

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 614 713**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/30** (2006.01)

**H02J 15/00** (2006.01)

**H02K 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2012 E 12186479 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2713465**

54 Título: **Módulo de almacenamiento de energía con circuito intermedio de tensión continua**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.06.2017**

73 Titular/es:

**ENRICHMENT TECHNOLOGY COMPANY LTD.  
(100.0%)  
Zweigniederlassung Deutschland, Stetternicher  
Staatsforst  
52409 Jülich, DE**

72 Inventor/es:

**VOR DEM ESCHE, RAINER;  
SCHÄFER, CHRISTOPH y  
TREPPMANN, CHRISTOPH**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 614 713 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

Módulo de almacenamiento de energía con circuito intermedio de tensión continua

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un módulo de almacenamiento de energía con un circuito intermedio de tensión continua, así como a un procedimiento para controlar un módulo de almacenamiento de energía de este tipo.

**Antecedentes de la invención**

10 La energía para la operación de una red de corriente se suministra a través de diversos tipos diferentes de centrales eléctricas. A este respecto, la mayoría de las centrales eléctricas, tales como las centrales atómicas, las centrales térmicas de carbón, las centrales térmicas de gas, las centrales de energía eólica, las centrales de biogás o las centrales de energía solar son sólo generadores de energía para alimentar la energía a la red eléctrica no local. Las redes eléctricas no locales son, por ejemplo, redes de transmisión, tales como las que son operadas en Alemania, por ejemplo, por Amprion, 50Hertz, Tenner y TransnetEnBW. Estas redes de transmisión forman parte de la red de interconexión europea. Las centrales eléctricas arriba mencionadas, como puras generadoras de energía, no tienen la capacidad de tomar y almacenar energía excedente de la red eléctrica en caso de que ello sea necesario. Los acumuladores de energía, sin embargo, pueden ser usados para recibir y suministrar energía de y a una red eléctrica. Los acumuladores de energía son, por ejemplo, acumuladores de energía centrales, tales como centrales de acumulación por bombeo, o acumuladores de energía descentralizados, tales como baterías o acumuladores de energía de volante. Las centrales de acumulación por bombeo representan en gran parte acumuladores de energía independientes de las condiciones meteorológicas y, por lo tanto, normalmente están siempre disponibles. Los acumuladores de energía centrales en general están diseñados para una gran capacidad. Debido a la potencia disponible, normalmente son apropiadas para suministrar energía de regulación a la red eléctrica no local, a fin de ejercer su efecto de manera correspondiente en la red eléctrica no local. Las centrales de acumulación por bombeo, dependiendo de su tamaño, pueden presentar una potencia de unos 100 MW y más, en las que los generadores tienen una determinada capacidad de MW, y en las que los generadores, sin embargo, generalmente están diseñados para producir corriente bajo carga completa y poder aprovechar así a corto plazo la potencia completa de la central de acumulación por bombeo con un grado de rendimiento correspondiente. Este modo de funcionamiento no es apropiado para estabilizar o mejorar la calidad de la red en una pequeña red eléctrica local con una demanda de corriente más bien despreciable comparado con la capacidad de la central de acumulación por bombeo.

30 Las centrales de acumulación de baterías de uso central están en vías de desarrollo, con el objetivo de realizar un funcionamiento piloto para funciones de estabilización de red (energía de regulación) (sujetas al lugar). Las que han sido planeadas hasta ahora, sin embargo, no realizan funciones sujetas al lugar. No obstante, en principio los acumuladores de batería, debido a sus relaciones inmanentes entre potencia, capacidad y envejecimiento, no son apropiadas para tales aplicaciones con varios ciclos de carga por día y se degradan rápidamente debido a influencias de temperatura, fallos del sistema y errores de operación o manejo. Por lo tanto, los acumuladores de batería son muy intensivos en cuanto al mantenimiento. Además, los acumuladores de batería, debido a su elevado riesgo químico y de incendio, representan un peligro para el medio ambiente y/o para los sistemas acuáticos, que requieren un enorme dispendio en medidas de seguridad.

40 Los acumuladores de energía descentralizados en general están optimizados para estabilizar la demanda de corriente eléctrica local y no están diseñados ni capacitados para suministrar energía de regulación en apoyo de la red eléctrica no local. Este tipo de instalaciones no pueden contribuir a cubrir la demanda para todas las redes eléctricas. Una interconexión de los acumuladores descentralizados con una instalación de funcionamiento local y no local no se ha realizado hasta el momento.

45 El documento US 7 400 052 B1 desvela un abastecimiento de corriente de emergencia para abastecer una carga crítica en caso necesario, en el que dicha carga crítica bajo condiciones normales se abastece a través de una fuente de energía primaria (red eléctrica). A este respecto, el abastecimiento de corriente de emergencia comprende un solo acumulador de energía de volante y un acumulador de aire comprimido, que puede suministrar su energía almacenada a través de una turbina de gas acoplada con un motor/generador para la generación de corriente. La carga crítica, la fuente de energía primaria y los suministros de corriente de emergencia (acumulador de energía de volante + sistema formado por tanque de gas y turbina de gas) están conectados entre sí a través de un bus DC, desde el que se abastece la carga crítica. A este respecto, el abastecimiento de corriente de emergencia (unidad de acumulador de volante) sólo suministra energía al bus DC en caso de una interrupción del abastecimiento de energía primaria. El suministro del bus DC se alimenta durante un corto intervalo de tiempo (segundos, primer intervalo de tiempo) a través del acumulador de volante y, en interrupciones más largas (segundo intervalo de tiempo subsiguiente al primer intervalo de tiempo), también a través de la turbina de gas. En el siguiente tercer intervalo de tiempo, únicamente la turbina de gas abastece al bus DC, mientras que el acumulador de volante nuevamente se carga desde el bus DC. En este caso, el funcionamiento del acumulador de volante es solo transitorio y se limita a intervalos de tiempo poco frecuentes y de corta duración. El acumulador de volante no regula ni estabiliza en ningún caso la red de corriente externa. A este respecto, la operación del acumulador de volante se limita a los tiempos sin la red de corriente externa.

El artículo "Dynamischer Speicher für hohe Kurzzeitenergien für die Automatisierung", Vogel Business Media GmbH & Co KG, Bd. 70. n.º 16, páginas 14/15 (1988) desvela las ventajas de los acumuladores de energía de volante en comparación con los acumuladores de batería, en particular la resistencia al cambio de carga, y ofrece de datos técnicos sobre el funcionamiento de los acumuladores de energía de volante. Como ejemplo de aplicación se menciona el apoyo de máquinas de producción a prueba de fallos de la red, en las que durante un período de 30 segundos se puede hacer disponible una energía de 70 kW. También se pueden conectar varias instalaciones en paralelo, a fin de incrementar la potencia.

Por lo tanto, sería deseable poder disponer de un acumulador de energía de gran capacidad, efectivo, compatible con el medio ambiente y de fácil operación, el que permita alcanzar simultáneamente, y en función de la demanda, un mejoramiento de la calidad de una red local y la seguridad de suministro para redes eléctricas no locales, y que, por lo tanto, pueda ser empleado como sistema de almacenamiento de energía con suficiente capacidad para cumplir ambos objetivos.

### **Resumen de la invención**

por lo tanto, un objetivo de la presente invención consiste en proveer un acumulador de energía de gran capacidad, efectivo, compatible con el medio ambiente y de fácil operación, el que permita alcanzar simultáneamente, y en función de la demanda, un mejoramiento de la calidad de una red local y la seguridad de suministro para redes eléctricas no locales, y que, por lo tanto, pueda ser empleado como sistema de almacenamiento de energía con suficiente capacidad para cumplir ambos objetivos.

Este objetivo se logra por medio de un módulo de almacenamiento de energía para el almacenamiento reversible de energía eléctrica en forma de energía de rotación mecánica, que comprende varias unidades de almacenamiento de volante, por lo menos un sistema de regulación y por lo menos una unidad de control de módulo, en donde las unidades de almacenamiento de volante están conectadas eléctricamente en paralelo a través de un circuito intermedio de tensión continua común, en donde el sistema de regulación con un lado de salida está conectado con el circuito intermedio de tensión continua común, y con un lado de entrada está conectado con por lo menos una red de tensión alterna suprarregional como una de las redes de tensión externas, y está configurado para regular el flujo de energía entre la red de tensión alterna suprarregional como red de tensión externa conectada y las unidades acumuladoras de volante para realizar funciones de regulación y de sistema no locales en la red de tensión alterna suprarregional de una manera controlada por la unidad de control de módulo mediante la transmisión de especificaciones de par de fuerza apropiadas a las unidades acumuladoras de volante para suministrar o recibir energía al/del circuito intermedio de tensión continua, de tal manera que la tensión continua durante el suministro de energía a por lo menos la red de tensión alterna suprarregional y durante la recepción de energía de por lo menos la red de tensión alterna suprarregional permanece sustancialmente constante entre un valor de umbral superior y un valor de umbral inferior.

Mediante el uso de unidades acumuladoras de volante se almacena energía en forma de energía de rotación mecánica. Esta forma de almacenamiento de energía no requiere sustancias químicas y/o inflamables, de tal manera que este tipo de acumuladores no representan un peligro para el medio ambiente y los sistemas acuáticos. Debido a que las unidades acumuladoras de volante se conectan eléctricamente en paralelo a un circuito intermedio de tensión continua, se puede sumar de manera simple, a partir de las diferentes capacidades de las unidades y potencias de las unidades de las respectivas unidades acumuladoras de volante, una capacidad de almacenamiento de módulo conjunta y una capacidad de potencia de módulo conjunta para el módulo acumulador de energía. Ya que en principio se puede añadir cualquier número deseado de unidades acumuladoras de volante al circuito intermedio de tensión continua conectadas eléctricamente en paralelo, la capacidad modular y la potencia modular puede adaptarse a la demanda y, en principio, puede escalarse a voluntad. Debido a esto se provee un acumulador de energía que presenta una gran capacidad, la que permite que además de un mejoramiento de la calidad de red local en las redes eléctricas locales (por ejemplo, redes de tensión alterna) también se puede lograr la seguridad de abastecimiento para redes eléctricas no locales (por ejemplo, redes de tensión alterna). Mediante el uso de tensión continua en el circuito intermedio de tensión continua común se reduce también el dispendio técnico de regulación, ya que, por ejemplo, no se requiere una sincronización. Con el uso de solamente un gran ondulator de red como sistema regulador, adicionalmente se tienen menos pérdidas que con el uso de varios ondulator de red pequeños, en caso de que, por ejemplo, todas las unidades acumuladoras de volante estuvieran conectadas a una red eléctrica de forma separada entre sí con ondulator de red propios. Adicionalmente, el uso de solamente un gran ondulator de red es más económico en comparación con el uso de varios ondulator de red más pequeños. El módulo de almacenamiento de energía como acumulador de energía de acuerdo con la presente invención, puede ser empleado, por lo tanto, con efecto suficiente para ambas finalidades. Adicionalmente, el módulo acumulador de energía puede ser operado de manera muy efectiva, ya que la capacidad de almacenamiento modular y la potencia modular se pueden adaptar a las respectivas necesidades a través de una selección apropiada del número de unidades acumuladoras de volante que se conectan al circuito intermedio de tensión continua, por lo que se pueden prevenir excesos de capacidad no aprovechados. La regulación del circuito intermedio de tensión continua a una tensión continua nominal también se puede realizar fácilmente, lo que simplifica la regulación general del módulo de almacenamiento de energía. Además, debido a la disposición eléctricamente paralela de las unidades acumuladoras de volante, se logra una redundancia de error que previene que por el fallo de una unidad acumuladora de energía se perjudique sustancialmente la disponibilidad del módulo de almacenamiento de energía para cumplir sus

funciones de regulación y de sistema en las redes eléctricas externas conectadas (por ejemplo, redes de tensión alterna). A este respecto, la tensión continua nominal depende de las redes eléctricas externas conectadas y de los componentes constructivos usados en el módulo acumulador de energía. Un alcance técnicamente razonable para la tensión del circuito intermedio, cuando la instalación se conecta a una red de baja tensión, se ubica, por ejemplo, entre 550 V y 1000 V. El límite inferior es definido sustancialmente por la situación de tensión de la red de baja tensión, mientras que el límite superior es definido sustancialmente por las propiedades técnicas de los componentes constructivos usados en el módulo de almacenamiento de energía. Para redes de tensión media o redes de tensión continua, la tensión continua nominal en el circuito intermedio también puede ajustarse en otros valores por razones técnicas y económicas, los que se orientan por la situación de tensión de estas redes. En un ejemplo de realización, la tensión continua nominal en el circuito intermedio de tensión continua es de  $750 \text{ V} \pm 5 \text{ V}$ .

El módulo de almacenamiento de energía de acuerdo con la presente invención representa un acumulador de energía que puede ser empleado rápidamente, de forma variable y con poco esfuerzo, en cualquier sitio. A este respecto, el módulo de almacenamiento de energía está configurado para ser conectado a través del sistema de regulación a una red de tensión externa en forma de una red local o no local o, en caso de una configuración apropiada del sistema de regulación, también a varias redes de tensión externas, por ejemplo, a una o varias redes locales y/o a una red no local. El suministro de energía a la o las redes de tensión externas, o la toma de energía de la o las redes de tensión externas, se efectúa en base a las especificaciones del par de fuerzas a través de la unidad de control del módulo. Estas especificaciones del par de fuerzas se basan en funciones de regulación y de sistema. Las funciones de regulación y de sistema se dividen en funciones de regulación y sistema locales para las redes eléctricas locales y en funciones de regulación y sistema no locales para las redes eléctricas no locales. A este respecto, el módulo de almacenamiento de energía, para ejecutar las funciones de regulación y sistema no locales y locales, o bien puede estar conectado directamente con una red eléctrica no local o con una o varias redes eléctricas locales, o también puede estar conectado indirectamente, a través de una red eléctrica local conectada, con una red eléctrica no local, siempre y cuando la propia red eléctrica local se encuentre conectada con la red eléctrica no local.

La unidad de control de módulo permite que el módulo de almacenamiento de energía pueda realizar diferentes funciones de regulación y sistema, dado el caso en redes eléctricas locales y no locales conectadas por separado, y con ello puede producir un mejoramiento simultáneo de la calidad de red local en las redes eléctricas locales y una seguridad de suministro en las redes eléctricas no locales. A este respecto, las funciones de regulación y sistema se refieren a redes eléctricas locales (por ejemplo, redes de tensión alterna locales) y, por ejemplo, consisten en el aseguramiento de la tensión de red requerida, la compensación de potencia reactiva mediante la regulación de situación de amplitudes y fases de la señal de tensión, la puesta a disposición de una reserva de potencia local para otros consumidores de corriente mayores que eventualmente puedan conectarse, o la cobertura de los picos de corriente de conexión y el almacenamiento de los excedentes de energía locales. Por su parte, las funciones de regulación y sistema no locales se refieren a redes eléctricas no locales (redes de tensión alterna no locales) y, por ejemplo, consisten en la puesta a disposición de potencia de regulación primaria o secundaria. La potencia de regulación (también denominada como potencia de reserva) asegura la estabilidad de la red en el caso de eventos imprevistos en la red eléctrica. Para esto se pueden efectuar rápidamente adaptaciones de potencia en centrales eléctricas con capacidad de regulación y se pueden emplear centrales eléctricas de rápida puesta en marcha o acumuladores de energía como el módulo de almacenamiento de energía de acuerdo con la presente invención. Otras funciones de regulación y sistema no locales adicionales son el soporte del arranque autónomo en el caso de un fallo de red, el almacenamiento general de picos de potencia y la compensación de potencia reactiva en la red eléctrica no local. Otras funciones de regulación y sistema locales y no locales para redes eléctricas locales y no locales son la puesta a disposición de redundancias (seguridad contra fallos) en el suministro de corriente en combinación con los proveedores de energía ya existentes, así como una gestión de la potencia reactiva.

A este respecto, la red eléctrica no local se refiere a una red de tensión alterna que se extiende de forma suprarregional a lo largo de regiones muy grandes y en la que se efectúan funciones de regulación y sistema no locales. Las redes eléctricas no locales son, por ejemplo, redes de transmisión o distribución (red eléctrica pública). La red eléctrica pública en Alemania se compone, por ejemplo, de cuatro redes de transmisión, que son operadas por los operadores de red Amprion, 50Hertz, Tennet y TransnetBW. Estas cuatro redes de transmisión forman conjuntamente el sistema de regulación de red combinado para Alemania. En el mismo se incluyen redes de distribución regionales. En otros países, las redes de transmisión correspondientes son operadas por otros operadores de red. En las redes de transmisión, la frecuencia de la red eléctrica se mantiene estable (regulación de frecuencia). La red europea combinada de orden superior, formada por las respectivas redes de transmisión en los diferentes estados, también se debe considerar como una red eléctrica no local, para lo que, sin embargo, actualmente sólo se han fijado los estándares para la energía de regulación. Las funciones de regulación y sistema no locales se efectúan en las respectivas redes de transmisión. Como red eléctrica local en el sentido de la presente invención también se considera, por ejemplo, una red de tensión alterna, en la que se efectúan las funciones de regulación y sistema arriba descritas. Las redes eléctricas locales normalmente están limitadas en el espacio, por ejemplo, una red eléctrica industrial interna en una instalación industrial o una red eléctrica dentro de una casa o un complejo de edificios.

A este respecto, el sistema de regulación regular el flujo de energía entre una o varias de las redes eléctricas externas conectadas (red eléctrica local y/o red eléctrica no local) y las unidades acumuladoras de volante del módulo de almacenamiento de energía. El sistema de regulación regula la tensión continua del circuito intermedio de

manera sustancialmente constante en una tensión continua nominal, por ejemplo, 750 V. La expresión “sustancialmente constante” significa que la tensión continua muy bien puede variar de forma temporal dentro de tolerancias admisibles, por ejemplo,  $\pm 5$  V, en donde el sistema de regulación siempre regula de tal manera que la tensión continua real existente del circuito intermedio corresponde a la tensión continua nominal en el caso ideal. Sin embargo, el alcance de tolerancia también puede ser más amplio que los valores arriba mencionados. El sistema de regulación crea esta regulación, debido a que se sirve de la red de tensión externa o de las redes de tensión externas, dependiendo de la dirección de flujo de la potencia, como una fuente de corriente inagotable (carga de las unidades acumuladoras de volante con energía), o respectivamente como sumidero para la energía excedente en el circuito intermedio de tensión continua. A este respecto, los sistemas de regulación apropiados comprenden uno o varios onduladores de red o reguladores de ajuste alto/bajo.

Si las redes eléctricas locales y no locales sólo estuvieran conectadas en un punto de conexión común con el módulo de almacenamiento de energía, la energía alimentada por el módulo de almacenamiento de energía sólo sería alimentada a la red de tensión externa que presente la mayor demanda de energía (la menor resistencia interna). Con esto, sin embargo, en determinadas circunstancias ya no sería posible efectuar de forma dirigida funciones de regulación y del sistema locales y no locales de acuerdo con una distribución de funciones. El sistema de regulación controla el flujo de energía hacia las redes de tensión externas conectadas de la manera prevista en la unidad de control del módulo. En una forma de realización preferente, el sistema de regulación está configurado adicionalmente para separar una o varias de las redes de tensión externas conectadas del módulo de almacenamiento de energía, en caso de que sea necesario. Si una de las redes eléctricas externas conectadas falla, el sistema de regulación separa esta red de tensión externa inmediatamente, dado el caso, en el plazo de unos pocos milisegundos, del módulo de almacenamiento de energía, para que éste pueda permanecer disponible para las demás redes de tensión externas y el suministro de tensión interno continúe dispuesto para el servicio. De lo contrario, eventualmente podría producirse un cortocircuito o una situación de sobrecarga. En una forma de realización adicional, el módulo de almacenamiento de energía comprende además una caja de regulación con por lo menos un miembro de regulación y uno o varios interruptores de separación, que se controlan a través del miembro de regulación y cuya cantidad depende del número de redes eléctricas externas conectadas a la unidad de regulación. A este respecto, la caja de regulación está conectada directamente o a través del sistema de regulación con la unidad de control del módulo por medio de una línea de datos, a través de la que la unidad de control del módulo puede transmitir datos de configuración de la función de regulación al miembro de regulación.

En una forma de realización, además del sistema de regulación, que mantiene constante la tensión continua en el circuito intermedio de tensión continua entre los valores de umbral superior e inferior (sistema de regulación original), uno o más sistemas de regulación adicionales (sistema(s) de regulación adicional(es)) están conectados en paralelo con el circuito intermedio de tensión continua. Este uno o más sistemas de regulación adicionales pueden, por ejemplo, conectar una red de tensión externa adicional al circuito intermedio de tensión continua, de la misma manera que el sistema de regulación original. Esto ofrece la ventaja de que el sistema de regulación original puede cumplir y ejecutar sin restricciones las condiciones de conexión adicional (códigos de red) de una red eléctrica externa, mientras que un segundo sistema de regulación puede ejecutar códigos de red que difieren de esto (otra red eléctrica externa).

Como unidad acumuladora de volante se denomina a este respecto una unidad funcional con un rotor como masa centrífuga, a través de cuya rotación se almacena la energía en forma de energía de rotación mecánica, con componentes de cojinete y motor para acelerar, frenar y girar el rotor a una determinada velocidad o número de revoluciones, con un transformador electromagnético para transformar energía eléctrica en energía mecánica y viceversa, y con conexiones a otros módulos, tales como, por ejemplo, el módulo de vacío o un suministro de corriente interno para los módulos. Los rotores de las unidades acumuladoras de volante, dependiendo del estado de carga, pueden rotar a velocidades de hasta 50.000 revoluciones por minuto. Una velocidad normal se ubica entre 15.000 revoluciones por minuto y el número máximo de revoluciones por minuto. Las distintas unidades acumuladoras de volante presentan una capacidad de unidad y una potencia de unidad que depende de las condiciones de servicio, por ejemplo, la velocidad del rotor y la configuración del transformador electromagnético. Por ejemplo, la capacidad de la unidad puede ser de aproximadamente 5 kWh y la potencia de la unidad puede ser de 20 a 200 kW. El almacenamiento de la energía en forma de energía de rotación es reversible, ya que la energía almacenada en forma de energía de rotación puede ser tomada nuevamente de las unidades acumuladoras de volante en función de la demanda y alimentada a una red eléctrica externa a través del circuito intermedio de tensión continua y el sistema de regulación, y viceversa. Los acumuladores de energía de volante presentan la ventaja de que pueden hacer disponibles las cantidades de energía a ser recibidas o suministradas de manera muy variable y precisa para los consumidores y almacenar esta energía en forma de energía mecánica. Por lo tanto, los acumuladores de energía de volante representan un potencial de peligro sustancialmente menor en caso de incendio, en comparación con, por ejemplo, una acumulación de baterías muy numerosa, interconectadas en forma de una instalación acumuladora de energía de baterías, o instalaciones acumuladoras de hidrógeno con tanques de hidrógeno que contienen el hidrógeno combustible con el consecuente peligro potencial. Por lo tanto, las unidades acumuladoras de volante representan una tecnología segura para el medio ambiente para la puesta a disposición de energía en comparación con otras tecnologías de almacenamiento de energía, y son muy apropiadas para soportar cualquier número de cargas por día que se requiera. En la puesta a disposición de energía o la puesta a disposición de potencia se habla de una puesta a disposición (o flujo) de energía negativa o una puesta a disposición (o flujo) de

potencia negativa, cuando la energía o la potencia se recibe de la red de tensión externa y/o el circuito intermedio de tensión continua y se almacenan en las unidades acumuladoras de volante en forma de energía de rotación mecánica. De manera correspondiente, también se habla de una puesta a disposición (o flujo) de energía o una puesta a disposición (o flujo) de potencia positiva, cuando la energía o potencia almacenada en forma de energía de rotación mecánica se transfiere desde las unidades acumuladoras de volante mediante el frenado de los volantes (o rotores) a la red de tensión externa y/o del circuito intermedio de tensión continua en forma de energía o potencia eléctrica. A este respecto, la capacidad de los acumuladores de volante para hacer disponible la energía en el plazo de pocos milisegundos, es tan ventajosa como la capacidad de suministrar la potencia especificada a lo largo de un período de tiempo de varios minutos. A una velocidad de, por ejemplo, 50.000 revoluciones por minuto, una unidad acumuladora de volante, dependiendo de su realización, puede recibir o suministrar una potencia de, por ejemplo, hasta 30 kW-200 kW. En una forma de realización, el número de unidades acumuladoras de volante en el módulo de almacenamiento de volante está adaptada para proveer una capacidad de almacenamiento del módulo para el módulo de almacenamiento de energía, que es suficiente para poder alimentar la corriente nominal durante un período de tiempo de más de 30 segundos a una red de tensión alterna (red eléctrica) no local.

La unidad de control del módulo es una componente en el módulo de almacenamiento de energía que controla el módulo de almacenamiento de energía, es decir, que ajusta los parámetros y condiciones del servicio y que controla el módulo de almacenamiento de energía de manera correspondiente a un plan de operación, que incluye los estados operativos deseados en función del tiempo. El plan de operación se basa en las funciones de regulación y sistema locales y no locales. La unidad de control del módulo, para el control del módulo de almacenamiento de energía, está conectada con los respectivos componentes en el módulo de almacenamiento de energía, que comprenden el sistema de regulación y las unidades acumuladoras de volante, a través de líneas de datos apropiadas, por ejemplo, un sistema de bus de datos, tal como un Canbus, un Profibus o como Ethernet.

En una forma de realización, la unidad de control del módulo está prevista para la generación y transmisión en función del tiempo de las especificaciones del par de fuerzas para las unidades acumuladoras de volante, en base a lo que las unidades acumuladoras de volante y en base a las especificaciones del par de fuerzas en función del tiempo alimentan o reciben un corriente en el circuito intermedio de tensión continua. Por la combinación con la regulación de tensión continua, se logra un flujo de potencia hacia o desde el módulo de almacenamiento de energía.

En una forma de realización, cada unidad acumuladora de volante recibe especificaciones individuales del par de fuerzas de la unidad de control del módulo. Con especificaciones individuales del par de fuerzas se puede reaccionar al respectivo estado de almacenamiento de las unidades acumuladoras de volante, de tal manera que las unidades acumuladoras de volante que ya están completamente o casi completamente cargadas ya no deben recibir energía adicional como protección contra una sobrecarga, o las unidades acumuladoras de volante con una carga muy baja no se descargan demasiado hasta un número de revoluciones no ventajoso para el funcionamiento de las unidades acumuladoras de volante.

En una forma de realización, cada unidad acumuladora de volante comprende un transformador electromagnético, que está conectado eléctricamente a través de una regulación de motor al circuito intermedio de tensión continua. Preferentemente, la regulación de motor es un convertidor de frecuencia. El transformador electromagnético en lo siguiente también se denomina como motor. La regulación de motor está conectada a través de líneas de datos con la unidad de control del módulo para obtener especificaciones de valor nominal (por ejemplo, especificaciones de par de fuerzas) y a este respecto puede recibir (cargar, absorber energía) cualesquiera aportaciones de corriente del circuito intermedio de tensión continua, o también suministrarlas (descargar, suministrar energía) al circuito intermedio de tensión continua. A este respecto, todos los componentes del circuito de tensión continua están configurados de tal manera que se excluye la posibilidad de una influencia recíproca, por ejemplo, un cortocircuito o un pico en el circuito intermedio de tensión continua.

En otra forma de realización adicional, las regulaciones de motor de todas las unidades acumuladoras de volante están previstas para vigilar la tensión continua en el circuito intermedio de tensión continua de manera constante con respecto al valor de umbral superior y para impedir automáticamente cualquier flujo de potencia desde las unidades acumuladoras de volante al circuito intermedio de tensión continua en caso de una transgresión del valor de umbral superior. A pesar de la regulación a una tensión continua lo más constante posible en el circuito intermedio de tensión continua, debido a condiciones de red externas especiales (caso de fallos), por ejemplo, una gran cantidad de energía alimentada a corto plazo a una red de corriente alterna desde otras fuentes fuera del módulo de almacenamiento de energía, se puede presentar una tensión continua demasiado alta en el circuito intermedio de tensión continua. Si en ese momento se están efectuando funciones de regulación y sistema, que resultarían en una alimentación de energía desde el módulo de almacenamiento de energía a la red eléctrica externa, la tensión continua en el circuito intermedio de tensión continua posiblemente se elevaría por encima del nivel de tensión crítico, cuando la o las redes externas conectadas no pueden recibir esa energía como bajo condiciones normales en forma de sumidero, ya que ellas mismas en ese momento representan una fuente de energía. Por lo tanto, las regulaciones de motor de las distintas unidades acumuladoras de volante para proteger la instalación interrumpen (impiden) automáticamente la alimentación de energía, de manera independiente de las funciones de regulación y sistema que pudieran estar pendientes. El cese de todo flujo de potencia desde las unidades acumuladoras de volante al circuito intermedio de tensión continua también se puede producir sin que se exceda el valor de umbral

superior en caso de una aproximación demasiado fuerte de la tensión continua al valor de umbral superior, por ejemplo, si la diferencia entre la tensión continua en el circuito intermedio de tensión continua y el valor de umbral superior desciende por debajo de un valor crítico definido en la regulación de motor.

5 En otra forma de realización adicional, la unidad de control del módulo consulta las velocidades actuales de las diferentes unidades acumuladoras de volante a partir de sus regulaciones de motor y determina el respectivo estado actual de carga de las distintas unidades acumuladoras de volante en base a la velocidad consultada. Las posibles velocidades pueden variar entre un número de revoluciones máximo y un número de revoluciones mínimo (en el caso extremo, totalmente sin rotación), en donde el estado de carga a la velocidad máxima es del 100%. Por lo tanto, el estado de carga actual resulta de la velocidad respectivamente actual. Conociendo los estados de carga  
10 actuales, la unidad de control del módulo puede determinar con precisión la cantidad disponible de energía y potencia para ser alimentada en la o las redes eléctricas externas, o bien la capacidad de almacenamiento libre para cantidades de energía adicionales a ser recibidas de la o las redes eléctricas externas para efectuar las funciones de regulación y sistema para las respectivas especificaciones del par de fuerzas (individuales) y adaptar de manera correspondiente las especificaciones del par de fuerzas al respectivo estado de carga de las unidades acumuladoras  
15 de volante individuales. A este respecto, el valor de velocidad actual puede determinarse como reacción a una señal de llamada activa correspondiente, enviada por la unidad de control del módulo, o bien de forma automática por las regulaciones de motor (consulta pasiva por la unidad de control del módulo). La transmisión automática por la regulación de motor puede producirse de manera continua o sólo después de un cambio en la velocidad por un valor previamente especificado. Un alcance de velocidades normal durante el servicio normal es, por ejemplo, de 300 Hz-  
20 800 Hz con  $\pm 5\%$  como alcance de tolerancia admisible.

En una forma de realización, en la regulación de motor de las unidades acumuladoras de volante se encuentra implementada una limitación de velocidad superior y/o una limitación de velocidad inferior. Esta limitación de velocidad provista de manera local (en las unidades acumuladoras de volante) sirve como protección de la máquina  
25 contra una sobrecarga de la unidad acumuladora de volante, o como protección contra la descarga completa. En una forma de realización preferente, la limitación de velocidad superior y/o la limitación de velocidad inferior se implementa por medio de un componente constructivo, por ejemplo, un microcontrolador. Sin embargo, la limitación de la velocidad también puede implementarse mediante un programa de software en el control del motor. Una así denominada instalación mediante hardware por medio del componente constructivo adicional asegurar la aptitud de funcionamiento de las limitaciones de velocidad, independientemente del estado de funcionamiento de la regulación  
30 del motor. De la misma manera, en la regulación del motor se proveen en la parte del hardware medidas apropiadas para limitar los pares de fuerza máximos o las aportaciones de corriente hacia o desde el circuito intermedio de tensión continua.

En una forma de realización adicional, en la unidad de control del módulo se implementan limitaciones de velocidad superior y/o limitaciones de velocidad inferior para las especificaciones del par de fuerzas. En una forma de  
35 realización preferente, las limitaciones de velocidad están implementadas en forma de instrucción en un programa de ordenador, para que los eventuales cambios de limitación de la velocidad se pueden ejecutar rápidamente. Las limitaciones de velocidad en la unidad de control del módulo no tienen que ser las mismas limitaciones de velocidad que en las regulaciones de motor. Estas últimas sirven como protección de la máquina. Las limitaciones de velocidad en la unidad de control del módulo, en cambio, pueden servir para controlar el módulo de almacenamiento de energía en un alcance de velocidad es particularmente efectivo. A este respecto, las limitaciones de velocidad superior/inferior en la unidad de control del módulo se ubican en valores que no son mayores/menores que la limitación de velocidad superior/inferior en las regulaciones de motor. Las limitaciones de velocidad o los máximos pares de fuerza y corrientes en las regulaciones de motor son tomadas en cuenta en esta forma de realización por la unidad de control del módulo para el cálculo de las especificaciones de par de fuerzas a ser transmitidas.

45 En una forma de realización adicional, el módulo de almacenamiento de energía comprende una o varias unidades de medición para la medición continua de la calidad de la tensión de la o las redes eléctricas externas. A través de la vigilancia de la red eléctrica mediante esta medición continua, el módulo de almacenamiento de energía puede separar activamente el módulo de almacenamiento de energía de la respectiva red eléctrica externa, en caso de que se excedan los valores límite especificados o se descienda por debajo de los mismos. A este respecto, las unidades  
50 de medición pueden estar integradas en la red eléctrica externa local y/o no local, o pueden estar dispuestas en uno o varios sitios en la red eléctrica externa local. Las unidades de medición también pueden estar dispuestas en el punto de conexión entre el módulo de almacenamiento de energía y las redes eléctricas externas locales y/o no locales. Unidades de medición en el marco de la presente invención son, por ejemplo, sondas de medición para medir la frecuencia de la red y la tensión de la red, como ejemplo de datos relevantes para la red eléctrica local conectada. Otras magnitudes de medición son, por ejemplo, el desarrollo de la tensión en función del tiempo, el ángulo de fase, el punto neutro, la frecuencia de la red, la corriente de la red y otras magnitudes. Los especialistas en la materia pueden seleccionar unidades de medición apropiadas o sondas de medición apropiadas en el marco de la presente invención y disponer las mismas en la posición apropiada. Por ejemplo, si la frecuencia de red deseada de una red de tensión alterna externa es de 50 Hz y las unidades de medición determinan un descenso de  
55 la frecuencia de red, entonces la unidad de control del módulo alimentará automáticamente, en base a la frecuencia de red medida actual (como datos relevantes medidos) y una secuencia de reacción almacenada en la unidad de control del módulo, energía a la respectiva red de tensión alterna externa, hasta que la frecuencia de red se vuelve a ubicar en el valor deseado. Ejemplos adicionales son la medición del ángulo de fase en una red de tensión alterna  
60

local, para proveer una correspondiente compensación de potencia reactiva, o la medición de la tensión en caso de una absorción de carga demasiado grande o demasiado pequeña en la red de tensión externa local para conservar la calidad de la tensión. Para otras funciones de regulación y sistema, se almacenan secuencias de reacción correspondientes en el control.

5 En otra forma de realización, la unidad de control del módulo está configurada para recibir datos externos y adaptar las especificaciones del par de fuerzas a los datos externos recibidos, y preferentemente tales datos externos son magnitudes de medición físicas, magnitudes lógicas, comandos de control en tiempo real o comandos de control para el control del desarrollo. El plan de operación puede basarse, por ejemplo, en datos externos (instrucciones de control) con respecto a las funciones de regulación y de sistema locales y no locales. Adicionalmente, la unidad de control del módulo es capaz de reaccionar de manera correspondiente a cambios en las condiciones en la red eléctrica externa local y aumentar o mantener constante la calidad de la red de la red eléctrica externa local mediante la alimentación de energía o la recepción de energía, o volver a mejorar la calidad de la red en el caso de un fallo en la red eléctrica externa local. Los datos externos recibidos (instrucciones de control), que en lo siguiente también se denominan como instrucciones, corresponden a las funciones de regulación y de sistema locales y/o no locales para el módulo de almacenamiento de energía, que son ejecutadas correspondientemente por la unidad de control del módulo. El término "ejecutar" se refiere aquí al control del módulo de almacenamiento de energía por la unidad de control del módulo de acuerdo con las instrucciones de control existentes (datos externos) para las funciones de regulación y de sistema locales y no locales para las redes eléctricas conectadas. Los datos externos son transmitidos, por ejemplo, por una unidad de control externa que, por ejemplo, regula la demanda de energía de regulación para la red de tensión alterna no local (red eléctrica) y puede cubrir esta demanda en el marco de las capacidades libres (no requeridas para funciones) del módulo de almacenamiento de energía en forma de funciones de regulación y sistema no locales desde el módulo de almacenamiento de energía a través de la red de comunicaciones. Otros sistemas externos adicionales, de los que el módulo de almacenamiento de energía podría recibir las funciones de regulación y sistema no locales, serían, por ejemplo, un sistema compuesto de soporte de potencia o una bolsa de corriente, en base a las que la alimentación o la recepción de energía es particularmente ventajosa durante determinadas horas de servicio. Otras magnitudes externas para funciones de regulación y sistema no locales son, por ejemplo, la demanda de potencia reactiva, una compensación de cargas pico o la demanda de almacenamiento local requerida en la red de tensión alterna no local (red eléctrica).

El término "recibir" describe todo tipo de eventos, en los que los datos externos son transmitidos al módulo de almacenamiento de energía. Éstos datos externos son, por ejemplo, instrucciones de control, en base a los que la unidad de control del módulo controla el módulo de almacenamiento de energía. Los datos externos son transmitidos por sistemas externos, por ejemplo, sistemas de control de la red de tensión alterna local (red eléctrica), un control combinado de orden superior o puntos de medición locales. Estas instrucciones de control (datos externos) incluyen las funciones de regulación y sistema locales y no locales, que son ejecutadas por el módulo de almacenamiento de energía de acuerdo con la presente invención en el marco de sus posibilidades. Los datos externos (instrucciones de control), sin embargo, también pueden recibirse a través de una interfaz de datos de un soporte de datos mediante la lectura del mismo en una unidad para soportes de datos correspondiente (por ejemplo, un CD-ROM) o a través de una interfaz de soporte de datos (por ejemplo, una memoria USB). Alternativamente, las instrucciones de control externas también se pueden recibir por introducción directa a través de una interfaz de usuario correspondiente (pantalla y teclado).

En una forma de realización, el módulo de almacenamiento de energía está equipado con interfaces correspondientes para enviar al exterior los datos de servicio generados en el módulo de almacenamiento de energía de acuerdo con la presente invención, a fin de que los respectivos datos de servicio puedan ser puestos a disposición en los sistemas externos para las funciones de regulación y sistema a ser recibidas desde allí. Sin embargo, el envío también puede referirse al envío de una señal de prueba, para probar una conexión de datos existente.

Para la ejecución de las funciones de regulación y de sistema, en una forma de realización la unidad de control del módulo incluye una gestión de prioridades para ejecutar los diferentes datos externos (instrucciones de control), en lo que la ejecución de las instrucciones de control externas tiene prioridad con respecto a las funciones de regulación y sistema locales en la o las redes de tensión alterna locales (redes eléctricas) frente a la ejecución de las instrucciones de control externas referidas a funciones de regulación y sistema no locales en la red de tensión alterna no local (red eléctrica). La gestión de prioridades puede realizarse como almacén de datos, al que recurre la unidad de control del módulo y que ejecuta las siguientes instrucciones de control externas de acuerdo con las prioridades fijadas. A este respecto, las prioridades pueden estar almacenadas en la memoria de datos de manera inalterable frente a un acceso externo. Un cambio de las prioridades puede efectuarse, por ejemplo, mediante el intercambio de la correspondiente memoria de datos o del archivo correspondiente con la gestión de prioridades directamente in situ en el módulo de almacenamiento de energía.

En otra forma de realización adicional, la unidad de control del módulo está prevista para que en caso de perturbaciones en la recepción de los datos externos (instrucciones de control) disponga de la capacidad de almacenamiento del módulo y de la potencia del módulo exclusivamente para efectuar funciones de regulación y sistema locales en la o las redes de tensión externas locales (redes eléctricas), hasta que la recepción de datos externos nuevamente sea posible. Para determinar una perturbación de la recepción de datos, la unidad de control

del módulo puede enviar periódicamente señales de prueba hacia el exterior y procesar la falta de una correspondiente señal de respuesta como verificación de una perturbación de la recepción. Una señal de prueba de este tipo es, por ejemplo, un así llamado apretón de manos digital, por el que se comprueba la existencia de la conexión de comunicaciones. La preferencia de las funciones de regulación y sistema locales es ventajosa, ya que después de un fallo de la comunicación hacia el exterior la unidad de control del módulo ya no recibe ningún aviso de respuesta con respecto al estado actual de la red de tensión externa no local (red eléctrica). Si la unidad de control del módulo en tal caso simplemente ejecutará las funciones existentes sin recibir otros datos externos adicionales (señales de control), esto, bajo determinadas circunstancias, podría resultar incluso en el fallo de la red de tensión externas (red eléctrica) por sobrecarga. Por lo tanto, es ventajoso ejecutar solamente las funciones de regulación y sistema locales que el módulo de almacenamiento de energía tenga que efectuar obligatoriamente y que dado el caso pueda vigilar por sí mismo la idoneidad de estas funciones locales a través de unidades de medición propias.

En una forma de realización adicional, la unidad de control del módulo está configurada para registrar y evaluar, además de la velocidad o número de revoluciones, también otros datos de servicio del módulo de almacenamiento de energía y enviar al exterior a través de una de las interfaces de datos un protocolo de informe, que incluye los datos de servicio, por ejemplo, a sistemas de dirección externos o unidades de control externas correspondientes, desde donde el módulo de almacenamiento de energía recibe los datos externos. Con esto, en el sistema de dirección externo (o unidades de control) se pueden tener en cuenta por lo menos los datos de servicio para los datos externos a ser recibidos (instrucciones de control). Los datos de servicio del módulo de almacenamiento de energía indican, por ejemplo, qué capacidad de almacenamiento del módulo y potencia del módulo existe y qué capacidad no local (momentáneamente) libre (la capacidad del módulo de almacenamiento que no se requiere para funciones de regulación y sistema locales) y potencia no local (momentáneamente) libre (la potencia del módulo que no se requiere para funciones de regulación y sistema locales) tiene disponible el módulo de almacenamiento de energía para funciones no locales y/o qué funciones de regulación y sistema locales están planeadas para el futuro. A este respecto, los datos de servicio pueden ser medidos por la propia unidad de control del módulo a través de sensores de servicio, o alternativamente los datos de servicio son transmitidos por otros módulos a través de líneas de datos correspondientes. Los datos de servicio registrados de esta manera se evalúan de acuerdo con un esquema almacenado en la unidad de control del módulo por la misma unidad de control del módulo, por ejemplo, mediante un programa de software correspondiente, y transmitidos como datos de servicio en un formato predeterminado a través de las interfaces de datos arriba mencionadas. El envío de los datos de servicio se efectúa por solicitud de la aplicación, por ejemplo, en intervalos de un segundo. La unidad de control del módulo registra, por ejemplo, los valores reales de los estados de almacenamiento de las distintas unidades acumuladoras de volante, los estados de las redes eléctricas conectadas (por ejemplo, tensión y corriente) y procesa estos datos para efectuar las funciones de regulación y sistema locales y no locales. El protocolo de informe, por ejemplo, además de los datos de servicio también puede incluir la identidad del módulo de almacenamiento de energía en forma de una denominación característica, tal como un número característico, y posiblemente también el lugar en el que se encuentra emplazado el módulo de almacenamiento de energía, en forma de coordenadas geográficas. A este respecto, el protocolo de informe tiene un formato de datos apropiado, por ejemplo, un formato de datos encriptados, para poder ser recibido y procesado por los sitios externos deseados. Los datos de servicio enviados, incluyendo la información sobre datos reales y de planificación de capacidades libres del módulo de almacenamiento y de potencias libres del módulo de almacenamiento pueden ser recibidas, descryptadas y planificadas de manera correspondiente entonces por un control directivo externo (o una unidad de control externas), para luego enviar de regreso al módulo de almacenamiento de energía las correspondientes funciones de regulación y sistema no locales y locales específicas de la instalación en forma de datos externos (instrucciones de control).

En una forma de realización adicional, el módulo de almacenamiento de energía incluye además grupos secundarios para la operación de las unidades acumuladoras de volante, y la unidad de control del módulo está configurada para adaptar el control de los grupos secundarios a los datos de servicio internos recibidos o a los datos externos recibidos. Preferentemente, los datos de servicio internos incluyen cargas térmicas dentro del módulo de almacenamiento de energía, tales como de las unidades acumuladoras de volante o de otros sistemas internos del módulo. Otros sistemas internos del módulo son, por ejemplo, un sistema de vacío, un sistema de calefacción o de refrigeración, u otros sistemas de abastecimiento. Con esto se incrementa el grado de rendimiento del módulo de almacenamiento de energía. Las pérdidas eléctricas internas pueden minimizarse a través de una influencia ejercida específicamente sobre el comportamiento de servicio o sobre el punto de servicio de los grupos secundarios en función de magnitudes de medición actuales tanto internas como externas de la instalación. Por ejemplo, la temperatura de salida de una máquina frigorífica, como ejemplo de un grupo secundario, puede incrementarse o reducirse, en función de las cargas actuales internas/externas. Por ejemplo, un calor de escape reducido de las unidades acumuladoras de volante puede ser aprovechado para reducir la potencia frigorífica de la máquina frigorífica, lo que ahorra energía de servicio para la máquina frigorífica. En otro ejemplo, la potencia de una bomba de vacío para generar un vacío de servicio en los acumuladores de volante puede usarse de manera cíclica en función de la presión interna de los acumuladores de energía, o incluso desconectarse por completo. Este tipo de medidas sirve para ahorrar energía de servicio y de esta manera incrementan el grado de rendimiento y permiten con ello la puesta a disposición de un módulo de almacenamiento de energía más efectivo.

En una forma de realización adicional, el módulo de almacenamiento de energía comprende adicionalmente uno o varios sumideros de potencia conectados con los grupos secundarios. Con esto se posibilita una absorción adicional de energía adicional, cuando las unidades acumuladoras de volante están completamente cargadas. Por ejemplo, la capacidad del módulo de almacenamiento de energía puede ser aumentada para recibir potencia eléctrica externa (por ejemplo, potencia de regulación primaria o secundaria de una de las redes de tensión alterna) mediante el uso dirigido de una instalación frigorífica con un circuito frigorífico primario y secundario, debido a que el circuito frigorífico secundario de la instalación frigorífica simultáneamente es refrigerado por el circuito primario y calentado eléctricamente, por ejemplo, por medio de un hervidor de inmersión en el tanque de almacenamiento como primer sumidero de potencia, lo que resulta en una mayor potencia frigorífica del circuito frigorífico primario (absorción de potencia incrementada de la máquina frigorífica como segundo sumidero de potencia). El aumento de la capacidad de almacenamiento del módulo por encima de la suma nominal de las capacidades de almacenamiento unitarias puede efectuarse dependiendo de las condiciones ambientales o del punto de servicio de la instalación a través de la absorción de potencia (eléctrica) del sistema de refrigeración y/o el sistema de vacío, de manera intencional por encima de la medida requerida para un servicio normal. Una cantidad de refrigeración ahorrada de esta manera, o el nivel de vacío alcanzado adicionalmente por debajo de un vacío nominal, respectivamente, puede aprovecharse y, por lo tanto, ahorrarse en un momento posterior, gracias a los grupos secundarios no usados y el correspondiente ahorro de energía de servicio asociado a ello, cuando exista una demanda incrementada.

La presente invención se refiere adicionalmente a un procedimiento para controlar el módulo de almacenamiento de energía que incluye varias unidades acumuladoras de volante, por lo menos un sistema de regulación y por lo menos una unidad de control del módulo, en el que las unidades acumuladoras de volante están conectadas eléctricamente en paralelo a través de un circuito intermedio de tensión continua común y el sistema de regulación está conectado con un lado de salida con el circuito intermedio de tensión continua común y con un lado de entrada con por lo menos una red de tensión alterna suprarregional como una de las redes de tensión externa, y está previsto para mantener sustancialmente constante la tensión continua en el circuito intermedio de tensión continua entre un valor de umbral superior y un valor de umbral inferior, que comprende las siguientes etapas:

- Regular el flujo de energía entre la red de tensión alterna suprarregional como red de tensión externa conectada y las unidades acumuladoras de volante para la ejecución de funciones de regulación y sistema no locales en la red de tensión alterna suprarregional de una manera prescrita por la unidad de control del módulo, mediante:
- la transmisión de una especificación del par de fuerzas para acelerar las unidades acumuladoras de volante por la unidad de control del módulo a las unidades acumuladoras de volante con un flujo de energía proveniente por lo menos de la red de tensión alterna suprarregional al interior del circuito intermedio de tensión continua, o
- la transmisión de una especificación del par de fuerzas para frenar las unidades acumuladoras de volante por la unidad de control del módulo a las unidades acumuladoras de volante con un flujo de energía proveniente del circuito intermedio de tensión continua por lo menos hacia la red de tensión alterna suprarregional, o
- ninguna transmisión de especificaciones de par de fuerzas para las unidades acumuladoras de volante en ausencia de un flujo de energía hacia o desde el circuito intermedio de tensión continua.

### **Breve descripción de los dibujos**

Estos y otros aspectos de la presente invención se describen a continuación más detalladamente con referencia a las figuras, en las que:

- 40 La Fig. 1 muestra una forma de realización del módulo de almacenamiento de energía de acuerdo con la presente invención.
- La Fig. 2 muestra una forma de realización del sistema de regulación con caja de regulación.
- La Fig. 3 muestra una forma de realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención para la operación del módulo de almacenamiento de energía.
- 45 La Fig. 4 muestra una forma de realización adicional del procedimiento de acuerdo con la presente invención para la operación del módulo de almacenamiento de energía.

### **Descripción detallada de los ejemplos de realización**

- La Fig. 1 muestra una forma de realización del módulo de almacenamiento de energía 1 de acuerdo con la presente invención para el almacenamiento reversible de energía eléctrica en forma de energía de rotación mecánica, que en este ejemplo presenta cuatro unidades acumuladoras de volante 2 con sus respectivas capacidades de almacenamiento de unidad EK y potencias de unidad EL. Este reducido número ha sido seleccionado por motivos de claridad en la representación esquemática. Para la aplicación real, un módulo de almacenamiento de energía comprende, por ejemplo, treinta unidades acumuladoras de volante 2. En esta forma de realización, con las capacidades individuales arriba mencionadas se obtendría por cada acumulador de energía de volante una capacidad de almacenamiento máxima de 150 kWh y una potencia máxima de 0,6 MW por cada módulo de almacenamiento de energía. Cada una de las unidades acumuladoras de volante 2 comprende un transformador electromagnético 23, que está conectado eléctricamente a través de una regulación de motor 21, preferentemente un convertidor de frecuencia 21, al circuito intermedio de tensión continua 5. El circuito intermedio de tensión

continua 5 sirve para que todas las unidades acumuladoras de volante 2 puedan ser conectadas en paralelo entre sí, para que las capacidades de almacenamiento de unidad EK se puedan sumar en una capacidad de almacenamiento del módulo MSK y una potencia del módulo ML, de tal manera que una unidad acumuladora de volante defectuosa no ponga en peligro la capacidad de funcionamiento del módulo de almacenamiento de energía 1 en su totalidad. El circuito intermedio de tensión continua está conectado con un sistema de regulación 3 con el lado de salida 31 del mismo. El lado de entrada 32 del sistema de regulación 3 está conectado con una red de tensión local externa LS y con una red de tensión no local NS. La unidad de control del módulo 4 controla el módulo de almacenamiento de energía 1 a través de las especificaciones de par de fuerzas DV (preferentemente, especificaciones del par de fuerzas en función del tiempo), que son generadas por la unidad de control del módulo 4 y transmitidas a las unidades acumuladoras de volante 2 durante el funcionamiento del módulo de almacenamiento de energía 1, U1. Debido a las especificaciones del par de fuerzas DV, las unidades acumuladoras de volante 2 almacenan energía en forma de corriente en el circuito intermedio de tensión continua 5, o toman energía en forma de corriente del circuito intermedio de tensión continua 5. A este respecto, el sistema de regulación 3 regula la tensión continua DC en el circuito intermedio de tensión continua 5 mediante el suministro (Ep) de energía por lo menos una de las dos redes de tensión externas LS, NS, o mediante la toma En de energía de por lo menos una de las dos redes de tensión externas LS, NS entre un valor de umbral superior SW1 (tensión continua nominal +5 V) y un valor de umbral inferior SW2 (tensión continua nominal -5 V), de tal manera que la tensión continua DC se mantiene sustancialmente constante en un valor de, por ejemplo, 750 V. En esta forma de realización, además del sistema de regulación 3, que mantiene constante la tensión continua DC en el circuito intermedio de tensión continua 5 entre los valores de umbral superior e inferior SW1, SW2 (sistema de regulación original), un sistema de regulación adicional 3' está conectado como sistema de regulación adicional 3' en paralelo con el sistema de regulación original 3 con el circuito intermedio de tensión continua 5. Este sistema de regulación adicional 3' en este ejemplo está conectado con una red de tensión local adicional LS', en donde la red eléctrica local LS' representa, por ejemplo, una red insular o aislada, que no está conectada con las otras redes eléctricas LS, NS, por ejemplo, una red eléctrica para un edificio. El sistema de regulación adicional 3', por lo tanto, realiza un servicio aislado (control aislado o abastecimiento aislado, respectivamente) para la red aislada LS'. Esto presenta la ventaja de que el sistema de regulación original 3 puede cumplir y ejecutar sin restricciones las condiciones de conexión adicional de las redes de tensión externas LS, NS, mientras que el sistema de regulación adicional 3', por ejemplo, puede ejecutar códigos de rejilla diferentes de esta para la red aislada LS'. Para la ejecución de las funciones de regulación y sistema locales ORS en la red aislada LS', la unidad de control del módulo 4 está conectada con el sistema de regulación adicional 3' a través de una línea de datos 13 (flecha de línea intermitente). Para el control, la unidad de control del módulo 4 lee los números de revoluciones o la velocidad DZ de las diferentes unidades acumuladoras de volante 2 en su regulación de motor 21 y determina el respectivo estado de carga actual de las diferentes unidades acumuladoras de volante 2 en base al número de revoluciones DZ leído. Por razones de protección de la máquina, en las respectivas regulaciones de motor 21 de las unidades acumuladoras de volante 2 se implementa una limitación del número de revoluciones superior y/o una limitación del número de revoluciones inferior, en donde en este ejemplo las limitaciones del número de revoluciones están implementadas mediante un componente constructivo 22. Las limitaciones del número de revoluciones también pueden implementarse de manera alternativa o adicional en la unidad de control del módulo 4. Preferentemente, las limitaciones del número de revoluciones se encuentran almacenadas en la unidad de control del módulo 4 en forma de instrucción en un programa de ordenador. El límite de velocidad inferior es como mínimo de 0 revoluciones por segundo, aunque técnicamente puede ser ventajoso seleccionar un número de revoluciones mínimo más alto, para que el sistema de motor pueda suministrar una potencia mínima requerida por razones técnicas del funcionamiento. Hacia arriba, el número de revoluciones está limitado bien sea por la frecuencia del convertidor del motor, o por los valores de dureza de los componentes del rotor. Normalmente, los números de revoluciones máximos son de, por ejemplo, 800 Hz.

La unidad de control del módulo 4 controla el módulo de almacenamiento de energía 1 en base a las funciones de regulación y sistema locales y no locales ORS, NORS, que se ejecutan en las respectivas redes de tensión externa locales y no locales LS, NS. Las funciones de regulación y sistema locales y no locales ORS, NORS son recibidas por la EM en la unidad de control del módulo 4 en forma de datos externos ED a través de una interfaz de datos 11. Las especificaciones del par de fuerzas DV a ser transmitidas a las unidades acumuladoras de volante 2 se generan en base a los datos externos ED recibidos en la EM por la unidad de control del módulo 4. Los datos externos ED son, por ejemplo, funciones de regulación y sistema locales y no locales, magnitudes de medición físicas, magnitudes lógicas, comandos de control en tiempo real o comandos de control para controlar los desarrollos. La unidad de control del módulo 4 comprende adicionalmente una memoria 41 para almacenar los datos externos ED, en particular las funciones de regulación y sistema locales y no locales ORS, NORS. Además, la unidad de control del módulo 4 comprende en este ejemplo una gestión de prioridades 42. Para controlar el módulo de almacenamiento de energía 1, la unidad de control del módulo 4 establece un plan de operación BP para ejecutar las funciones de regulación y de sistema locales y no locales ORS, NORS en las redes de tensión locales y no locales conectadas LS, NS y transmite especificaciones correspondientes del par de fuerzas DV a las respectivas unidades acumuladoras de volante 2, en lo que preferentemente las especificaciones del par de fuerzas DV están adaptadas individualmente a los respectivos estados de carga de las diferentes unidades acumuladoras de volante 2. Para que la unidad de control del módulo 4 siempre reciba datos externos actuales ED para controlar el módulo de almacenamiento de energía 1, la unidad de control del módulo 4 comprueba en esta forma de realización la conexión de comunicaciones existente hacia el exterior en cuanto a su idoneidad o aptitud de funcionamiento mediante el envío de una señal de prueba TS, en base a la que un sistema externo envía una señal de respuesta

correspondiente RS. La recepción EM de la señal de respuesta prueba la aptitud de funcionamiento de la conexión de comunicaciones hacia dicho sistema externo, del que el módulo de almacenamiento de energía recibe, por ejemplo, sus funciones de regulación y sistema locales y no locales a ser ejecutadas ORS, NORS en forma de datos externos ED. Para que estos datos externos ED tengan en cuenta el estado actual del módulo de almacenamiento de energía 1, la unidad de control del módulo 4 envía los datos de servicio BD del módulo de almacenamiento de energía 1, por ejemplo, periódicamente al sistema externo. A este respecto, los datos de servicio BD pueden incluir los estados de carga de las unidades acumuladoras de volante 2 y, por lo tanto, la capacidad momentánea y disponible en principio de almacenamiento del módulo MSK y la potencia del módulo ML, la identidad del módulo de almacenamiento de energía 1, o también el estado de otros componentes del módulo de almacenamiento de energía 1.

Para que el flujo de energía y de potencia EF, LF, que fluye hacia o desde el circuito intermedio de tensión continua 5 fluya también hacia/desde las redes de tensión alterna, para las respectivas redes de tensión alterna locales y no locales LS, NS apropiadas para la ejecución de las respectivas funciones de regulación y de sistema locales ORS en la red de tensión alterna local LS y de las funciones de regulación y sistema no locales NORS en la red de tensión alterna no local NS, se puedan distribuir en la red de tensión alterna no local NS, el módulo de almacenamiento de energía 1 incluye una caja de regulación 8, que divide el flujo total de energía y de potencia EF, LF que llega del circuito intermedio de corriente continua 5 en un flujo de energía y de potencia local EFI, LFI para la red de tensión alterna local LS y un flujo de energía y de potencia no local EFG, LFG para la red de tensión alterna no local NS. Para la ejecución óptima de las funciones de regulación y de sistema ORS, NORS en las redes de tensión alterna conectadas LS, NS, el módulo de almacenamiento de energía 1 en este ejemplo incluye una unidad de medición 7 para la medición continua de la calidad de la tensión de la o las redes de tensión alterna LS, NS, que mide los datos relevantes para evaluar la calidad de la tensión en las redes de tensión alterna LS, NS. En otras formas de realización, también se pueden emplear varias unidades de medición 7. Magnitudes de medición apropiadas para obtener los datos relevantes RD son, por ejemplo, el desarrollo de la tensión en función del tiempo, el ángulo de fase, el punto neutro, la frecuencia de red, o la corriente de red. Las personas especializadas en la materia podrán seleccionar unidades de medición o sondas de medición apropiadas en el marco de la presente invención y disponerlas en la posición apropiada. El módulo de almacenamiento de energía 1, por lo tanto, cuando se excede en valores límites predeterminados, puede separar activamente la conexión a una red de tensión alterna LS, NS en la o las redes de tensión alterna LS, NS.

El módulo de almacenamiento de energía 1 comprende adicionalmente grupos secundarios 91, 92 para la operación de las unidades acumuladoras de volante 2, tales como, por ejemplo, un sistema de vacío 91, que está conectado con los recipientes de rotor para los rotores (volantes) en las unidades acumuladoras de volante 2 a través de un sistema de tubos (no representado aquí por motivos de claridad), para generar en los recipientes de rotor el vacío requerido para una rotación de los rotores con la menor pérdida posible a altas velocidades, por ejemplo, de menos de  $10^{-3}$  mbar a velocidades de más de 40.000 rpm. Otro grupo secundario es una unidad frigorífica 92 para disipar el calor de funcionamiento del módulo de almacenamiento de energía 1. La unidad de control del módulo 4 está configurada para adaptar el control de los grupos secundarios 91, 92 en base a los datos de servicio internos recibidos BD o los datos externos ED, y por esta razón los grupos secundarios 91, 92 están conectados con el control del módulo 4 a través de líneas de datos 13. Las pérdidas eléctricas internas se pueden minimizar mediante una influencia específica sobre el comportamiento de servicio o sobre el punto de servicio de los grupos secundarios 91, 92 en función de magnitudes de medición internas de la instalación o externas actuales. Por ejemplo, la temperatura de salida de una máquina frigorífica 92, como ejemplo de un grupo secundario, se puede aumentar o reducir, dependiendo de las cargas internas/externas actuales. Por ejemplo, una reducción del calor de escape de las unidades acumuladoras de volante 2 se puede aprovechar para reducir la potencia frigorífica de la máquina frigorífica 92, lo que ahorra energía de servicio para la máquina frigorífica 92. En otro ejemplo, la potencia de una bomba de vacío en el módulo de vacío 91 se puede usar para generar un vacío de servicio en los recipientes de rotor para los rotores de los acumuladores de energía de volante 2 en función del comportamiento de desgasificación de los volantes (rotores) de manera cíclica, o incluso se puede desconectar por completo. Las medidas de este tipo sirven para ahorrar energía de servicio y aumentan el grado de rendimiento por hasta un 10% y permiten así proveer un módulo de almacenamiento de energía 1 más efectivo. El abastecimiento de los grupos secundarios 91, 92 con corriente de servicio no se representa en la figura 1 por razones de claridad.

En esta forma de realización, el módulo de almacenamiento de energía 1 incluye adicionalmente un sumidero de potencia 6 conectado con los grupos secundarios 91, 92 (representado en color negro). Con el sumidero de potencia 6 se permite la absorción de energía adicional cuando las unidades acumuladoras de volante 2 están completamente cargadas. Por ejemplo, la capacidad de almacenamiento del módulo MSK del módulo de almacenamiento de energía 1 se puede aumentar para recibir potencia eléctrica externa (por ejemplo, potencia de regulación primaria o secundaria desde una de las redes de tensión alterna NS) mediante el uso dirigido de una instalación frigorífica 92 con un circuito frigorífico primario y secundario, si el circuito frigorífico secundario de la instalación frigorífica 92 se calienta eléctricamente, por ejemplo, mediante un hervidor de inmersión en el tanque de almacenamiento del líquido refrigerante, por ejemplo, con un volumen de 400 l (por ejemplo, un depósito de agua) como primer sumidero de potencia 6, lo que resulta en una potencia frigorífica incrementada del circuito frigorífico primario (absorción de potencia aumentada de la máquina frigorífica 92 como segundo sumidero de potencia). El aumento de la capacidad de almacenamiento del módulo MSK por encima de la suma nominal de las capacidades

de almacenamiento unitarias EK de las diferentes unidades acumuladoras de volante 2, se puede aumentar de manera dirigida dependiendo de las condiciones ambientales o del punto de servicio de la instalación a través de la absorción de potencia (eléctrica) del sistema frigorífico 92 y/o del sistema de vacío 91 por encima de la medida requerida para el servicio normal. La cantidad de frío almacenada de esta manera, o el nivel de vacío adicional alcanzado, respectivamente, por debajo de un vacío nominal de, por ejemplo,  $10^{-3}$  mbar, se puede utilizar, y por ende ahorrar, en un momento posterior mediante la no operación de grupos secundarios 91, 92 y el consecuente ahorro de energía de servicio, cuando existe una mayor demanda.

Para controlar el módulo de almacenamiento de energía 1, la unidad de control del módulo 4 y los distintos componentes del módulo de almacenamiento de energía 1 están conectados entre sí a través de líneas de datos 13, por ejemplo, un bus de datos 13. A través de la línea de datos 13, la unidad de control del módulo 4 transmite al sistema de regulación 3 los datos de configuración KD para el funcionamiento de regulación de la caja de regulación 8.

La Fig. 2 muestra una forma de realización de la caja de regulación 8. Para que el flujo de energía y potencia EF, LF entre las redes de tensión alterna conectadas (en redes eléctricas) LS, NS y la instalación de almacenamiento de energía 1 se pueda distribuir de acuerdo con las funciones de regulación y sistema ORS, NORS, el módulo de almacenamiento de energía 1 en esta forma de realización incluye una caja de regulación 8 con un miembro de regulación 81 e interruptores de separación separados 82 para cada una de las redes de tensión alterna conectadas (redes eléctricas) LS, NS. La unidad de control del módulo 4 está conectada con el miembro de regulación 81 de la caja de regulación 8 y transmite a la caja de regulación 8, en este ejemplo directamente al miembro de regulación 81, los datos de configuración correspondientes de la función de regulación KD para el control de los flujos de energía y de potencia. En base a los datos de configuración de la función de regulación KD, el miembro de regulación 81 controla la distribución del flujo de energía y de potencia EF, LF que llega desde el circuito intermedio de tensión continua 5 entre las redes de tensión alterna conectadas (redes eléctricas) LS, NS como flujo de energía EFI para la red de tensión alterna local (red eléctrica local) LS y como flujo de energía EFG para la red de tensión alterna no local (red eléctrica no local) NS. En este ejemplo de realización, la distribución del flujo de energía EF en la alimentación de energía a las dos redes de tensión alterna conectadas (redes eléctricas) LS, NS se muestra sólo como ejemplo. La caja de regulación 8 está igualmente configurada para dirigir un flujo de energía desde una de las redes de tensión alterna o continua conectadas (red eléctrica) LS, NS y un flujo de energía a la otra red de tensión alterna o continua conectada (red eléctrica) NS, LS, en lo que dependiendo de la magnitud de los dos flujos de energía o bien el excedente de energía negativo es almacenado por la instalación de almacenamiento de energía 1, o bien el excedente de energía positivo es puesto a disposición por la instalación de almacenamiento de energía 1. La instalación de almacenamiento de energía 1 en este ejemplo no se muestra de forma explícita, sino que sólo se representa simbólicamente a través de los componentes correspondientes. La caja de regulación 8 recibe simultáneamente los datos relevantes RD de las dos redes de tensión conectadas (redes eléctricas) LS, NS, de lo que el miembro de regulación 81 deduce la existencia de las dos redes de tensión conectadas (redes eléctricas) LS, NS por medio de los criterios o valores de umbral almacenados en el miembro de regulación 81 para los datos relevantes RD. Si una o ambas de las redes de tensión conectadas (redes eléctricas) LS, NS ya no estuviera disponible debido a un fallo de la red, entonces el fallo de la respectiva red de tensión (red eléctrica) LS, NS se manifiesta en los correspondientes datos relevantes RD transmitidos al miembro de regulación 81, después de lo que el miembro de regulación 81 envía automáticamente las correspondientes instrucciones de separación (flecha en línea intermitente) a el o los respectivos interruptores de separación 82 para separar la instalación de almacenamiento de energía 1 de la o las redes de tensión alterna conectadas (redes eléctricas) LS, NS, después de lo que el o los interruptores de separación 82 separan la o las redes de tensión alterna previamente conectadas (redes eléctricas) LS, NS de la instalación de almacenamiento de energía 1. A este respecto, la separación de la red de tensión alterna conectada se efectúa en el plazo de pocos milisegundos. Con la separación de es solamente una red de tensión alterna, la instalación de almacenamiento de energía 1 continúa estando disponible para la otra red de tensión alterna todavía conectadas. Con esto, en caso de fallo de una red de tensión alterna se puede prevenir de manera efectiva un cortocircuito o una situación de sobrecarga. El ejemplo de realización aquí presentado, con una red de tensión alterna local conectada (red eléctrica local) LS y una red de tensión alterna no local conectada (red eléctrica no local) NS es tan sólo un ejemplo para dos redes de tensión alterna conectadas (redes eléctricas). En otras formas de realización, la caja de regulación 8 también puede estar conectada a más de dos redes de tensión alterna (redes eléctricas). Las dos o más redes de tensión alterna conectadas (redes eléctricas) también pueden ser respectivamente redes de tensión alterna locales (redes eléctricas locales), de las que por lo menos una de las redes de tensión alterna locales (redes eléctricas locales) está conectada con la red de tensión alterna no local (red eléctrica no local) para ejecutar las funciones de regulación y de sistema no locales NORS.

La Fig. 3 muestra una forma de realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención para la operación de un módulo de almacenamiento de energía 1. La unidad de control del módulo 4 recibe funciones de regulación y sistema locales y no locales ORS, NORS como datos externos ED y comprueba si la tensión continua DC del circuito intermedio de tensión continua 5 corresponde al valor nominal de tensión continua DC-S. Si esto es el caso (DC-S = "J" corresponde a  $SW2 < DC < SW1$ ) y si no existen funciones de regulación y sistema diferentes para la alimentación de energía o la toma de energía en/de las redes de tensión alterna conectadas LS, NS, entonces para la unidad de control del módulo 4 no existe ninguna necesidad de transmitir especificaciones del par de fuerzas DV a las unidades acumuladoras de volante. Si la tensión continua DC excede el valor nominal de la

5 tensión continua (DC-S = "N"), entonces se transmite una especificación de par de fuerzas DV para la aceleración B de las unidades acumuladoras de volante 2 por la unidad de control del módulo 4 a las unidades acumuladoras de volante 2 con un flujo de energía EFp desde la red de tensión alterna LS, NS al circuito intermedio de tensión continua 5 U1. Si la tensión continua DC es inferior al valor nominal de la tensión continua (DC-S = "N"), entonces se transmite una especificación de par de fuerzas DV para el frenado A de las unidades acumuladoras de volante 2 por la unidad de control del módulo 4 a las unidades acumuladoras de volante 2 con un flujo de energía EFn desde el circuito intermedio de tensión continua 5 a la red de tensión alterna LS, NS. La caja de regulación 8 regula de acuerdo con los datos de configuración para la función de regulación KD, que ella recibe de la unidad de control del módulo 4, los flujos de energía y potencia EF, LF que recibe del sistema de regulación 3, hacia los flujos de energía y potencia EFI, LFI y EFG, LFG para las respectivas redes de tensión alterna LS, NS conforme a las participaciones proporcionales de acuerdo con las funciones de regulación y sistema locales y no locales ORS, NORS.

15 La Fig. 4 muestra una forma de realización adicional del procedimiento de acuerdo con la presente invención para la operación del módulo de almacenamiento de energía 1. La unidad de control del módulo 4 recibe EM funciones de regulación y sistema locales y no locales ORS, NORS como datos externos ED y transmite las correspondientes especificaciones de par de fuerzas DV a las unidades acumuladoras de volante 2. Las regulaciones de motor 21 de las diferentes unidades acumuladoras de volante 2 mientras tanto vigilan U2 de forma continua la tensión continua DC en el circuito intermedio de tensión continua 5 con respecto al valor de umbral superior SW1, lo que se representa mediante el círculo de flecha cerrado U2. A más tardar cuando se produce una transgresión del valor de umbral superior SW1 (SW1 = "J"), las regulaciones de motor 21 de todas las unidades acumuladoras de volante 2 impiden U3 cualquier flujo de potencia LFp desde las unidades de almacenamiento de energía 2 al circuito intermedio de tensión continua 5 (representado como línea sinuosa entre la casilla "2" y la casilla "5"). Alternativamente, las verificaciones arriba mencionadas también pueden ser efectuadas por el sistema de regulación 3. Las acciones consecuentes debido a una transgresión del valor de umbral continúan siendo las mismas que las descritas más arriba. Si la tensión continua DC en el circuito intermedio de tensión continua 5 se encuentra en el alcance nominal S-DC, o si se encuentra nuevamente en el alcance nominal, el módulo de almacenamiento de energía 1 continúa funcionando de acuerdo con las etapas de control representadas en la figura 3.

Las formas de realización aquí mostradas sólo representan ejemplos de la presente invención y, por lo tanto, no han de interpretarse como restrictivas. Otras formas de realización que pudieran ser consideradas por los especialistas en la materia forman parte y están incluidas igualmente en el alcance de protección de la presente invención.

30 **Lista de símbolos de referencia**

1	Módulo de almacenamiento de energía de acuerdo con la presente invención
11	Interfaz (interfaces) de datos
12	Unidad de medición
13	Línea de datos, bus de datos
35	2 Unidad acumuladora de volante
	21 Regulación de motor
	22 Componente constructivo
	23 Transformador electromagnético
	3, 3' Sistema de regulación
40	31 Lado de salida
	32 Lado de entrada
	4 Unidad de control del módulo
	41 Memoria de almacenamiento
	42 Gestión de prioridades
45	5 Circuito intermedio de tensión continua
	6 Sumidero de potencia
	7 Unidad de medición
	8 Caja de regulación
	81 Miembro de regulación
50	82 Interruptor de separación
	91, 92 Grupos secundarios
	A Frenado de las unidades acumuladoras de volante
	B Aceleración de las unidades acumuladoras de volante
	BD Datos de servicio
55	DC Tensión continua en el circuito intermedio de tensión continua
	DC-S Valor nominal de la tensión continua en el circuito intermedio de tensión continua
	DZ Número de revoluciones (velocidad)
	DV Especificación del par de fuerzas
	ED Datos externos
60	EF Flujo de energía
	EFG Flujo de energía de red de tensión no local
	EFI Flujo de energía de red de tensión local
	EFn Flujo de energía al módulo de almacenamiento de energía o hacia las unidades acumuladoras de volante

## ES 2 614 713 T3

	(flujo de energía negativo)
EFp	Flujo de energía and este el módulo de almacenamiento de energía o desde las unidades acumuladoras de volante (flujo de energía positivo)
5	EK Capacidad de almacenamiento de la unidad
EL	Potencia de almacenamiento de la unidad
EM	Recepción de datos
En	Toma de energía desde la red de tensión
Ep	Suministro de energía a la red de tensión
10	GSB Servicio de soporte de la tensión continua
KD	Datos de configuración
MSK	Capacidad de almacenamiento del módulo
LF	Flujo de potencia
LFn	Flujo de potencia al módulo de almacenamiento de energía o a las unidades acumuladoras de volante (flujo de potencia negativo)
15	LFp Flujo de potencia desde el módulo de almacenamiento de energía o desde las unidades acumuladoras de volante (flujo de potencia positivo)
LS, LS'	Red de tensión local (red eléctrica local)
NS	Red de tensión no local (red eléctrica no local)
RD	Datos relevantes
20	Sn Toma de energía/potencia del circuito intermedio de tensión continua
Sp	Alimentación de energía/potencia al circuito intermedio de tensión continua
SW1	Valor de umbral superior para la tensión continua
SW2	Valor de umbral inferior para la tensión continua
RS	Señal de respuesta
25	TS Señal de prueba
U1	Transmisión de especificaciones del par de fuerzas
Ü2	Vigilancia constante de la tensión continua en el circuito intermedio de tensión continua
U3	Inhibición de todo flujo de potencia desde las unidades acumuladoras de volante al circuito intermedio de tensión continua
30	

## REIVINDICACIONES

1. Un módulo de almacenamiento de energía (1) para el almacenamiento reversible de energía eléctrica en forma de energía de rotación mecánica, que incluye varias unidades acumuladoras de volante (2), por lo menos un sistema de regulación (3) y por lo menos una unidad de control del módulo (4), en el que las unidades acumuladoras de volante (2) están conectadas eléctricamente en paralelo a través de un circuito intermedio de tensión continua común (5), **caracterizado porque** el sistema de regulación (3) con un lado de salida (31) está conectado con el circuito intermedio de tensión continua común (5) y con un lado de entrada (32) está conectado con por lo menos una red de tensión alterna suprarregional (NS) como una de las redes de tensión externas (LS, NS), y está configurado para regular el flujo de energía entre la red de tensión alterna suprarregional (NS) como red de tensión externa conectada y las unidades acumuladoras de volante (2) para la ejecución de funciones de regulación y sistema no locales en la red de tensión alterna suprarregional de una manera prescrita por la unidad de control del módulo mediante la transmisión (U1) de especificaciones del par de fuerzas (DV) apropiadas para las unidades acumuladoras de volante (2) para el suministro (Ep) o la recepción (En) de energía al/del circuito intermedio de tensión continua (5), de tal manera que la tensión continua (DC) con el suministro (Ep) de energía a por lo menos la red de tensión alterna suprarregional y con la recepción de energía (En) der por lo menos la red de tensión alterna suprarregional permanece sustancialmente constante entre un valor de umbral superior (SW1) y un valor de umbral inferior (SW2).
2. El módulo de almacenamiento de energía (1) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la unidad de control del módulo (4) está prevista para la generación y transmisión en función del tiempo (U1) de las especificaciones del par de fuerzas (DV) para las unidades acumuladoras de volante (2), por lo que las unidades acumuladoras de volante (2) en base a las especificaciones del par de fuerzas en función del tiempo (DV) suministran (Sp) o reciben (Sn) corriente al o del circuito intermedio de tensión continua (5).
3. El módulo de almacenamiento de energía (1) de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** cada unidad acumuladora de volante (2) recibe especificaciones del par de fuerzas (DV) individuales de la unidad de control del módulo (4).
4. El módulo de almacenamiento de energía (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** cada una de las unidades acumuladoras de volante (2) incluye un transformador electromagnético (23), que está conectado eléctricamente a través de una regulación de motor (21), preferentemente un convertidor de frecuencias (21), al circuito intermedio de tensión continua (5).
5. El módulo de almacenamiento de energía (1) de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** las regulaciones de motor (21) de todas las unidades acumuladoras de volante (2) están previstas para vigilar (U2) constantemente la tensión continua (DC) en el circuito intermedio de tensión continua (5) con respecto al valor de umbral superior (SW1) y, a más tardar cuando se exceda el valor de umbral superior (SW1), impedir (U3) automáticamente cualquier flujo de potencia (LF) desde las unidades acumuladoras de volante (2) al circuito intermedio de tensión continua (5).
6. El módulo de almacenamiento de energía (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 o 5, **caracterizado porque** la unidad de control del módulo (4) consulta los números de revoluciones actuales (DZ) de las diferentes unidades acumuladoras de volante (2) en sus respectivas regulaciones de motor (21) y, en base al número de revoluciones (DZ) obtenido, determina el respectivo estado de carga actual de las diferentes unidades acumuladoras de volante (2).
7. El módulo de almacenamiento de energía (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** en la regulación de motor (21) de las unidades acumuladoras de volante (2) se encuentra implementada una limitación del número de revoluciones superior y/o una limitación del número de revoluciones inferior, y preferentemente la limitación del número de revoluciones superior y/o la limitación del número de revoluciones inferior se encuentra implementada por medio de un componente constructivo (22) provisto para esto.
8. El módulo de almacenamiento de energía (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** en la unidad de control del módulo (4) se encuentran implementadas limitaciones del número de revoluciones superior y/o limitaciones del número de revoluciones inferior para las especificaciones del par de fuerzas (DV), y preferentemente las limitaciones del número de revoluciones se encuentran implementadas en forma de una instrucción en un programa de ordenador.
9. El módulo de almacenamiento de energía (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el módulo de almacenamiento de energía (1) incluye una o varias unidades de medición (7) para la medición continua de la calidad de la tensión de la/las red(es) de tensión externa(s) (LS, NS).
10. El módulo de almacenamiento de energía (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la unidad de control del módulo (4) está configurada para recibir datos externos (ED) y adaptar las especificaciones del par de fuerzas (DV) a los datos externos recibidos (ED), y preferentemente estos datos externos (ED) son magnitudes de medición físicas, magnitudes lógicas, comandos de control en tiempo real o comandos de control para el control del desarrollo.

- 5 11. El módulo de almacenamiento de energía (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el módulo de almacenamiento de energía (1) incluye adicionalmente grupos secundarios (91, 92) para la operación de las unidades acumuladoras de volante (2) y que la unidad de control del módulo (4) está configurada para adaptar un control de los grupos secundarios (91, 92) a los datos de servicio internos (BD) o a los datos externos (ED) recibidos, y preferentemente los datos de servicio internos (BD) incluyen cargas térmicas dentro del módulo de almacenamiento de energía, así como de las unidades acumuladoras de volante (2) o de otros sistemas internos adicionales del módulo.
- 10 12. El módulo de almacenamiento de energía (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el módulo de almacenamiento de energía (1) incluye adicionalmente uno o varios sumideros de potencia (6) conectados con los grupos secundarios (91, 92).
- 15 13. Un procedimiento para el control de un módulo de almacenamiento de energía (1) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende varias unidades acumuladoras de volante (2), por lo menos un sistema de regulación (3) y por lo menos una unidad de control del módulo, en el que las unidades acumuladoras de volante (2) están conectadas eléctricamente en paralelo por medio de un circuito intermedio de tensión continua común (5), **caracterizado porque** el sistema de regulación (3) con un lado de salida (31) está conectado con el circuito intermedio de tensión continua común (5) y con un lado de entrada (32) está conectado con por lo menos una red de tensión alterna suprarregional (NS) como una de las redes de tensión externas (LS, NS), y está previsto para mantener sustancialmente constante la tensión continua (DC) en el circuito intermedio de tensión continua (5) entre un valor de umbral superior (SW1) y un valor de umbral inferior (SW2), y en el que el procedimiento incluye las siguientes etapas:
- 20 - Regulación del flujo de energía entre la red de tensión alterna suprarregional (NS) como red de tensión externa conectada y las unidades acumuladoras de volante (2) para la ejecución de funciones de regulación y sistema no locales en la red de tensión alterna suprarregional de una manera prescrita por la unidad de control del módulo, mediante:
- 25 - la transmisión (U1) de una especificación del par de fuerzas (DV) para acelerar (B) las unidades acumuladoras de volante (2) por la unidad de control del módulo (4) a las unidades acumuladoras de volante (3) con un flujo de energía (EFp) proveniente por lo menos de la red de tensión alterna suprarregional (NS) al circuito intermedio de tensión continua (5), o
- 30 - la transmisión (U1) de una especificación del par de fuerzas (DV) para frenar (A) las unidades acumuladoras de volante (2) por la unidad de control del módulo (4) a las unidades acumuladoras de volante (2) con un flujo de energía (EFn) desde el circuito intermedio de tensión continua (5) hacia por lo menos la red de tensión alterna suprarregional (NS), o
- ninguna transmisión (U1) de especificaciones del par de fuerzas (DV) para las unidades acumuladoras de volante (2) cuando no existe un flujo de energía (EF) hacia o desde el circuito intermedio de tensión continua (5).
- 35 14. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que cada una de las unidades acumuladoras de volante (2) está conectada eléctricamente a través de una regulación de motor (21), preferentemente un convertidor de frecuencias (21), al circuito intermedio de tensión continua (5), que incluye las siguientes etapas adicionales:
- 40 - Vigilancia constante (U2) de la tensión continua (DC) en el circuito intermedio de tensión continua (5) con respecto al valor de umbral superior (SW1) por las regulaciones de motor (21) de todas las unidades acumuladoras de volante (2); y
- supresión automática (U3) de cualquier flujo de potencia (LF) desde las unidades acumuladoras de volante (2) al circuito intermedio de tensión continua (5), a más tardar cuando se produce una transgresión del valor de umbral superior (SW1) de la tensión continua (DC) en el circuito intermedio de tensión continua (5), por las regulaciones de motor (21) de todas las unidades acumuladoras de volante (2).
- 45

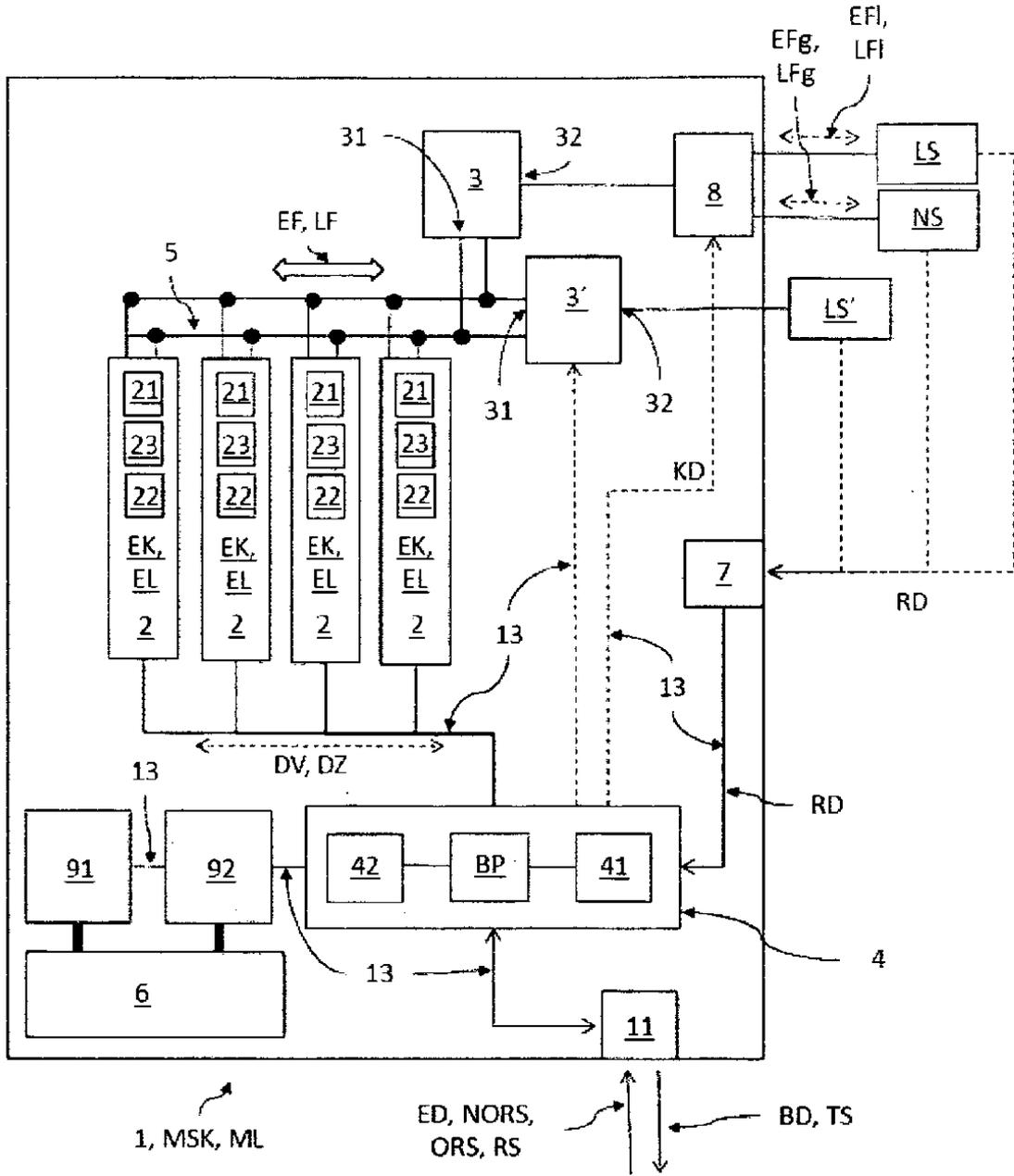


FIG.1

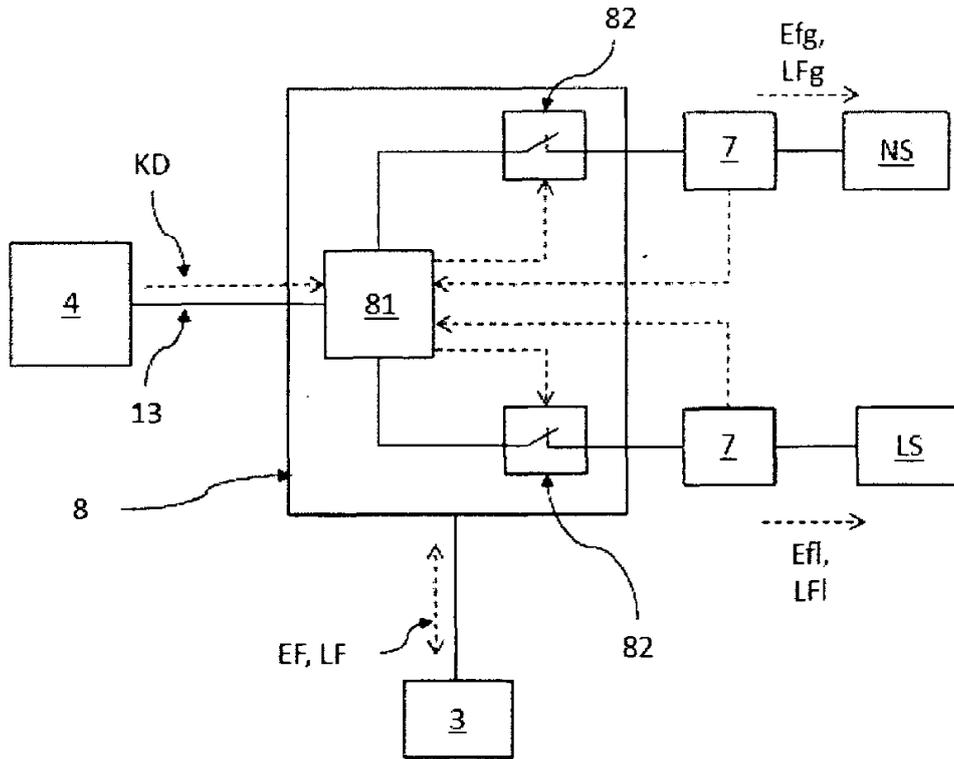


FIG.2

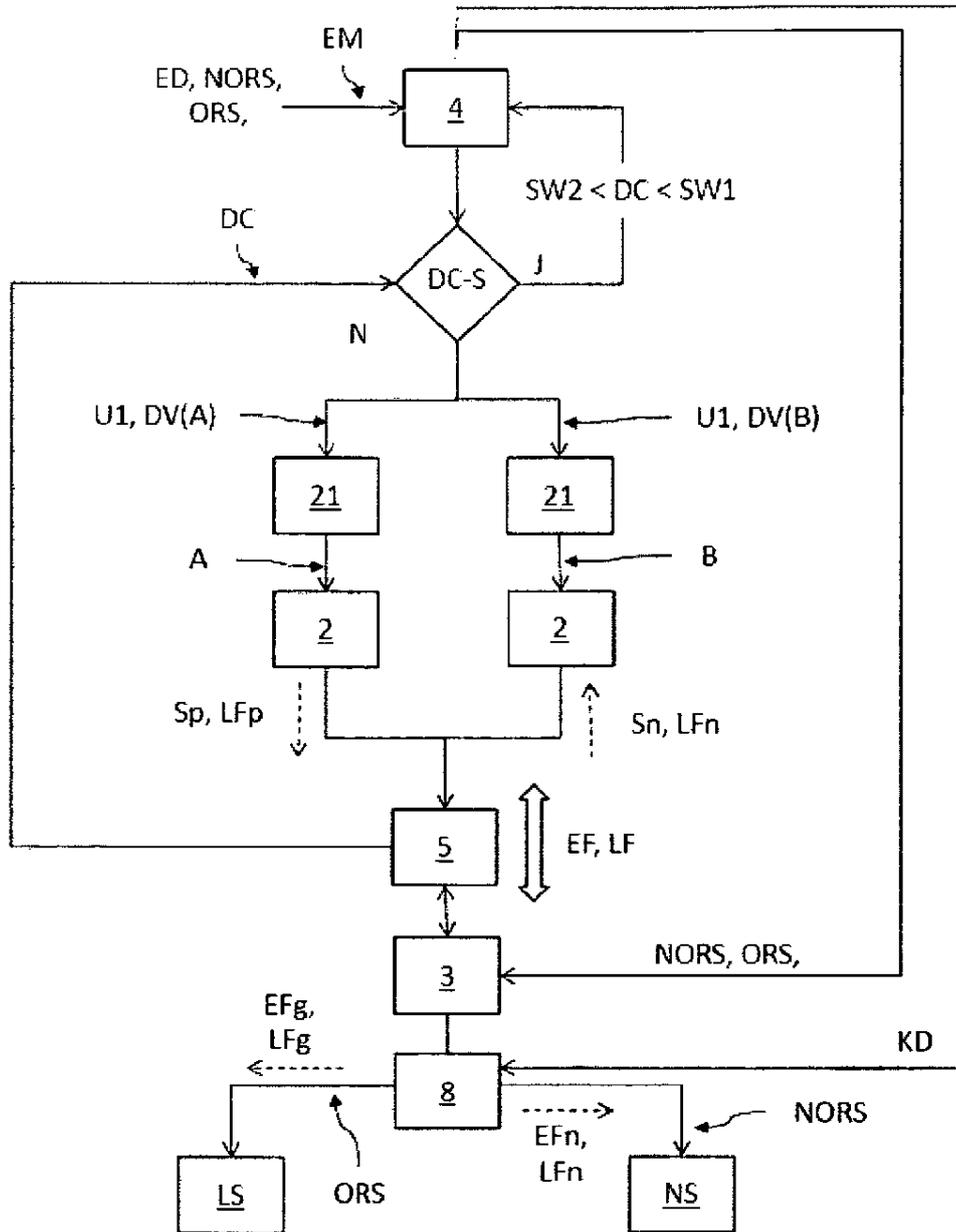


FIG.3

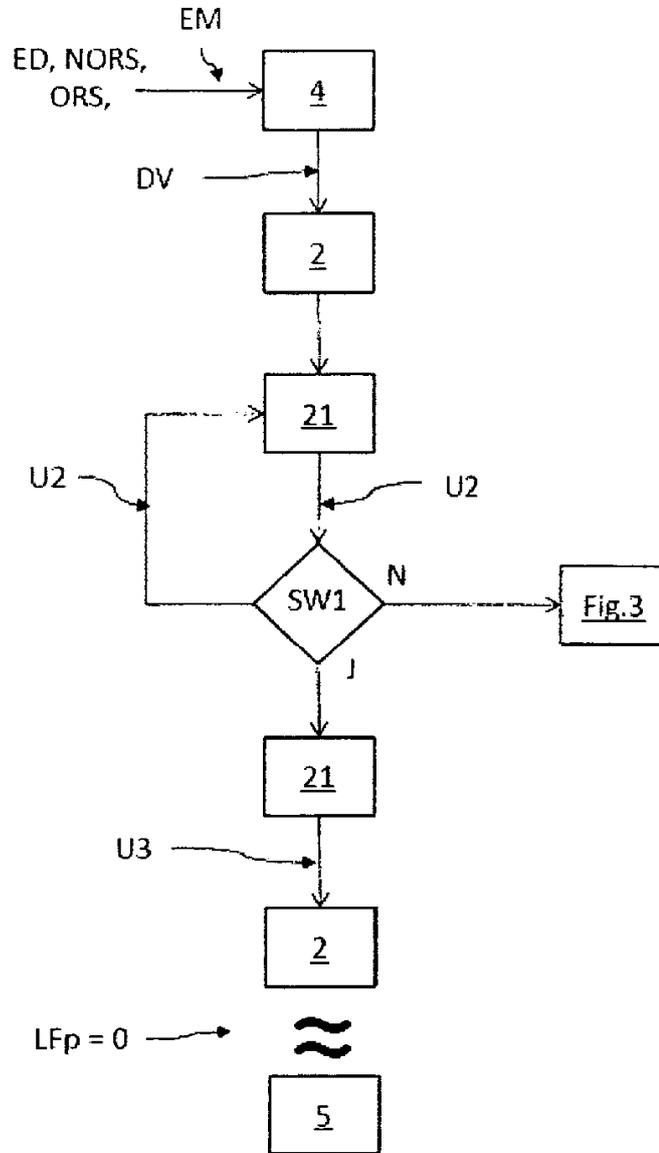


FIG. 4