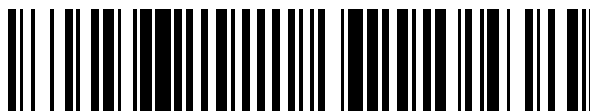


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 402 656**

51 Int. Cl.:

H02P 9/00 (2006.01)

H02P 29/02 (2006.01)

H02P 9/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2002** **E 02760034 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2013** **EP 1430594**

54 Título: **Cascada con desconexión electrónica y campo de revoluciones ampliado**

30 Prioridad:

27.09.2001 CH 177901

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.05.2013

73 Titular/es:

WOODWARD IDS SWITZERLAND AG (100.0%)
Hagenholzstrasse 71
8050 Zürich, CH

72 Inventor/es:

ALEXANDER STOEV

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 402 656 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

Cascada con desconexión electrónica y campo de revoluciones ampliado

La invención se refiere a una cascada con desconexión electrónica según la reivindicación 1.

Los accionamientos eléctricos regulados son convertidores de energía que convierten energía mecánica en energía eléctrica y viceversa, en los que se pueden regular las revoluciones del motor y la demanda de potencia de la instalación. Estos accionamientos se emplean cada vez más para la conversión de energía mecánica procedente de fuentes de energía regenerativas en energía eléctrica, donde es preciso variar las revoluciones del generador ya que varía la aportación de energía del viento, del agua, etc. La potencia eléctrica cedida depende de la tercera potencia del número de revoluciones, es decir que se puede limitar el campo de trabajo de las revoluciones del accionamiento. En el caso de bombas y soplantes, que constituyen la mayoría de los consumidores de energía eléctrica en el sector industrial, las proporciones son iguales -una ligera desviación respecto a las revoluciones nominales basta para estrangular el consumo.

La figura 1 muestra un accionamiento regulado clásico con un motor asíncrono 4 y un convertidor de frecuencia 7 que convierte la totalidad de la energía de accionamiento. El convertidor de frecuencia 7 está compuesto por dos convertidores AC/DC, un convertidor de frecuencia 7.1 por el lado de la red y un convertidor de frecuencia 7.2 por el lado del motor, que están acoplados por medio de un condensador de circuito intermedio 7.3. El convertidor de frecuencia 7.1 del lado de la red puede estar realizado con diodos o tiristores o con conmutadores (IGBT).

El motor asíncrono 4 comprende unos arrollamientos de estator 4.1 que están unidos con el transformador de la red o con la red 1 por medio de un guardamotor 3 y de un interruptor de protección de la red 2. Una unidad de precarga 6 está prevista para efectuar la carga del condensador de circuito intermedio 7.3. Una unidad de regulación 10 está unida con los dos convertidores de frecuencia 7.1, 7.2 y se ocupa de todos los cometidos de regulación.

Otra especie de accionamiento regulado es la cascada, que se emplea principalmente en plantas eólicas reguladas. La cascada comprende un motor de inducido de anillos rozantes (máquina asíncrona de doble alimentación) y un convertidor de frecuencia 7, desacoplándose la energía de deslizamiento del rotor 4.2 del motor 4 con el convertidor de frecuencia 7.2 del lado del motor, y se inyecta en la red mediante un convertidor de frecuencia 7.1 del lado de la red a través del conmutador de alimentación 9 (véase la figura 1). Esta clase de instalaciones han sido descritas por ejemplo por V. Quaschnig (Regenerative Energiesysteme, Carl Hansen Verlag München Wien 1998, S. 217-226) – (Sistemas de Energía Regenerativa, Editorial Carl Hansen, Múnich Viena 1998, pág. 217-226). Este accionamiento tiene la ventaja de que por el convertidor de frecuencia 7 se transmite únicamente una proporción reducida de la energía total, ya que la proporción de la potencia convertida en el convertidor de frecuencia es proporcional al deslizamiento S , es decir que supone únicamente una fracción de la potencia total del sistema. Otra ventaja es el mayor grado de rendimiento del sistema, ya que la proporción mayor de energía se inyecta directamente del estator en la red. La potencia activa necesaria del convertidor de frecuencia para una regulación del 90% de la potencia de una planta eólica es de aproximadamente un 30 - 40% de la potencia total.

Como es sabido, las máquinas asíncronas de doble alimentación 4 se construyen con anillos rozantes 4.3 y rotores 4.2 y estatores 4.1 bobinados. El convertidor de frecuencia 7 compuesto por un convertidor de frecuencia 7.2 del lado del motor y un convertidor de frecuencia 7.1 del lado de la red se construye con componentes desconectables [IGBTs (integrated gate base transistor), GTOs (gate controlled tiristor), etc.], estando el convertidor de frecuencia 7.2 del lado del motor y el convertidor de frecuencia 7.1 del lado de la red acoplados entre sí por medio del condensador 7.3 (véase la figura 1). El dispositivo de precarga 6 se ocupa de que el gran condensador 7.3 se vaya cargando lentamente, antes de conectar el convertidor de frecuencia 7 a la red 1 a través del interruptor de alimentación 9. De este modo se suprimen unas corrientes de conexión a la red indeseablemente grandes.

El convertidor de frecuencia 7.2 del lado del motor alimenta los arrollamientos del rotor 4.2 con las tensiones del rotor U_{ru} , U_{rv} , U_{rw} a través de los anillos rozantes 4.3. Fluyen entonces las corrientes del rotor I_{ru} , I_{rv} , I_{rw} que presentan un componente de magnetización y un componente activo proporcional al deslizamiento. El convertidor de frecuencia 7.1 del lado de la red intercambia la energía de deslizamiento con la red 1, al inyectar las corrientes I_{lu} , I_{lv} , I_{lw} en la red cuando el deslizamiento es $S < 0$ (gama de revoluciones hipersíncrona). En la gama de revoluciones hiposíncrona ($S > 0$) la energía fluye de la red 1 al convertidor de frecuencia 7.1 del lado de la red. Las corrientes de red I_{lu} , I_{lv} , I_{lw} son por lo tanto el resultado de la suma de las corrientes del estator I_{su} , I_{sv} , I_{sw} y las corrientes I_{lu} , I_{lv} , I_{lw} .

En las memorias de manifestación WO 99/07996 (Zond Energy Systems: Variable Speed Wind Turbine Generator) – (Sistemas de Energía Zond: Generador de turbina eólica de velocidad variable) y EP 0569556-B1 (Zond Energy Systems: Variable Speed Wind Turbine) – (Sistemas de Energía Zond: Turbina eólica de velocidad variable) se describe el conjunto global de un sistema generador con máquina asíncrona de doble alimentación comprendiendo un convertidor de frecuencia del lado del motor, un convertidor de frecuencia del lado de la red con circuito intermedio, generador, guardamotor e interruptor de alimentación. Además se describen los procedimientos para la producción de energía activa

y energía reactiva y el par de giro en el campo de revoluciones normal para corrientes y tensiones senoidales.

La máquina asíncrona de doble alimentación actúa en estado parado como un transformador AC, conectado a la red 1 con unas tensiones U_u , U_v , U_w , incrementándose las tensiones inducidas del rotor U_{ru} , U_{rv} , U_{rw} por el factor de multiplicación del motor. La relación de transmisión del motor se elige mayor que uno, de modo que estando parado el rotor las tensiones del rotor U_{ru} , U_{rv} , U_{rw} son mayores que las tensiones de red U_u , U_v , U_w . Dado que el convertidor de frecuencia del lado del motor no está diseñado para estas tensiones, se conecta el motor a la red únicamente cuando el deslizamiento S llegue a ser suficientemente pequeño. El campo de revoluciones admitido para esta clase de accionamientos para plantas eólicas es de aprox. $-0,3 < S < 0,3$, es decir que el campo de trabajo de las revoluciones de las máquinas asíncronas de doble alimentación para plantas eólicas está en 0,7 veces las revoluciones nominales hasta 1,3 veces las revoluciones nominales. La conexión y desconexión del motor respecto a la red al salir del campo de revoluciones admitido tiene lugar a través del guardamotor 3, que está dispuesto detrás del interruptor de protección de la red 2 (véase la figura 1). El interruptor de protección de la red 2 se ocupa de la separación del accionamiento respecto a la red relevante, para la seguridad. En el caso de avería, por ejemplo un fallo de red monofásico, pueden aparecer también sobretensiones en el convertidor de frecuencia 7.2 del lado del motor dentro del campo de revoluciones admitido. Éstos son puestos en corto por un puente de cortocircuito 5 en el circuito del rotor, de modo que el convertidor de frecuencia 7.2 del lado del motor queda protegido evitando su destrucción. Al activar el puente de cortocircuito 5 fluyen importantes corrientes del rotor y del estator, se abre el interruptor de protección de la red 2 y el guardamotor 3 y de este modo el accionamiento queda separado galvánicamente de la red 1.

Muchos fabricantes omiten por razones de coste el guardamotor 3, de modo que a través del interruptor de protección de la red no solo tienen lugar las desconexiones por avería sino también las desconexiones durante el funcionamiento normal, lo cual incrementa notablemente la frecuencia de conmutación del interruptor de protección de la red. En este régimen de funcionamiento es por lo tanto necesario sustituir con frecuencia el interruptor de protección de la red 2, ya que se limita notablemente la vida útil del interruptor de protección de la red, que es de carácter mecánico.

En el documento de patente US 6.285.533 se describe un accionamiento regulado con una máquina asíncrona de doble alimentación que en el circuito del estator presenta un interruptor mecánico que durante el régimen normal está cerrado en corto y que en un caso de avería se encuentra abierto, interrumpiéndose en el caso de avería la alimentación de energía entre el transformador de la red y los arrollamientos del estator.

El objetivo de la presente invención es proponer un accionamiento regulado con una máquina asíncrona de doble alimentación que alargue el ciclo de mantenimiento y la vida útil del accionamiento y de sus componentes principales.

Otro objetivo consiste en reducir los costes de un accionamiento de esta clase mediante el ahorro de componentes y al mismo tiempo aumentar la fiabilidad.

De acuerdo con la invención se resuelve este objetivo con un accionamiento regulado con una máquina asíncrona de doble alimentación conforme al texto de la reivindicación 1.

La invención se describe a continuación con mayor detalle sirviéndose de las figuras. Éstas muestran:

- en la figura 1, un accionamiento regulado con máquina asíncrona de doble alimentación de la clase conocida,
- en la figura 2, un accionamiento regulado conforme a la invención con una máquina asíncrona de doble alimentación,
- en la figura 3, un accionamiento regulado con conmutador electrónico,
- en la figura 4, un conmutador electrónico con conmutadores conmutados por la red,
- en la figura 5, un conmutador electrónico con tiristores en el centro de estrella de los arrollamientos del estator,
- en la figura 6, un primer ejemplo de realización de un conmutador electrónico con dos parejas de tiristores,
- en la figura 7, un segundo ejemplo de realización de un conmutador electrónico con dos parejas de tiristores,
- en la figura 8, un ejemplo de realización de un conmutador electrónico con GTOs,
- en la figura 9, una limitación de la tensión a través del rectificador mediante un diodo.

La figura 2 muestra un accionamiento regulado conforme a la invención con una máquina asíncrona de doble alimentación o un motor asíncrono de doble alimentación. Como elementos ya conocidos y citados en la figura 1 con las mismas referencias están presentes: un interruptor de protección de la red 2, una máquina asíncrona 4 con arrollamientos del estator 4.1, arrollamientos del rotor 4.2 y anillos rozantes 4.3, un puente de cortocircuito 5, una unidad de precarga 6, un convertidor de frecuencia 7 con un convertidor de frecuencia 7.1 del lado de la red, un convertidor de frecuencia 7.2 del

lado del motor y un condensador de circuito intermedio 7.3, así como una unidad de regulación.

En lugar del guardamotor se encuentra un conmutador electrónico 11 que está unido con la unidad de precarga 6 y controla a ésta. Un transformador de red 20 está unido con el interruptor de protección de la red 2, presenta una toma 20.1 que a través de una unidad de conmutación 2.1 está unida con el interruptor de red 9.

- 5 Los elementos críticos a este respecto son los conmutadores mecánicos, en particular el guardamotor, el interruptor de protección de la red 2, el interruptor de la red 9 y el contactor de la unidad de precarga 6. La frecuencia de conmutación máxima admisible y por lo tanto la vida útil de los conmutadores mecánicos es limitada y en la actualidad es de unos 900.000 ciclos de conmutación para los contactores y unos 10.000 ciclos para los interruptores de potencia así como para el interruptor de protección de la red 2, en estado sin carga y de 2.500 ciclos bajo carga (caso de avería). A más tardar es preciso efectuar al cabo de este tiempo una sustitución de los componentes.

En la invención se proponen diversas disposiciones que conducen a una reducción de la frecuencia de conmutación o a eliminar los interruptores mecánicos. Se trata en especial de

- sustituir los conmutadores mecánicos por electrónicos, y unido a esto mediante
- el aprovechamiento de sus posibilidades de control, ahorrar otros componentes.

- 15 La figura 3 muestra un accionamiento regulado con un conmutador electrónico como sustitución de un guardamotor de clase conocida. Como es sabido, el guardamotor se requiere para desconectar el motor o la máquina asíncrona 4 de doble alimentación al abandonar el campo de trabajo.

- 20 Un conmutador electrónico 11 que no requiere mantenimiento se encuentra en el circuito del estator, entre los arrollamientos del estator 4.1 y el interruptor de protección de la red 2, y se ocupa de la conexión y desconexión durante el servicio y principalmente también en el caso de averías. La frecuencia de conmutación del interruptor de protección de la red 2 se reduce de este modo de forma considerable y se aumenta su vida útil. El conmutador electrónico 11 también puede estar situado en el centro de estrella del arrollamiento del estator 4.1.

- 25 El conmutador electrónico 11 se ocupa de que durante el funcionamiento los arrollamientos del estator 4.1 estén conectados al interruptor de protección de la red 2. Al abandonar el campo de trabajo o en un caso de avería se abre el conmutador electrónico 11. Después de abrirlo se vuelven cero las tensiones a través de los arrollamientos del estator 4.1, es decir que los arrollamientos del estator 4.1 se desconectan sin tensión. Simultáneamente con la apertura del conmutador electrónico 11 se abren también los conmutadores del convertidor de frecuencia 7.2 del lado del motor, de modo que después de desaparecer la energía magnética almacenada las corrientes del rotor I_{ru} , I_{rv} , I_{rw} se hacen iguales a cero. De este modo la máquina asíncrona de doble alimentación se desacopla de modo estacionario y sin tensión del flujo de energía sin que aparezcan entonces tensiones peligrosas en el convertidor de frecuencia 7.2 del lado del motor. En un caso de avería, por ejemplo si aparecen alteraciones en el proceso, se abre adicionalmente el interruptor de protección de la red 2. El conmutador electrónico 11 está realizado preferentemente con tiristores conmutados por la red. La unidad de precarga 6 está unida ahora con el conmutador electrónico 11 y con el condensador del circuito intermedio 7.3, y se puede conectar y desconectar por separado. Los tiristores del conmutador electrónico se excitan de tal modo que solamente pueda fluir hacia la red corriente generativa. De este modo se evita en un caso de avería la carga del condensador del circuito intermedio 7.3 a través del circuito del rotor 4.2 y con ello la aparición de sobretensiones a través del convertidor de frecuencia 7.

El conmutador electrónico 11 puede estar realizado con conmutadores electrónicos de conmutación forzada o conmutados por la red.

- 40 Forma parte del estado de la técnica recargar lentamente según la figura 1 el gran condensador 7.3 a través de la unidad de precarga 6 al conectar la instalación para evitar unas corrientes de conexión a la red indeseablemente grandes. Una vez efectuada la precarga se desconecta la unidad de precarga 6 y se une el convertidor de frecuencia 7.1 del lado de la red directamente con la red a través del conmutador 9. El objetivo de la invención es ahorrar la unidad de precarga 6 en la forma representada en la figura 1 mediante la correspondiente activación del conmutador electrónico 11.

- 45 Este objetivo se consigue porque el conmutador electrónico 11 se excita de tal modo, comenzando con un elevado ángulo de corte de fase, se excita de tal modo que en el arrollamiento del rotor de la máquina asíncrona de doble alimentación 4 se induce una tensión mínima que se rectifica por medio de los diodos rectificadores del convertidor de frecuencia 7.2 del lado del motor y se conduce al condensador del circuito intermedio 7.3. Mediante una reducción del ángulo de corte de fase suficientemente lenta en el conmutador electrónico 11 se consigue entonces que la tensión en el condensador del circuito intermedio 7.3 se vaya elevando a su valor nominal sin unas corrientes de conexión a la red indeseablemente grandes. Por último se desconecta el control por corte de fase del conmutador electrónico 11 y se une el convertidor de frecuencia 7.1 del lado de la red, directamente con la red por medio del conmutador de red 9. De este modo se puede

prescindir de la unidad de precarga 6 en la forma de la figura 1.

La figura 4 muestra una variante de realización del conmutador electrónico 11 con conmutadores 12 (tiristores) conmutados por la red, que están dispuestos al principio de los arrollamientos del estator 4.1 y que conducen al interruptor de protección de la red 2.

- 5 La figura 5 muestra un conmutador electrónico 11 en el que los tiristores 12 están dispuestos en el centro de estrella del arrollamiento del estator 4.1 y conducen al interruptor de protección de la red 2.

La figura 6 y la figura 7 muestran ejemplos de realización del conmutador electrónico 11, con dos en lugar de tres parejas de tiristores 12.

- 10 Los conmutadores mecánicos producen efectos de arco eléctrico si el proceso de conmutación no se realiza en ausencia de corriente. Estos efectos dan lugar a un desgaste prematuro. Los conmutadores electrónicos no presentan estos efectos, pero requieren en parte instalaciones adicionales para eliminar la energía magnética acumulada, que en caso contrario podría dar lugar a sobretensiones.

- 15 En el caso de que para el conmutador electrónico se empleen componentes que se puedan desconectar tales como por ejemplo IGBTs (integrated gate base transistor), IGCTs (integrated gate controlled thyristor), GTOs (gate controlled thyristor) entonces en preciso prever dispositivos para la eliminación de la energía magnética acumulada en el estator (marcha libre).

- 20 La figura 8 muestra un ejemplo de realización de un conmutador electrónico con GTOs. El conmutador electrónico 11 situado entre el interruptor de protección de la red 2 y los arrollamientos del estator 4.1 está realizado con GTOs 13 y diodos 14. Un rectificador 16 está situado a través de los conductores de unión de los arrollamientos del estator 4.1 y el conmutador electrónico 11, y comprende un condensador Snubber 15 para la reducción de la energía acumulada en los arrollamientos del estator 4.1. De este modo se limitan las puntas de tensión que se producen al desconectar las corrientes por medio de los GTOs. Naturalmente se pueden instalar tres en lugar de dos GTOs 13 con diodos antiparalelos 14 así como tres de ellos en los arrollamientos del estator 4.1 de acuerdo con la figura 4.

La figura 9 muestra una limitación de tensión por medio del rectificador mediante un diodo.

- 25 El convertidor de frecuencia 7 con el convertidor de frecuencia 7.1 del lado de la red y el convertidor de frecuencia 7.2 del lado del motor presenta un condensador de circuito intermedio acoplado 7.3 cuyas dos conexiones están conectadas en paralelo con el condensador Snubber 15 a través de un diodo de desacoplamiento 17. El condensador Snubber 15 también está unido en este caso con el rectificador 16.

- 30 De este modo se puede efectuar la limitación de tensión por el mismo condensador de circuito intermedio 7.3 del convertidor de frecuencia 7.2 del lado del motor, que está acoplado con el rectificador 16 a través de un diodo 17, de modo que la energía solamente pueda fluir desde los arrollamientos del estator al condensador intermedio 7.3.

- 35 El convertidor de frecuencia 7 puede estar realizado por ejemplo como convertidor de circuito intermedio de tensión o como convertidor de circuito intermedio de tensión bidireccional a base de un convertidor de frecuencia 7.1 del lado de la red y un convertidor de frecuencia 7.2 del lado del motor, estando ambos acoplados a través del condensador de circuito intermedio 7.3.

REIVINDICACIONES

- 1.- Accionamiento regulado con máquina asíncrona de doble alimentación comprendiendo una máquina asíncrona de doble alimentación (4) con arrollamientos del estator (4.1), arrollamientos del rotor (4.2) y anillos rozantes (4.3), un convertidor de frecuencia (7) con un convertidor de frecuencia (7.1) del lado de la red, un convertidor de frecuencia (7.2) del lado del motor y un condensador del circuito intermedio (7.3), un interruptor de protección de la red (2), una unidad de precarga (6) y una unidad de regulación (10), conectado a una red mediante un transformador de red (20), pudiendo interrumpirse el flujo de energía que va a los arrollamientos del estator (4.1) de la máquina asíncrona de doble alimentación (4), que se alimentan desde el transformador de red (20), mediante un interruptor instalado en el circuito eléctrico del estator, manteniéndose cerrado en corto el interruptor durante el funcionamiento normal de la máquina asíncrona de doble alimentación (4) permitiendo de este modo realizar la alimentación de energía entre el transformador de red (20) y los arrollamientos del estator (4.1), y que está abierto fuera del régimen normal y en un caso de avería, y con lo cual interrumpe la alimentación de energía entre el transformador de red (20) y los arrollamientos del estator (4.1), **caracterizado porque** el conmutador está realizado como conmutador electrónico (11) que consta de semiconductores de potencia conmutados por la red o con conmutación forzada, con lo cual se obtiene un funcionamiento que no requiere mantenimiento.
- 2.- Accionamiento regulado según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el conmutador electrónico (11) desconecta los arrollamientos del estator (4.1) de tal modo que resulta imposible que aparezcan unas tensiones demasiado elevadas en los arrollamientos del rotor (4.3) y en el convertidor de frecuencia (7.2) del lado del motor.
- 3.- Accionamiento regulado según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** el conmutador electrónico (11) es excitado de tal modo que la corriente de la red transcurre principalmente en sentido de contrafase respecto a la tensión de la red o al generador y por lo tanto en un caso de avería no son posibles esencialmente aumentos de tensión en el convertidor de frecuencia (7.2) del lado del motor.
- 4.- Accionamiento regulado según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el convertidor de frecuencia (7) es un convertidor con circuito intermedio de tensión.
- 5.- Accionamiento regulado según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el convertidor de frecuencia (7) es un convertidor de tensión de circuito intermedio bidireccional, compuesto por un convertidor de frecuencia (7.1) del lado de la red y de un convertidor (7.2) del lado del motor, que están acoplados por medio del condensador del circuito intermedio (7.3).
- 6.- Accionamiento regulado según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el conmutador electrónico (11) está realizado a base de conmutadores electrónicos respectivamente tiristores (14) conmutados por la red y dispuestos en conexión antiparalela.
- 7.- Accionamiento regulado según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el conmutador electrónico (11) está realizado a base de tiristores (14) conmutados por la red y conectados en disposición antiparalela con aquellos, tiristores (13) desconectables de conmutación forzosa o GTOs, donde un rectificador (16) y un condensador Snubber (15) se ocupan de limitar la tensión a través de los arrollamientos del estator (4.1) al desconectar las corrientes del estator.
- 8.- Accionamiento regulado según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el conmutador electrónico (11) está realizado a base de tiristores (14) conmutados por la red y tiristores (13) desconectables de conmutación forzosa en conexión antiparalela con aquéllos, o GTOs con un rectificador (16) y porque la energía transmitida a través del rectificador se realimenta al condensador del circuito intermedio (7.3) a través de un diodo (17).
- 9.- Accionamiento regulado según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** la unidad de precarga (6) consta de una instalación para determinar la tensión del condensador y de una instalación para excitar el conmutador electrónico (11), donde este último calcula el ángulo de corte de fase del conmutador electrónico (11) y porque el cálculo del circuito de corte de fase del conmutador electrónico (11) tiene lugar dentro de un circuito de regulación utilizando la tensión del condensador como magnitud de regulación, o dentro de un control directo.

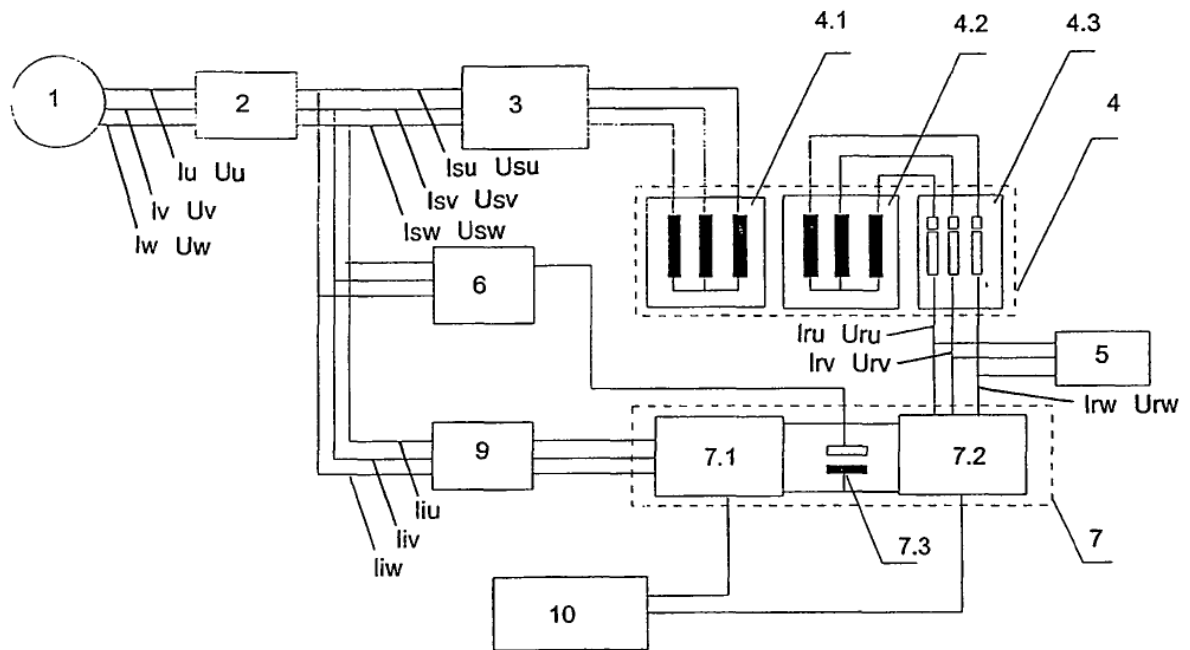


Fig. 1

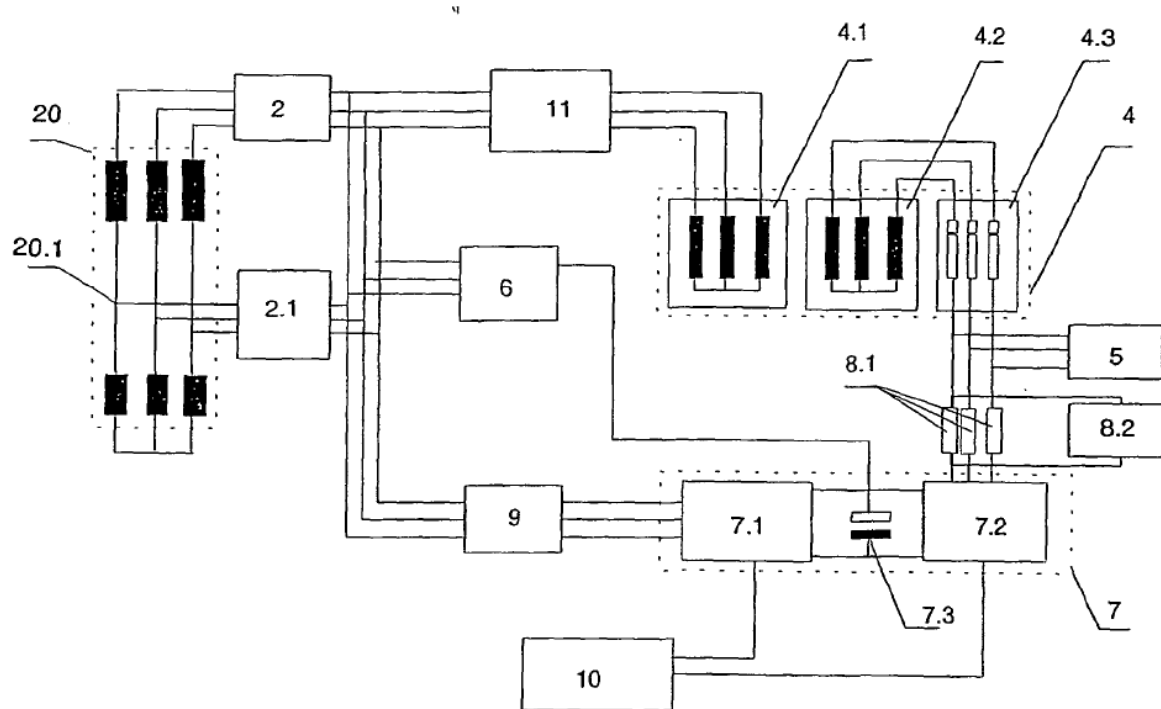


Fig. 2

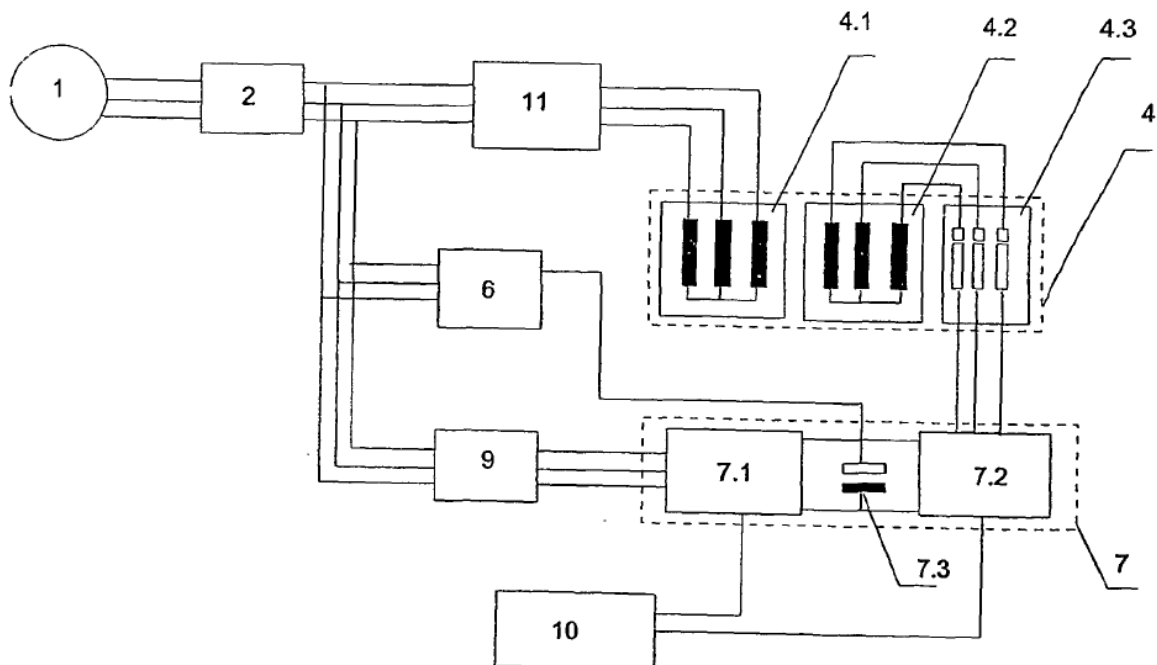
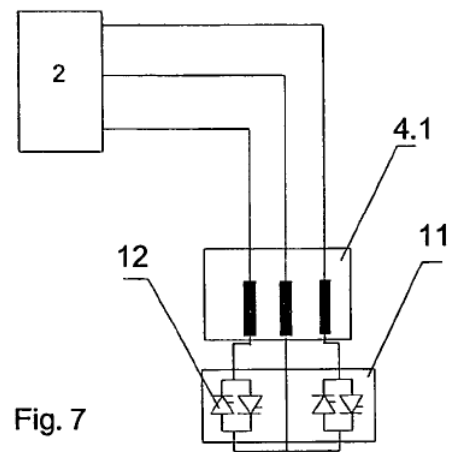
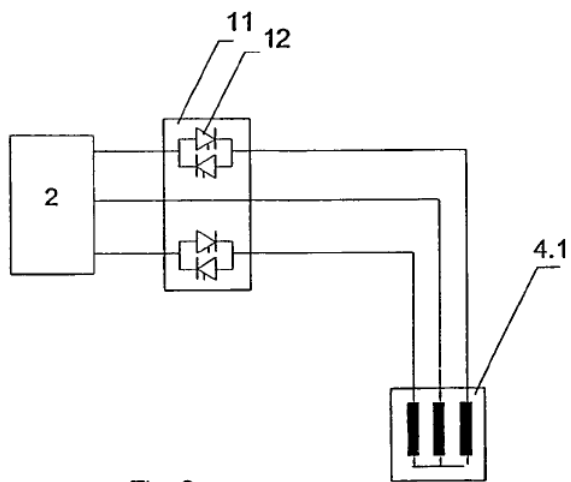
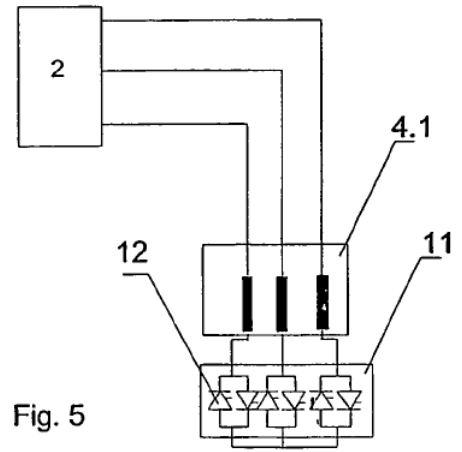
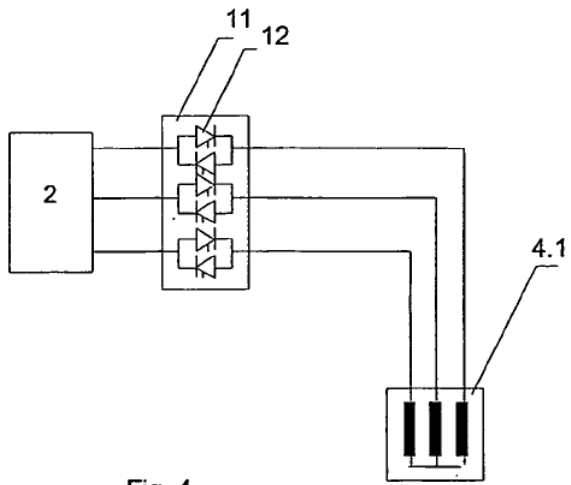


Fig. 3



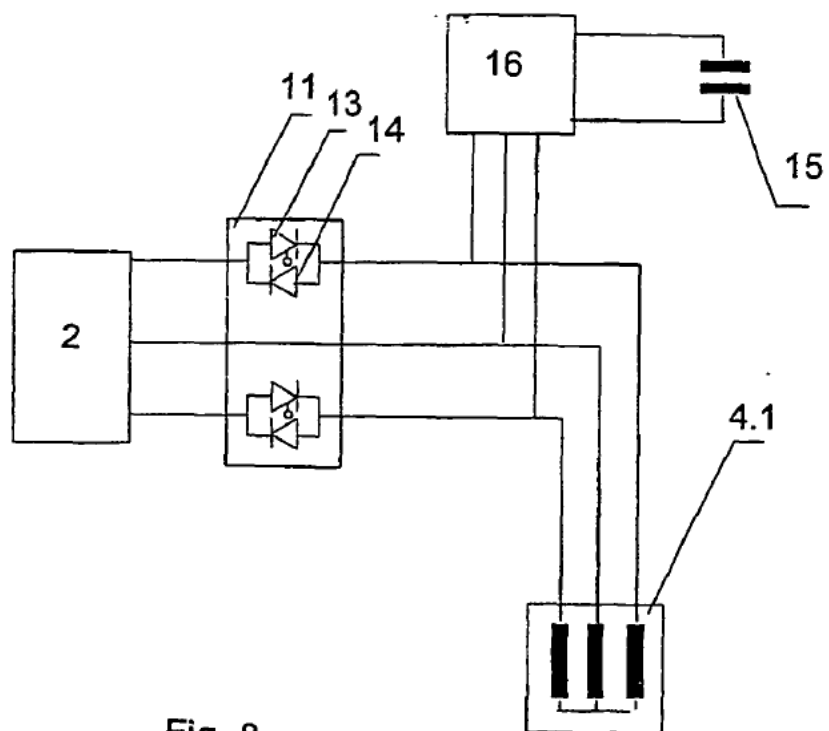


Fig. 8

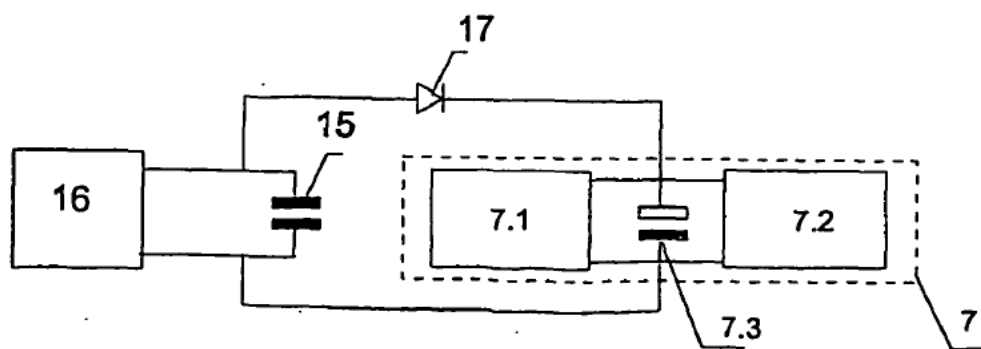


Fig. 9