. Una corriente menor es también responsable de un periodo de tiempo más corto, hasta que la corriente se desactiva de nuevo y los tiristores se desconectan.

7, 8) que, en determinados momentos de encendido, se conectan o encienden de forma conductora, con los siguientes pasos de procedimiento:

- establecimiento de un ángulo de posición (θ) del rotor,
- 5 - establecimiento de la posición de fase de tensión de red en al menos una de las fases (A, B, C) de la red de corriente alterna,
- establecimiento de los momentos de encendido con base en el ángulo de posición (θ) y en la posición de fase de tensión de red, de tal modo que se genera un momento de giro positivo, por medio de que
- se determina un par de dos de los ajustadores semiconductores (6, 7, 8) con base en el ángulo de posición (θ) del rotor, caracterizado porque
- 10 - se determina una posición de fase de tensión de red ajustada para el par de dos de los ajustadores semiconductores (6, 7, 8), para generar un momento de giro positivo del ángulo de posición (θ) del rotor, en donde la determinación se lleva a cabo con base en márgenes parciales (21) para todo el margen angular del ángulo de posición (θ), de 0° a 360° , en donde al menos a una parte de los márgenes parciales (21) está asociada en cada caso una posición de fase de tensión de red ajustada para el par de dos de los ajustadores semiconductores (6, 7, 8), y se determina aquella posición de fase de tensión de red que está asociada al margen parcial (21) en el que se encuentra el ángulo de posición (θ),
- 15 - se determinan momentos de conmutación para los ajustadores semiconductores (6, 7, 8) del respectivo par, con base en la posición de fase de tensión de red ajustada, junto con posición de fase de tensión de red.

FIG 1

