

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 606**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

F03D 80/00 (2006.01)

F03D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.04.2012 E 12163861 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2017 EP 2541054**

54 Título: **Sistema de energía eólica marino**

30 Prioridad:

30.06.2011 DE 102011107629

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

23.10.2017

73 Titular/es:

**INNOGY SE (100.0%)
Opernplatz 1
45128 Essen, DE**

72 Inventor/es:

**ESKEN, MATTHIAS;
KOCH, DR. FRIEDRICH;
FROITZHEIM, HERBERT y
SCHLÜTER, THORSTEN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 638 606 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

Sistema de energía eólica marino

5 La invención se refiere a un sistema de energía eólica marino con una primera instalación de energía eólica marina y al menos otra instalación de energía eólica marina, estando prevista para la transmisión de una señal eléctrica, al menos una conexión eléctrica entre la primera instalación de energía eólica marina y la otra instalación de energía eólica marina. La invención se refiere además de ello, a una instalación de energía eólica marina para este sistema de energía eólica marino y a un procedimiento para detectar una conexión eléctrica defectuosa entre una primera instalación de energía eólica marina y otra instalación de energía eólica marina.

10 La demanda de energía de fuentes renovables aumenta continuamente. Una de las fuentes disponibles es en este caso la energía eólica. Un aerogenerador transforma la energía cinética del aire mediante un rotor y un generador en energía eléctrica.

Para maximizar la producción de energía, puede conformarse a partir de varios aerogeneradores un sistema de energía eólica y los aerogeneradores pueden disponerse en zonas con una alta probabilidad e intensidad de viento. Son particularmente adecuadas las ubicaciones en mar abierto, llamadas también zonas marinas.

15 Los requisitos para los sistemas de energía eólica marinos o parques de energía eólica marinos se diferencian no obstante claramente de los requisitos para sistemas de energía eólica en tierra firme. De esta manera, han de usarse como instalaciones de energía eólica instalaciones de energía eólica marinas especiales. Es en particular un deseo constante reducir el gran esfuerzo de mantenimiento y de mantención debido a la ubicación espacial en el mar y la difícil accesibilidad que ello conlleva.

20 Un problema esencial en el caso de los sistemas de energía eólica marinos es en este caso el mantenimiento y la supervisión de una conexión eléctrica entre dos instalaciones de energía eólica marinas. Normalmente se usa como conexión eléctrica un cable submarino para la transmisión de la energía eléctrica entre dos instalaciones de energía eólica marinas. Este cable submarino se tiende desde una instalación de energía eólica marina hasta una instalación de energía eólica marina próxima o se dispone en el fondo marino.

25 A diferencia de cables terrestres, los cables submarinos están expuestos no obstante a riesgos particulares y pueden quedar dañados fácilmente. De esta manera, una y otra vez fondean barcos a pesar de una prohibición en la zona del sistema de energía eólica marino. Debido al ancla de los barcos, los cables submarinos pueden quedar no obstante, dañados. Puede ocurrir también, que un cable submarino no quede anclado suficientemente al fondo marino y quede suelto con el paso del tiempo. Para evitar otros daños en las instalaciones de energía eólica marinas, es necesario detectar también daños mínimos rápidamente.

30 Del estado de la técnica se conocen no obstante solo medidas, como una protección de tiempo de corriente máximo independiente (protección UMZ, del alemán *unabhängiger Maximalstromzeitschutz*), que no permiten una detección segura y rápida de una conexión eléctrica defectuosa en particular en el caso de daños reducidos y/o en el caso de corrientes de cortocircuito reducidas. En particular las corrientes de cortocircuito reducidas en comparación con conexiones de sistema de energía eólica en tierra firme dan lugar a problemas notables durante la supervisión de conexiones eléctricas en el estado de la técnica. El documento WO2009003508 muestra una central eólica según el estado de la técnica. La invención se basa por lo tanto en la tarea de poner a disposición un sistema de energía eólica marino, el cual permita de manera sencilla una detección segura de conexiones eléctricas defectuosas entre dos instalaciones de energía eólica marinas. La tarea se soluciona según la invención en un sistema de energía eólica marino según la reivindicación 1. El sistema de energía eólica marino comprende una primera instalación de energía eólica marina y al menos otra instalación de energía eólica marina, estando prevista para la transmisión de una señal eléctrica, al menos una conexión eléctrica entre la primera instalación de energía eólica marina y la otra instalación de energía eólica marina, presentando la primera instalación de energía eólica marina al menos una primera instalación de determinación de parámetros para determinar al menos un primer valor de parámetro de al menos un parámetro de la señal eléctrica, presentando la otra instalación de energía eólica marina al menos otra instalación de determinación de parámetros para determinar al menos otro valor de parámetro del al menos un parámetro de la señal eléctrica y estando configurada al menos una de las instalaciones de determinación de parámetros para determinar una diferencia entre el primer valor de parámetro y valor de parámetro adicional.

45 A diferencia del estado de la técnica se detecta según la invención una conexión eléctrica defectuosa entre dos instalaciones de energía eólica marinas debido a que en ambos extremos de la conexión eléctrica se determina el correspondiente valor del mismo parámetro eléctrico y se calcula la diferencia o la suma de los valores determinados.

55 El sistema de energía eólica marino comprende al menos dos instalaciones de energía eólica marinas unidas eléctricamente entre sí. En el caso de la conexión eléctrica puede tratarse de un cable, en particular de un cable marino. La conexión eléctrica está prevista en particular para la transmisión de la energía eléctrica producida. Se entiende que el cable presenta una suficiente estabilidad frente a la corriente y a la tensión para la transmisión de una determinada cantidad de energía.

Cada instalación de energía eólica marina puede comprender al menos una instalación de determinación de parámetros. Puede/pueden estar prevista/s por ejemplo, una o varias instalación/instalaciones de medición para medir uno o varios parámetro eléctricos, como una corriente y/o una tensión. Se entiende que puede estar previsto un medio de procesamiento (auxiliar) para derivar un parámetro de un parámetro medido.

- 5 Preferentemente puede detectarse al menos respectivamente el valor de corriente mediante la primera o la instalación de determinación de parámetros adicional. A partir de los valores de corriente detectados puede conformarse la diferencia o la suma. Puede llevarse a cabo por ejemplo también, una operación de comparación. Mediante la determinación de la diferencia entre la corriente alimentada por una instalación de energía eólica marina y la corriente recibida por la instalación de energía eólica marina adicional, puede deducirse de manera sencilla una conexión eléctrica defectuosa. Se da por ejemplo un daño de una conexión eléctrica, cuando la corriente alimentada a la conexión eléctrica se desvía de la corriente recibida en el otro extremo de la conexión eléctrica.

La determinación de la diferencia permite en particular también una detección segura y rápida de una conexión eléctrica defectuosa, cuando se dan solo corrientes de cortocircuito reducidas.

- 15 Según una primera forma de realización del sistema de energía eólica marino puede haber prevista al menos una instalación de conmutación para separar la al menos una conexión eléctrica. Puede haber configurada al menos una instalación de determinación de parámetros para la comparación de la diferencia determinada con una diferencia predeterminable. Preferentemente todas las instalaciones de determinación de parámetros pueden estar configuradas para determinar la diferencia y/o para comparar la diferencia determinada con una diferencia predeterminable. La instalación de determinación de parámetros puede estar configurada además de ello para controlar, al superarse la diferencia predeterminable, la al menos una instalación de conmutación, de tal manera que la conexión eléctrica entre la primera instalación de energía eólica marina y la instalación de energía eólica marina adicional se separa. Para evitar daños como consecuencia de ello en las instalaciones de energía eólica marinas, puede separarse la conexión eléctrica dañada, es decir, interrumpirse una transmisión de corriente. Ventajosamente puede haber prevista respectivamente una instalación de conmutación en los extremos de la conexión eléctrica. Una instalación de determinación de parámetros puede controlar por ejemplo, las dos instalaciones de conmutación. Alternativamente la instalación de determinación de parámetros de la primera instalación de energía eólica marina puede controlar la instalación de conmutación de la primera instalación de energía eólica marina y la instalación de determinación de parámetros de la instalación de energía eólica marina adicional puede controlar la instalación de conmutación de la instalación de energía eólica marina adicional.

- 30 Para poder determinar la diferencia de al menos los dos valores de parámetro determinados, puede estar previsto según una forma de realización preferida al menos un canal de comunicación de datos al menos entre la primera instalación de determinación de parámetros y la al menos una instalación de determinación de parámetros adicional. Puede estar previsto por ejemplo, un canal de comunicación de datos por cable o uno inalámbrico. Las instalaciones de determinación de parámetros pueden comprender preferentemente interfaces adecuadas. Además del al menos un valor de parámetro determinado pueden transmitirse otros datos, por ejemplo, datos de estado de la instalación de determinación de parámetros. Para ello pueden ponerse a disposición también canales de comunicación adicionales. Puede indicarse por ejemplo, el fallo del instrumento de medida o similar.

- 40 Puede estar previsto además de ello, que la instalación de determinación de parámetros determine de manera continua el al menos un valor de parámetro. Puede estar previsto alternativamente, que el al menos un valor de parámetro se determine en intervalos de tiempo predeterminables. La determinación de los valores de parámetro entre las al menos dos instalaciones de determinación de parámetros puede estar en particular sincronizada. Esto permite que puedan compararse entre sí (casi) al mismo tiempo valores de parámetro determinados.

- 45 El sistema de energía eólica marino puede comprender además de ello también tres o más instalaciones de energía eólica marinas. Las instalaciones de energía eólica marinas pueden estar unidas básicamente de cualquier manera eléctricamente entre sí. Cada instalación de energía eólica marina puede estar unida por ejemplo directamente con todas las demás instalaciones de energía eólica marinas.

- 50 Para controlar cada conexión eléctrica (directa) entre dos instalaciones de energía eólica marinas de manera sencilla, según otra forma de realización de la invención, la cantidad de las instalaciones de determinación de parámetros prevista en una instalación de energía eólica marina puede coincidir con la cantidad de las conexiones eléctricas conectadas a la instalación de energía eólica marina. Dicho con otras palabras, se prevé en cada cable conectado a una instalación de energía eólica marina al menos una instalación de determinación de parámetros. Un cable presenta al menos dos instalaciones de determinación de parámetros. Puede haber prevista en particular al menos una instalación de determinación de parámetros en respectivamente un extremo del cable. De esta manera puede determinarse para cada conexión eléctrica la diferencia entre un parámetro eléctrico suministrado y un parámetro eléctrico recibido.

- 55 En otra forma de realización de la invención, al menos una de las instalaciones de energía eólica marinas puede ser una instalación de conmutación o una central eólica. Pueden estar previstas en particular una instalación de conmutación, en particular una subestación, y una pluralidad de centrales eólicas que pueden unirse con la instalación de conmutación. La instalación de conmutación puede comprender en particular una estación

transformadora. Desde la instalación de conmutación, la energía eléctrica producida puede transmitirse a través de cables submarinos adecuados directamente o a través de una plataforma de transmisión de corriente continua de alta tensión, a una estación transformadora en tierra firme y desde allí alimentarse a la red. La instalación de conmutación puede comprender además de ello, al menos un generador, en particular generador diesel. Los generadores diesel posibilitan mantener el funcionamiento también en el caso de una pérdida de la energía de realimentación de una plataforma de transmisión de corriente continua de alta tensión.

Una central eólica puede transformar la energía cinética del viento mediante un rotor y un generador en energía eléctrica. Como protección adicional puede estar prevista para la supervisión de la corriente de generador, una protección UMZ. Si la corriente de generador supera un valor límite permisible que puede ser predeterminado durante un tiempo predeterminable, el generador puede ser separado mediante al menos una instalación de conmutación adecuada, de la al menos una conexión eléctrica.

La conexión eléctrica puede ser además de ello, un cable submarino, en particular un cable submarino de alta tensión o un cable submarino de media tensión.

Puede estar prevista básicamente para el aumento de la cantidad de energía que puede ser obtenida, una pluralidad de centrales eólicas. Como ya se ha descrito, éstas pueden estar unidas eléctricamente de cualquier manera. Cada central eólica puede estar unida por ejemplo directamente con la al menos una instalación de conmutación. Puede conmutarse ventajosamente no obstante, una pluralidad de centrales eólicas dando lugar a un ramal.

Según una forma de realización, puede haber conmutada en serie una pluralidad de centrales eólicas dando lugar a un primer ramal, pudiendo estar unida la central eólica dispuesta en un primer extremo del primer ramal, con la instalación de conmutación. Puede haber conmutada en serie además de ello, otra pluralidad de centrales eólicas dando lugar a un ramal adicional, pudiendo estar unida la central eólica dispuesta en un primer extremo del ramal adicional, con la instalación de conmutación. La central eólica dispuesta en el otro extremo del primer ramal puede ser conectable eléctricamente con la central eólica dispuesta en el otro extremo del ramal adicional. Un ramal, el cual se denomina también cadena, consiste en dos o más centrales eólicas conectadas en serie eléctricamente. Preferentemente puede estar prevista entre dos centrales eólicas vecinas, respectivamente una conexión eléctrica por ejemplo, en forma de un cable submarino. La conformación de ramales reduce la longitud de cable total y facilita la conexión a una instalación de conmutación. Es particularmente ventajoso cuando la central eólica dispuesta en el extremo de un ramal puede conectarse en caso de necesidad eléctricamente con otra central eólica dispuesta preferentemente en el extremo de otro ramal.

Preferentemente pueden estar previstas en el caso de un ramal que comprende varias centrales eólicas y una subestación $(n*2)-1$ instalaciones de determinación de parámetros, siendo n la cantidad de instalaciones (incluida la subestación).

Según una forma de realización preferida, puede haber prevista al menos una instalación de conmutación adicional para cerrar la conexión eléctrica entre la central eólica dispuesta en el otro extremo del primer ramal y la central eólica dispuesta en el otro extremo del ramal adicional. En un estado de funcionamiento estándar, la instalación de conmutación adicional puede estar abierta. La conexión eléctrica entre la central eólica dispuesta en el otro extremo del primer ramal y la central eólica dispuesta en el otro extremo del ramal adicional, está separada. El estado de funcionamiento estándar es en particular un estado libre de fallos. No se da por lo tanto al menos ninguna conexión eléctrica defectuosa. En un estado de fallo, la instalación de conmutación adicional puede estar cerrada. Un estado de fallo se da en particular cuando se detectó o se detectaron una conexión eléctrica defectuosa y/o una corriente de generador demasiado alta. Como ya se ha descrito, un fallo puede conducir a una separación de la conexión eléctrica. Ha podido verse, que una separación de la totalidad del ramal de la instalación de conmutación puede evitarse, cuando en caso de la separación de una conexión eléctrica, se cierra la conexión eléctrica entre la central eólica dispuesta en el otro extremo del primer ramal y la central eólica dispuesta en el otro extremo del ramal adicional.

Dos ramales pueden conformar junto con la instalación de conmutación en particular un anillo abierto. En caso de necesidad, como en el caso de una conexión eléctrica defectuosa, el anillo puede cerrarse en el punto abierto y separarse en otro punto para superar la conexión eléctrica defectuosa.

Según una forma de realización preferida, la instalación de conmutación puede presentar una instalación de transformación de corriente alterna/corriente continua. La instalación de conmutación puede estar unida alternativamente con una instalación de transformación de corriente alterna/corriente continua. A diferencia de instalaciones de energía eólica en tierra firme, es ventajoso en el caso de sistemas de energía eólica marinos transformar la corriente alterna producida por las centrales eólicas, en primer lugar en corriente continua. Una transmisión de corriente continua de alta tensión posibilita en particular una transmisión de energía pobre en pérdidas. Es problemático en este caso no obstante, que solo se dan corrientes de cortocircuito reducidas. Una corriente de cortocircuito puede encontrarse por ejemplo en un rango de entre 0 y $1,8 I_N$, siendo I_N la corriente nominal. Esto se debe en particular a la naturaleza de la estación de transmisión de corriente continua de alta tensión. Este problema que no se da en el caso de sistemas de energía eólica en tierra firme, se soluciona debido a que puede llevarse a cabo la determinación de diferencia descrita con anterioridad para la detección de una

conexión eléctrica defectuosa. Se entiende que alternativamente a una instalación de transformación de corriente alterna/corriente continua puede estar prevista también una instalación de transformación de corriente alterna/corriente alterna.

5 Para una supervisión central de uno o de varios sistemas de energía eólica marinos puede estar prevista además de ello una central dispuesta a mayor distancia. La central puede encontrarse en particular en tierra firme. Al menos una de las instalaciones de energía eólica marinas puede presentar una instalación de comunicación para la comunicación con la central. Cada central eólica puede presentar por ejemplo, una instalación de comunicación para la comunicación con la instalación de comunicación. La instalación de comunicación puede transmitir entonces las informaciones recibidas directamente o a través de una estación intermedia adicional a la central. En particular en un caso de fallo, puede transmitirse un correspondiente mensaje a la central. El mensaje puede presentar preferentemente informaciones sobre el tipo de fallo o del error y el lugar del fallo o del error. Desde la central pueden adoptarse medidas adecuadas para la solución del fallo. Es posible una vigilancia remota del sistema de energía eólica marino.

15 Otro aspecto de la invención es una instalación de energía eólica marina para un sistema de energía eólica marino descrito anteriormente. La instalación de energía eólica marina comprende al menos una instalación de determinación de parámetros para determinar al menos un primer valor de parámetro de al menos un parámetro de una señal eléctrica que llega a una conexión eléctrica. La instalación de determinación de parámetros está configurada para determinar una diferencia entre el primer valor de parámetro determinado y un valor de parámetro recibido por una instalación de energía eólica marina adicional.

20 Otro aspecto adicional de la invención es un procedimiento para detectar una conexión eléctrica errónea entre una primera instalación de energía eólica marina y una instalación de energía eólica adicional. El procedimiento comprende los pasos:

- determinar al menos un primer valor de parámetro de al menos un parámetro de una señal eléctrica que llega a una conexión eléctrica por el lado de la primera instalación de energía eólica marina,
- 25 - determinar al menos un valor de parámetro adicional del al menos un parámetro eléctrico de la señal eléctrica que llega a la conexión eléctrica por el lado de la instalación de energía eólica marina adicional,
- determinar una diferencia entre el primer valor de parámetro y el valor de parámetro adicional para detectar una conexión eléctrica defectuosa entre la primera instalación de energía eólica marina y la instalación de energía eólica marina adicional.

30 El procedimiento puede usarse en particular en un sistema de energía eólica marino descrito anteriormente.

Las características de los procedimientos y dispositivos pueden combinarse libremente entre sí. En particular, las características de la descripción y/o de las reivindicaciones dependientes, pueden ser también mediante elusión completa o parcial de características de las reivindicaciones independientes, solas o en combinación libre entre sí, inventivas por sí mismas.

35 Existe ahora una pluralidad de posibilidades de configurar y de perfeccionar el sistema de energía eólica marino según la invención, la instalación de energía eólica marina según la invención, así como el procedimiento según la invención para detectar una conexión eléctrica defectuosa entre una primera instalación de energía eólica marina y una instalación de energía eólica marina adicional. Para ello se remite por un lado a las reivindicaciones dependientes subordinadas a las reivindicaciones, por otro lado, a la descripción de ejemplos de realización en relación con el dibujo. En el dibujo muestra:

- La Fig. 1 una vista esquemática de un primer ejemplo de realización de un sistema de energía eólica marino según la presente invención;
- La Fig. 2 otra vista esquemática de otro ejemplo de realización de un sistema de energía eólica marino según la presente invención;
- 45 La Fig. 3 una vista esquemática adicional de otro ejemplo de realización de un sistema de energía eólica marino según la presente invención; y
- La Fig. 4 un diagrama de flujo de un procedimiento para detectar una conexión eléctrica defectuosa según la presente invención.

A continuación, se usan para los mismos elementos las mismas referencias.

50 La figura 1 muestra una vista simplificada de un primer ejemplo de realización de un sistema de energía eólica marino 2, de un parque eólico marino, según la presente invención.

El sistema de energía eólico marino 2 representado comprende una primera instalación de energía eólica marina 4 y una instalación de energía eólica marina 6 adicional. Puede tratarse en el caso de la instalación de energía eólica

marina 4 por ejemplo, de una instalación de conmutación 4, como una plataforma transformadora. En el caso de la instalación de energía eólica marina 6 adicional de una central eólica marina 6.

5 Como puede verse además de ello en la figura 1, las instalaciones de energía eólica marinas 4 y 6 están unidas entre sí a través de una conexión eléctrica 8, en particular un cable submarino 8. La conexión eléctrica 8 está configurada en particular para transmitir la energía eléctrica producida por la instalación de energía eólica marina 6 a la instalación de energía eólica marina 4 adicional. Preferentemente fluye una corriente alterna desde la instalación de energía eólica marina 6 a la instalación de conmutación 4.

10 La primera instalación de energía eólica marina 4 presenta además de ello, una primera instalación de determinación de parámetros 10. La instalación de determinación de parámetros 10 está configurada para determinar el valor de al menos un parámetro de la señal eléctrica, que llega a la conexión eléctrica 8 por el lado de la primera instalación de energía eólica marina 4.

Puede estar prevista por ejemplo, una instalación de medición para medir el al menos un valor de parámetro. Pueden medirse preferentemente la corriente y/o la tensión. Una determinación de la corriente y de la tensión puede ser ventajosa para reconocer mediciones defectuosas de un parámetro.

15 Además de ello, la instalación de energía eólica marina 6 adicional presenta también una instalación de determinación de parámetros 10 adicional. La instalación de determinación de parámetros 10 adicional puede estar configurada preferentemente en correspondencia con la primera instalación de determinación de parámetros 10. La instalación de determinación de parámetros 10 adicional está configurada para determinar el valor de al menos un parámetro de la señal eléctrica. Dicho con otras palabras, las dos instalaciones de determinación de parámetros 10 determinan el valor del mismo parámetro en diferentes lugares.

20 Según la invención puede detectarse por ejemplo el correspondiente valor de corriente en los dos extremos de la conexión eléctrica 8. La diferencia puede determinarse a partir de los dos valores de corriente detectados. Puede llevarse a cabo también una operación de comparación. Entre las instalaciones de determinación de parámetros 10 puede haber previsto por ejemplo, un canal de comunicación 12, como un canal por cable o inalámbrico, para un intercambio de datos. Además de ello, al menos una de las instalaciones de determinación de parámetros 10 puede presentar una instalación de procesamiento o similar. Preferentemente las dos instalaciones de determinación de parámetros 10' pueden estar configuradas para la determinación de la diferencia o de la suma.

30 En el funcionamiento libre de fallo (ideal) del sistema de energía eólica marino 2 los valores de los dos valores de corriente determinados son iguales. Una conexión eléctrica 8 defectuosa se da en particular cuando la diferencia o la suma de los valores de corriente determinados es diferente a cero. Se entiende que pueden determinarse valores límite, para tener en cuenta las pérdidas de corriente de la conexión eléctrica 8 que resultan durante el funcionamiento real. Entonces puede compararse una diferencia determinada con la diferencia predeterminable, para detectar una conexión eléctrica 8 defectuosa.

35 Se entiende que también puede estar prevista una instalación de procesamiento separada que puede unirse con la instalación de determinación de parámetros 10 para la determinación de la diferencia de los dos valores de parámetro detectados.

De manera sencilla y segura puede determinarse en un sistema de energía eólica marino un cable defectuoso también en caso de corrientes de cortocircuito reducidas.

40 En la figura 2 se representa otro ejemplo de realización de un sistema de energía eólica marino 2.1 según la presente invención.

El sistema de energía eólica marino 2.1 comprende una instalación de conmutación 4.1, en particular una subestación 4.1. La subestación 4.1 puede comprender una instalación de transformador AC/CD o estar conectada con una plataforma adicional, la cual comprende una instalación de transformador AC/DC, para transmitir la corriente alterna producida en la medida de lo posible con pérdidas reducidas como corriente continua a la tierra firme.

45 En la subestación 4.1 puede haber dispuesta una pluralidad de ramales 18, 18' o cadenas. Los ramales 18, 18' comprenden una pluralidad de centrales eólicas 6.1 a 6.3 y 6.1' a 6.3'. Pueden haber previstos por ejemplo, ocho ramales con correspondientemente seis centrales eólicas.

50 En el presente caso se ilustran por motivos de una mejor visibilidad solo dos ramales 18, 18' con correspondientemente tres centrales eólicas 6.1 a 6.3 o 6.1' a 6.3'. Las centrales eólicas 6.1 a 6.3 del primer ramal 18 están conectadas entre sí en serie a través de conexiones eléctricas 8.1 a 8.3 en forma de cables 8.1 a 8.3, en particular cables submarinos 8.1 a 8.3. A través de estas conexiones eléctricas 8.1 a 8.3 puede transmitirse la energía eléctrica producida por las centrales eólicas 6.1 a 6.3. Hay dispuesto en particular entre respectivamente dos centrales eólicas 6.1 a 6.3 vecinas al menos un cable submarino 8.2, 8.3.

55 Las centrales eólicas 6.1' a 6.3' del ramal 18' adicional pueden estar unidas eléctricamente entre sí de forma correspondiente.

La primera central eólica 6.1 del primer ramal 18 está además de ello, unida eléctricamente con la subestación 4.1. De forma correspondiente, la primera central eólica 6.1' del ramal 18' adicional está unida eléctricamente con la subestación 4.1.

5 Además de ello, la central eólica 6.3 dispuesta en el (otro) extremo del primer ramal 18 puede unirse eléctricamente con la central eólica 6.3' dispuesta en el extremo del ramal 18' adicional.

Todas las centrales eólicas 6.1 a 6.3 y 6.1' a 6.3' pueden estar configuradas esencialmente iguales. Una central eólica 6 puede presentar un generador 14, el cual transforma la energía cinética del viento en energía eléctrica.

Una central eólica 6 puede presentar además de ello dos instalaciones de conmutación 16 y dos instalaciones de determinación de parámetros 10.

10 Preferentemente, la cantidad de las instalaciones de determinación de parámetros 10 en una central eólica 6, depende de la cantidad de las conexiones eléctricas 8 conectadas. Pueden haber conectadas por ejemplo también tres o más centrales eólicas 6 a una central eólica 6 o instalación de conmutación 4 a través de una correspondiente cantidad de cables 8, comprendiendo la central eólica 6 o la instalación de conmutación 4 entonces correspondientemente tres o más instalaciones de determinación de parámetros 10.

15 Las instalaciones de determinación de parámetros 10 pueden comunicarse además de ello entre sí a través de canales de comunicación 12.1 a 12.4'. En particular, pueden intercambiar datos entre sí al menos instalaciones de determinación de parámetros 10 de instalaciones de energía eólica marinas 4, 6 vecinas. Preferentemente, pueden intercambiarse al menos los valores de parámetro detectados.

20 En el funcionamiento estándar del sistema de energía eólica marino 2.1, es decir, en el funcionamiento libre fallos, las instalaciones de conmutación 16 pueden estar cerradas y las instalaciones de conmutación 16.1 abiertas. La conexión eléctrica 8.4 entre las centrales eólicas 6.3 y 6.3' dispuestas al final, está separada durante el funcionamiento estándar. Los ramales 18 y 18' conforman durante el funcionamiento estándar junto con la instalación de conmutación 4, un anillo abierto.

25 Un caso de defecto, es decir, por ejemplo, una conexión eléctrica 8 defectuosa, puede detectarse en correspondencia con las explicaciones anteriores.

30 A continuación, se parte por ejemplo, de que ha sido detectada una conexión eléctrica 8.2 defectuosa entre las centrales eólicas 6.1 y 6.2 por al menos una instalación de determinación de parámetros 10. La instalación de determinación de parámetros 10 puede estar configurada al menos para controlar y en particular abrir las dos instalaciones de conmutación 16 dispuestas en los extremos de la conexión eléctrica 8.2. La conexión eléctrica 8.2 se interrumpe. Debido a motivos de seguridad, pueden controlarse también los dos otros conmutadores 16 de las centrales eólicas 6.1 y 6.2 vecinas, de manera que las centrales eólicas 6.1 y 6.2 se separan.

Para poder continuar manejando la central eólica 6.3 con funcionamiento libre de fallos, los conmutadores 16.1 pueden cerrarse y puede establecerse una conexión eléctrica 8.4 entre las centrales eólicas 6.3 y 6.3' dispuestas en los extremos de los ramales 18, 18'.

35 La figura 3 muestra otra vista esquemática de otro ejemplo de realización de un sistema de energía eólica marino 2.2 según la presente invención. En particular se representan con mayor detalle las instalaciones de energía eólica marinas 4.1, 6.1 y 6.2.

40 La instalación de conmutación 4.1 puede presentar al menos un formador punto neutro 24. Se entiende que según otras variantes de la invención pueden proporcionarse también o bien ningún formador de punto neutro o dos o más formadores de punto neutro. Con la instalación de conmutación 4.1 puede estar unida una plataforma AC/DC para la transmisión de corriente continua de alta tensión.

Están previstos además de ello, dos canales de comunicación 12 y 26 y elementos de conmutación 22. Un elemento de conmutación 22 puede comprender un módulo lógico y estar configurado en particular para transmitir datos.

45 Está prevista además de ello, una protección UMZ 20. La protección UMZ permite la detección de una corriente de generador no permisible. Si se detecta una corriente de generador no permisible en un generador 14, la instalación de conmutación 26 puede ser controlada y abierta. Además de ello, las instalaciones de determinación de parámetros y/o el elemento de conmutación 22 pueden ser avisados. Los datos pueden ser transmitidos a través de la instalación de conmutación 4.1 a una central no representada.

50 La figura 4 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para detectar una conexión eléctrica defectuosa entre dos instalaciones de energía eólica marinas 4, 6.

La conexión eléctrica está dispuesta por ejemplo entre dos centrales eólicas 6. En los correspondientes puntos de conexión del cable 8 en las instalaciones de energía eólica marinas 6 hay prevista respectivamente una instalación de determinación de parámetros 10.

En un primer paso 401, una primera instalación de determinación de parámetros 10 determina un valor de parámetro, por ejemplo, el valor (actual) de corriente y/o de tensión de la señal eléctrica en el lado de la primera instalación de energía eólica marina 6.

- 5 En un segundo paso 402, el cual puede llevarse a cabo preferentemente en paralelo con el primer paso 401, una instalación de determinación de parámetros 10 adicional determina el mismo valor de parámetro, por ejemplo, el valor (actual) de corriente y/o de tensión de la señal eléctrica en el lado de la instalación de energía eólica marina 6 adicional. Los pasos 401 y 402 pueden llevarse a cabo de manera preferente respectivamente de forma continua o a intervalos predeterminables. Las dos instalaciones de determinación de parámetros 10 pueden estar en particular sincronizadas entre sí. La sincronización puede llevarse a cabo antes de la puesta en marcha y/o durante el funcionamiento (regularmente).

10 En particular pueden determinarse el valor de corriente de una corriente alimentada al cable 8 y el valor de corriente de la corriente transmitida al final del cable.

- 15 En un siguiente paso 403 puede conformarse la diferencia de los valores de corriente determinados. Puede estar previsto por ejemplo, entre las instalaciones de determinación de parámetros 10, un canal de comunicación 12, para intercambiar los valores de parámetro respectivamente detectados.

Al menos una de las instalaciones de determinación de parámetros 10 está configurada para comparar entre sí los valores de corriente y para determinar la diferencia. Cuando la diferencia de los dos valores de corriente se encuentra por debajo de una desviación permisible predeterminable, entonces puede continuarse con los pasos 401 y 402.

- 20 Si se detecta por el contrario una desviación no permisible, existe un cable de corriente 8 defectuoso. En este caso de fallo, al menos una de las instalaciones de determinación de parámetros 10, preferentemente las dos instalaciones de determinación de parámetros 10, controla una o varias instalaciones de conmutación 16, para separar la conexión eléctrica 8 entre las dos instalaciones de energía eólica marinas 4, 6 (paso 404).

- 25 En el caso de un sistema de energía eólica 2.1 según la figura 2, se desacoplan las dos centrales eólicas 6 unidas a través del cable 8 defectuoso. Para continuar manteniendo en funcionamiento el resto de las centrales eólicas 6 en particular del ramal 18, en el cual se encuentra el cable defectuoso 8, se establece además de ello en el paso 404, una conexión eléctrica 8.4 entre la central eólica 6.3 dispuesta en el extremo del primer ramal 18 y la central eólica 6.3' dispuesta en el extremo del otro ramal 18', a través de un cierre de las instalaciones de conmutación 16.1.

- 30 En otro paso 405 puede indicarse la detección de una conexión eléctrica defectuosa a una central, la cual puede encontrarse por ejemplo, en tierra firme. En particular puede transmitirse el tipo del fallo y el lugar del fallo. La central puede adoptar entonces medidas adecuadas para la solución del fallo.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de energía eólica marino (2, 2.1, 2.2) con
- una primera instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3') y
 - 5 - al menos otra instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3'), estando prevista para la transmisión de una señal eléctrica, al menos una conexión eléctrica (8, 8.1, 8.1', 8.2, 8.2', 8.3, 8.3') entre la primera instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3') y la otra instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3'),
 - presentando la primera instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3') al menos una
 - 10 primera instalación de determinación de parámetros (10) para determinar al menos un primer valor de parámetro de al menos un parámetro de la señal eléctrica,
- caracterizado por que
- la otra instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3') presenta al menos otra
 - instalación de determinación de parámetros (10) para determinar al menos un valor de parámetro adicional del al
 - menos un parámetro de la señal eléctrica, y
 - 15 - al menos una de las instalaciones de determinación de parámetros (10) está configurada para determinar una diferencia entre el primer valor de parámetro y el valor de parámetro adicional.
2. Sistema de energía eólica marino (2, 2.1, 2.2) según la reivindicación 1, **caracterizado por que**
- hay prevista al menos una instalación de conmutación (16) para separar la al menos una conexión eléctrica (8, 8.1,
 - 8.1', 8.2, 8.2', 8.3, 8.3'),
 - 20 - al menos una de las instalaciones de determinación de parámetros (10) está configurada para comparar la diferencia determinada con una diferencia predeterminable, y
 - estando configurada la instalación de determinación de parámetros (10) para controlar, en caso de superarse la
 - diferencia predeterminable, la al menos una instalación de conmutación (16), de tal manera, que la conexión
 - 25 eléctrica (8, 8.1, 8.1', 8.2, 8.2', 8.3, 8.3') entre la primera instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3') y la instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3') adicional, se separa.
3. Sistema de energía eólica marino (2, 2.1, 2.2) según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** la cantidad de las instalaciones de determinación de parámetros (10) prevista en una instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3') coincide con la cantidad de las conexiones eléctricas (8, 8.1, 8.1', 8.2, 8.2', 8.3, 8.3') conectadas a la instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3').
- 30 4. Sistema de energía eólica marino (2, 2.1, 2.2) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**
- al menos una de las instalaciones de energía eólica marinas (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3') es una
 - instalación de conmutación (4, 4.1) o una central eólica (6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3'),
- y/o
- 35 - la conexión eléctrica (8, 8.1, 8.1', 8.2, 8.2', 8.3, 8.3') es un cable submarino (8, 8.1, 8.1', 8.2, 8.2', 8.3, 8.3'), en particular un cable submarino de alta tensión (8, 8.1, 8.1', 8.2, 8.2', 8.3, 8.3') o un cable submarino de media tensión (8, 8.1, 8.1', 8.2, 8.2', 8.3, 8.3').
5. Sistema de energía eólica marino (2, 2.1, 2.2) según la reivindicación 4, **caracterizado por que**
- 40 - una pluralidad de centrales eólicas (6.1, 6.2, 6.3) está conectada en serie dando lugar a un primer ramal (18), estando unida la central eólica (6.1) dispuesta en un primer extremo del primer ramal (18) con la instalación de conmutación (4.1),
 - otra pluralidad de centrales eólicas (6.1', 6.2', 6.3') está conectada en serie dando lugar a otro ramal (18'), estando unida la central eólica (6.1') dispuesta en un primer extremo del otro ramal (18') con la instalación de conmutación (4.1), y
 - 45 - pudiendo unirse eléctricamente la central eólica (6.3) dispuesta en el otro extremo del primer ramal (18) con la central eólica (6.3') dispuesta en el otro extremo del otro ramal (18').
6. Sistema de energía eólica marino (2, 2.1, 2.2) según la reivindicación 5, **caracterizado por que**

- está prevista al menos otra instalación de conmutación (16.1) para cerrar la conexión eléctrica (8.4) entre la central eólica (6.3) dispuesta en el otro extremo del primer ramal (18) y la central eólica (6.3') dispuesta en el otro extremo del ramal (18') adicional,

- estando en un estado de funcionamiento estándar la instalación de conmutación (16.1) adicional, abierta, y

5 - estando en un estado de fallo la instalación de conmutación (16.1) adicional, cerrada.

7. Sistema de energía eólica marino (2, 2.1, 2.2) según la reivindicación 4, **caracterizado por que**

- la instalación de conmutación (4, 4.1) presenta una instalación de transformación de corriente alterna/corriente continua, o

10 - la instalación de conmutación (4, 4.1) está unida con una instalación de transformación de corriente alterna/corriente continua.

8. Sistema de energía eólica marino (2, 2.1, 2.2) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**

- está prevista una central emplazada a una distancia, y

15 - al menos una de las instalaciones de energía eólica marinas (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3') presenta una instalación de comunicación para la comunicación con la central.

9. Instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3') para un sistema de energía eólica marino (2, 2.1, 2.2) según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo:

20 - al menos una instalación de determinación de parámetros (10) para determinar al menos un primer valor de parámetro de al menos un parámetro de una señal eléctrica que llega a una conexión eléctrica (8, 8.1, 8.1', 8.2, 8.2', 8.3, 8.3'),

- estando configurada la instalación de determinación de parámetros (10) para determinar una diferencia entre el primer valor de parámetro determinado y un valor de parámetro recibido por otra instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3').

25 10. Procedimiento para detectar una conexión eléctrica (8, 8.1, 8.1', 8.2, 8.2', 8.3, 8.3') defectuosa dentro de un sistema de energía eólica marino según una de las reivindicaciones 1 – 9, entre una primera instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3') y una instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3') adicional, comprendiendo:

30 - determinar al menos un primer valor de parámetro de al menos un parámetro de una señal eléctrica que llega a una conexión eléctrica (8, 8.1, 8.1', 8.2, 8.2', 8.3, 8.3') por el lado de la primera instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3'),

- determinar al menos otro valor de parámetro del al menos un parámetro eléctrico de la señal eléctrica que llega a la conexión eléctrica (8, 8.1, 8.1', 8.2, 8.2', 8.3, 8.3') por el lado de la instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3') adicional,

35 - determinar una diferencia entre el primer valor de parámetro y el valor de parámetro adicional para detectar una conexión eléctrica (8, 8.1, 8.1', 8.2, 8.2', 8.3, 8.3') defectuosa entre la primera instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3'), y la instalación de energía eólica marina (4, 4.1, 6, 6.1, 6.1', 6.2, 6.2', 6.3, 6.3') adicional.

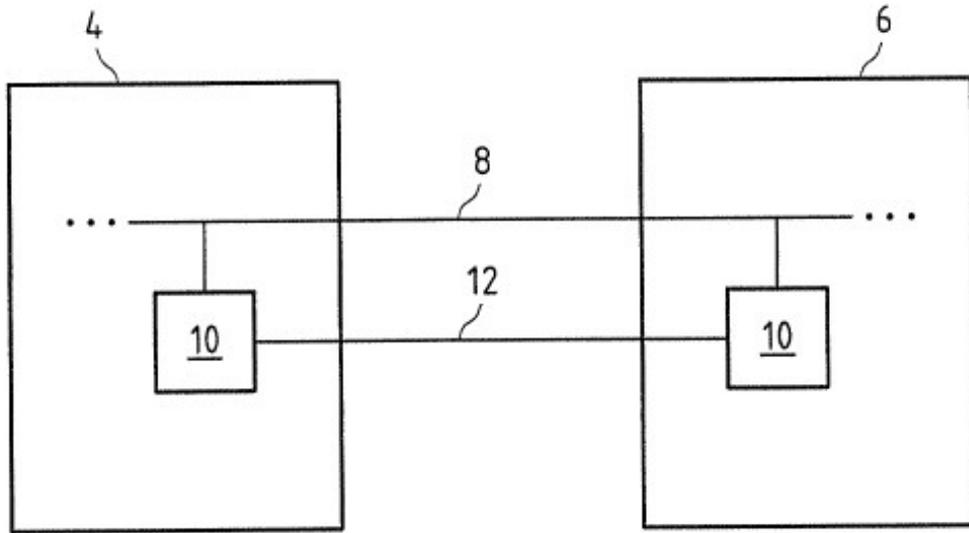


Fig.1

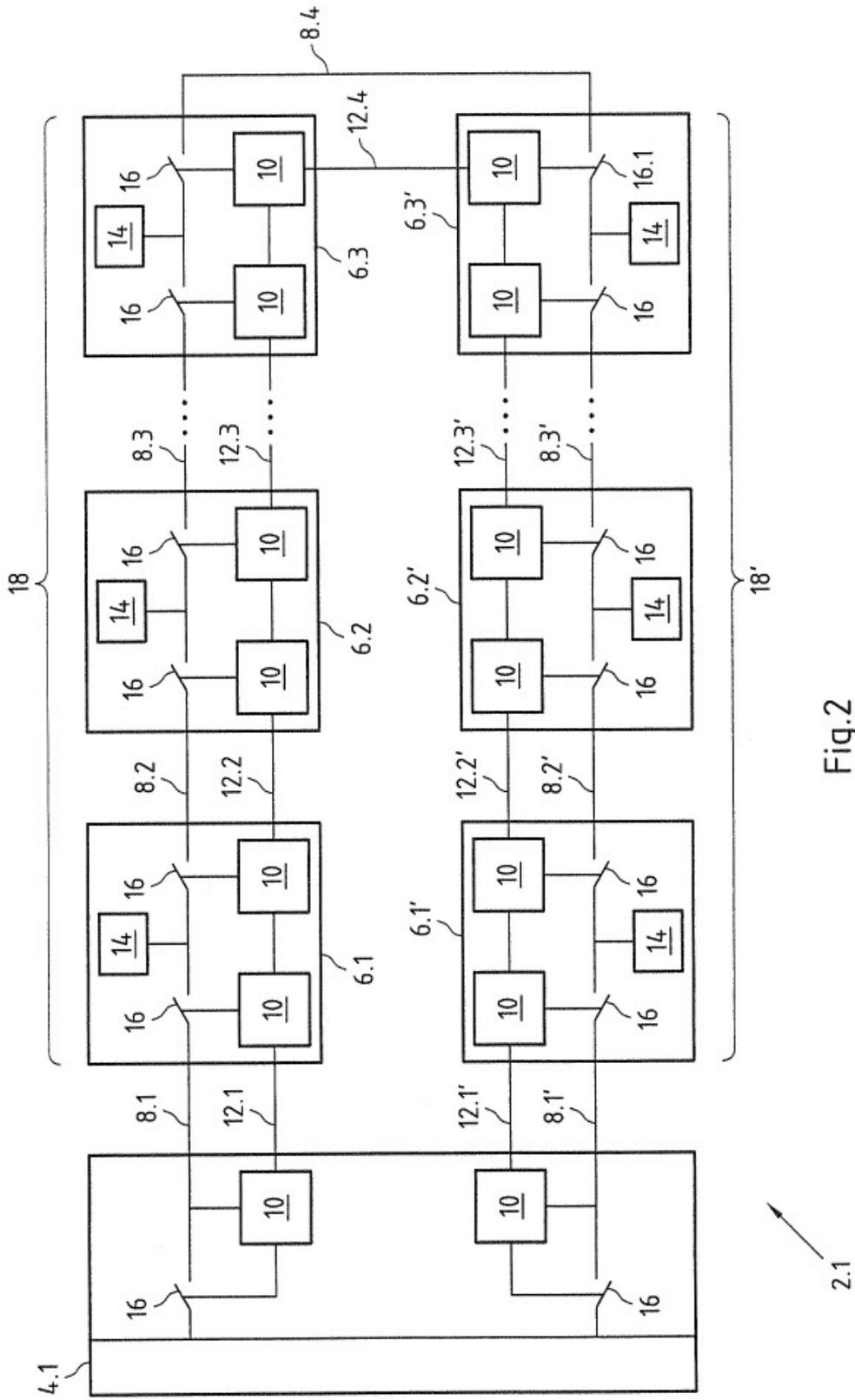


Fig.2

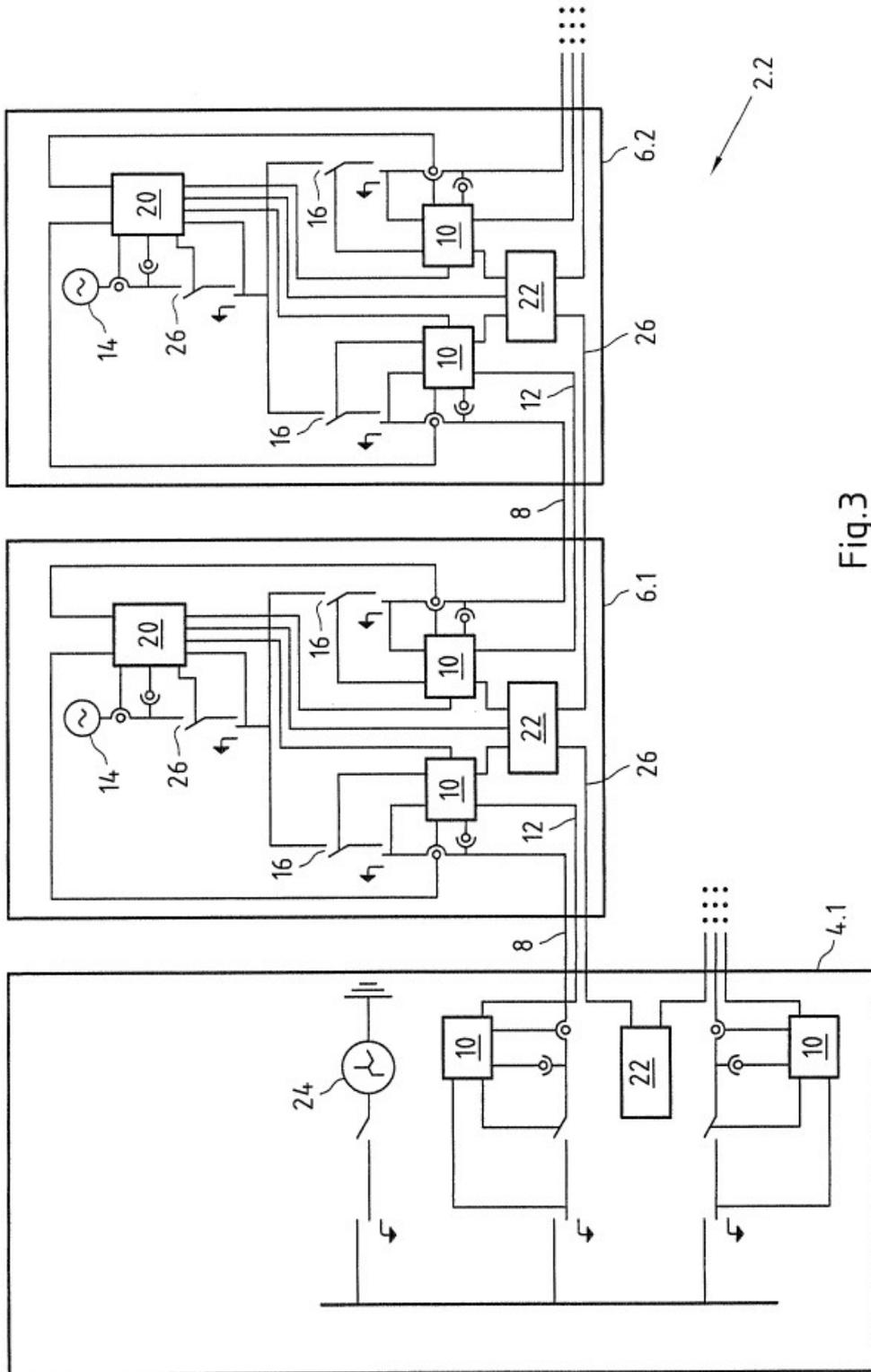


Fig.3

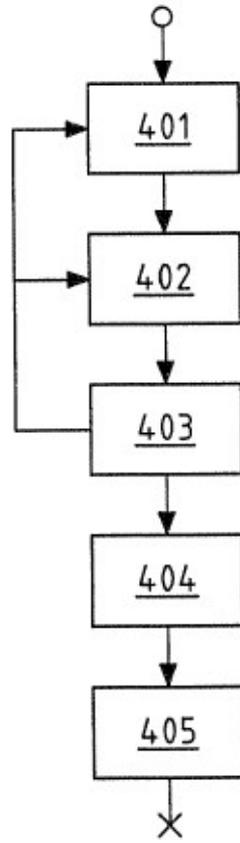


Fig.4