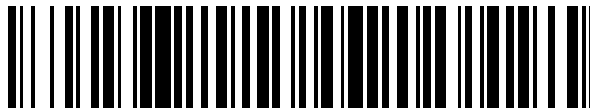


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 458 192**

51 Int. Cl.:

**F03D 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2010 E 10787706 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2014 EP 2513476**

54 Título: **Conjunto de transferencia de corriente de rayos para una turbina eólica**

30 Prioridad:

**15.12.2009 EP 09179235**  
**15.12.2009 US 286413 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.04.2014**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)**  
**Hedeager 44**  
**8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**LYNGBY, CLAUS GRØN y**  
**ERICHSEN, HANS V.**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 458 192 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**

Conjunto de transferencia de corriente de rayos para una turbina eólica

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a la conducción de corriente de rayos en turbinas eólicas y por ejemplo, a un conjunto de transferencia de corriente de rayos para una turbina eólica y a una turbina eólica que comprende uno o más conjuntos de transferencia de corriente de rayos.

**Antecedentes de la invención**

10 Un conjunto de transferencia de corriente de rayos para una turbina eólica es conocido, por ejemplo, del documento WO 2005/050008. Este permite que se transfiera corriente de rayos de una pala de rotor de la turbina eólica a la góndola de la turbina eólica por medio de dos montajes de contactos eléctricos. Los montajes de contactos eléctricos proporcionan conexión galvánica a la vez que son móviles relativamente entre sí. Están constituidos por contactos deslizantes y una correa y anillo complementarios en la pala de rotor y la góndola, respectivamente (véanse, por ejemplo, las figs. 3a y 3b del documento WO 2005/050008).

15 Se ha propuesto asimismo que tal montaje de contactos eléctricos galvánicos y facilitadores del movimiento puedan ser protegidos de ser dañados por corrientes de rayos elevadas por medio de un descargador conectado paralelamente al montaje de contactos eléctricos. Los electrodos que forman el descargador son móviles relativamente entre sí, como lo son los elementos de contacto del montaje de contactos eléctricos paralelo. Por ejemplo, uno de los electrodos es un anillo circular y el otro es una punta que se mueve sobre el anillo a una corta distancia. Cuando la pala de rotor es golpeada por un rayo, la alta tensión del rayo creará una descarga sobre el descargador, de modo que la corriente de rayos no fluya a través del montaje de contactos eléctricos paralelo. Ejemplos de turbinas eólicas con tales montajes de contactos eléctricos protegidos por descargadores paralelos se conocen del documento WO 2004/044419 A1 (montaje de contactos deslizantes con descargador paralelo entre la pala de rotor y el buje de rotor), así como de los documentos DE 20 2008 020 262 A1 y EP 1 577 551 A2 (montaje de contactos deslizantes con descargador paralelo entre el buje de rotor y la góndola).

25 De modo similar, el documento EP 1 568 883 A2 propone que una escobilla en contacto con un rodillo de contacto de un conjunto de transferencia de corriente de rayos para una turbina eólica esté protegida por medio de un descargador paralelo al contacto de escobilla.

30 El documento WO 01/86144 A1 se refiere a un conjunto de transferencia de corriente de rayos para una turbina eólica, que permite asimismo que la corriente de rayos sea transferida de una pala de rotor de la turbina eólica a la góndola de la turbina eólica. Sin embargo, es un conjunto de transferencia de corriente de rayos de distinto tipo, ya que los huecos entre la pala de rotor/buje de rotor y entre el buje de rotor/góndola no están puenteados por contactos galvánicos con miembros de contacto que proporcionan conexión galvánica a la vez que son móviles relativamente entre sí, sino en su lugar por descargadores. Cuando la pala de rotor es golpeada por un rayo, la alta tensión del rayo creará una descarga sobre el descargador. Con el fin de evitar que se acumulen cargas debido a carga estática en la pala de rotor, se proporciona una segunda trayectoria de corriente que proporciona una trayectoria de conexión galvánica continua de la pala de rotor a tierra, a través del buje de rotor. Con el fin de evitar que la corriente de rayos tome la segunda trayectoria de corriente (hasta que se dispara la descarga a través del descargador), se interpone una conexión en serie de una resistencia y un inductor en la segunda trayectoria de corriente.

**Sumario de la invención**

40 Se proporciona un conjunto de transferencia de corriente de rayos para una turbina eólica, comprendiendo la turbina eólica al menos una primera pieza y una segunda pieza giratorias relativamente entre sí. El conjunto de transferencia de corriente de rayos se dispone para transferir corriente de rayos de la primera pieza a la segunda pieza. El conjunto de transferencia de corriente de rayos comprende las características de la reivindicación 1.

45 De acuerdo con otro aspecto, se proporciona una turbina eólica según se define en la reivindicación 16, que comprende al menos un conjunto de transferencia de corriente de rayos.

Otras características son inherentes a los procedimientos y productos descritos o serán aparentes para aquellos expertos en la técnica de la siguiente descripción y de los dibujos adjuntos.

**Breve descripción de los dibujos**

50 Se explican modos de realización de la presente invención por medio de un ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la fig. 1 es un diagrama de circuito de un modo de realización de un conjunto de transferencia de corriente de rayos que transfiere corriente de rayos entre dos piezas giratorias relativamente entre sí alrededor de un eje;

la fig. 2 es un diagrama de circuito de un modo de realización similar al de la fig. 1, sin embargo con las dos piezas giratorias relativamente entre sí alrededor de dos ejes diferentes;

5 la fig. 3 ilustra esquemáticamente una turbina eólica equipada con un modo de realización del conjunto de transferencia de corriente de rayos que transfiere corriente entre una pala de rotor y un buje de rotor de la turbina eólica;

la fig. 4 es similar a la fig. 3, pero ilustra una turbina eólica equipada con otro modo de realización de un conjunto de transferencia de corriente de rayos que transfiere corriente entre un buje de rotor y una góndola de la turbina eólica;

10 la fig. 5 es similar a las figs. 3 y 4, pero ilustra una turbina eólica equipada con otro modo de realización de un conjunto de transferencia de corriente de rayos que transfiere corriente entre una pala de rotor y una góndola de la turbina eólica;

la fig. 6 ilustra esquemáticamente un modo de realización de un miembro de contacto en forma de una corredera de contacto;

la fig. 7 es similar a la fig. 6, pero ilustra otro modo de realización de un miembro de contacto en forma de un rodillo de contacto;

15 la fig. 8 es una vista en perspectiva del modo de realización de una unidad de transferencia de corriente de rayos del tipo ilustrado en las figs. 2 y 5, con miembros de contacto pivotantes;

la fig. 9 es una vista similar de otro modo de realización de una unidad de transferencia de corriente de rayos con los miembros de contacto montados sobre tiras deformables elásticamente;

20 las figs. 10a y b son una vista lateral y una sección transversal a lo largo de la línea A-A de la fig. 10a, respectivamente, de un modo de realización de un conjunto de descargador con una envolvente del descargador de tipo malla;

las figs. 11a y b son una vista lateral y una sección transversal a lo largo de la línea A-A de la fig. 11a, respectivamente, de otro modo de realización de un conjunto de descargador con una envolvente del descargador de tipo laberinto.

Los dibujos y la descripción de los dibujos son de modos de realización de la invención y no de la propia invención.

### **Descripción general de modos de realización**

25 Antes de volver a la descripción detallada de los modos de realización mostrados en los dibujos, se discutirán en primer lugar unos cuantos elementos más generales.

30 Las turbinas eólicas pueden ser fuentes no deseadas de radiación electromagnética. El rotor de la turbina eólica puede emitir más o menos continuamente energía electromagnética en un abanico de frecuencias relativamente amplio, incluyendo el intervalo de radiofrecuencia. Esto puede provocar interferencias de radiofrecuencia. Se ha observado que la emisión no deseada de energía electromagnética puede ser particularmente importante si la turbina eólica está situada cerca de un transmisor de radio potente.

35 Las turbinas eólicas están dotadas habitualmente de un sistema de conducción de rayos y se ha reconocido por los autores de la presente invención que los conjuntos de transferencia de corriente de rayos que forman parte del sistema conductor de rayos son a menudo la causa de emisión de radiación electromagnética no deseada. La principal función de tal conjunto de transferencia de corriente de rayos es transferir corriente de rayos de una primera pieza de la turbina eólica a una segunda pieza de la turbina eólica giratoria con relación a la misma.

40 Por ejemplo, la primera pieza puede ser una de las palas del rotor de la turbina eólica y la segunda pieza puede ser la góndola de la turbina eólica. Una pala de rotor está equipada habitualmente con un receptor de rayos cerca de la punta de la pala y un conductor de rayos desde el receptor de rayos hasta la raíz de la pala. En este ejemplo, el conjunto de transferencia de corriente de rayos conecta el conductor de rayos en la raíz de la pala con una continuación del conductor de rayos que comienza en la góndola y desciende hasta el terreno a lo largo de la torre de la turbina eólica; el cojinete de guiñada (esto es, el cojinete entre la torre y la góndola) está puenteado, por ejemplo, mediante un cable flexible u otro conjunto de transferencia de corriente de rayos.

45 Se ha reconocido que en conjuntos de transferencia de corriente de rayos que proporcionan una trayectoria de corriente conectada galvánicamente por medio de un montaje de contactos eléctricos con miembros de contacto que hacen contacto mecánicamente entre sí, por ejemplo en forma de contactos deslizantes o de rodadura, la conexión galvánica puede ser interrumpida repetidamente durante periodos de tiempo muy cortos. Esto es debido a que la corredera o el rodillo de contacto se despegan completamente de la superficie de contacto, interrumpiendo así momentáneamente la trayectoria de corriente. La corriente no solo fluye a través del conjunto de transferencia de corriente de rayos cuando la

pala de rotor es golpeada por un rayo, sino que existe normalmente asimismo una corriente de descarga permanente (mucho menor), provocada por la carga electrostática de la pala de rotor debido al movimiento de la pala de rotor con relación al aire. Debido a la inductancia de la trayectoria de corriente de rayos total, cualquiera de tales interrupciones súbitas del flujo de corriente provocará que se induzca una tensión relativamente alta. En conjuntos de transferencia de corriente de rayos convencionales del tipo de conexión galvánica (por ejemplo, los documentos WO 2005/05008, WO 2004/044419 A1, EP 1 577 551 A2, EP 1 568 883 A2) esto provocará que tenga lugar descargas de chispas en los contactos deslizantes o de rodadura. Estas descargas de chispas implican subidas súbitas de la corriente de descarga, lo que provoca la emisión de la energía electromagnética de banda ancha por el rotor de la turbina eólica, actuando las palas del rotor como una suerte de antena de transmisión para la energía electromagnética de banda ancha.

5  
10  
15  
20

Se ha reconocido asimismo que la corriente de descarga permanente que puede provocar las descargas de chispas en el montaje de contactos de conjuntos convencionales de transferencia de corriente de rayos no se producen siempre tan solo por carga electrostática de las palas del rotor. Las turbinas eólicas situadas cerca de un transmisor de radio potente pueden actuar como antenas de radio que reciben una considerable cantidad de potencia de radio de transmisor de radio. La potencia de radio recibida puede provocar que fluyan corrientes adicionales del rotor a través de los conjuntos de transferencia de corriente de rayos al terreno. Esto puede aumentar la frecuencia e intensidad de las descargas de chispas en los contactos deslizantes o de rodadura. Así pues, la recogida de la señal de radio puede dar como resultado que se emita una cantidad adicional de potencia electromagnética por el rotor. Así pues, una turbina eólica convencional próxima a un emisor de radio potente puede funcionar como una suerte de transpondedor que recibe energía electromagnética en una banda de frecuencia de radio estrecha y retransmite una fracción significativa de la misma en una banda de frecuencia de radio ancha.

25

El conjunto de transferencia de corriente de rayos de los presentes modos de realización tiene asimismo al menos un montaje de contactos eléctricos que comprende miembros de contacto complementarios que proporcionan conexión eléctrica mediante el contacto mecánico mutuo, a la vez que son móviles relativamente entre sí, por ejemplo, contactos de corredera o de rodillos. La solución al problema de la transmisión de energía electromagnética (o retransmisión) proporcionada por los modos de realización es interponer una resistencia en la trayectoria de corriente de descarga permanente. La resistencia reduce las magnitudes de las subidas repentinas de corriente que se asociarían de otro modo con las interrupciones cortas de conexión galvánica en los miembros de contacto complementarios.

30  
35

Sin embargo, la descarga de cargas estáticas (y señales de radio recogidas) es tan solo una función accesoria: la principal función de los modos de realización del conjunto de transferencia de corriente de rayos es conducir la corriente de rayos a tierra. Si solo la trayectoria de corriente se hiciera con una elevada resistencia óhmica interponiendo la resistencia, la resistencia sería destruida inmediatamente por la corriente de rayos, cuando la turbina eólica fuera golpeada por un rayo. Por lo tanto, en los modos de realización, se proporciona un descargador paralelamente a la resistencia. Visto desde la perspectiva del descargador, la resistencia puentea el descargador y por lo tanto se denomina asimismo "resistencia de puente de descargador". El descargador y la resistencia de puente de descargador paralela están conectados en serie con el montaje de contactos eléctricos que comprende los miembros de contacto complementarios que proporcionan conexión eléctrica mediante el contacto mecánico mutuo a la vez que son móviles entre sí.

40

Un descargador puede ser considerado como un componente altamente no lineal: cuando la tensión a través de los electrodos de descargador es pequeña, de modo que no se dispara una chispa, el descargador presenta una interrupción galvánica; su resistencia es virtualmente infinita (esto es mucho mayor que la de la resistencia de puente de descargador). Sin embargo, cuando la tensión a través de los electrodos de descargador aumenta, se dispara una chispa y puede fluir corriente a través del plasma del descargador; la resistencia del descargador es entonces virtualmente cero (esto es mucho menor que la de la resistencia de puente de descargador).

45

De este modo, el conjunto de transferencia de corriente de rayos proporciona dos trayectorias de corriente alternativas: (i) una "trayectoria de corriente de rayos" a través del montaje de contactos y el descargador; y (ii) una "trayectoria de corriente de descarga permanente" a través del montaje de contactos eléctricos y a través de la resistencia de puente de descargador.

50

En algunos modos de realización, la resistencia de puente de descargador tiene características lineales, es decir su valor es independiente de la tensión a través de la resistencia de modo que la relación entre la tensión a través de la resistencia de puente de descargador y la corriente a través de la misma es lineal.

55

Cuando la pala de rotor es golpeada por un rayo la tensión a través del descargador (y de la resistencia de puente de descargador paralela) subirá súbitamente, lo que disparará inmediatamente el descargador. Una vez que el descargador se ha disparado, como su resistencia es entonces muy pequeña (del orden de unos pocos ohmios) y el valor de la resistencia de puente de descargador es mayor, prácticamente toda la corriente de rayos fluirá a lo largo del descargador. Esto impide que la resistencia de puente de descargador sea dañada o destruida por la corriente de rayos. Por consiguiente, la trayectoria de corriente a través del montaje de contactos y el descargador se denomina "trayectoria de

corriente de rayos”. Durante el funcionamiento normal, en ausencia de rayos, la tensión a través del descargador será demasiado pequeña para disparar (o mantener) una descarga a lo largo del descargador. Por lo tanto, la trayectoria de corriente de rayos quedará interrumpida y toda la corriente de carga estática (y de recepción de radiofrecuencia, si es aplicable) fluirá a través del montaje de contactos eléctricos y a través de la resistencia de puente de descargador. La resistencia de puente de descargador reduce las magnitudes de las subidas repentinas de corriente que se asociarían de otro modo con interrupciones cortas de la conexión galvánica en los miembros de contacto complementarios. Como la última trayectoria de corriente permite la descarga permanente de la pieza de turbina eólica aguas arriba del conjunto de transferencia de corriente de rayos (por ejemplo, una pala de rotor), además de las cortas interrupciones de la conexión galvánica en los miembros de contacto complementarios, esta se denomina “trayectoria de corriente de descarga permanente”.

La interacción entre los modos de funcionamiento de descarga de rayos y de descarga permanente está gobernada por el cociente entre la resistencia de puente de descargador y la tensión a la que se dispara el descargador (tensión de disparo del descargador).

Valores absolutos de las tensiones de disparo del descargador, en algunos modos de realización, están en el intervalo de 1 kV hasta varias decenas de kV, por ejemplo en el intervalo de 1 a 50 kV.

En algunos modos de realización, el descargador es un hueco de aire entre dos electrodos (por ejemplo redondeados), por ejemplo con una distancia de electrodos más pequeña en el intervalo de 1/10 mm a 20 mm. En otros modos de realización, el descargador está constituido por dos electrodos con un aislante resistente a la temperatura (tal como mica) entre los electrodos. En este último tipo de descargadores el arco quema habitualmente la periferia de los electrodos, por fuera del hueco entre los electrodos con el aislante interpuesto. Esto evita que los electrodos se suelden entre sí debido a la chispa.

Con el fin de reducir el desgaste de los electrodos, en algunos modos de realización, los electrodos de descargador (con un hueco de aire o un hueco relleno de aislante) están fabricados en, o revestidos por, un material resistente al quemado, tal como tungsteno, o una aleación que comprende tal material, por ejemplo una aleación de tungsteno-cobre.

Los valores absolutos de la resistencia de puente de descargador, en algunos modos de realización, están en el intervalo de varios k $\Omega$  a varios G $\Omega$ , por ejemplo 10 k $\Omega$  a 1 G $\Omega$ . Generalmente, se escoge una resistencia de puente de descargador lo suficientemente grande para limitar descargas del descargador en el montaje de contactos galvánicos, de modo que se evite producir una interferencia de radio significativa. Por otro lado, la resistencia de puente de descargador elegida debería ser lo suficientemente pequeña para mantener la tensión producida por la corriente debido a carga estática (y la recepción de radiofrecuencia, si es adecuado) a través de la resistencia de puente de descargador y el descargador paralelo tan baja que el descargador no se dispare normalmente, en ausencia de rayos.

En los modos de realización, los electrodos de descargador (sin contacto) son estacionarios, esto es, fijos relativamente entre sí durante el funcionamiento de la turbina eólica. Esto no significa necesariamente que la distancia entre los electrodos de descargador esté fijada absolutamente; por ejemplo, podría ser ajustable durante mantenimientos o reparaciones. Sin embargo, esto significa que la función del descargador no es puentear los huecos entre piezas de la turbina eólica giratorias relativamente entre sí (tales como los huecos entre una pala de rotor y el buje de rotor, o un hueco entre el buje de rotor y la góndola), como los descargadores en el documento US 6.932.574 B1, mencionado al comienzo.

Utilizar descargadores no estacionarios para puentear huecos entre piezas relativamente giratorias en el estado de la técnica anterior puede presentar la ventaja de que no hay desgaste, debido a la ausencia de contacto mecánico entre las piezas puenteadas, pero puentear piezas giratorias relativamente solo mediante un descargador no permite que las cargas originadas por carga estática se descarguen permanentemente. Es por esta razón que el documento US 6.982.574 B1 tiene que proporcionar otra trayectoria de corriente paralela de las palas del rotor a través del buje de rotor a tierra, que no implique miembros de contacto en contacto mecánico para transferir corriente desde las palas del rotor. Descargadores no estacionarios se utilizan asimismo para puentear los huecos entre piezas con giro relativo en paralelo con montajes de contactos eléctricos que puentean asimismo el hueco (véanse los documentos WO 2004/044419 A1, EP 1 577 551 A2, EP 1 568 883 A2). El motivo de proporcionar estos descargadores es proteger tal montaje de contactos eléctricos paralelos de ser dañado por corriente de rayos. Los modos de realización descritos aquí, sin embargo, presentan un descargador estacionario con una resistencia de puente de descargador para reducir la emisión de energía electromagnética provocada por un montaje de contactos eléctricos -esto no excluye, por supuesto, que se pueda proporcionar un descargador adicional en paralelo con el montaje de contactos eléctricos para impedir que este sea dañado, si es adecuado.

La resistencia de puente de descargador puede ser, en principio, una resistencia “parásita” de algún otro elemento del conjunto de transferencia de corriente de rayos, por ejemplo de un alojamiento o envoltorio débilmente conductor del descargador. Sin embargo, en algunos modos de realización la resistencia de puente de descargador comprende una o más resistencias, esto es, componentes dedicados cuya única función, o al menos cuya función principal, es proporcionar resistencia eléctrica. Por ejemplo, cables de conexión, contactos deslizantes o de rodadura, etc. pueden tener alguna

resistencia (normalmente pequeña), pero no son “resistencias”.

En algunos modos de realización, los miembros de contacto complementarios del al menos un montaje de contactos eléctricos comprenden una corredera de contacto y un anillo complementario contactado mecánicamente por la corredera de contacto tras el giro relativo del anillo y la corredera de contacto. Si el giro relativo no se extiende a revoluciones completas (tal como el giro entre el buje de rotor y la góndola), sino que está limitado tan solo a una revolución parcial (menor de 360°, tal como el giro entre una pala de rotor orientable y el buje de rotor), el anillo complementario puede ser sustituido por una correa complementaria. La correa tiene forma asimismo habitualmente de anillo, pero solo se extiende sobre un intervalo angular limitado, que corresponde al menos al intervalo angular de la rotación relativa de interés. En algunos modos de realización, la corredera de contacto es un miembro rígido empujado elásticamente hacia el anillo o correa, mientras que en otros modos de realización puede ser un dispositivo que tiene algo de elasticidad para hacer contacto mecánicamente con el anillo o correa por sí mismo, por ejemplo, una suerte de escobillas eléctricamente conductoras. En algunos modos de realización, se proporciona un rodillo de contacto en lugar de una corredera de contacto.

En algunos de los modos de realización el conjunto de transferencia de corriente de rayos comprende un subconjunto que es una unidad de transferencia de corriente de rayos que incluye el descargador, la resistencia de puente de descargador y uno de los miembros de contacto del montaje de contactos eléctricos. El otro miembro de contacto, complementario con este último, no es parte de la unidad de transferencia de corriente de rayos. En modos de realización en los que el conjunto de transferencia de corriente de rayos tiene dos o más montajes de contactos eléctricos, esto es, dos o más parejas de miembros de contacto complementarios, la unidad de transferencia de corriente de rayos incluye el descargador, la resistencia de puente de descargador y uno de los miembros de contacto de cada pareja de miembros de contacto. El otro miembro de contacto de cada pareja no es parte de la unidad de transferencia de corriente de rayos. Por ejemplo, en algunos modos de realización una unidad de transferencia de corriente de rayos montada sobre el rotor y girando con el mismo, incluye un descargador, una resistencia de puente de descargador, un miembro de contacto en forma de una corredera o rodillo de contacto hacia una pala de rotor y otro miembro de contacto en forma de, por ejemplo, una corredera o rodillo de contacto hacia la góndola. Los miembros de contacto complementarios (que están montados, por ejemplo, en la pala de rotor cerca de la raíz de la pala y un anillo montado en la parte delantera de la góndola) no pertenecen a la unidad de transferencia de corriente de rayos. El conjunto de correderas/rodillos de contacto y anillos/correas puede ser inverso. Por ejemplo, en otros modos de realización, una corredera o rodillo de contacto se monta en la góndola (y no pertenece a la unidad de transferencia de corriente de rayos), mientras que el anillo complementario se monta en el buje de rotor y gira con el mismo con relación a la góndola (y pertenece a la unidad de transferencia de corriente de rayos).

En algunos modos de realización, el conjunto de transferencia de corriente de rayos está dispuesto para transferir corriente de rayos entre piezas que giran relativamente entre sí alrededor de un único eje, por ejemplo entre una pala de rotor y el buje de rotor, o entre el buje de rotor y la góndola, o entre la góndola y la torre de la turbina eólica.

En otros modos de realización, sin embargo, el conjunto de transferencia de corriente de rayos se dispone para transferir corriente de rayos entre piezas que giran relativamente entre sí alrededor de dos ejes diferentes. Por ejemplo, una pala de rotor orientable y la góndola exhiben un giro relativo alrededor de dos ejes diferentes. En algunos de tales modos de realización con dos ejes diferentes, el conjunto de transferencia de corriente de rayos comprende al menos dos montajes de contactos eléctricos (cada uno con miembros de contacto en contacto mecánico) conectados en serie.

En algunos de los modos de realización con dos montajes de contactos eléctricos conectados en serie, el descargador está interpuesto eléctricamente entre los al menos dos montajes de contactos eléctricos. La resistencia de puente de descargador está conectada en paralelo con el descargador. Por lo tanto, se forma una conexión en serie del primer montaje de contactos eléctricos, la conexión en paralelo del descargador y la resistencia de puente de descargador y el segundo montaje de contactos eléctricos. La resistencia de puente de descargador se conecta en paralelo con el descargador, pero no está en paralelo con los montajes de contactos eléctricos primero o segundo. Los puntos de bifurcación y unión que forman la conexión paralela del descargador y la resistencia de puente de descargador se sitúan entre los montajes de contactos eléctricos primero y segundo. Esto significa que hay tan solo una única trayectoria de corriente al nivel de los montajes de contactos eléctricos primero y segundo.

Como ya se mencionó anteriormente, en algunos modos de realización, el conjunto de transferencia de corriente de rayos comprende un subconjunto; esto es una unidad de transferencia de corriente de rayos. La unidad de transferencia de corriente de rayos incluye tan solo las mitades de las parejas de miembros de contacto que forman los montajes de contactos. En algunos modos de realización con piezas en giro relativo alrededor de dos ejes diferentes y al menos dos montajes de contactos eléctricos conectados en serie, la unidad de transferencia de corriente de rayos se dispone para ser montada en el buje de rotor y para girar con el mismo. En estos modos de realización, el conjunto de transferencia de corriente de rayos proporciona una trayectoria de corriente de rayos y una trayectoria de corriente de descarga permanente de la pala de rotor a la góndola por medio de los al menos dos montajes de contactos eléctricos, conectados en serie con la conexión paralela del descargador y la resistencia de puente de descargador interpuesta.

El árbol del rotor (y las piezas de transporte de carga del buje y la góndola) de una turbina eólica están fabricados habitualmente de material eléctricamente conductor y los anillos del cojinete y elementos de rodadura de grandes cojinetes (tales como los cojinetes de cabeceo de la pala y el cojinete del árbol principal) son habitualmente asimismo conductores eléctricamente. Consecuentemente, si la trayectoria de corriente de rayos no está aislada eléctricamente del buje de rotor, una fracción o toda la corriente de rayos podrían pasar a través del cojinete de cabeceo de la pala y/o del cojinete del árbol principal. Como la durabilidad de los cojinetes puede quedar reducida por su exposición a corrientes de rayos que cruzan los cojinetes, en algunos modos de realización con una unidad de transferencia de corriente de rayos montada en el buje de rotor, las trayectorias de corriente proporcionadas por la unidad de transferencia de corriente de rayos (esto es la trayectoria de corriente de rayos y la trayectoria de corriente de descarga permanente) están aisladas eléctricamente del buje de rotor. Por lo tanto, la corriente de rayos circunvala el buje de rotor y los cojinetes facilitadores del giro entre la pala de rotor y el buje de rotor y entre el buje de rotor y la góndola (por ejemplo, los cojinetes de cabeceo de la pala y del árbol principal).

Además, en algunos modos de realización, el anillo de contacto complementario o correa en la raíz de la pala, que normalmente está conectado eléctricamente con un receptor de rayos en la punta de la pala, está aislado eléctricamente asimismo del cojinete de cabeceo de la pala. Esto se puede llevar a cabo, por ejemplo, haciendo que la pala sea tan solo de material aislante en la raíz de la pala, tal como un plásticos reforzados con fibras de vidrio. Esto asegura que la corriente de rayos apenas puede alcanzar el buje a través del cojinete de cabeceo de la pala. Por tanto la corriente de rayos fluiría en su lugar directamente de la pala de rotor a la góndola, circunvalando los cojinetes de cabeceo de la pala y del árbol principal.

Como la distancia entre los dos miembros de contacto (por ejemplo polarizados eléctricamente) de la unidad de transferencia de corriente de rayos no es necesariamente constante, los miembros de contacto están conectados mediante un cable flexible en algunos modos de realización. El descargador con la resistencia de puente de descargador está interpuesto en algunos modos de realización en la conexión de cable flexible entre los dos miembros de contacto.

En algunos modos de realización, con el fin de asegurar que las corrientes solo asumen la trayectoria de corriente de rayos o la trayectoria de corriente de descarga permanente, el descargador con la resistencia de puente de descargador se monta sobre un soporte aislante.

Con el fin de aislar asimismo los miembros de contacto de la unidad de transferencia de corriente de rayos respecto su soporte, por ejemplo respecto al buje de rotor, la unidad de transferencia de corriente de rayos comprende un soporte de base fabricado de un material aislante. El soporte de base es un soporte común tanto para el descargador (con la resistencia de puente de descargador) como para el miembro o miembros de contacto.

En algunos modos de realización el miembro de contacto está montado en el soporte de base por medio de un miembro elásticamente deformable, por ejemplo en forma de una tira plana, que empuja el miembro de contacto, o uno de los miembros de contacto, de la unidad de transferencia de corriente de rayos hacia su miembro de contacto complementario.

En otros modos de realización el miembro de contacto está montado de modo pivotante en el elemento de soporte de base, ya sea directa o indirectamente, con la interposición de un miembro fijado al soporte de base. El miembro de contacto pivota alrededor de un eje de oscilación. En algunos modos de realización, el miembro de contacto montado de modo pivotante es empujado hacia su miembro de contacto complementario por medio de un resorte, en el que la dirección de la fuerza elástica se desvía por medio del eje de pivote.

Como las chispas pueden producir un calor considerable, se pueden pulverizar partículas de los electrodos de descargador cuando se enciende una chispa. Esto puede contaminar la vecindad del descargador. Como el calor producido por la chispa provoca asimismo que el aire circundante se expanda, simplemente encerrar el descargador herméticamente provocaría muy altas presiones en la carcasa del descargador. Por lo tanto, en algunos modos de realización, el descargador se encapsula, evitando el encapsulado que escapen las partículas producidas cuando tiene lugar la chispa, pero permitiendo por otro lado que escape aire. En algunos modos de realización, el encapsulado del descargador comprende una malla que rodea el descargador. La abertura de la malla se elige para que sea lo suficientemente pequeña para evitar que las partículas (por encima de un tamaño de partícula típico) salgan hacia fuera. No obstante el aire caliente puede escapar a través de las aberturas de la malla.

En otros modos de realización, el encapsulado del descargador comprende un alojamiento en forma de laberinto. El aire caliente puede escapar fácilmente a través de laberinto, mientras que las partículas se ven atrapadas en su mayor parte en el laberinto.

En algunos modos de realización, el encapsulado del descargador tiene una función eléctrica colateral: está realizado al menos parcialmente de material eléctricamente conductor y forma parte de la trayectoria de corriente de descarga permanente que puentea el descargador e incluye la resistencia de puente de descargador. Por lo tanto, se ahorra un cable separado alrededor del encapsulado del descargador.

Los modos de realización descritos aquí no se refieren tan solo a conjuntos y unidades de transferencia de corriente de rayos como tales, sino asimismo a turbinas eólicas equipadas con tales conjuntos y unidades de transferencia de corriente de rayos. Por ejemplo, una turbina eólica con  $n$  (por ejemplo, tres) palas de rotor puede tener un conjunto de transferencia de corriente de rayos para cada pala de rotor. Esto es,  $n$  (por ejemplo tres) unidades de transferencia de corriente de rayos se montan en el buje de rotor, haciendo cada una contacto con un miembro de contacto complementario (por ejemplo un anillo o correa) en la raíz de la pala de rotor a la que está asociada. En el lado hacia la góndola, en algunos modos de realización, existe solo un miembro de contacto (por ejemplo, un anillo) en la góndola que es compartido por las  $n$  (por ejemplo, tres) unidades de transferencia de corriente de rayos. Lo mismo se aplica a turbinas eólicas con otro número de palas del rotor; por ejemplo, una turbina eólica con  $n = 2$ .

10 **Descripción detallada de modos de realización mostrados en los dibujos**

Figuras 1 y 2 (diagramas de circuito):

Las figs. 1 y 2 son diagramas de circuito de modos de realización de conjuntos de transferencia de corriente de rayos 2. En el modo de realización de la fig. 1, las piezas 8, 9 puenteadas eléctricamente por el conjunto de transferencia de corriente de rayos 2 son giratorias relativamente entre sí alrededor de un eje, mientras que en el modo de realización de la fig. 2, estas giran alrededor de dos ejes diferentes.

Ambos modos de realización tienen un descargador 4 con dos electrodos de descargador 5 separados y aislados entre sí y que forman por ello una interrupción galvánica cuando no se dispara una chispa. Una resistencia 6, que es, por ejemplo, la resistencia de una resistencia 7, está conectada en paralelo al descargador 4 y así puentea el descargador 4.

El conjunto de corriente de rayos 2 proporciona un puente de corriente entre dos piezas 8, 9 que giran relativamente entre sí. En el modo de realización de la fig. 1, las dos piezas 8, 9 giran relativamente entre sí alrededor de un único eje 10. En el modo de realización de la fig. 2, sin embargo, las dos piezas 8, 9 giran relativamente entre sí alrededor de dos ejes diferentes 10', 10". Por ejemplo, como se ilustra en la fig. 2, los dos ejes diferentes 10', 10" son perpendiculares entre sí.

En el modo de realización de la fig. 1, la primera pieza 8 es, por ejemplo, el propio conjunto de transferencia de corriente de rayos 2 (salvo por uno de los miembros de contacto, que está fijado de modo giratorio a la segunda pieza 9, como se explicará a continuación), mientras que la segunda pieza 9 es otra pieza de una turbina eólica giratoria con relación a la misma. Los ejes y flechas en las figs. 1 y 2 simbolizan el giro relativo; esto es, no indican, como por ejemplo en la fig. 1, que la primera pieza 8 sea necesariamente estacionaria mientras que la segunda pieza 9 gira. Antes bien, la primera pieza 8 puede ser la pieza giratoria, mientras que la segunda pieza 9 puede ser estacionaria.

No existe giro relativo entre los electrodos 5 del descargador; esto es, los electrodos 5 del descargador son estacionarios relativamente entre sí.

El modo de realización de la fig. 1 tiene un montaje de contactos eléctricos 11, mientras que el modo de realización de la fig. 2 tiene dos montajes de contactos eléctricos, denotados por 11' y 11". Los montajes de contactos eléctricos 11, 11', 11" proporcionan una conexión galvánica entre las piezas 8, 9 giratorias relativamente. A este fin, cada montaje de contactos 11, 11', 11", tiene una pareja de miembros de contacto complementarios que proporciona conexión eléctrica haciendo contacto mecánicamente entre sí a la vez que son móviles relativamente entre sí. En la fig. 1, los miembros de contacto del montaje de contacto individual 11 se denotan por 12a, 12b, mientras que en la fig. 2, los miembros de contacto de los dos montajes de contactos 11', 11" se denotan por 12a', 12b' y 12a", 12b".

Los miembros de contacto de cada pareja, 12a y b, 12a' y b', 12a" y b" son complementarios entre sí. Por ejemplo, el primer miembro de contacto 12a, 12a', 12a" de cada pareja es una corredera y/o rodillo de contacto y el segundo miembro de contacto 12b, 12b', 12b" de cada pareja es un carril de contacto complementario concéntrico con el eje 10, 10', 10" de giro relativo, con un radio en relación al eje 10, 10', 10" que corresponde a la distancia radial del primer miembro de contacto 12a, 12a', 12a" desde el eje 10, 10', 10". Si el intervalo angular de giro relativo es ilimitado, el carril de contacto es un anillo cerrado 15, como en la fig. 1 y uno de los montajes de contactos eléctricos, esto es 11", de la fig. 2. Sin embargo, si el intervalo de giro relativo está limitado a menos de 360°, la trayectoria de contacto que forma el segundo miembro de contacto complementario no necesita ser un anillo cerrado para cubrir el intervalo de giro, sino que puede ser un sector de anillo, como se muestra en 12b" en la fig. 2. En esta descripción, el sector de anillo se denomina "correa" y se denota en las figuras por el número 16.

Los conjuntos de transferencia de corriente de rayos 2 proporcionan así dos trayectorias de corriente alternativas, i e ii, desde una entrada "In" en la primera pieza 8 a una salida "Out" en la segunda pieza 9 (en donde In y Out pueden intercambiarse). En el modo de realización de la fig. 1, la primera trayectoria de corriente i, denominada "trayectoria de corriente de rayos", comienza en la entrada In y conduce a través del descargador 4 y los miembros de contacto 12a, 12b móviles relativamente entre sí del montaje de contactos eléctricos 11 hasta la salida Out. La segunda trayectoria de corriente ii, denominada "trayectoria de corriente de descarga permanente", comienza asimismo en la entrada In, pero conduce a través de la resistencia de puente de descargador 6 y los miembros de contacto 12a, 12b móviles



relativamente entre sí del montaje de contactos eléctricos 11 hasta la salida Out. Así pues, la trayectoria de corriente de rayos i es una conexión en serie del descargador 4 y el montaje de contactos eléctricos 11, mientras que la trayectoria de corriente de descarga permanente ii es una conexión en serie de la resistencia de puente de descargador 6 y el montaje de contactos eléctricos 11. El montaje de contactos eléctricos 11 es compartido por ambas trayectorias i e ii.

- 5 En el modo de realización de la fig. 2 las trayectorias de corriente alternativas i, ii son análogas a las de la fig. 1, pero pasan a través de dos montajes de contactos eléctricos 11', 11'', estando interpuestos el descargador 4 y la resistencia de puente de descargador 6 entre los dos montajes de contactos eléctricos 11', 11''; la trayectoria de corriente de rayos i comienza en la entrada In en la primera pieza 8 y conduce a través de los miembros de contacto 12a', 12b' móviles relativamente entre sí del primer montaje de contactos eléctricos 11', el descargador 4, los miembros de contacto 12a'', 12b'' móviles relativamente entre sí del segundo montaje de contactos eléctricos 11'' hasta la salida Out en la segunda pieza 9. De modo similar, la trayectoria de corriente de descarga permanente ii comienza asimismo en la entrada In y conduce a través de los miembros de contacto 12a', 12b' móviles relativamente entre sí del primer montaje de contactos eléctricos 11, la resistencia de puente de descargador 6, los miembros de contacto 12a'', 12b'' móviles relativamente entre sí del segundo montaje de contactos eléctricos 11'' hasta la salida Out. Así pues, la trayectoria de corriente de rayos i es una conexión en serie del primer montaje de contactos eléctricos 11', el descargador 4 y el segundo montaje de contactos eléctricos 11'', mientras que la trayectoria de corriente de descarga permanente ii es una conexión en serie del primer montaje de contactos eléctricos 11', la resistencia 6 y el segundo montaje de contactos eléctricos 11''. Ambos montajes de contactos eléctricos 11', 11'' son compartidos por las trayectorias de corriente i e ii.

Figuras 3 a 5 (turbinas eólicas equipadas con conjuntos de transferencia de corriente de rayos):

- 20 Las figs. 3 a 5 ilustran turbinas eólicas 1 equipadas con distintos modos de realización de conjuntos de transferencia de corriente de rayos 2. En las figs. 3 y 4 los conjuntos de transferencia de corriente de rayos 2 son del tipo de eje único mostrado en la fig. 1, mientras que el modo de realización de la fig. 5 tiene un conjunto de transferencia de corriente de rayos 2 del tipo de doble eje mostrado en la fig. 2.

- 25 Las turbinas eólicas 1 de las figs. 3 a 5 tienen una pluralidad (normalmente tres) de palas de rotor 17, una de las cuales y el pie de otra, se muestran en las figs. 3 a 5.

Las palas de rotor 17 están soportadas por un buje de rotor 18 (el buje de rotor 18 se muestra extendido en su dirección longitudinal, con el fin de proporcionar espacio suficiente en los dibujos para mostrar los conjuntos de transferencia de corriente de rayos 2). El buje de rotor 18 está soportado por una góndola 19, que apoya sobre una torre 20.

- 30 En los modos de realización de las figs. 4 y 5, la pala 17 está montada de modo pivotante con su raíz 21 en un cojinete de cabeceo de la pala 22 en el buje de rotor 18. En los ejemplos mostrados, el intervalo de ángulo de cabeceo es menor de 360°, por ejemplo aproximadamente 180°, o en un modo de realización preferido, 100°. En el modo de realización de la fig. 3, se ilustra una turbina eólica con palas fijas (sin cabeceo) 17, ya que el cojinete de cabeceo de la pala está ausente. Esto es tan solo un ejemplo; en otros modos de realización con el conjunto de transferencia de corriente de rayos 2 del tipo mostrado en la fig. 3, la pala 17 puede cabecear igualmente, como en las figs. 4 y 5.

- 35 El buje de rotor 18 se extiende mediante un árbol principal 23 que está montado de modo pivotante en cojinetes del árbol principal 24 en la góndola 19. Esto es tan solo un ejemplo, ya que en otros modos de realización el árbol principal giratorio 23 es sustituido por un árbol fijo que se extiende desde la góndola hacia el buje y el buje pivota entonces en el árbol fijo. Un cojinete de guiñada 25 permite que la góndola 19 gire con relación a la torre 20.

- 40 En los tres modos de realización de las figs. 3 a 5, un subconjunto del conjunto de transferencia de corriente de rayos 2 está montado en el buje de rotor 18 y gira con el buje de rotor. Este subconjunto se denomina "unidad de transferencia de corriente de rayos" y se denota aquí por el número 3. La unidad de corriente de transferencia de rayos 3 es el conjunto de transferencia de corriente de rayos 2 sin el miembro o miembros de contacto 12b, 12b', 12b'' del montaje, o montajes, de contactos 11, 11', 11'', que es, o son, giratorios en relación al buje de rotor 18.

- 45 La unidad de transferencia de corriente de rayos 3 está montada de tal modo que está aislada eléctricamente del buje de rotor 18, lo que se simboliza en las figs. 3 a 5 mediante líneas discontinuas inclinadas entre las unidades de transferencia de corriente de rayos 3 y el buje de rotor 18.

- 50 En los modos de realización de las figs. 3 a 5, la pala de rotor 17 está equipada con un receptor de rayos 26 cerca de su punta. El receptor de rayos 26 está conectado con un conductor de rayos 27 a lo largo de la pala de rotor 17. La trayectoria de corriente de rayos continúa a través de la unidad de transferencia de corriente de rayos 3 y todavía más a través de un conductor de rayos 28 de la góndola 19, otro conjunto de transferencia de corriente de rayos 2y que puentea el cojinete de guiñada 25 y a través de un conductor de rayos 29 en la torre 20 que está conectado a tierra cerca de la raíz de la torre 20. El conductor de rayos 27 está conectado asimismo a un receptor de carga 26a que se extiende a lo largo de la longitud de la pala de rotor 17, pero no hasta la raíz 21. El receptor de carga 26a puede ser cualquier miembro eléctricamente conductor o semiconductor en la estructura de transporte de carga de la pala de rotor 17 (tal como una

viga longitudinal que incluye fibras de carbono semiconductoras) y/o en la superficie de la pala (tal como una piel metálica en el borde de ataque de la pala). El receptor de carga 26a puede recoger las cargas que se originan por la carga estática (o la recepción de ondas de radio, si es aplicable). Estas cargas son conducidas al conductor de rayos 27 y fluyen a tierra a lo largo de la trayectoria de corriente de rayos.

5 Como se describió en conexión con las figs. 1 y 2, en todos los modos de realización de las figs. 3 a 5 los conjuntos de transferencia de corriente de rayos 2 proporcionan al menos dos trayectorias de corriente alternativas de la primera pieza 8 a la segunda pieza 9, esto es una trayectoria de corriente de rayos a través del (de los) montaje(s) de contactos 11, 11', 11'' y el descargador 4 y una trayectoria de corriente de descarga permanente a través del (de los) montaje(s) de contactos eléctricos 11, 11', 11'' y a través de la resistencia de puente de descargador.

10 Aunque en las figs. 4 y 5 solo se muestra la unidad de transferencia de corriente de rayos 3, habrá una pluralidad de tales unidades de transferencia de corriente de rayos 3, una de cada pala de rotor 17. En modos de realización de acuerdo con la fig. 5, las unidades de transferencia de corriente de rayos 3 plurales pueden compartir un miembro de contacto 12b'' común, por ejemplo un anillo común 15 en la góndola 19.

15 En el modo de realización de la fig. 3, la primera pieza 8 de las dos piezas 8, 9 giratorias relativamente entre sí es el buje de rotor 18 y la segunda pieza 9 es la góndola 19. Consecuentemente, el eje 10 alrededor del que giran las dos piezas 8, 9 relativamente entre sí es el eje de giro del buje de rotor 18.

20 El conjunto de transferencia de corriente de rayos 2 transfiere corriente entre estas dos piezas 8, 9 giratorias relativamente entre sí, esto es, del buje de rotor 18 a la góndola 19. La entrada del conjunto de transferencia de corriente de rayos 2 está conectada eléctricamente, por ejemplo, con el buje de rotor 18. El conductor de rayos 27 en la pala de rotor 17 está conectado eléctricamente asimismo al buje de rotor 17, de modo que la corriente de la pala de rotor 17 puede fluir a través del buje de rotor 18 al conjunto de transferencia de corriente de rayos 2.

25 En otros modos de realización similares a los de la fig. 3, sin embargo, el conductor de rayos 27 que procede del receptor de rayos 26 está conectado directamente a la entrada del conjunto de transferencia de corriente de rayos 2. Tal conexión por ejemplo por medio de un cable continuo del receptor de rayos 26 hasta la entrada del conjunto de transferencia de corriente de rayos 2 es posible asimismo en modos de realización con palas de rotor con cabeceo, ya que el intervalo de cabeceo angular está limitado habitualmente, de modo que el cable continuo no se retorcerá excesivamente. Por ello, si la raíz 21 de la pala de rotor 17 está fabricada de material eléctricamente aislante, prácticamente toda la corriente de la pala de rotor 17 fluirá a través del conjunto de transferencia de corriente de rayos 2, de modo que el cojinete de cabeceo del rotor (si es aplicable), el buje de rotor 18 y el cojinete del árbol principal 24 serán circunvalados.

30 En el modo de realización de la fig. 3, la trayectoria de corriente adicional pasa a través del descargador 4 (trayectoria de corriente i) o, alternativamente, de la resistencia de puente de descargador 6 (trayectoria de corriente ii) y a través del montaje de contactos eléctricos 11, aquí en forma de un miembro de contacto eléctrico 12a que gira con el buje 18 y un miembro de contacto estacionario complementario 12b, por ejemplo un carril de contacto en forma de un anillo 15 montado en la parte delantera de la góndola 19. El anillo 15, que forma la salida del conjunto de transferencia de corriente de rayos 2, está conectado con el conductor de rayos 28 en la góndola 19.

35 En el modo de realización de la fig. 4, la primera pieza de las piezas 8, 9 giratorias relativamente entre sí es la pala de rotor 17 y la segunda pieza 9 es el buje de rotor 18. Consecuentemente, el eje 10 alrededor del que giran las dos piezas 8, 9 relativamente entre sí es el eje de giro de la pala de rotor 17.

40 El conjunto de transferencia de corriente de rayos 2 transfiere corriente entre estas dos piezas 8, 9 giratorias relativamente entre sí, esto es, de la pala de rotor 17 al buje de rotor 18. El miembro de contacto complementario 12b, aquí una correa 16 alrededor de la raíz 21 de la pala de rotor 17, que está conectado con el conductor de rayos 27 en la pala de rotor 17, forma la entrada del conjunto de transferencia de corriente de rayos 2. La correa 16 es contactada por el primer miembro de contacto 12a, por ejemplo en forma de una corredera o rodillos de contacto, que forma parte de la unidad de transferencia de corriente de rayos 3 y gira con el buje de rotor 18. Así pues, fluirá corriente de la pala de rotor 17 a la

45 unidad de transferencia de corriente de rayos 3 a través de hueco giratorio entre los dos a través del montaje de contactos eléctricos 11. Si la raíz 21 de la pala de rotor 17 está fabricada de material eléctricamente aislante, prácticamente toda la corriente de la pala de rotor 17 circunvalará así el cojinete de cabeceo de la pala 22.

50 En el modo de realización de la fig. 4, la trayectoria de corriente adicional pasa a través del descargador 4 (trayectoria de corriente i) o, alternativamente, a través de la resistencia de puente de descargador 6 (trayectoria de corriente ii) hasta la salida del conjunto de transferencia de corriente de rayos 2, que está conectada eléctricamente, por ejemplo, con el buje de rotor 18. La trayectoria de corriente adicional puede pasar, por ejemplo, a través del árbol principal 23 conectado con el conductor de rayos 28 en la góndola 19 por otro conjunto de transferencia de corriente de rayos 2m.

En el modo de realización de la fig. 5, la primera pieza de las piezas 8, 9 giratorias relativamente entre sí es la pala de rotor 17 y la segunda pieza 9 es la góndola 19. Consecuentemente, las dos piezas 8, 9 son giratorias relativamente entre

sí alrededor de dos ejes diferentes, el eje de giro 10' de la pala de rotor 17 y el eje de giro 10" del buje de rotor 18. Aunque el eje de giro 10" del buje de rotor es estacionario, el eje de giro 10' de la pala de rotor 17 cambia permanentemente su dirección tras el giro del buje de rotor 18, ya que la pala de rotor 17 está montada en el buje de rotor 18 (solo es estacionario en el sistema de coordenadas giratorio del buje de rotor 18).

5 El conjunto de transferencia de corriente de rayos 2 transfiere corriente entre estas dos piezas 8, 9 giratorias relativamente entre sí, esto es, de la pala de rotor 17 a la góndola 19. Al igual que en la fig. 4, el miembro de contacto complementario 12b', aquí una correa 16 alrededor de la raíz 21 de la pala de rotor 17, que está conectado al conductor de rayos 27 en la pala de rotor 17, forma la entrada del conjunto de transferencia de corriente de rayos 2. La correa 16 es contactada por el primer miembro de contacto 12a', por ejemplo en forma de una corredera o rodillo de contacto, que forma parte de la  
10 unidad de transferencia de corriente de rayos 3. Así pues, la corriente fluirá de la pala de rotor 17 a la unidad de transferencia de corriente de rayos 3 a través del hueco giratorio entre los dos por medio del montaje de contactos 11'. La trayectoria de corriente adicional pasa a través del descargador 4 (trayectoria de corriente i) o, alternativamente, a través de la resistencia de puente de descargador 6 (trayectoria de corriente ii). Finalmente, la corriente fluye a través del segundo montaje de contactos eléctricos 11", como en la fig. 3 en forma de un miembro de contacto eléctrico 12a" que  
15 gira con el buje 18 y un miembro de contacto estacionario complementario 12b", por ejemplo un carril de contacto en forma de un anillo 15 montado en la parte delantera de la góndola 19. El anillo 15, que forma la salida del conjunto de transferencia de corriente de rayos 2, está conectado con el conductor de rayos 28 en la góndola 19.

Si la raíz 21 de la pala de rotor 17 está fabricada de un material aislante eléctricamente, prácticamente toda la corriente de la pala de rotor 17 fluirá a través del conjunto de transferencia de corriente de rayos 2, de modo que el cojinete de cabeceo del rotor 22, el buje de rotor 18 y el cojinete del árbol principal 24 son circunvalados.  
20

Figuras 6 y 7 (modos de realización de corredera y rodillo de contacto):

Las figuras 6 y 7 muestran diferentes modos de realización de montajes de contactos eléctricos 11, 11', 11" (denotados comúnmente por 11) con diferentes tipos de primeros miembros de contacto 12a, 12a', 12a" (denotados comúnmente por 12a): una corredera de contacto 13 (fig. 6) y un rodillo de contacto 14 (fig. 7).

25 En ambos modos de realización, el miembro de contacto 12a es empujado con una fuerza de contacto hacia el miembro de contacto complementario 12b, 12b', 12b" (denotados comúnmente por 12b), por ejemplo el anillo 15 o correa 16, de los que solo se muestra un recorte en las figs. 6 y 7. Los dos miembros de contacto 12a, 12b son móviles relativamente entre sí. El movimiento del miembro de contacto 12a con relación a su miembro de contacto complementario 12b está simbolizado por una flecha m en las figs. 6 y 7. Como solo se muestra un recorte en las figs. 6 y 7, el movimiento relativo parece lineal, pero realmente es giratorio, como se describe en conexión con las figs. 1 a 5. La fuerza de contacto, simbolizada por una flecha c, es en una dirección perpendicular al plano de giro relativo, esto es, perpendicular al anillo 15 o correa 16.  
30

En la fig. 6, la corredera de contacto 13 tiene una pieza deslizante 30 que hace contacto mecánicamente con la superficie del anillo 15 o correa 16 y está fabricada de un vástago de contacto eléctricamente conductor 31 (por ejemplo, de aleación de cobre) en el centro y un disco de desgaste 32 (por ejemplo, fabricado de un material plástico) en la circunferencia del vástago de contacto 31.  
35

En la fig. 7, el rodillo de contacto 14 tiene un cilindro de contacto 33 con un eje de giro 33a perpendicular a la dirección de movimiento m y a la dirección de la fuerza de contacto c. Una corredera de contacto de rodadura 34, por ejemplo una escobilla eléctricamente conductora, proporciona contacto eléctrico del cilindro de contacto 33 al rodillo de contacto 14 en relación al que gira el cilindro de contacto 33.  
40

En las figs. 6 y 7, el vástago de contacto 31 y la corredera de contacto de rodadura 43 están conectadas eléctricamente al descargador 4 y a la resistencia de puente de descargador 6 (figs. 1 a 5), respectivamente, mediante un cable flexible 35.

El miembro de contacto 12a (esto es, la corredera de contacto 13 (fig. 6) o el rodillo de contacto 14 (fig. 7)) incluye una palanca 36. La palanca 36 está montada de modo pivotante en un soporte de base 37 con la interposición de un miembro 45 38, aquí un cilindro de resorte, que está fijado al soporte de base 37. Es decir, la palanca 36 está montada en un pivote de palanca 39 y puede oscilar alrededor de un eje de oscilación definido por el mismo. La palanca 36 es empujada elásticamente hacia el miembro de contacto complementario 12b (el anillo 15 o correa 16). Otro pivote 40 (pivote de la corredera de contacto 40' en la fig. 6; pivote del eje del cilindro 40" en la fig. 7) se proporciona para permitir que la corredera de contacto 13 o el eje del cilindro de contacto 33a mantenga una orientación paralela a la del miembro de contacto complementario 12b (el anillo 15 o correa 16) cuando la palanca 36 oscila. En el modo de realización de la fig. 6 se mantiene automáticamente el paralelismo mediante la presión elástica de la corredera de contacto hacia el anillo 15 o correa 16. En el modo de realización de la fig. 7, el paralelismo es forzado mediante una biela paralela 41. Estos mecanismos compensan variaciones en la distancia entre el soporte de base 37 y el miembro de contacto complementario 12b (el anillo 15 o correa 16) que pueden tener lugar tras un giro relativo, de modo que se mantiene el  
50 contacto mecánico/eléctrico entre la pieza de corredera 30, o el cilindro de contacto 33 y el anillo 15 o correa 16.  
55

5 En ambos modos de realización de las figs. 6 y 7, el miembro de contacto 12a está empujado eléctricamente, por ejemplo, hacia su miembro de contacto complementario 12b por medio de un resorte en compresión 42, por ejemplo helicoidal, alojado en el cilindro del resorte 38. El resorte 42 presiona en un extremo contra el soporte de base 37 y en el otro extremo, mediante un pistón de resorte 38a contra una manivela 43 en la palanca 36, produciendo así un par que empuja la palanca 36 y por tanto el miembro de contacto 12a (corredera de contacto 13 o rodillo 14) hacia el miembro de contacto complementario 12b.

La dirección de la fuerza  $f$  producida por el resorte 42 es perpendicular a la dirección de movimiento  $m$  y a la dirección de la fuerza de contacto  $c$ . Así pues, el mecanismo de palanca de las figs. 6 y 7 desvía la dirección de la fuerza elástica  $s$  en aproximadamente  $90^\circ$  en la dirección de la fuerza de contacto  $c$ .

10 El soporte de base 37 está fabricada de material aislante, por ejemplo plástico aislante, con el fin de aislar el miembro de contacto 12a de, por ejemplo, el buje de rotor 18 sobre el que está montado. En algunos modos de realización, el miembro/cilindro de resorte 38 y/o la palanca 36 y la biela 41 (si es aplicable) están fabricados igualmente de material aislante, por ejemplo plástico aislante.

Figuras 8 y 9 (modos de realización de unidades de transferencia de corriente de rayos):

15 Las figs. 8 y 9 son vistas en perspectiva de diferentes modos de realización de una unidad de transferencia de corriente de rayos 3 del tipo ilustrado en las figs. 2 y 5, esto es, de una unidad de transferencia de corriente de rayos que permite la transferencia de corriente de rayos entre dos piezas 8, 9 giratorias relativamente entre sí alrededor de dos ejes diferentes  $10'$ ,  $10''$ . Las dos piezas 8, 9 son, por ejemplo, la pala de rotor 17 y la góndola 19 (figs. 2, 5). Como se describió en conexión con la fig. 5, la unidad de transferencia de corriente de rayos 3 esta diseñada, por ejemplo, para ser montada en el buje de rotor 18 de la turbina eólica 1.

Los modos de realización de las figs. 8 y 9 están compuestos de dos miembros de contacto  $12a'$ ,  $12a''$ , aquí del tipo de corredera de contacto 13. Los dos miembros de contacto  $12a'$ ,  $12a''$  se disponen trasera con trasera, con sus piezas deslizantes  $30'$ ,  $30''$  aproximadamente en planos paralelos, una vez montadas en la turbina eólica.

25 Los dos miembros de contacto  $12a'$ ,  $12a''$  están conectadas eléctricamente mediante la conexión de cable flexible 35, que discurre directamente de un miembro de contacto  $12a'$  al otro  $12a''$ , permaneciendo así esencialmente a la altura de los miembros de contacto por encima del soporte de base 37. Un conjunto de descargador 44, que implementa la conexión en paralelo del descargador 4 y la resistencia de puente de descargador 6 (figs. 1 a 5) se interpone en la conexión de cable flexible 35, por ejemplo en el centro entre los dos miembros de contacto  $12a'$ ,  $12a''$ .

30 El descargador 4 está montado en un apoyo 45 fabricado de material aislante, por ejemplo plástico no conductor. El apoyo 45 está fijado al soporte de base 37.

35 El modo de realización de la fig. 8 está compuesto de dos miembros de contacto  $12a'$ ,  $12a''$  equipados con un mecanismo de pivote y desviación de fuerza mostrado y descrito en conexión con la fig. 6. El soporte de base 37 es una pieza integral fabricada de material aislante, por ejemplo plástico no conductor. Proporciona una plataforma 46 sobre paredes laterales 47, estando elevada la plataforma 46 por encima de la base en la que se monta el soporte de base 37 por medio de pernos 48. El soporte de base 37 es un cuerpo hueco, definido por la plataforma 46 y las paredes laterales 47. En el modo de realización ejemplar de la fig. 8, la plataforma 46 tiene forma triangular. El soporte de base 37 es un cuerpo hueco, definido por la plataforma 46 y las paredes laterales 47. La plataforma tiene montantes para uno o ambos cilindros de resorte 38 y el apoyo 45. Los montantes para el cilindro de resorte son abrazaderas 46 con una forma semicilíndrica. Los cilindros de resorte 38 son atados a las abrazaderas por medio de bandas de plástico 50, por ejemplo.

40 El modo de realización ejemplar mostrado en la fig. 8 se refiere a un caso particular en el que los dos miembros de contacto  $12'$ ,  $12''$  están situados a distintos niveles por encima de la base del soporte de base 37. Así pues, solo una de las abrazaderas 49 se monta en la plataforma elevada 46, mientras que la otra se sitúa a un nivel inferior, a lo largo de las paredes laterales 47 en uno de los bordes del triángulo. Sin embargo, en otros modos de realización en los que los dos miembros de contacto  $12a'$ ,  $12a''$  están a la misma altura, ambas abrazaderas 49 están sobre la plataforma elevada 46.

45 El modo de realización de la fig. 9 está compuesto de dos miembros de contacto  $12a'$ ,  $12a''$  empujados por tiras elásticamente deformables precurvadas 51, fabricadas de material aislante, por ejemplo de plástico reforzado con fibras. El apoyo 45 que soporta el descargador 4 (con la resistencia de puente de descargador) está, por ejemplo asimismo en forma de tiras fabricadas de material aislante. El soporte de base 37 es una lámina metálica (esto es, no es aislante) montada directamente sobre la base. Esto proporciona montantes 52 para las tiras elásticas 51 y el soporte 45.

50 Figuras 10 y 11 (modos de realización de conjuntos de descargador encapsulados):

Las figs. 10 y 11 ilustran dos modos de realización diferentes de los conjuntos de descargador 44 (por ejemplo, de las figs. 8 y 9) con un encapsulado 53 del descargador 4. Las figs. 10b y 11b son secciones transversales a lo largo de la línea A-A de las vistas laterales de las figs. 10a y 11a, respectivamente. El encapsulado 53 permite que el aire escape, pero impide

que escapen las partículas que se puedan producir cuando tiene lugar una chispa.

5 En el modo de realización de la fig. 10, el encapsulado 53 está formado por una malla cilíndrica 54 que rodea el descargador 4. Los lados delanteros del cilindro formado por la malla 54 están cerrados por tapones 55 fabricados de material aislante, por ejemplo plástico. El cilindro está soportado mecánicamente por vástagos 53 que unen los tapones 55. La abertura de la malla 54 es de por ejemplo 0,5 mm, lo que impide que partículas mayores de por ejemplo 0,5 escapen del interior del encapsulado 53 (en la fig. 10 la abertura de la malla está dibujada fuera de escala).

10 Los electrodos de descargador 5 que forman el descargador 4 se sitúan, cara con cara, dentro del encapsulado 53. Las puntas de los electrodos redondeados del descargador 5 y separadas una cierta distancia (por ejemplo, 5 mm) entre sí y están redondeadas para asegurar que la intensidad del campo no aumenta indebidamente y que la tensión de disparo de la chispa está bien definida por la distancia del electrodo. Los electrodos de descargador 5 se insertan en alojamientos 57 eléctricamente conductores y transversales a los tapones 55. Están conectados con los cables 35 que conducen a los miembros de contacto 12a', 12a'' (por ejemplo de las figs. 8 y 9) por medio de los alojamientos 57.

15 La malla 54 está fabricada de material eléctricamente conductor, por ejemplo metal. Cada tapón aislante 55 está puentado por una resistencia 7', 7'' que conecta el alojamiento 57 correspondiente con la malla 54. La malla 54 forma parte de la trayectoria de corriente de descarga permanente ii que puentea el descargador 4 y que incluye la resistencia de puente de descargador 6. Así pues, en el modo de realización de la fig. 10, la resistencia de puente de descargador 6 está compuesta de una conexión en serie de las dos resistencias 7', 7'' y la malla eléctricamente conductora 54 interpuesta entre ambas.

20 En el modo de realización de la fig. 11, el encapsulado 53 está formado por un laberinto cilíndrico 58 que rodea el descargador 4. El laberinto 58 está formado por mitades complementarias en forma de copa del laberinto 58', 58'' insertadas una en otra. En la fig. 11, una de las mitades del laberinto 58' tiene un cilindro interno 59 adicional de modo que el gas que escapa del centro (la posición del descargador 4) es hecho girar dos veces 180° antes de abandonar el laberinto 58.

25 Los electrodos de descargador 5 que forman el descargador 4 se sitúan, cara con cara, en el centro del cilindro interno 59. Como se ve en la fig. 10, los electrodos de descargador 5 están separados una cierta distancia (por ejemplo, 5 mm) y son redondeados. Los electrodos de descargador 5 están insertados en alojamientos 57 eléctricamente conductores y atraviesan los fondos de las mitades en forma de copa del laberinto 58', 58''. Se conectan a los cables 35 que conducen a los miembros de contacto 12a', 12a'' (por ejemplo, en las figs. 8 y 9) mediante los alojamientos 57.

30 El laberinto 58 puede estar fabricado de un material no conductor. Está puentado por una resistencia 7 que conecta los dos alojamientos 57. En otros modos de realización, el laberinto está fabricado de material eléctricamente conductor y la resistencia 7a puentea solo el hueco entre las mitades del laberinto 58', 58'' (dibujadas en línea inclinada en la fig. 11). En este último modo de realización, el laberinto 58 forma parte de la trayectoria de corriente de descarga permanente ii.

Todas las publicaciones mencionadas en esta descripción quedan incorporadas en el presente documento por referencia.

35 Aunque se han descrito aquí ciertos procedimientos y productos construidos de acuerdo con las enseñanzas de la invención, el ámbito de cobertura de esta patente no se limita a los mismos. Al contrario, esta patente cubre todos los modos de realización de las enseñanzas de la invención que caigan en buena ley dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un conjunto de transferencia de corriente de rayos (2) para una turbina eólica (1) que comprende al menos una primera pieza (8) y una segunda pieza (9) que giran relativamente entre sí, estando dispuesto el conjunto de transferencia de corriente de rayos (2) para transferir corriente de rayos de la primera pieza (8) a la segunda pieza (9), que comprende:
- 5 al menos un montaje de contactos eléctricos (11, 11', 11'') que comprende miembros de contacto complementarios (12a, 12b, 12a', 12b', 12a'', 12b'') que proporcionan conexión eléctrica por medio de su contacto mecánico mutuo a la vez que son móviles relativamente entre sí;
- un descargador (4) con electrodos de descargador (5);
- 10 un conjunto de transferencia de corriente de rayos (2) que proporciona así al menos dos trayectorias de corriente alternativas de la primera pieza (8) a la segunda pieza (9):
- (i) una trayectoria de corriente de rayos y
- (ii) una trayectoria de corriente de descarga permanente;
- caracterizado por que
- 15 el descargador (4) está conectado en serie con el al menos un montaje de contactos eléctricos (11, 11', 11''), en el que los electrodos de descargador (5) son estacionarios relativamente entre sí;
- una resistencia de puente de descargador (6) conectada en paralelo al descargador (4),
- en el que la trayectoria de corriente de rayos es una trayectoria a través del al menos un montaje de contactos eléctricos (11, 11', 11'') y el descargador (4) y
- 20 la trayectoria de corriente de descarga permanente es una trayectoria a través del al menos un montaje de contactos eléctricos (11, 11', 11'') y a través de la resistencia de puente de descargador (6).
2. El conjunto de transferencia de corriente de rayos de la reivindicación 1, en el que la resistencia de puente de descargador (6) comprende una o más resistencias (7, 7', 7'').
3. El conjunto de transferencia de corriente de rayos de la reivindicación 1 o 2, en el que los miembros de contacto complementarios (12a, 12b, 12a', 12b', 12a'', 12b'') del al menos un montaje de contactos eléctricos (11, 11', 11'') comprende una corredera (13) o rodillo (14) de contacto y un anillo (15) o correa (16) complementarios contactados por la corredera (13) o rodillo (14) de contacto.
4. El conjunto de transferencia de corriente de rayos de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, estando dispuesto el conjunto de transferencia de corriente de rayos (2) para transferir corriente de rayos entre las piezas primera y segunda (8, 9) que giran relativamente entre sí alrededor de dos ejes diferentes (10', 10''), comprendiendo el conjunto de transferencia de corriente de rayos (2) al menos dos montajes de contactos eléctricos (11', 11'') conectados en serie.
- 30 5. El conjunto de transferencia de corriente de rayos de la reivindicación 4, en el que el descargador (4) y la resistencia de puente de descargador (6) están interpuestos entre los al menos dos montajes de contactos eléctricos (11', 11''), formando así una conexión en serie de un primer montaje de contactos eléctricos (11'), la conexión en paralelo del descargador (4) y la resistencia de puente de descargador (6) y un segundo montaje de contactos eléctricos (11'').
- 35 6. El conjunto de transferencia de corriente de rayos de la reivindicación 4 o 5, en el que
- el conjunto de transferencia de corriente de rayos (2) se dispone para su montaje en una turbina eólica (1) que comprende al menos una pala de rotor (17), un buje de rotor (18) y una góndola (19), siendo giratoria la pala de rotor (17) con relación al buje de rotor (18) alrededor de un primer eje (10') y siendo giratorio el buje de rotor (18) con relación a la góndola (19) alrededor de un segundo eje (10''),
- 40 comprendiendo el conjunto de transferencia de corriente de rayos (2) una unidad de transferencia de corriente de rayos (3) dispuesta para ser montada en el buje de rotor (18),
- 45 en el que el conjunto de transferencia de corriente de rayos (2) proporciona una trayectoria de corriente de rayos y una trayectoria de corriente de descarga permanente de la pala de rotor (17) a la góndola (19) por medio de los al menos dos montajes de contactos eléctricos (11', 11''), conectados en serie con la conexión en paralelo del

descargador (4) y la resistencia de puente de descargador (6) interpuesta.

- 5 7. El conjunto de transferencia de corriente de rayos de la reivindicación 6, en el que tanto la trayectoria de corriente de rayos discontinua galvánicamente como la trayectoria de corriente de descarga permanente a través de la unidad de transferencia de corriente de rayos (3) están aisladas eléctricamente del buje de rotor (18), de modo que la corriente de rayos rodea el buje de rotor (18) y cojinetes facilitadores de giro (22, 24) entre la pala de rotor (17) y el buje de rotor (18) y entre el buje de rotor (18) y la góndola (19).
- 10 8. El conjunto de transferencia de corriente de rayos de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en el que los al menos dos montajes de contactos eléctricos (11', 11'') están conectados mediante un cable (35), estando interpuesto el descargador (4) en la conexión de cables (35) entre los al menos dos montajes de contactos eléctricos (11', 11'').
9. El conjunto de transferencia de corriente de rayos de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el descargador (4) está montado en un apoyo aislante (45).
- 15 10. El conjunto de transferencia de corriente de rayos de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende un soporte de base (37) fabricado de material aislante que es un soporte común tanto para el descargador (4) como para al menos uno de los miembros de contacto (12a, 12a', 12a'').
11. El conjunto de transferencia de corriente de rayos de la reivindicación 10, en el que el al menos uno de los miembros de contacto (12a, 12a', 12a'') está montado de modo pivotante en el soporte de base (37) o a un miembro (38) fijado al soporte de base (37).
- 20 12. El conjunto de transferencia de corriente de rayos de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el descargador (4) está encapsulado, permitiendo el encapsulado (53) que escape aire, pero impidiendo que escapen partículas producidas cuando tiene lugar una chispa.
13. El conjunto de transferencia de corriente de rayos de la reivindicación 12, en el que el encapsulado de descargador (53) comprende una malla (54) que rodea el descargador (4).
- 25 14. El conjunto de transferencia de corriente de rayos de la reivindicación 12 o 13, en el que el encapsulado del descargador (53) comprende un alojamiento en forma de laberinto (58).
15. El conjunto de transferencia de corriente de rayos de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en el que el encapsulado del descargador (53) está al menos parcialmente fabricado de material eléctricamente conductor y forma parte de la trayectoria de corriente de descarga permanente que puentea el descargador (4) y que incluye la resistencia de puente de descargador (6).
- 30 16. Una turbina eólica (1) que comprende al menos un conjunto de transferencia de corriente de rayos (2) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15.

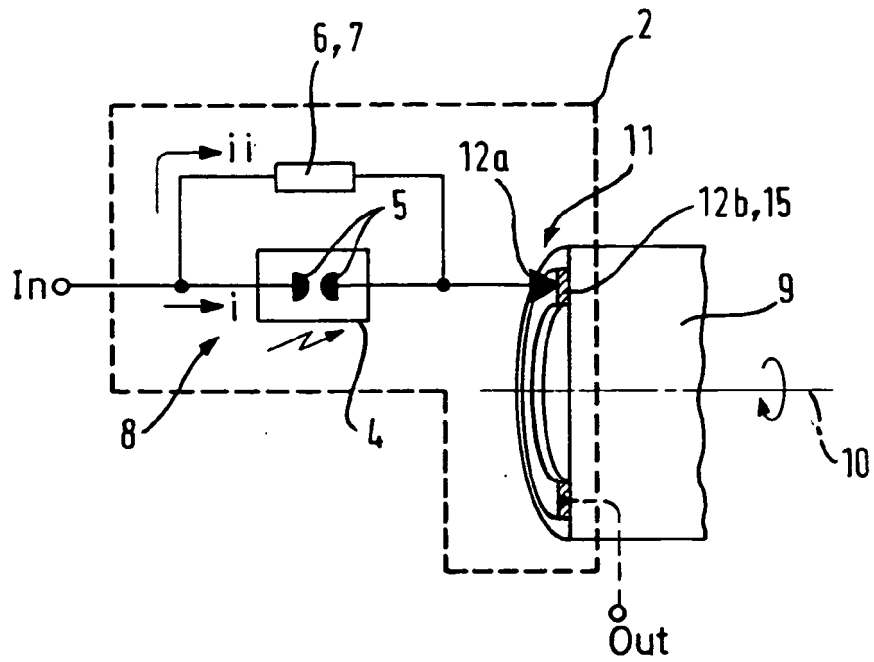


Fig. 1

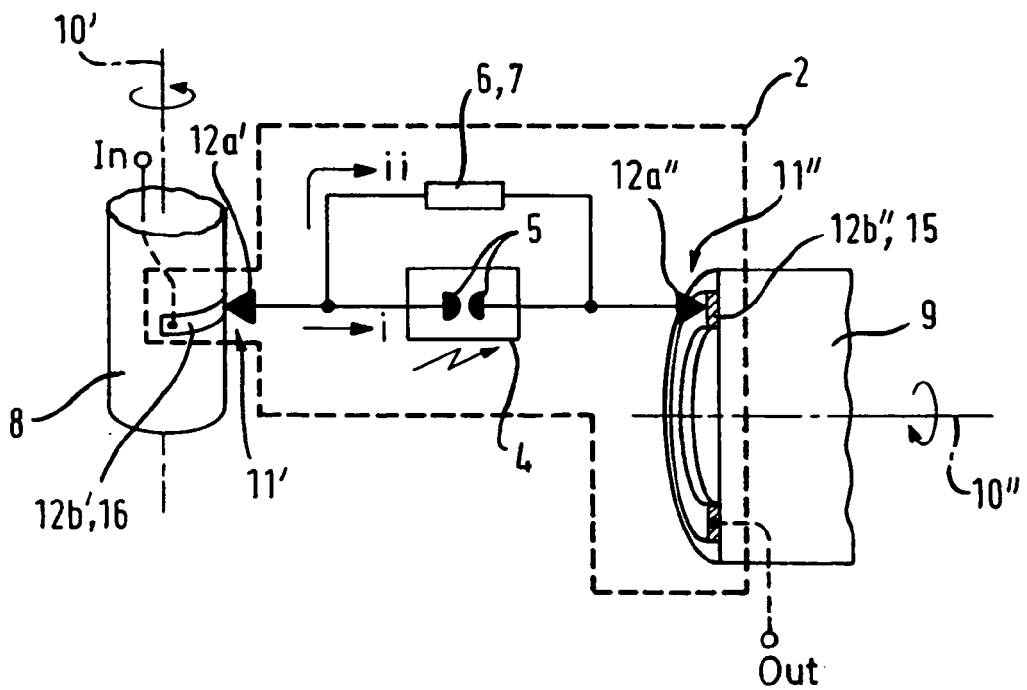


Fig. 2



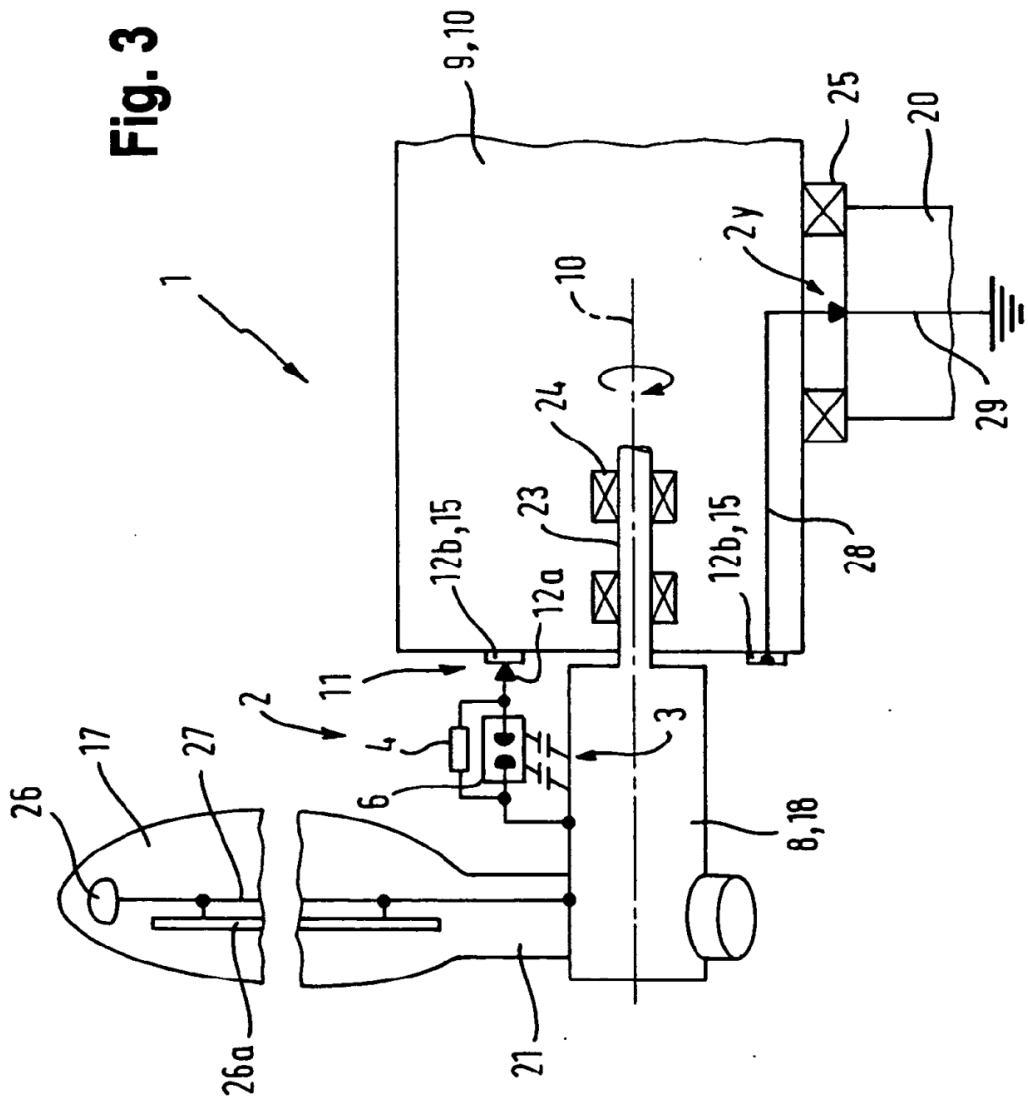
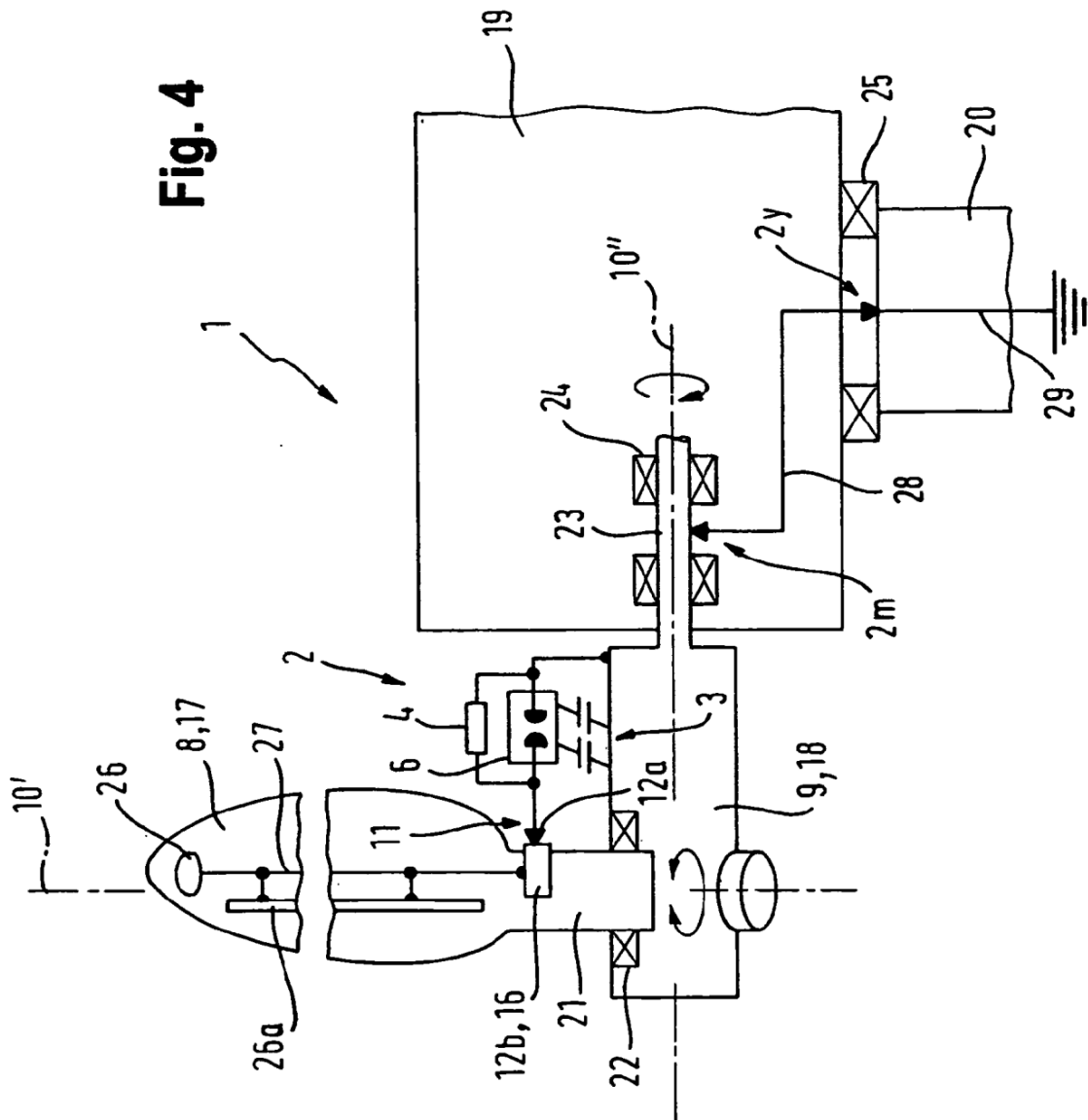
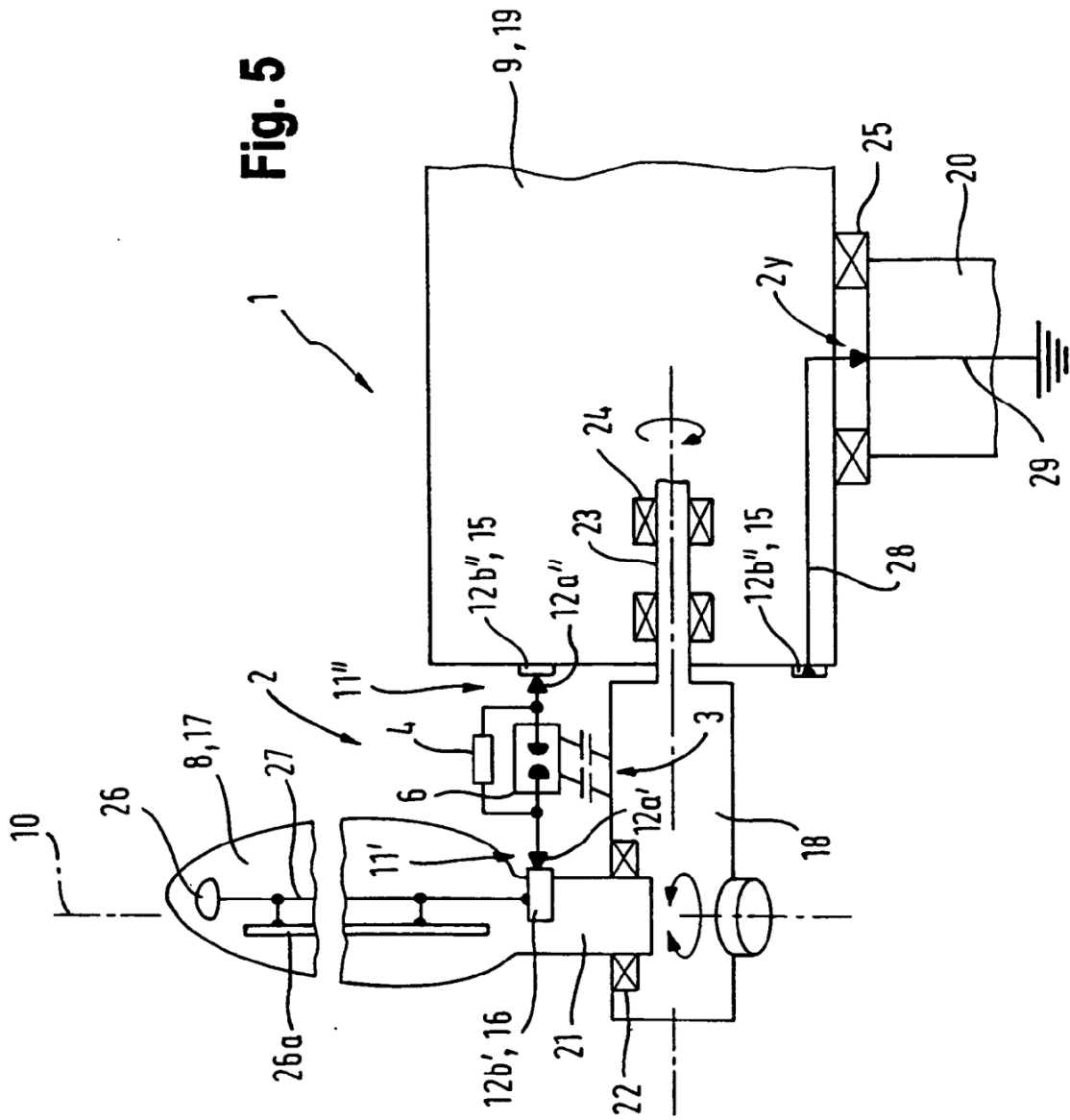


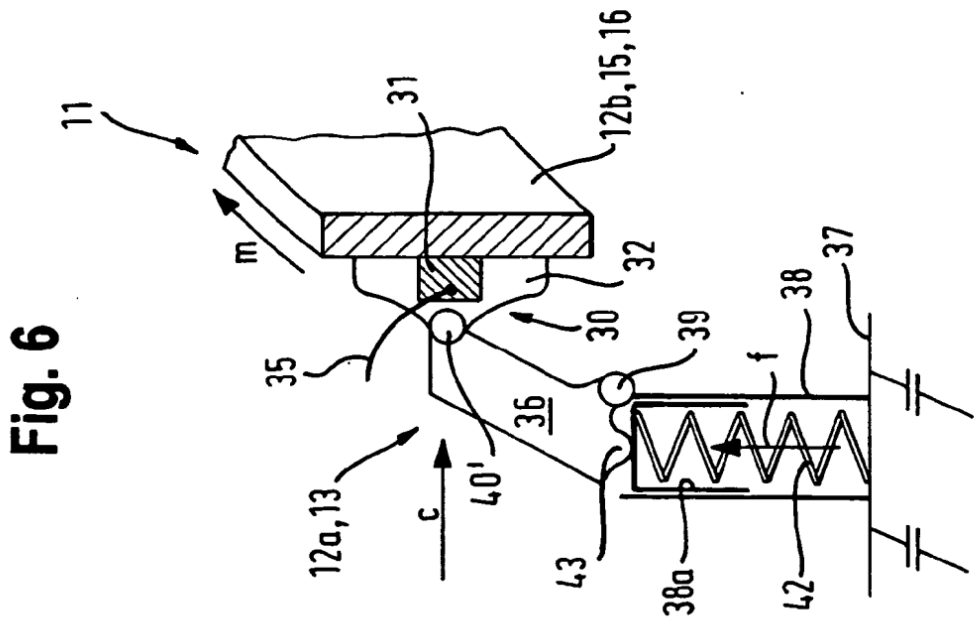
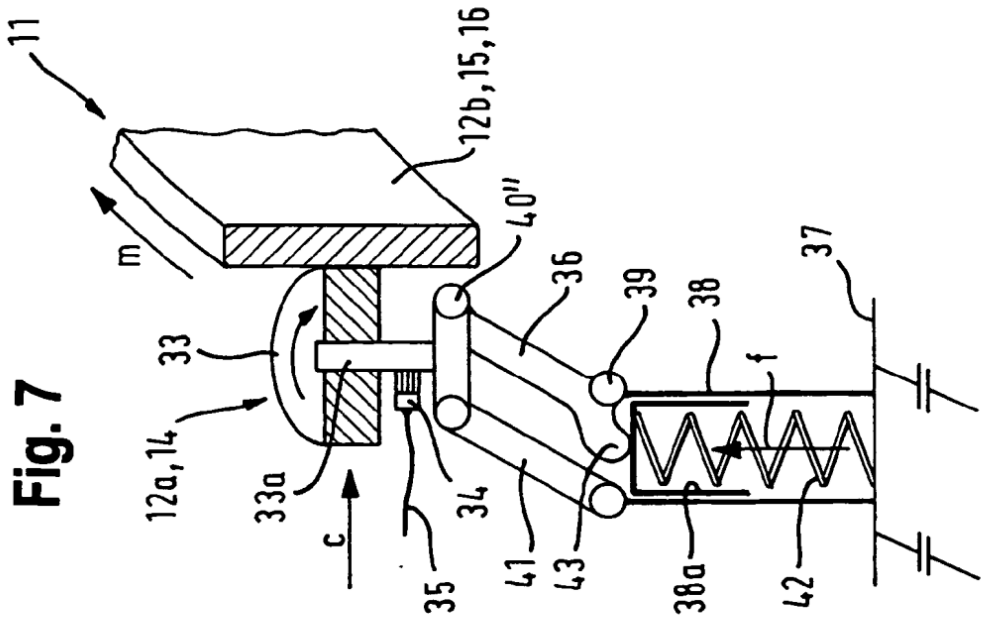
Fig. 3

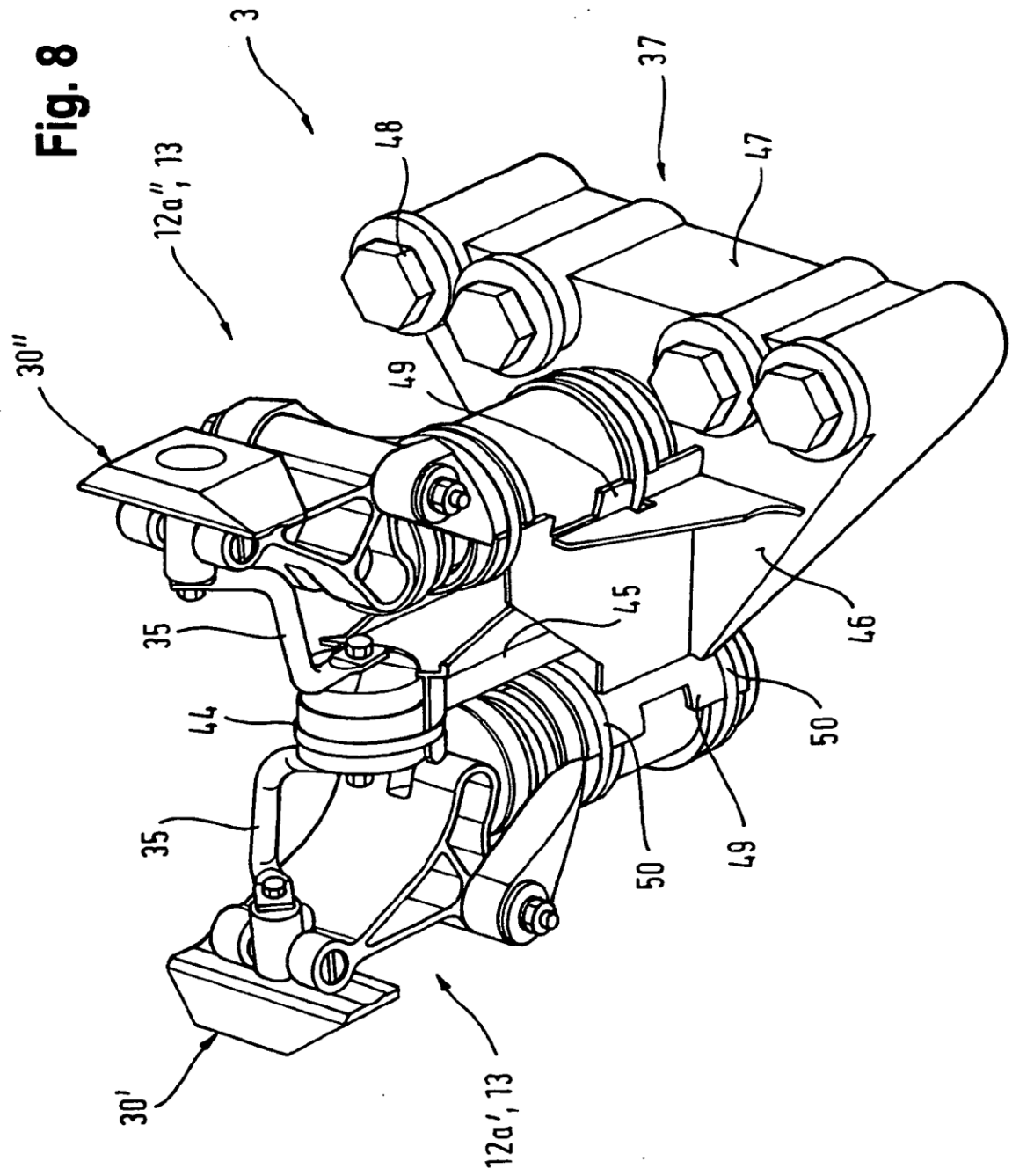


**Fig. 4**



**Fig. 5**





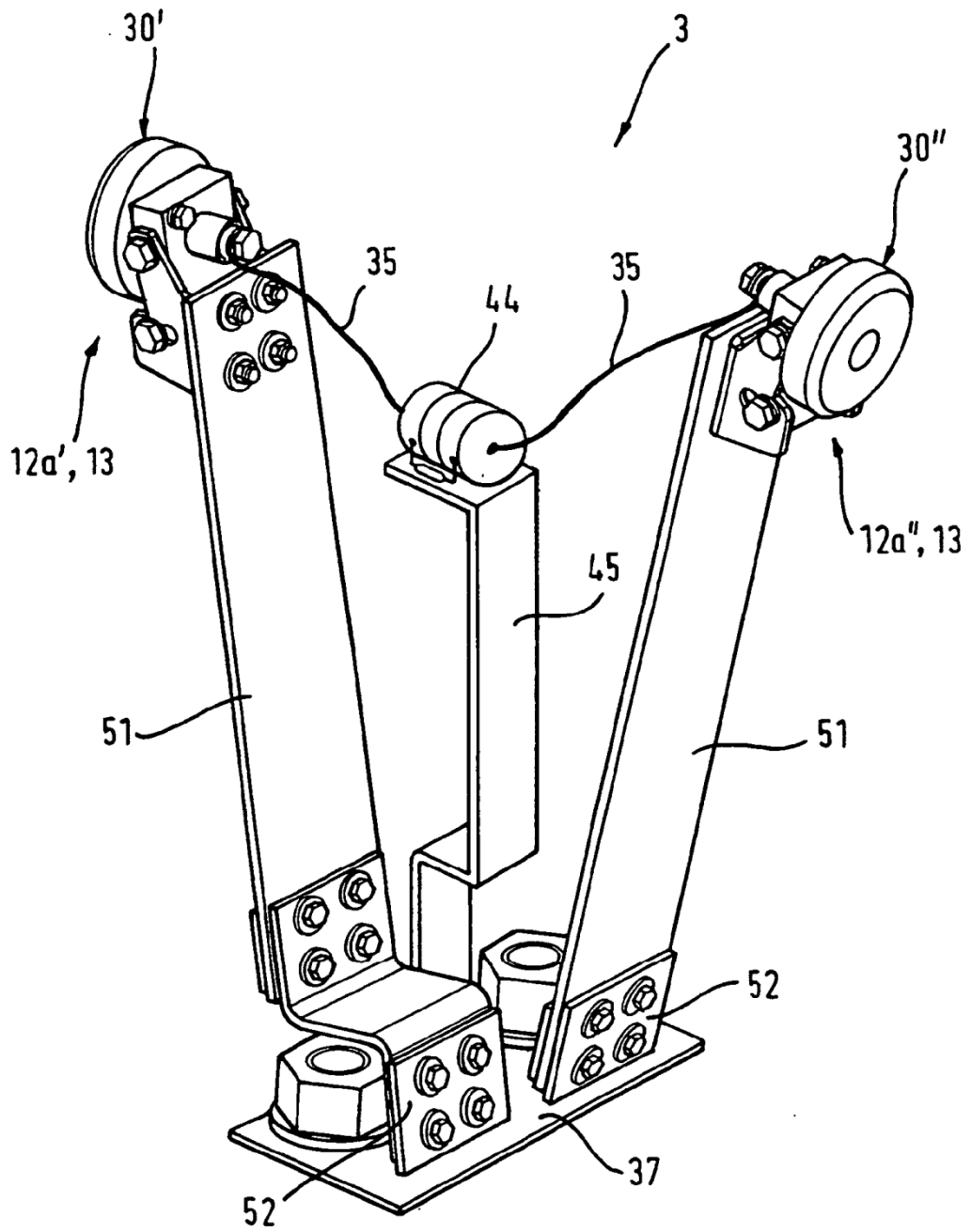


Figura 9

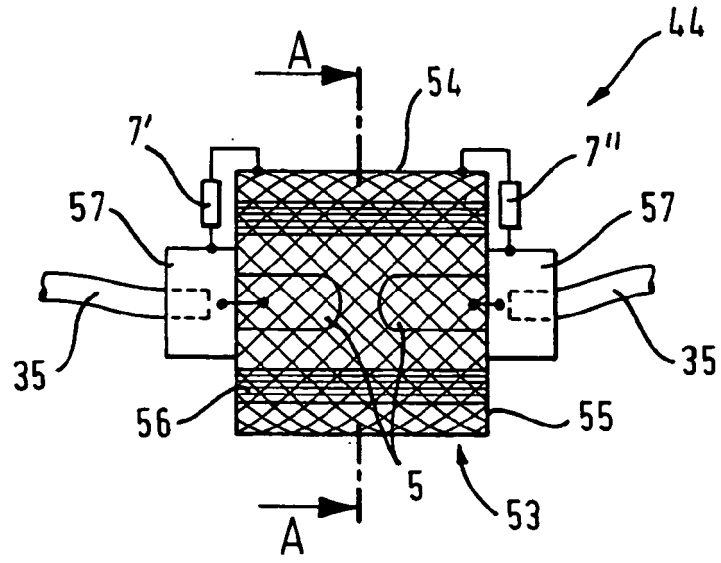


Figura 10a

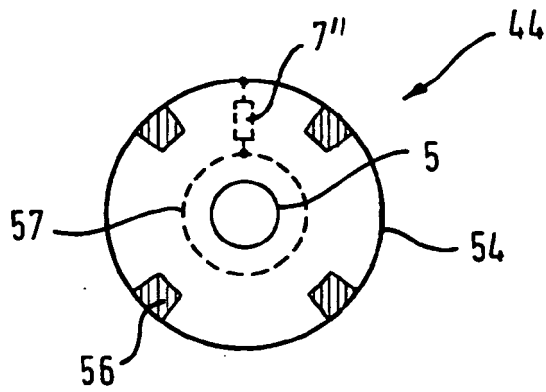


Figura 10b

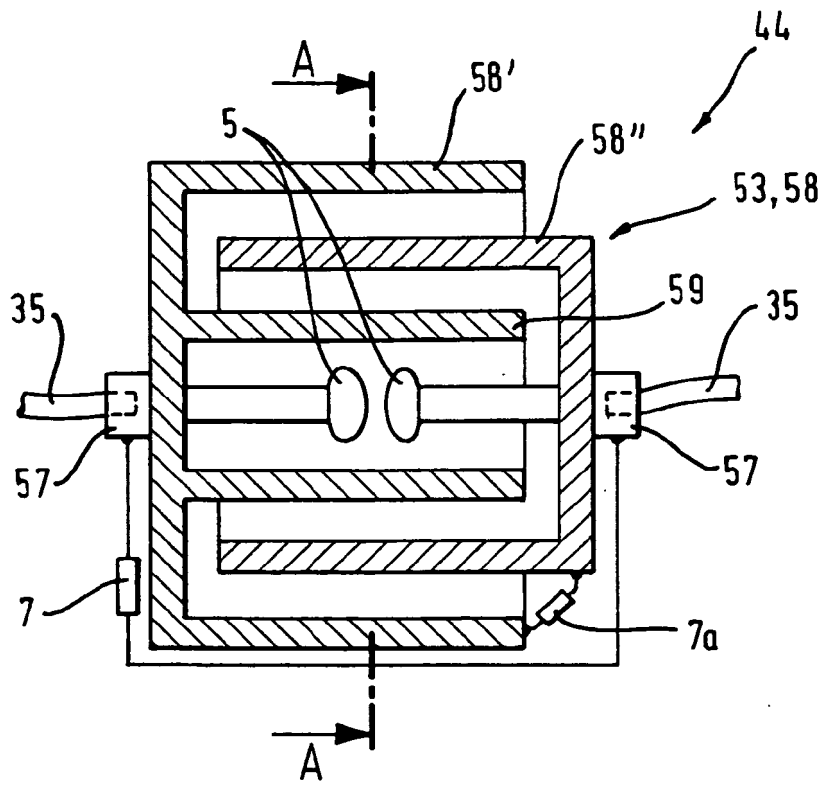


Figura 11a

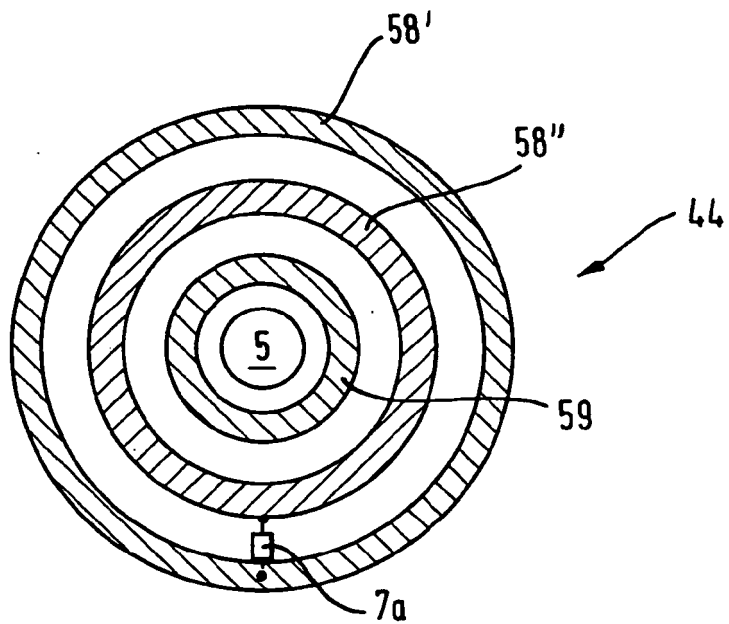


Figura 11b