

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 410 179**

51 Int. Cl.:

H02J 3/28 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.03.2007 PCT/DK2007/000137**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.09.2007 WO07107158**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2007 E 07722543 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **14.02.2024 EP 1996815**

54 Título: **Turbina eólica con un sistema de protección para un generador eléctrico y uso del mismo**

30 Prioridad:

17.03.2006 DK 200600383

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente modificada:
04.07.2024

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

HELLE, LARS;

NIEUWENHUIZEN, JOHN, JOHANNES MATHIAS,

HUBERTUS;

LINDHOLM, MORTEN y

OTTESEN, JARI

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

DESCRIPCIÓN

Turbina eólica con un sistema de protección para un generador eléctrico y uso del mismo

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una turbina eólica con un sistema de protección para un generador eléctrico y al uso del mismo. Dichos sistemas de protección son conocidos, por ejemplo, del documento GB-A-2 331 858.

Descripción de la técnica relacionada

Típicamente, las turbinas eólicas modernas están conectadas a una red de suministro eléctrico con el fin de poder generar y suministrar electricidad a consumidores situados a gran distancia de las turbinas eólicas.

10 La velocidad del rotor de la turbina eólica aumenta y disminuye con el cambio de la velocidad del viento con el fin de sustraer tanta energía del viento como sea posible, y en consecuencia el generador eléctrico genera electricidad con una frecuencia variable. La energía eléctrica es convertida mediante un convertidor de frecuencia en electricidad con una frecuencia fija que se suministra a la red de suministro eléctrico.

15 El convertidor de frecuencia puede introducir diferentes corrientes parásitas al generador eléctrico tal como en el árbol y la carcasa del generador. Con el fin de evitar las corrientes parásitas es bien conocido conectar a tierra las partes estacionarias y giratorias del generador.

Sin embargo, las formas bien conocidas de conectar a tierra las partes estacionarias y giratorias a menudo pueden crear problemas en relación con las corrientes parásitas circulantes dentro del generador. Las corrientes parásitas circulantes pueden dar como resultado la corrosión de los cojinetes, lo que afecta negativamente a la vida de servicio del generador.

20 El artículo de revisión "Wellenspannungen und Lagerströme bei Drehstrommaschinen in Verbindung mit Umrichterbetrieb"; nu T. Herrmann und J. Wimmer, Fa. Loher AG. Ruhstorf, en WIND KRAFT JOURNAL, Ausgabe 6/2000, describe diversas soluciones para evitar corrientes y tensiones en los cojinetes de las turbinas eólicas, tales como el uso de aislamiento en los cojinetes, blindaje eléctrico alrededor del generador y otras partes, escobillas de conexión a tierra de DC y conexiones a tierra de alta frecuencia. (HF).

25 El documento EP 1 280 249 se refiere a un aparato de protección y monitorización para monitorizar y reducir las corrientes del árbol y las tensiones del árbol en el árbol del generador de un generador, que produce energía eléctrica, cuyo dispositivo de protección y monitorización está conectado entre un aparato de contacto que hace contacto con el árbol del generador, y una conexión a tierra y comprende un circuito paralelo formado por una resistencia y una capacitancia, con un extremo del circuito paralelo que está conectado al aparato de contacto y su
30 otro extremo que está conectado a la conexión a tierra, dicho circuito paralelo que está protegido contra sobretensiones en el árbol del generador y medios que se proporcionan para puentear el circuito paralelo cuando ocurre una sobretensión.

Por lo tanto, es un objetivo de la presente invención proporcionar una solución que está adaptada más eficientemente a la situación de un generador eléctrico tal como en una turbina eólica.

35 La invención

La invención proporciona una turbina eólica con un sistema de protección para un generador eléctrico que comprende al menos una trayectoria de corriente continua desde el extremo sin accionamiento del árbol del generador a un potencial de tierra, y al menos una trayectoria de corriente alterna desde el extremo de accionamiento del árbol del generador al potencial de tierra, como se define en la reivindicación 1 independiente.

40 Por este medio se obtiene un sistema que puede proteger de manera eficiente el generador eléctrico mediante el control de las trayectorias de las diferentes corrientes parásitas en la turbina eólica. Sobre todo, es posible evitar corrientes parásitas circulantes en el generador eléctrico que puedan dañar los cojinetes.

El término "trayectoria de corriente alterna" debe entenderse como una trayectoria definida que dirige sólo corrientes alternas.

45 En un aspecto de la invención, dicha trayectoria de corriente alterna comprende un circuito de impedancia tal como al menos un condensador.

El término "circuito de impedancia" debe ser entendido como una unidad eléctrica separada y definida que al menos se compone de un valor de reactancia.

50 El condensador establece una trayectoria deseada para la parte de alta frecuencia de la corriente parásita. Además, el condensador impide una ruta no deseada para corrientes parásitas de corriente continua que sólo es deseable que esté conectada a tierra en el extremo sin accionamiento.

- En un aspecto de la invención, dicho al menos un condensador es un tipo de condensador con una capacidad de alta tasa de cambio de tensión dV/dt , por ejemplo, al menos 500 voltios/ μs , tal como condensadores de polipropileno. La parte de alta frecuencia de la corriente parásita puede implicar pulsos de alta tensión que requieren un condensador con una capacidad de alta tasa de cambio de tensión dV/dt , así como un alto valor de tensión de funcionamiento.
- En otro aspecto de la invención, el valor de la capacitancia de dicho al menos un condensador está en el intervalo de 100 y 1000 microfaradios.
- En un aspecto adicional de la invención, dicho al menos un condensador es una pluralidad de condensadores en una conexión en serie y/o en paralelo. El uso de una pluralidad de condensadores en conexiones en serie y/o en paralelo es posiblemente de una manera económica eficaz para obtener los valores deseados, tales como alta capacitancia y/o alto valor de la tensión de funcionamiento.
- En un aspecto adicional más de la invención, el valor de la capacitancia de dicho al menos un condensador es muy diferente de al menos una capacitancia interna del generador eléctrico, tal como al menos 10 veces el valor de la capacitancia en los cojinetes. De este modo se garantiza que el condensador sea la trayectoria deseada para una corriente parásita de frecuencia alta en lugar de los condensadores internos del generador.
- En un aspecto de la invención, dichas conexiones con el extremo de accionamiento y el extremo sin accionamiento se establecen mediante conectores eléctricos giratorios. Los conectores eléctricos giratorios pueden ser cualquier tipo de conexión eléctrica a equipos giratorios, por ejemplo, anillos colectores con escobillas de cobre o carbono, por ejemplo escobillas de carbón/plata.
- En aspectos de la invención, el conector eléctrico giratorio en el extremo de accionamiento y el extremo sin accionamiento del árbol del generador son anillos colectores que comprenden cada uno una pluralidad de conexiones, por ejemplo, mediante el uso de entre dos y cuatro escobillas, tales como preferentemente tres posicionadas simétricamente alrededor del árbol del generador. Por este medio es posible establecer una conexión eléctrica giratoria con una resistencia muy baja y, especialmente, son ventajosas tres escobillas en relación con la resistencia, durabilidad, tamaño y costes.
- Debe enfatizarse que las escobillas pueden ser reemplazadas por cualquier otro tipo de conexión eléctrica giratoria, tal como una configuración de cojinete de bolas que comprende grasa para cojinetes conductora de electricidad.
- En un aspecto de la invención, el generador eléctrico está conectado a otros componentes de la turbina eólica mediante el árbol y una conexión de árbol aislada eléctricamente, por ejemplo, una conexión compuesta con bridas separadas de fibra de vidrio. De este modo se garantiza que el generador y los otros componentes de la turbina eólica están desconectados eléctricamente por medio del árbol.
- En otro aspecto de la invención, dicho generador eléctrico es un generador de inducción de doble alimentación con un rotor bobinado conectado a un convertidor de frecuencia. De manera especial, la estrecha relación eléctrica entre los cojinetes del rotor y el convertidor de frecuencia conectado al rotor hace que el uso del sistema de protección sea ventajoso, por ejemplo, en relación con picos de tensión y ruido en modo común de un generador en una turbina eólica moderna de velocidad variable.
- En aspectos adicionales de la invención, dicho generador eléctrico es un generador de inducción o síncrono con un estator conectado a un convertidor de frecuencia.
- En otro aspecto de la invención, dicha al menos una trayectoria de corriente es una conexión de cortocircuito con el potencial de tierra. Por este medio es posible dirigir la corriente continua al potencial de tierra sin fluir a través de los cojinetes del generador.
- El término "trayectoria de corriente continua" debe ser entendido como una conexión destinada a tener una muy baja resistencia y reactancia al conectar el extremo sin accionamiento del árbol del generador al potencial de tierra.
- La invención se refiere además a una turbina eólica que suministra potencia eléctrica a una red de suministro, comprendiendo al menos un generador eléctrico, al menos un convertidor de frecuencia conectado a dicho generador eléctrico y a la red de suministro, y al menos un sistema de protección para el generador eléctrico. Por este medio es posible controlar que cualquier ruido de corriente parásita siga caminos no deseados en una turbina eólica, por ejemplo protegiendo el generador y los cojinetes de la caja de engranajes. Además, la compatibilidad electromagnética EMC de la turbina de eólica está garantizada, dado que el ruido de alta frecuencia no puede utilizar el árbol como una antena.
- La invención también se refiere a un uso del sistema de protección en una turbina eólica como un filtro para el ruido eléctrico. Por este medio es posible controlar que cualquier ruido de corriente parásita siga caminos no deseados en una turbina eólica, por ejemplo, protegiendo el árbol del generador eléctrico de diferentes corrientes, como se define en la reivindicación 15 independiente.

Figuras

La invención se describirá a continuación con referencia a las figuras, en las que

la fig. 1 ilustra una turbina eólica moderna grande,

la fig. 2 ilustra la turbina eólica de la fig. 1 conectada eléctricamente a la red de suministro,

5 la fig. 3 ilustra un generador eléctrico de una turbina eólica con un sistema de protección de acuerdo con la invención,

la fig. 4 ilustra una vista ampliada de partes del generador eléctrico con el sistema de protección de acuerdo con la invención,

10 la fig. 5 ilustra esquemáticamente una parte del generador eléctrico con un circuito de impedancia del sistema de protección de acuerdo con la invención, y

la fig. 6 ilustra esquemáticamente una realización preferida del sistema de protección de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de la presente invención

15 La fig. 1 ilustra una turbina eólica moderna 1. La turbina eólica 1 comprende una torre 2 colocada sobre una cimentación 6. Una góndola de turbina eólica 3 con un mecanismo de guiñada está situada en la parte superior de la torre 2.

El rotor de la turbina eólica comprende al menos una pala de rotor, por ejemplo, tres palas de rotor 5 como se ilustra en la figura. Las palas de rotor 5 pueden ser inclinables en relación con el buje 4 mediante el uso de mecanismos de inclinación o ser montadas fijas en el buje 4 como palas del rotor estacionarias.

20 La fig. 2 ilustra los principales componentes de una turbina eólica moderna y especialmente los principales componentes de la góndola 3, además de los componentes eléctricos de una red de suministro conectada a la turbina eólica.

La turbina eólica se ilustra con una caja de engranajes 7 conectada a las palas del rotor 5 a través del buje 4, además de al generador eléctrico 9 a través de un árbol. El generador eléctrico transforma la rotación del árbol en electricidad alterna que es convertida parcial o totalmente mediante un convertidor de frecuencia 10 antes de ser transmitida a la red de suministro 13 y a los consumidores de electricidad 14a-c de la red de suministro.

25 La fig. 3 ilustra un generador eléctrico 9 de una turbina eólica con un sistema de protección de acuerdo con la invención.

La figura ilustra que el generador eléctrico 9 comprende un árbol 8, en el que el árbol se extiende con un extremo de accionamiento hacia fuera de la caja de engranajes 7 y con un extremo sin accionamiento hacia fuera del convertidor de frecuencia 10. El árbol 8 gira en cojinetes 17a, 17b en los extremos de accionamiento y sin accionamiento de la carcasa del generador 18, y de esta manera permite que los devanados del rotor giren en relación a los devanados del estator.

30 El convertidor de frecuencia 10 está conectado a los devanados del rotor a través del árbol 8 con una conexión de anillo colector 23 mediante la cual la electricidad generada del rotor 15 puede ser transferida al convertidor de frecuencia. El convertidor de frecuencia convierte la electricidad generada de frecuencia variable en electricidad de frecuencia fija para la red de suministro con el funcionamiento de una serie de interruptores eléctricos.

35 El convertidor de frecuencia 10 también puede ser un convertidor de escala completa que convierte la electricidad generada del estator 16 y el rotor 15 a la red de suministro 13.

40 Las operaciones de conmutación generarán diferentes tipos de ruido eléctrico, por ejemplo, ruido de baja y alta frecuencia. Además, el ruido se puede transferir como corrientes parásitas a los diferentes componentes principales de la turbina eólica, tales como las partes estacionarias y giratorias del generador y la caja de engranajes. Las corrientes parásitas pueden, por ejemplo, seguir una trayectoria de corriente desde las partes giratorias del generador a la parte estacionaria del generador a través de los cojinetes 17a, 17b.

45 El árbol del generador 8 se ilustra con un sistema de protección comprendiendo un circuito de conexión directa 24 del extremo sin accionamiento a través de una conexión de anillo colector a un potencial de tierra. La conexión directa 24 asegura que cualquier corriente parásita en el extremo sin accionamiento esté conectada a tierra.

El sistema de protección comprende además un circuito de impedancia separado 19 con un valor de impedancia Z_d conectado a un potencial de tierra. El circuito de impedancia separado 19 también está conectado al extremo de accionamiento del árbol 8 a través de una conexión de anillo colector. La impedancia asegura una trayectoria a tierra

para corrientes parásitas de alta frecuencia y evita cualquier trayectoria de corriente parásita continua en el extremo de accionamiento del árbol.

El sistema de protección garantiza especialmente que las corrientes parásitas no estén circulando a través de los cojinetes 17a, 17b o usen el árbol como una antena irradiando interferencias electromagnéticas.

- 5 La fig. 4 ilustra una vista ampliada de una parte del generador eléctrico 9 con un sistema de protección de acuerdo con la invención.

El circuito de impedancia se ilustra con la impedancia separada 20 conectada a la conexión de anillo colector 21 o a conectores eléctricos giratorios similares, así como el potencial de tierra 22. La conexión de anillo colector 21 permite un contacto eléctrico deslizante al árbol 8 en el extremo de accionamiento.

- 10 El circuito de conexión directa se ilustra con una conexión directa 27 entre la conexión de anillo colector 26 o conectores eléctricos giratorios similares y un potencial de tierra 22. La conexión de anillo colector 26 permite un contacto eléctrico deslizante con el árbol 8 en el extremo sin accionamiento.

La fig. 5 ilustra esquemáticamente una parte del generador eléctrico con un circuito de impedancia del sistema de protección de acuerdo con la invención.

- 15 El circuito de impedancia 19 se ilustra como un condensador con un valor de capacitancia C_d .

- El cojinete del extremo de accionamiento 17a del generador eléctrico se ilustra con una bola de cojinete 25 y con condensadores parásitos C_b a los conductos del rodamiento. Los condensadores parásitos C_b están establecidos por la película de aceite o grasa que separa los conductos de la bola de cojinete. Un condensador/conducto parásito está conectado a un potencial de tierra a través de la carcasa 18 del generador y el otro condensador/conducto parásito está conectado al árbol 8. Se pueden establecer otras capacitancias parásitas, por ejemplo, entre el cojinete y las partes adyacentes de la carcasa de estator.
- 20

El condensador C_d está conectado en paralelo con los condensadores parásitos conectados en serie.

La reactancia de un condensador viene dada por

$$X_c = -\frac{1}{2\pi f C} = -\frac{1}{\omega C}$$

- 25 donde

$\omega = 2\pi f$, la frecuencia angular

f = frecuencia

C = capacitancia.

- 30 La capacitancia del condensador C_d es mucho más grande que la suma de la capacitancia parásita C_b . Por consiguiente, la reactancia de los condensadores parásitos C_b es significativamente mayor que la reactancia del condensador C_d . Casi la totalidad de las corrientes parásitas de baja o alta frecuencia elegirán de este modo el condensador C_d como la trayectoria de corriente.

- En general, la reactancia es inversamente proporcional a la frecuencia. Esto es, para corrientes alternas de muy alta frecuencia, la reactancia se aproxima a cero, de manera que un condensador es casi un cortocircuito para una fuente de corriente alterna de muy alta frecuencia.
- 35

A la inversa, para corrientes alternas de muy baja de frecuencia, la reactancia aumenta sin límite de modo que un condensador es un circuito abierto para una fuente de corriente continua.

- Además, una corriente alterna de baja frecuencia, tal como una corriente con la frecuencia de red nominal o armónicos inferiores de la frecuencia de red, se enfrentará a una reactancia significativa en el condensador, por ejemplo, a armónicos debidos a las diferentes cargas sobre los devanados de fase del generador. Por consiguiente, gran parte de la energía en corrientes de frecuencias más bajas se convertirá en calor en el condensador, es decir, los valores de corriente de baja frecuencia serán suprimidos por el condensador.
- 40

El condensador C_d es preferentemente un condensador con una capacidad de alta tasa de cambio de tensión dV/dt , ya que las corrientes parásitas implican a menudo significativos pulsos de tensión.

- 45 La corriente instantánea en un condensador se expresa a menudo por la tasa de cambio de tensión, o dV/dt . El cambio está relacionado de acuerdo con la fórmula $I = C \cdot dV/dt$, o $dV/dt = I/C$.

El cambio de tensión a menudo puede ser una onda sustancialmente cuadrada, por ejemplo con una tasa de cambio de tensión de más de 500 voltios/ μ s por ejemplo, 700 o 800 V/ μ s.

La fig. 6 ilustra esquemáticamente una realización preferida del sistema de protección de acuerdo con la invención.

5 Las dos figuras ilustran el extremo de accionamiento 30 y el extremo sin accionamiento 29 del árbol del generador 8 con el sistema de protección 28 instalado.

10 La primera figura muestra tres escobillas fijas 33a forzadas contra el extremo sin accionamiento giratorio 29 del árbol del generador 8, por ejemplo, deslizándose las escobillas contra un anillo colector en el extremo del árbol. Las escobillas están situadas simétricamente alrededor del árbol, es decir sustancialmente a 120 grados. Cada escobilla está conectada directamente con el potencial de tierra 22, por ejemplo, con una conexión a un circuito común para las escobillas del extremo sin accionamiento en el que el circuito está conectado al potencial de tierra.

15 La segunda figura muestra tres escobillas fijas 34a forzadas contra el extremo de accionamiento giratorio 30 del árbol del generador 8, por ejemplo, deslizándose las escobillas contra un anillo colector en el extremo del árbol. Las escobillas están situadas simétricamente alrededor del árbol, es decir sustancialmente a 120 grados. Cada escobilla está directamente conectada al potencial de tierra a través de un condensador 31a o un número de condensadores conectados en paralelo y/o en serie.

20 En conjunto, la figura 6 (con referencia a la figura 3) ilustra el sistema de protección 28 en relación con el generador eléctrico de una turbina eólica. La trayectoria de corriente que se establece con la conexión directa en el extremo sin accionamiento del árbol del generador asegura que cualquier corriente continua se envía directamente al potencial de tierra. La trayectoria de corriente alterna que se establece con los condensadores en el extremo de accionamiento del árbol del generador asegura que cualquier corriente de alta frecuencia se envía directamente al potencial de tierra y cualquier corriente de baja frecuencia se suprime con la reactancia de los condensadores.

25 La invención se ha ejemplificado anteriormente con referencia a ejemplos específicos de impedancias en un sistema de protección en un generador eléctrico. Sin embargo, debe entenderse que la invención no se limita a la impedancia del ejemplo particular descrito anteriormente, sino que se puede alterar, por ejemplo, mediante el uso de varias impedancias en conexión en paralelo o en serie, tales como 3 condensadores en una conexión en paralelo o 3 condensadores en una conexión en serie. Además, se debe entender que el uso de los condensadores puede ser sustituido por configuraciones de bobina/condensador, por ejemplo, con el fin de establecer un filtro de paso de banda en lugar de la solución de filtro de paso alto en el extremo de accionamiento.

30 Aún más, el sistema de protección puede ser diseñado en una multitud de variedades dentro del alcance de la invención tal como se especifica en las reivindicaciones.

Lista de referencias

En los dibujos los siguientes números de referencia se refieren a:

1. Turbina eólica
2. Torre de turbina eólica
- 35 3. Góndola de turbina eólica
4. Buje de rotor de turbina eólica
5. Pala de rotor de turbina eólica
6. Cimentación de turbina eólica
7. Caja de engranajes
- 40 8. Árbol del generador tal como el árbol de alta velocidad que conecta la caja de engranajes y el generador eléctrico
9. Generador eléctrico
10. Convertidor de frecuencia
11. Conexión de la turbina eólica con un punto de conexión de la red de suministro
12. Transformador de la red de suministro
- 45 13. Red de suministro
- 14a-c. Consumidores de electricidad

- 15. Devanado del rotor del generador eléctrico
- 16. Devanado del estator del generador eléctrico
- 17a. Cojinete del extremo de accionamiento del generador eléctrico
- 17b. Cojinete del extremo sin accionamiento del generador eléctrico
- 5 18. Carcasa del generador eléctrico
- 19. Parte de la trayectoria de corriente alterna del sistema de protección para el generador eléctrico
- 20. Trayectoria de corriente alterna, por ejemplo, una impedancia del sistema de protección
- 21. Conexión al extremo de accionamiento del árbol del generador, por ejemplo una conexión de anillo colector
- 22. Potencial de tierra para el sistema de protección
- 10 23. Conexión de anillo colector entre el generador eléctrico y el convertidor de frecuencia
- 24. Parte de la trayectoria de corriente, por ejemplo, una conexión directa a tierra del árbol del generador en el extremo sin accionamiento
- 25. Elemento rodante de cojinete, tal como una bola de cojinete
- 26. Conexión al extremo sin accionamiento del árbol del generador, por ejemplo, una conexión de anillo colector
- 15 27. Conexión directa como un cortocircuito del extremo sin accionamiento del árbol del generador
- 28. Sistema de protección que comprende las partes con una trayectoria de corriente 24 y una trayectoria de corriente alterna 19
- 29. Extremo sin accionamiento del árbol del generador
- 30. Extremo de accionamiento del árbol del generador
- 20 31. Al menos un condensador, por ejemplo, con capacidad de alta dV/dt
- 32. Conexión de árbol que comprende, por ejemplo, dos bridas separadas de fibra de vidrio
- 33. Escobilla - extremo sin accionamiento del árbol del generador
- 34. Escobilla - extremo de accionamiento del árbol del generador
- C. Condensador
- 25 C_b. Capacitancias de un cojinete del generador
- C_d. Condensador del sistema de protección
- I. Corriente
- Z_d. Impedancia del sistema de protección

REIVINDICACIONES

1. Turbina eólica (1) que suministra potencia eléctrica a una red de suministro que comprende al menos un generador eléctrico (9),
al menos un convertidor de frecuencia (10) conectado al generador eléctrico (9) y a la red de suministro (13), y
5 al menos un sistema de protección para el generador eléctrico (9) que comprende al menos una trayectoria de corriente (27) desde el extremo sin accionamiento (29) del árbol del generador (8) al potencial de tierra (22), y
al menos una trayectoria de corriente alterna (20), dirigiendo sólo corrientes alternas, desde el extremo de accionamiento (30) del árbol del generador (8) al potencial de tierra (22).
- 10 2. La turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicha trayectoria de corriente alterna (20) comprende un circuito de impedancia tal como al menos un condensador (31).
3. La turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 2, en la que dicho al menos un condensador (31) es un tipo de condensador con una capacidad de alta tasa de cambio de tensión dV/dt, por ejemplo al menos 500 volt/ μ s, tal como condensadores de polipropileno.
- 15 4. La turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en la que el valor de capacitancia de dicho al menos un condensador (31) está en un intervalo de entre 100 y 1000 microfaradios.
5. La turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en la que dicho al menos un condensador (31) es una pluralidad de condensadores en una conexión en serie y/o en paralelo.
- 20 6. La turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en la que el valor de capacitancia es muy diferente de al menos una capacitancia interna del generador eléctrico, tal como al menos 10 veces el valor de la capacitancia en los cojinetes.
7. La turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dichas conexiones al extremo de accionamiento (30) y al extremo sin accionamiento (29) del árbol del generador (8) se establecen mediante conectores eléctricos giratorios (21, 26).
- 25 8. La turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 7, en la que el conector eléctrico giratorio (26) en el extremo sin accionamiento (29) del árbol del generador (8) es un anillo colector que comprende una pluralidad de conexiones, por ejemplo mediante el uso de entre dos y cuatro escobillas tal como tres preferentemente situadas simétricamente alrededor del árbol del generador (8).
- 30 9. La turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en la que el conector eléctrico giratorio (21) en el extremo de accionamiento (30) del árbol del generador (8) es un anillo colector que comprende una pluralidad de conexiones, por ejemplo mediante el uso de entre dos y cuatro escobillas tal como tres preferentemente situadas simétricamente alrededor del árbol del generador (8).
- 35 10. La turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el generador eléctrico (9) está conectado a otros componentes de la turbina eólica mediante el árbol (8) y una conexión del árbol eléctricamente aislada (32), por ejemplo, una conexión compuesta de bridas separadas de fibra de vidrio.
11. La turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dicho generador eléctrico (9) es un generador de inducción doblemente alimentado con rotor bobinado (15) conectado a un convertidor de frecuencia (10).
- 40 12. La turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que dicho generador eléctrico (9) es un generador de inducción con un estator conectado a un convertidor de frecuencia.
13. La turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que dicho generador eléctrico (9) es un generador síncrono con un estator conectado a un convertidor de frecuencia.
14. La turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dicha al menos una trayectoria de corriente (27) es una conexión en cortocircuito al potencial de tierra (22).
- 45 15. El uso de un sistema de protección, para un generador eléctrico (9) de una turbina eólica, en una turbina eólica como filtro para el ruido eléctrico, en el que el sistema de protección comprende al menos una trayectoria de corriente (27) desde el extremo sin accionamiento (29) del árbol del generador (8) a un potencial de tierra (22), y

al menos una trayectoria de corriente alterna (20), que dirige sólo corrientes alternas, desde el extremo de accionamiento (30) del árbol del generador (8) al potencial de tierra (22).

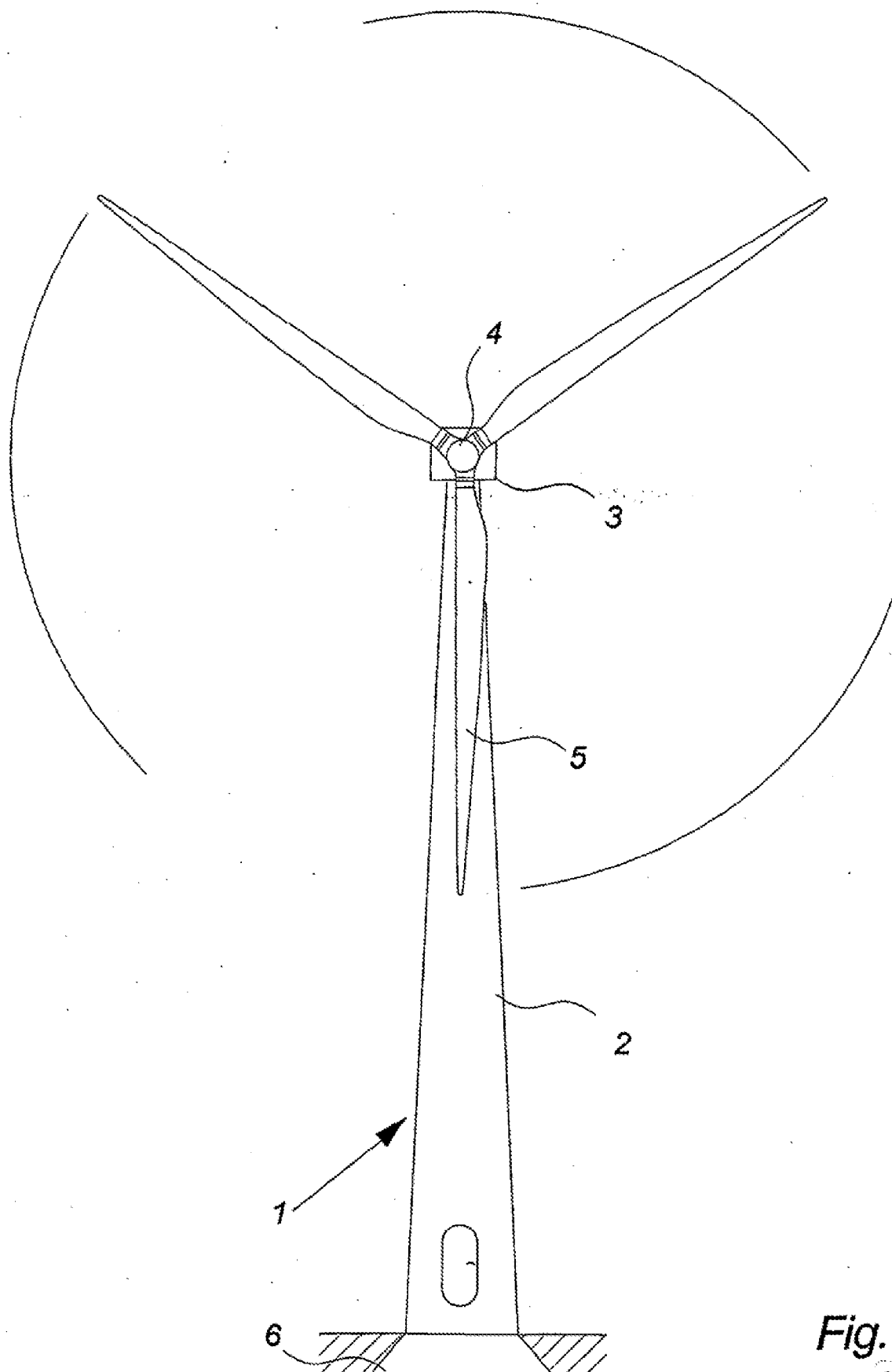


Fig. 1

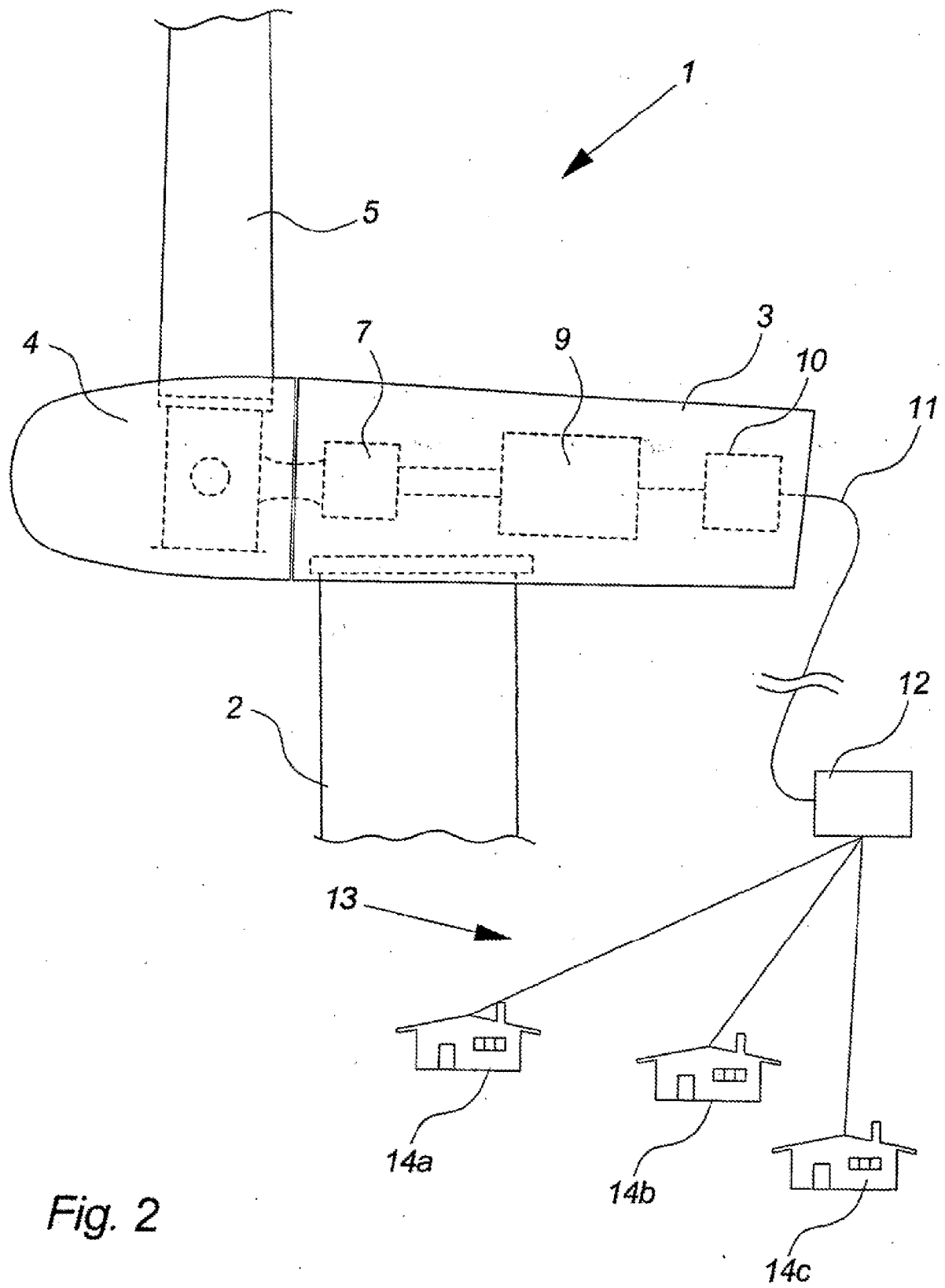


Fig. 2

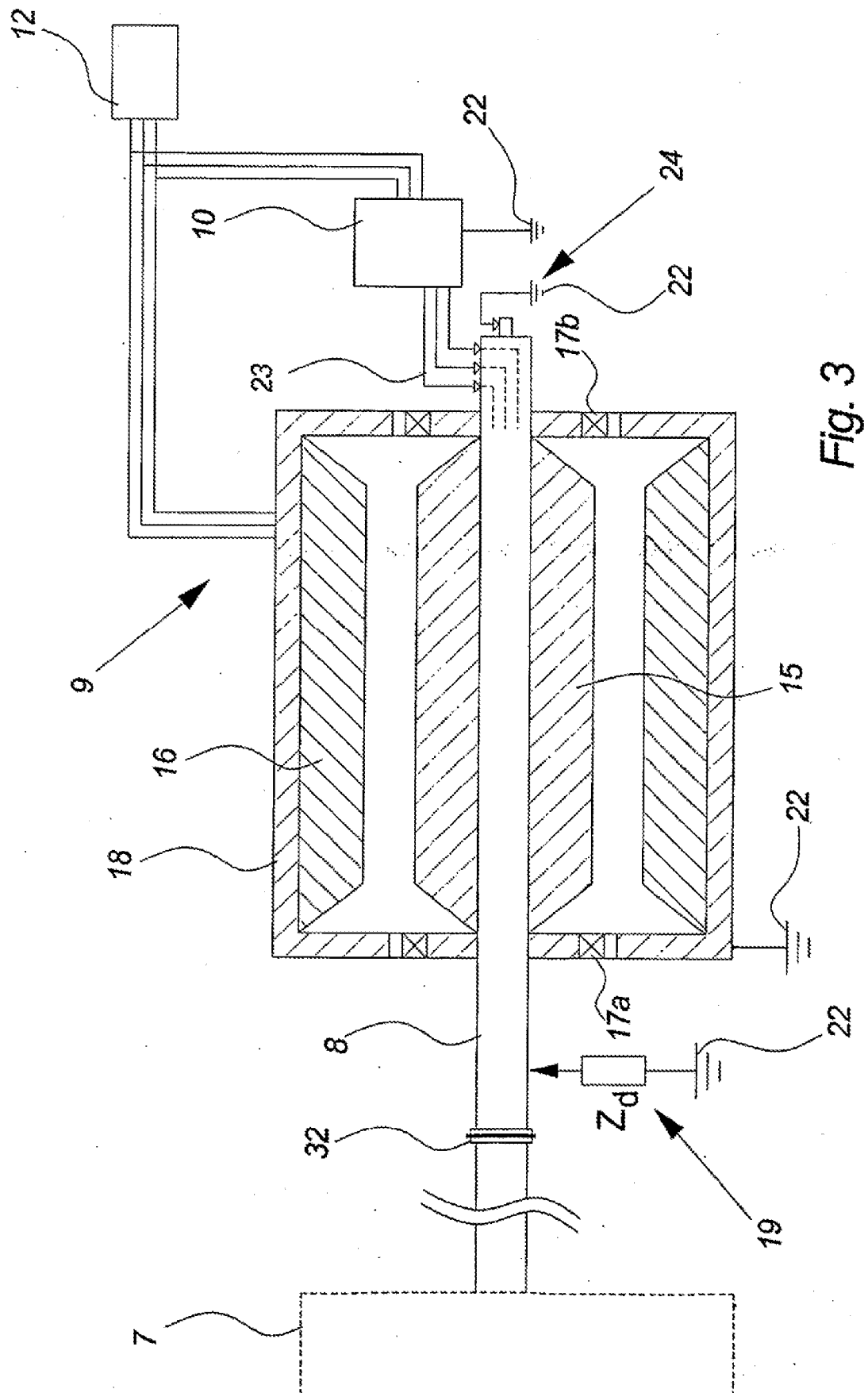


Fig. 3

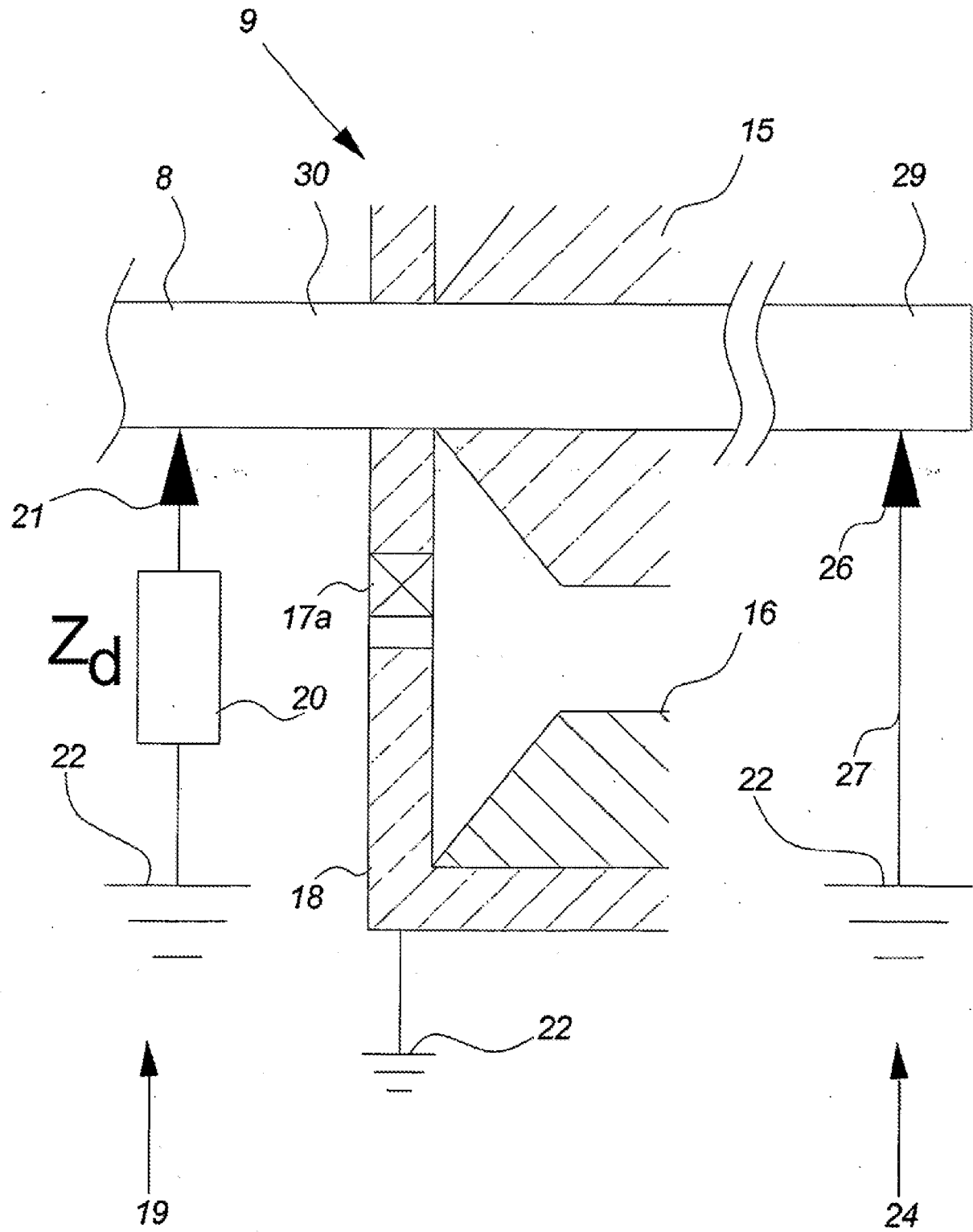
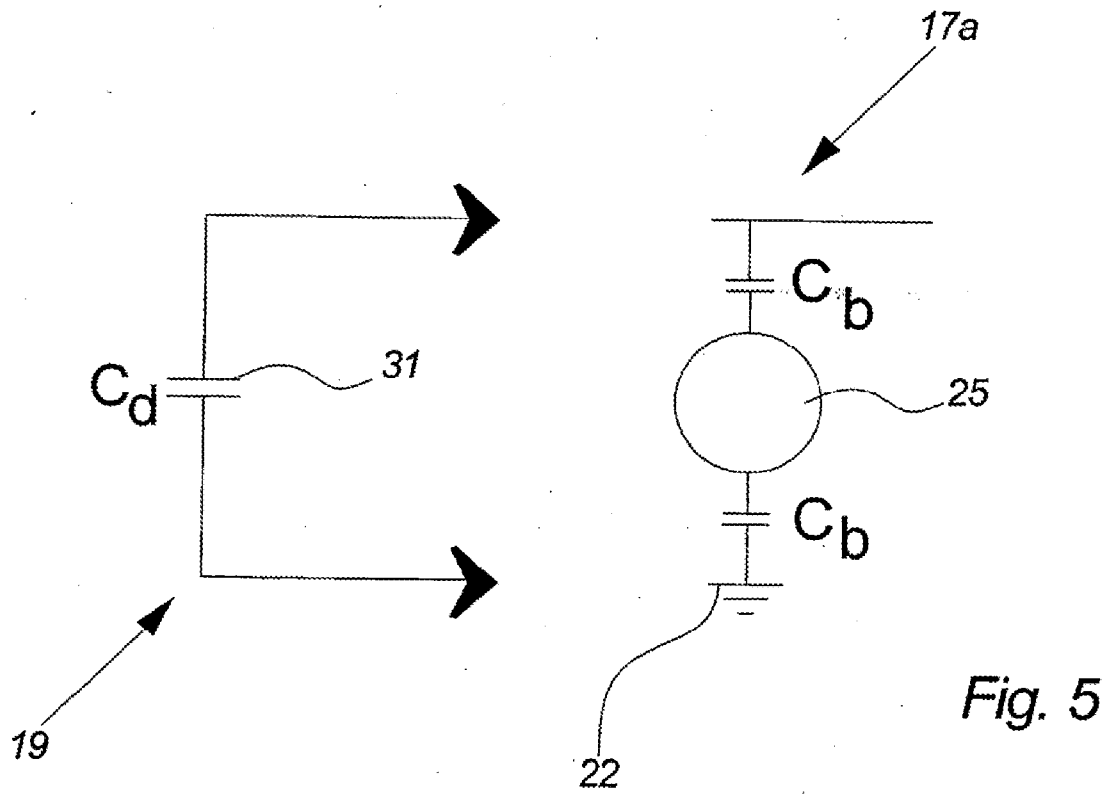


Fig. 4



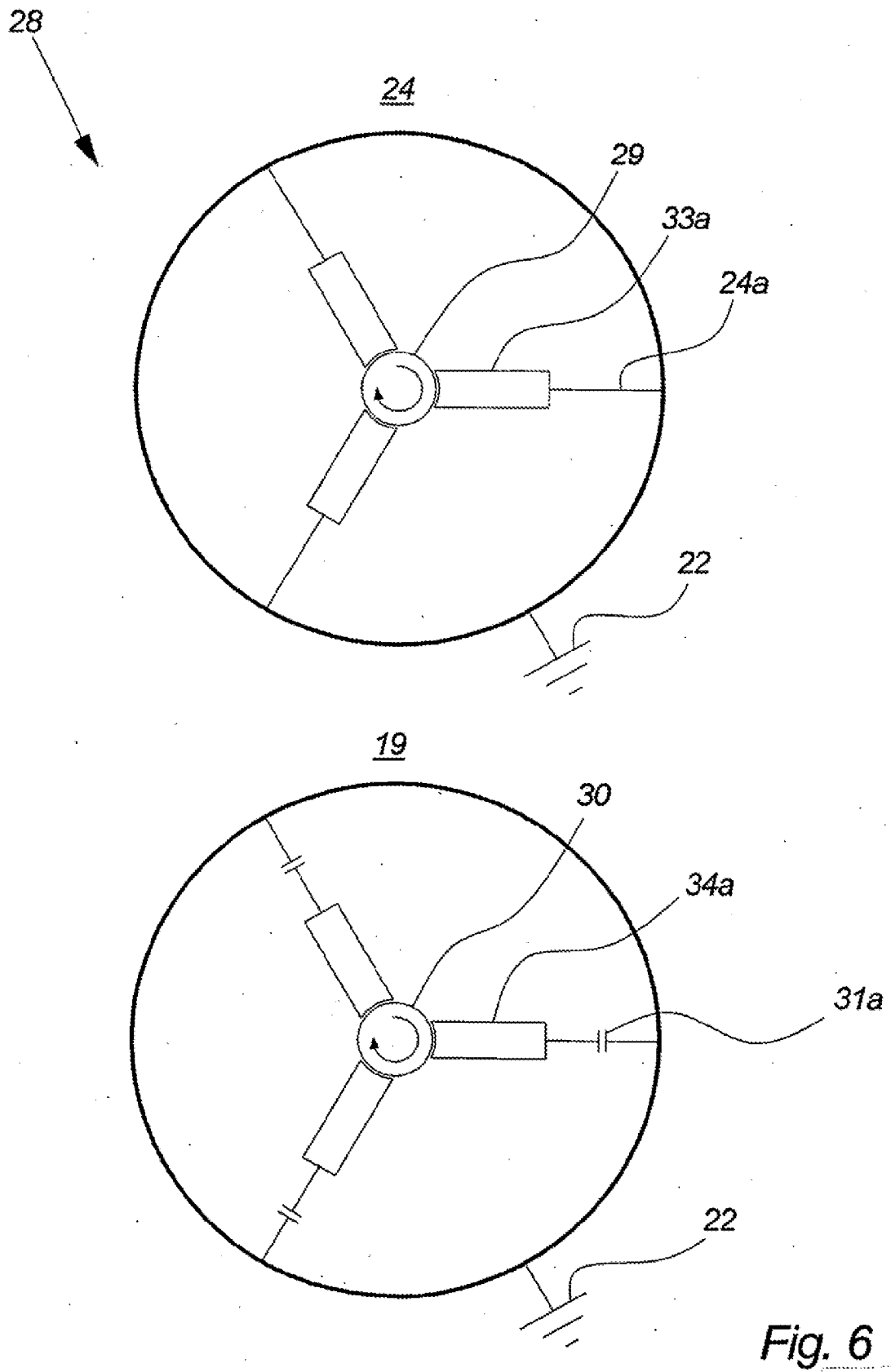


Fig. 6