

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 789 025**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2016** E 16166071 (7)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.02.2020** EP 3088732

54 Título: **Procedimiento y sistema para reemplazar una única pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

**27.04.2015 US 201514697054**

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

**23.10.2020**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)  
1 River Road  
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**NEUMANN, ULRICH WERNER;  
COSTAIN, KEVIN THOMAS;  
HACH, FORREST CHRISTOPHER;  
JOHNSON, MICHAEL ROYCE;  
PFEIFFER, GAYLON MITCHELL;  
REDD II., RODNEY y  
WILLMAN, STEPHANIE LOHBERG**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

**ES 2 789 025 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**

Procedimiento y sistema para reemplazar una única pala de turbina eólica

5 **[0001]** La materia objeto divulgada en el presente documento se refiere en general a la técnica de las turbinas eólicas y, más en particular, a un procedimiento y sistema para reemplazar una pala de turbina eólica.

10 **[0002]** Los generadores eólicos convierten la energía proporcionada por las corrientes de aire en electricidad. Las corrientes de aire hacen rotar grandes palas de rotor o hélices que están montadas en góndolas en la parte superior de una torre. Las palas hacen girar un rotor relativo a un estator para generar una corriente eléctrica. La velocidad de rotación se controla variando el paso de la pala, así como a través del uso de diversos sistemas de frenado. En condiciones de viento fuerte, el paso de la pala se ajusta para derramar energía eólica para limitar la velocidad de rotación. Ocasionalmente, el sistema de frenado se emplea para evitar además que las palas alcancen altas velocidades de rotación. En condiciones de poco viento, el paso de la pala se ajusta para capturar tanta energía eólica como sea posible.

15 **[0003]** Con el tiempo, los generadores eólicos requieren mantenimiento. Los restos, granizos y similares a menudo golpean las palas y provocan daños. Reemplazar una pala desgastada o dañada en general requiere la presencia de una o más grúas terrestres o marinas grandes. Las grúas grandes se usan para retener y bajar la pala a una superficie tal como el suelo o la cubierta de un barco. En algunos casos, reemplazar una pala hace necesario que otras de las palas se muevan a una posición de desequilibrio. Es decir, se activa un sistema de frenos para situar la pala que se está reemplazando en una posición que es horizontal al suelo. En dicho caso, las otras de las palas son fuerzas que imparten desequilibrio al sistema de frenado. En otros casos, la pala se coloca en una posición perpendicular al suelo y se baja. En dichos casos, se requieren múltiples equipos para hacer rotar la pala para evitar el contacto entre la superficie y una parte de punta de la pala que puede dar como resultado daños. Véase, por ejemplo, los documentos EP 2 725 220 y EP 2 369 174 con respecto a los sistemas conocidos de manejo de palas.

20 **[0004]** La presente invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

25 **[0005]** Diversas ventajas y rasgos característicos resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción, tomada en conjunción con los dibujos.

30 **[0006]** La materia objeto, que se considera como la invención, se señala en particular y se reivindica claramente en las reivindicaciones al final de la memoria descriptiva. Los anteriores y otros rasgos característicos, y las ventajas de la invención resultan evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, tomada en conjunción con los dibujos adjuntos, en los que:

35 La FIG. 1 es una vista en perspectiva parcial de un buje de soporte de turbina eólica que tiene un sistema para efectuar el reemplazo de una única pala de turbina eólica de acuerdo con un modo de realización ejemplar;

40 la FIG. 2 es una vista en perspectiva parcial de una pala de turbina eólica de la FIG. 1 suspendida a una primera distancia del buje de soporte de turbina eólica por una pluralidad de miembros de soporte;

45 la FIG. 3 representa un miembro de soporte y un cilindro de gato hidráulico en una configuración extendida de acuerdo con un modo de realización ejemplar;

50 la FIG. 4 representa el cilindro de gato hidráulico de la FIG. 3 en una configuración retraída;

la FIG. 5 es una vista en perspectiva parcial de una pluralidad de miembros de escuadra asegurados al buje de soporte de turbina eólica y una pluralidad de elementos de escuadra asegurados a la pala de turbina eólica;

55 la FIG. 6 representa una pluralidad de miembros de escalada de cable y una pluralidad de miembros de soporte que soportan la pala de turbina eólica desde el buje de soporte de turbina eólica;

60 la FIG. 7 representa uno de la pluralidad de miembros de escalada de cable que soportan la pala de turbina eólica desde el buje de soporte de turbina eólica;

la FIG. 8 representa la pala de turbina eólica de la FIG. 1, soportado desde el buje de soporte de turbina eólica a través de solo la pluralidad de miembros de escalada de cable;

65 la FIG. 9 representa la pala de turbina eólica bajando hacia el suelo;

la FIG. 10 es una vista en perspectiva parcial de un buje de soporte de turbina eólica que tiene un sistema

para efectuar el reemplazo de una única pala de turbina eólica de acuerdo con otro modo de realización ejemplar;

5 la FIG. 11 es una vista en perspectiva parcial de la pala de turbina eólica de la FIG. 10 suspendida a una primera distancia del buje de soporte de turbina eólica por una pluralidad de primeros dispositivos de elevación de acuerdo con un aspecto de un modo de realización ejemplar;

10 la FIG. 12 es una vista en perspectiva parcial de la pala de turbina eólica de la FIG. 11 que representa la unión de una pluralidad de elementos de gancho, de acuerdo con un aspecto de un modo de realización ejemplar;

15 la FIG. 13 es una vista en perspectiva parcial de la pala de turbina eólica de la FIG. 12 suspendida del buje de soporte de turbina eólica a través de la pluralidad de primeros dispositivos de elevación y una pluralidad de segundos dispositivos de elevación;

la FIG. 14 es una vista en perspectiva parcial de la pala de turbina eólica de la FIG. 13 soportada desde el buje de soporte de turbina eólica por la pluralidad de segundos dispositivos de elevación después de completar una maniobra de enlace;

20 la FIG. 15 representa la pala de turbina eólica de la FIG. 14 bajando del buje de soporte de turbina eólica sin el uso de una grúa por la pluralidad de segundos miembros de elevación; y

la FIG. 16 representa la pala de turbina eólica de la FIG. 15 descansando en el suelo.

25 **[0007]** La descripción detallada expone modos de realización de la invención, junto con ventajas y rasgos característicos, a modo de ejemplo con referencia a los dibujos.

30 **[0008]** Una turbina eólica se indica en general en 2 en la FIG. 1. La turbina eólica 2 incluye un buje de soporte 4 que tiene unida al mismo una primera pala de turbina eólica 7, una segunda pala de turbina eólica 8 y una tercera pala de turbina eólica 9. La tercera pala de turbina eólica 9 incluye una primera parte de extremo o de raíz 11 y una segunda parte de extremo o de punta 12. Por supuesto, las primera y segunda palas de turbina eólica 7 y 8 también incluyen primeras partes de extremo o de raíz (no marcadas por separado) así como segundas partes de extremo o de punta (tampoco marcadas por separado). La parte de extremo 11 incluye un conjunto de sujetadores mecánicos, indicados en general en 14, que se extienden a través de una pluralidad correspondiente de aberturas, una de las cuales se muestra en 16 (FIG. 3) proporcionada en una parte de recepción de pala 18 del buje de soporte 4. De acuerdo con un modo de realización ejemplar, se proporciona un sistema de reemplazo de palas, una parte del cual se indica en 20, dentro del buje de soporte 4.

40 **[0009]** El sistema de reemplazo de palas 20 incluye un primer miembro de soporte 25, un segundo miembro de soporte 26 y un tercer miembro de soporte 27. Los miembros de soporte 25-27 toman la forma de varillas roscadas (no marcadas por separado) que se extienden a través de las aberturas 16 en la parte de recepción de pala 18 y se acoplan con aberturas roscadas (no marcadas por separado) provistas previamente de sujetadores 14 como se muestra en la FIG. 2. Una vez instalado, un cilindro hidráulico de elevación 34, ilustrado en la FIG. 3, se guía sobre cada miembro de soporte 25-27. El cilindro hidráulico de elevación 34 incluye una sección de base 36 que descansa sobre una superficie interior (no marcada por separado) de la parte de recepción de pala 18 y una pluralidad de secciones telescópicas 38-40. La sección de base 36 y las secciones telescópicas 38-40 incluyen un paso central 42 que recibe uno correspondiente de los miembros de soporte 25-27.

50 **[0010]** En la FIG. 3, el cilindro hidráulico de elevación 34 se muestra montado sobre un extremo libre (no marcado por separado) del miembro de soporte 25. Una vez en posición, las secciones telescópicas 38-40 se extienden y una tuerca de retención 49 se enrosca en el primer miembro de soporte 25. Una vez que se proporcionan cilindros hidráulicos de elevación adicionales (no mostrados) en los primer y segundo miembros de soporte 26 y 27, las tuercas de retención 49 se retiran de los sujetadores 14. En este punto, las secciones telescópicas 38-40 se desplazan a la sección de base 36 (FIG. 4) que separa la tercera pala de turbina eólica 9 del buje de soporte 4 en una primera distancia. Una vez separada en la primera distancia, de una en una, las tuercas de retención 49 se alejan de la sección de base 36 y las secciones telescópicas 38-40 se extienden nuevamente en preparación para una separación adicional de la tercera pala de turbina eólica 9 del buje de soporte 4.

60 **[0011]** El sistema de reemplazo de palas 20 también incluye una pluralidad de miembros de escuadra, uno de los cuales se indica en 54 y una pluralidad de elementos de escuadra, uno de los cuales se indica en 57. Cuando se separa en la primera distancia, los miembros de escuadra 54, se montan en la parte de recepción de pala 18 y los elementos de escuadra 57 se montan para seleccionar unos de los sujetadores 14 en la tercera pala de turbina eólica 9, como se muestra en la FIG. 5. Cada miembro de escuadra 54 y elemento de escuadra 57 incluye una estructura de montaje, mostrada en forma de aberturas (no marcadas por separado). Un número de cables 64, 65 y 66 están conectados a los correspondientes de los miembros de escuadra 54. Específicamente, un extremo (no marcado por separado) de cada cable 64, 65 y 66 está montado en un miembro de escuadra 54 correspondiente

y otro extremo libre de cada cable 64, 65 y 66 puede caer hacia el suelo. Por "suelo" se debe entender que el extremo libre de cada cable 64, 65 y 66 puede caer hacia el suelo, la cubierta de un barco o un cuerpo de agua dependiendo de la localización de la turbina eólica 2. Una vez que se instalan los miembros de escuadra 54 y los elementos de escuadra 57, se bajan las secciones telescópicas 38-40 de los cilindros hidráulicos de elevación 34 creando una separación adicional entre la tercera pala de turbina eólica 9 y el buje de soporte 4.

**[0012]** La separación adicional permite el montaje de miembros de escalada de cable (no reivindicado). Más específicamente, el sistema de reemplazo de palas 20 incluye además una pluralidad de miembros de escalada de cable 80, 81 y 82. Los miembros de escalada de cable están conectados a los correspondientes de los cables 64, 65 y 66. Los miembros de escalada de cable 80, 81 y 82 se controlan para subir desde los extremos libres de cada cable 64-66 hacia los miembros de escuadra 54, como se muestra en la FIG. 6. Como cada cabrestante 80, 81 y 82 se forma de manera similar, seguirá una descripción detallada a la FIG. 7 a describir el cabrestante 80 con un entendimiento de que los miembros de escalada de cable 81 y 82 incluyen la estructura correspondiente. El cabrestante 80 incluye una carcasa 85 que soporta un motor 88, una parte de escalada de cable 90 y un grillete 93. El grillete 93 está conectado al elemento de escuadra 57 a través de un acoplador 96. Una vez que todos los miembros de escalada de cable 80-82 están conectados a los elementos de escuadra 57 correspondientes, las secciones telescópicas 38-40 de los cilindros hidráulicos de elevación 34 se bajan aún más transfiriendo el soporte de la tercera pala de turbina eólica 9 desde los miembros de escuadra 25-27 a los miembros de escalada de cable 80-82 como se muestra en la FIG. 8. En este punto, los miembros de soporte 25-27 se pueden retirar, y los miembros de escalada de cable 80-82 se pueden desplazar o descender en los cables 64-66 para bajar la tercera pala de turbina eólica 9 desde el buje de soporte 4 como se muestra en la FIG. 9. Las etapas anteriores se pueden revisar para elevar e instalar una nueva pala de turbina eólica.

**[0013]** Ahora se hará referencia a las figuras 10-16, en las que números de referencia similares representan las partes correspondientes en las vistas respectivas, describiendo un modo de realización ejemplar de la presente invención. La parte de raíz 11 de la pala de turbina eólica 9 incluye una superficie interior 194. Una pluralidad de miembros de gancho, uno de los cuales se indica en 200, está unido a la superficie interior 194 de la parte de raíz 11. Antes de bajar la pala de turbina eólica 9 al suelo, una escuadra de aparejo de punta 201 (FIG. 15) se asegura contigua a la parte de punta 12. Se puede asegurar o conectar una línea o amarre 202 terrestre de aparejo de punta a la escuadra de aparejo de punta 201. Como se expondrá más detalladamente a continuación, el amarre 202 permite al personal desplazar la parte de punta 12 a medida que la pala de turbina eólica 9 se baja al suelo.

**[0014]** Una pluralidad de primeros dispositivos de elevación, uno de los cuales se indica en 204, está asegurada entre el buje de soporte 4 y la pala de turbina eólica 9. Cada uno de la pluralidad de primeros dispositivos de elevación 204 puede tomar la forma de un polipasto de cadena 206 que tiene un primer extremo 208 soportado en el buje de soporte 4 y un segundo extremo 209 que incluye un grillete 210 que está acoplado al miembro de gancho 200. Una o más cadenas (no marcadas por separado) se pueden extender entre los primer y segundo extremos 208 y 209. Una vez conectada, la pala de turbina eólica 9 se puede desconectar de la parte de recepción de pala 18. Después de liberar el conjunto de sujetadores mecánicos 14, la pala de turbina eólica 9 se puede bajar en una primera distancia del buje de soporte de turbina eólica 4 mediante una pluralidad de primeros dispositivos de elevación 204, como se muestra en la FIG. 11.

**[0015]** Una pluralidad de elementos de gancho, uno de los cuales se indica en 219, se puede asegurar al conjunto de sujetadores mecánicos 14, como se muestra en la FIG. 12. Cada elemento de gancho 219 incluye una parte de base 221 y una parte de ojo de gancho 222. La parte de base 221 puede incluir uno o más pasos (no marcados por separado) receptivos a uno correspondiente del conjunto de sujetadores mecánicos 14. Después de conectar los elementos de gancho 219 a la parte de raíz 11, una pluralidad de segundos dispositivos de elevación, uno de los cuales se indica en 230, se conecta entre el buje de soporte de turbina eólica 4 y la pala de turbina eólica 9, como se muestra en la FIG. 13. Cada uno de la pluralidad de segundos dispositivos de elevación 230 puede tomar la forma de un polipasto 232 que se puede levantar hasta el personal en el buje de soporte de turbina eólica 4. Cada polipasto 232 incluye una primera parte de extremo 234 soportada fijamente dentro del buje de soporte de turbina eólica 4 y una segunda parte de extremo 235 acoplada a la parte de ojo de gancho 222. Un cable o cuerda 238 se enhebra a través de las poleas (no marcadas por separado) portadas por las primera y segunda partes de extremo 234 y 235. La cuerda 238 incluye un cabo 240 que se extiende hasta el suelo.

**[0016]** Se realiza una maniobra de enlace después de unir la pluralidad de segundos dispositivos de elevación 230. Durante la maniobra de enlace, la pluralidad de primeros dispositivos de elevación 204 se hacen funcionar de modo que la pala de turbina eólica 9 esté soportada por la pluralidad de segundos dispositivos de elevación 230. Una vez que la pala de turbina eólica 9 es soportada por la pluralidad de segundos dispositivos de elevación 230, la pluralidad de primeros dispositivos de elevación 204 se puede desconectar y retirar, tal como se muestra en la FIG. 14. La pluralidad de segundos dispositivos de elevación 230 se puede hacer funcionar para bajar la pala de turbina eólica 9 hacia el suelo, como se muestra en la FIG. 15. Mientras se baja, se puede aplicar tensión al amarre 202 para mover gradualmente la pala de turbina eólica 9 desde una orientación en general vertical a una posición en general horizontal. La pala de turbina eólica 9 puede a continuación tocar tierra, como se muestra en la FIG. 16. La tensión en el amarre 202 se puede aplicar a través de cabrestantes terrestres o mediante una pequeña grúa móvil.

5 **[0017]** En este punto, se debe entender que los modos de realización ejemplares describen un sistema para bajar y elevar las palas de turbina eólica sin la necesidad de grúas terrestres. Los modos de realización ejemplares emplean múltiples dispositivos de elevación que se usan para bajar la pala de turbina eólica al suelo sin la necesidad de grandes grúas terrestres. También se debe entender que el número y el tipo de dispositivos de elevación pueden variar. Además, se debe entender que una nueva pala se puede elevar y asegurar al buje invirtiendo el proceso descrito anteriormente.

10 **[0018]** Aunque se ha descrito la invención en detalle solo en relación con un número limitado de modos de realización, se debe entender fácilmente que la invención no está limitada a dichos modos de realización divulgados. Por el contrario, la invención se puede modificar para incorporar cualquier número de variaciones, alteraciones, sustituciones o disposiciones equivalentes no descritas hasta ahora, pero que son proporcionales al alcance de la invención. Adicionalmente, aunque se han descrito diversos modos de realización de la invención, se debe entender que los aspectos de la invención pueden incluir solo algunos de los modos de realización descritos. En consecuencia, la invención no se debe interpretar como limitada a la anterior descripción, sino solo  
15 limitada por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para reemplazar una pala de turbina eólica (9) que comprende:
  - 5           conectar una pluralidad de primeros dispositivos de elevación (204) entre un buje de soporte de turbina eólica (4) y la pala de turbina eólica (9);
  - suspender la pala de turbina eólica (9) del buje de soporte de turbina eólica (4) a través de la pluralidad de primeros dispositivos de elevación (204);
  - 10           conectar una pluralidad de segundos dispositivos de elevación (230) entre el buje de soporte de turbina eólica (4) y la pala de turbina eólica (9), teniendo cada uno de los segundos dispositivos de elevación (230) una primera parte de extremo (234) soportada fijamente dentro del buje de soporte turbina eólica (4) y una segunda parte de extremo (235), estando dicha segunda parte de extremo (235) conectada a la pala de turbina eólica (9), en el que un cable (238) está enhebrado a través de poleas portadas por dichas primera y segunda partes de extremo (234,235), incluyendo dicho cable (238) un cabo (240) que se extiende hasta el suelo;
  - soportar la pala de turbina eólica (9) con la pluralidad de segundos dispositivos de elevación (230);
  - 20           desconectar la pluralidad de primeros dispositivos de elevación (204) de la pala de turbina eólica (9); y
  - bajar la pala de turbina eólica (9) al suelo, con los segundos dispositivos de elevación (230).
- 25   2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que suspender la pala de turbina eólica (9) incluye bajar la pala de turbina eólica (9) desde el buje de soporte de turbina eólica (4) a través de la pluralidad de primeros dispositivos de elevación (204).
- 30   3. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que conectar la pluralidad de primeros dispositivos de elevación (204) incluye acoplar un miembro de gancho (200) de cada uno de la pluralidad de primeros dispositivos de elevación (204) a un miembro de gancho correspondiente asegurado a una superficie anular interior de la pala de turbina eólica (9).
- 35   4. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que conectar la pluralidad de segundos dispositivos de elevación (230) incluye acoplar cada uno de la pluralidad de segundos dispositivos de elevación a un elemento de gancho correspondiente (200) montado en una parte de extremo de raíz de la pala de turbina eólica (9).
- 40   5. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que acoplar cada uno de la pluralidad de segundos dispositivos de elevación (230) incluye montar el elemento de gancho (200) en uno o más de un conjunto de sujetadores mecánicos que se extienden desde una parte de extremo de raíz de la pala de turbina eólica.
- 45   6. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que desconectar la pluralidad de primeros dispositivos de elevación (204) incluye realizar una maniobra de enlace que transfiere el soporte de la pala de turbina eólica desde la pluralidad de primeros dispositivos de elevación a la pluralidad de segundos dispositivos de elevación.
- 50   7. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, que comprende además:
  - asegurar una escuadra de aparejo de punta a la pala de turbina eólica (9); y
  - conectar una línea terrestre de aparejo de punta a la escuadra de aparejo de punta.
- 55   8. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, que comprende además: desplazar una parte de punta de la pala de turbina eólica (9) alejándola de una torre de soporte de turbina eólica a medida que la pala de turbina eólica (9) se baja a través de la pluralidad de segundos dispositivos de elevación (230).
- 60   9. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que conectar la pluralidad de primeros dispositivos de elevación (204) a la pala de turbina eólica incluye acoplar una pluralidad de polipastos de cadena entre el buje de soporte de turbina eólica (4) y la pala de turbina eólica (9).
- 65   10. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que conectar la pluralidad de segundos dispositivos de elevación (230) incluye acoplar una pluralidad de dispositivos de polipasto entre el buje de soporte de turbina eólica (4) y la pala de turbina eólica (9).

FIG. 1

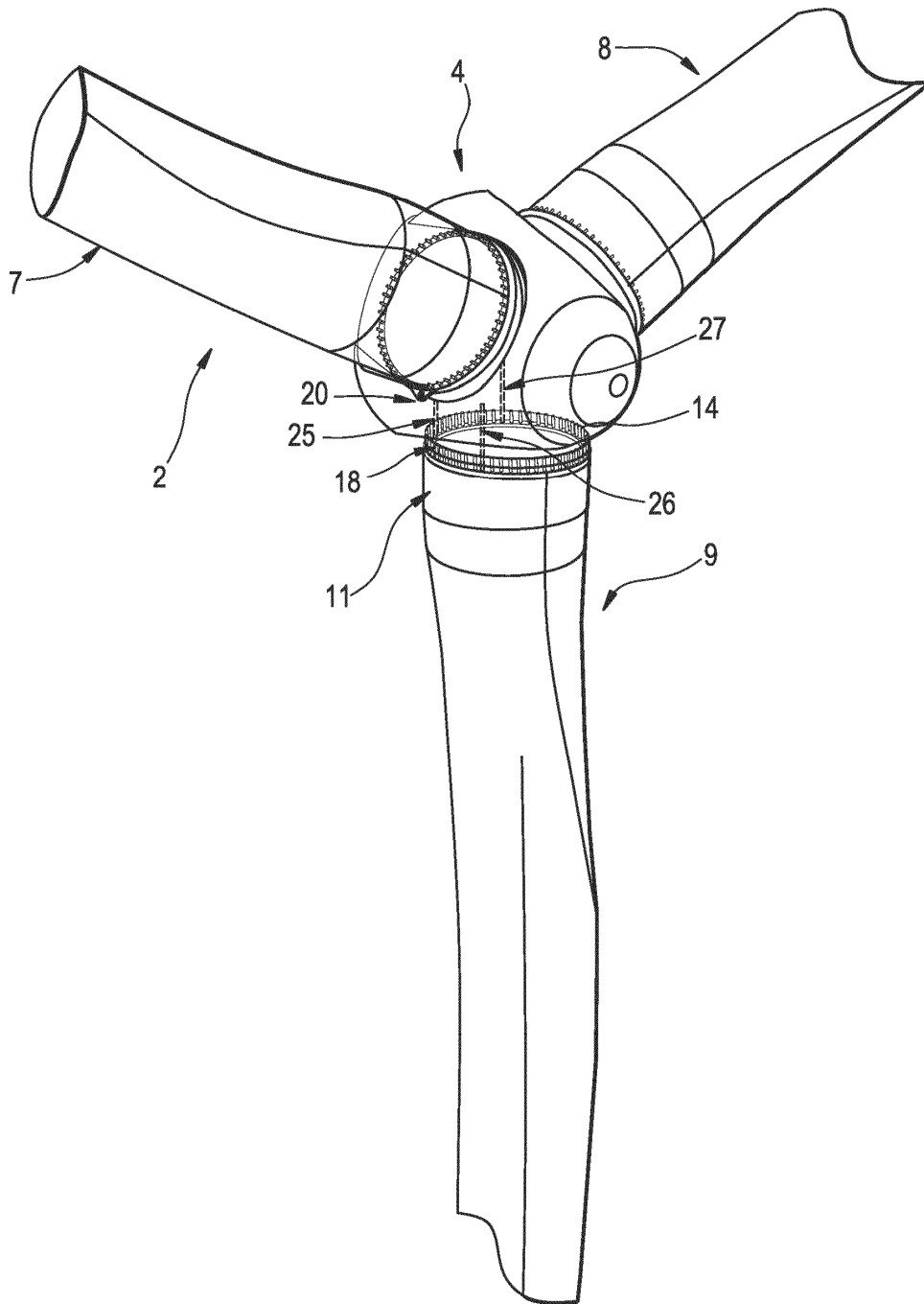


FIG. 2

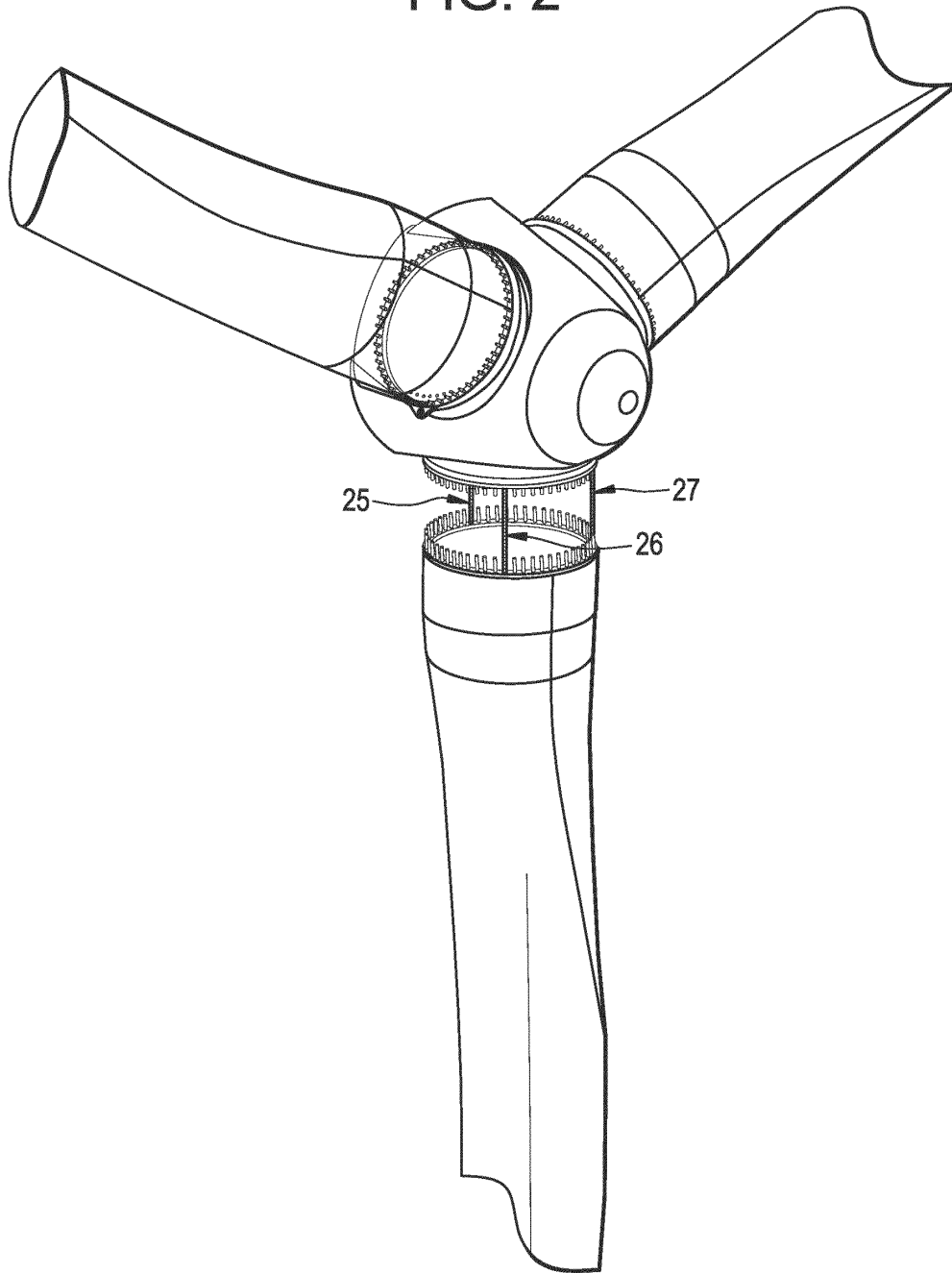




FIG. 3

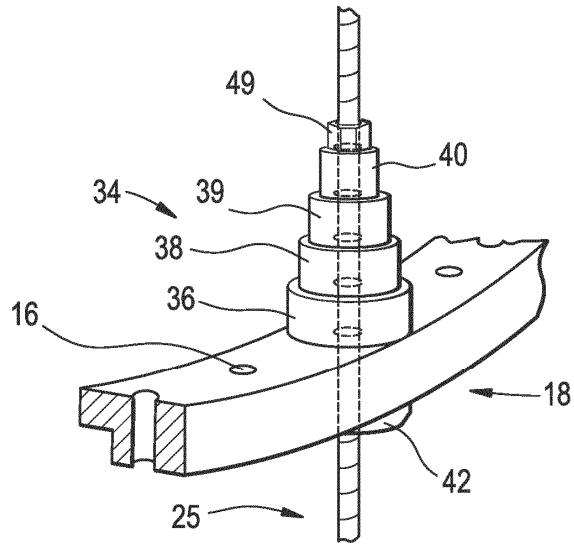


FIG. 4

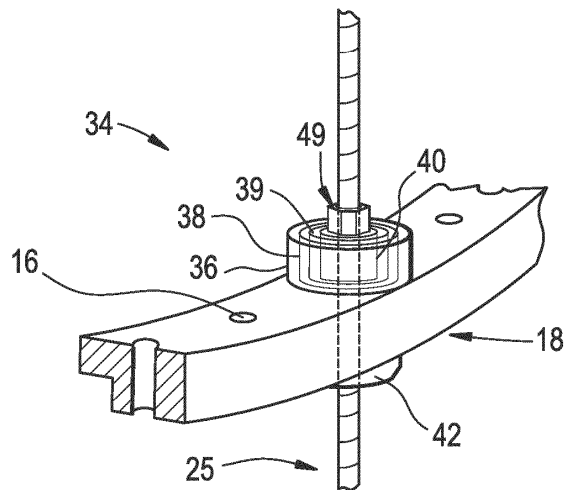


FIG. 5

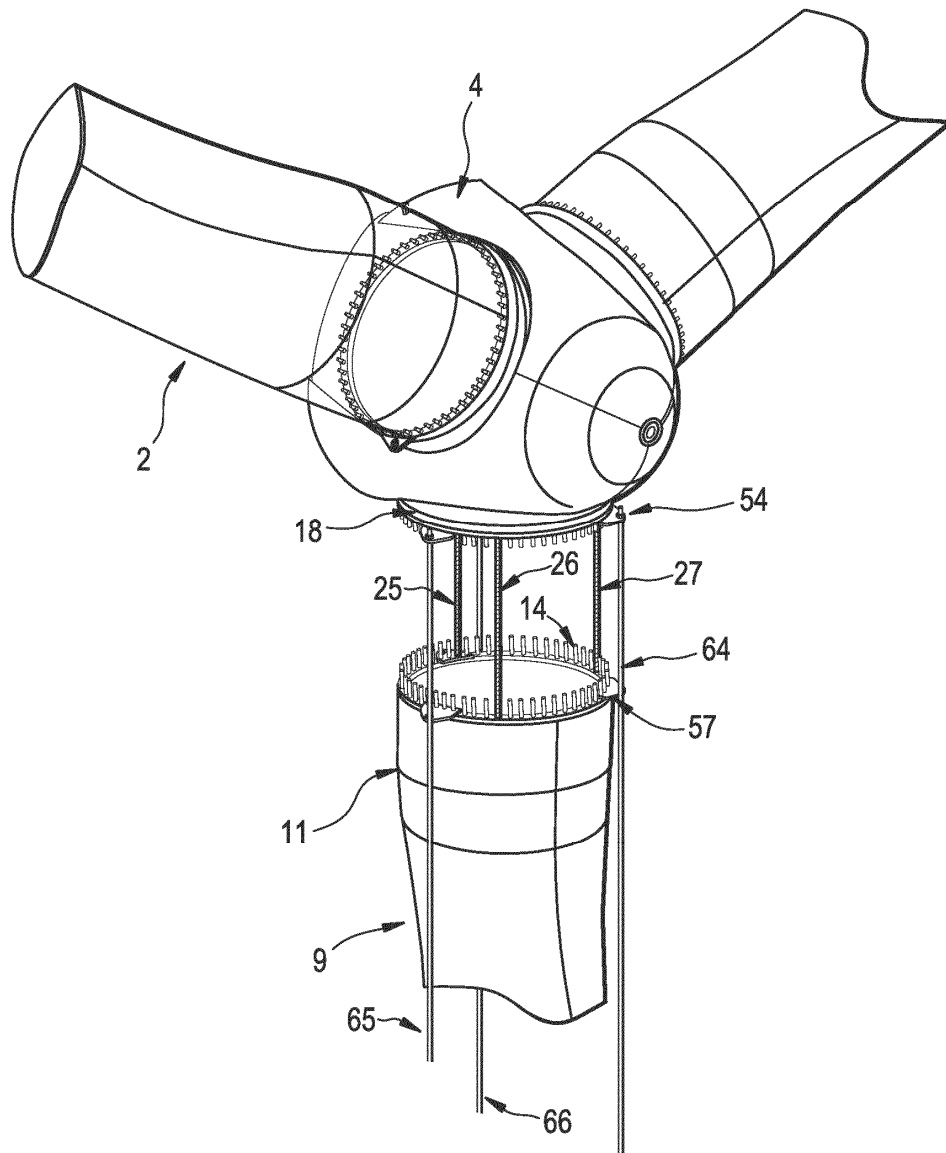


FIG. 6

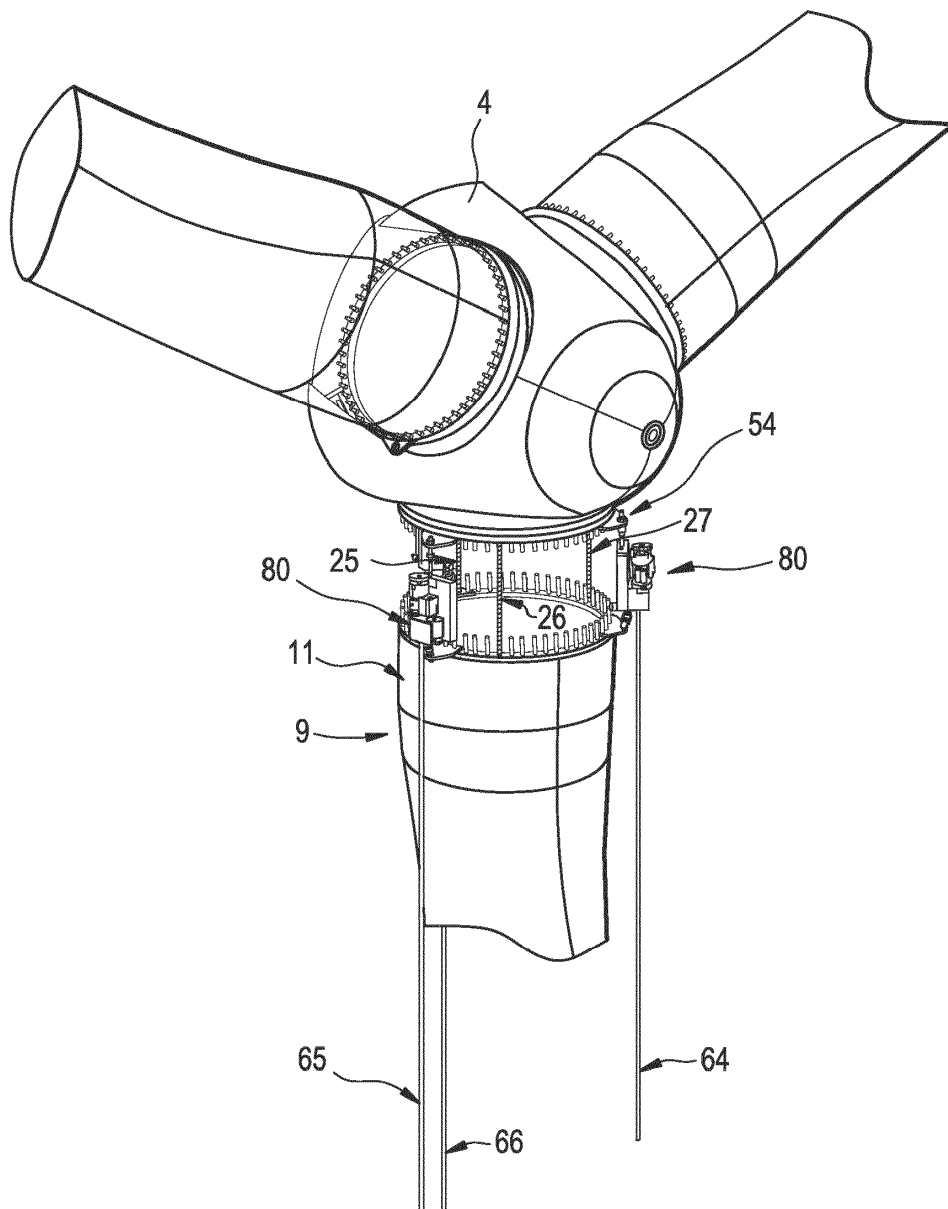


FIG. 7

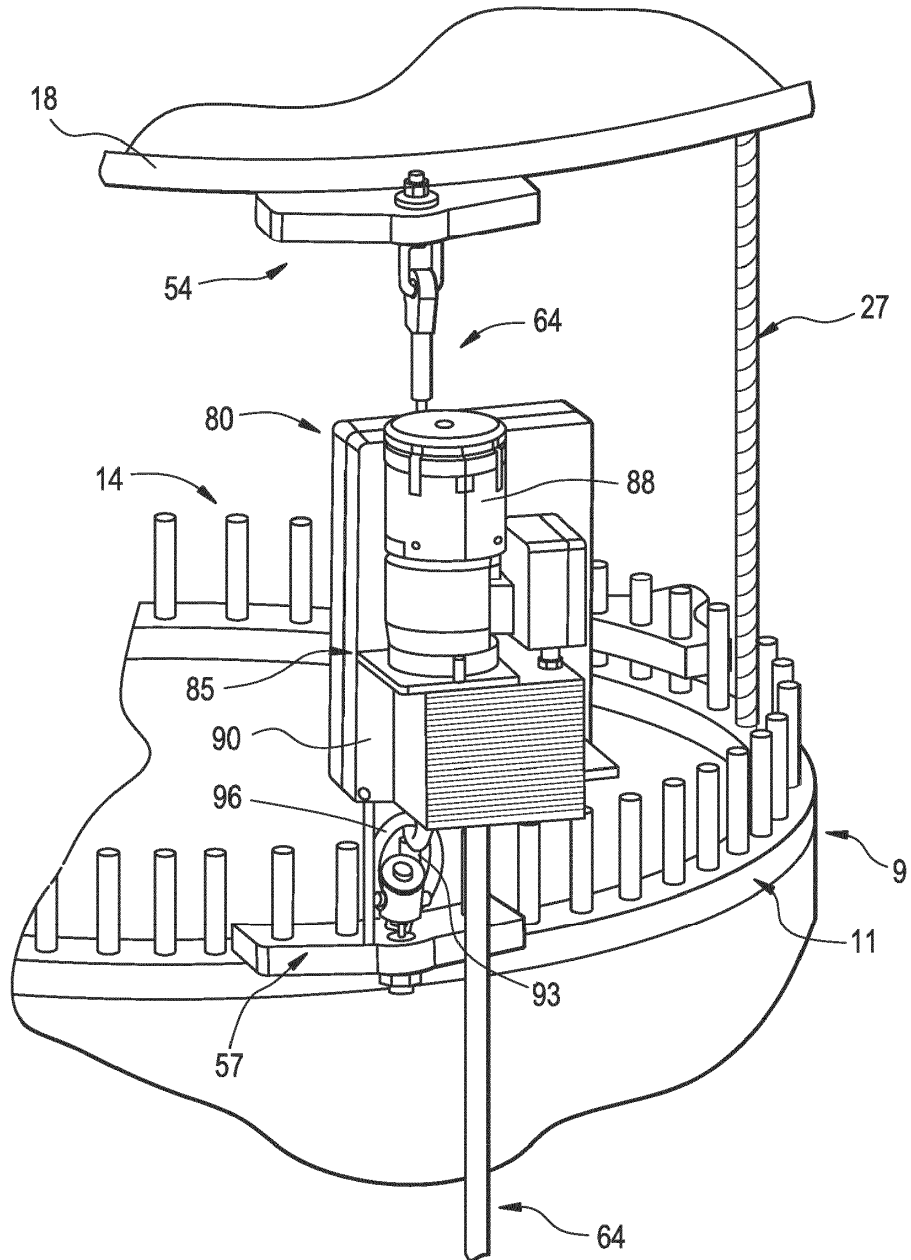


FIG. 8

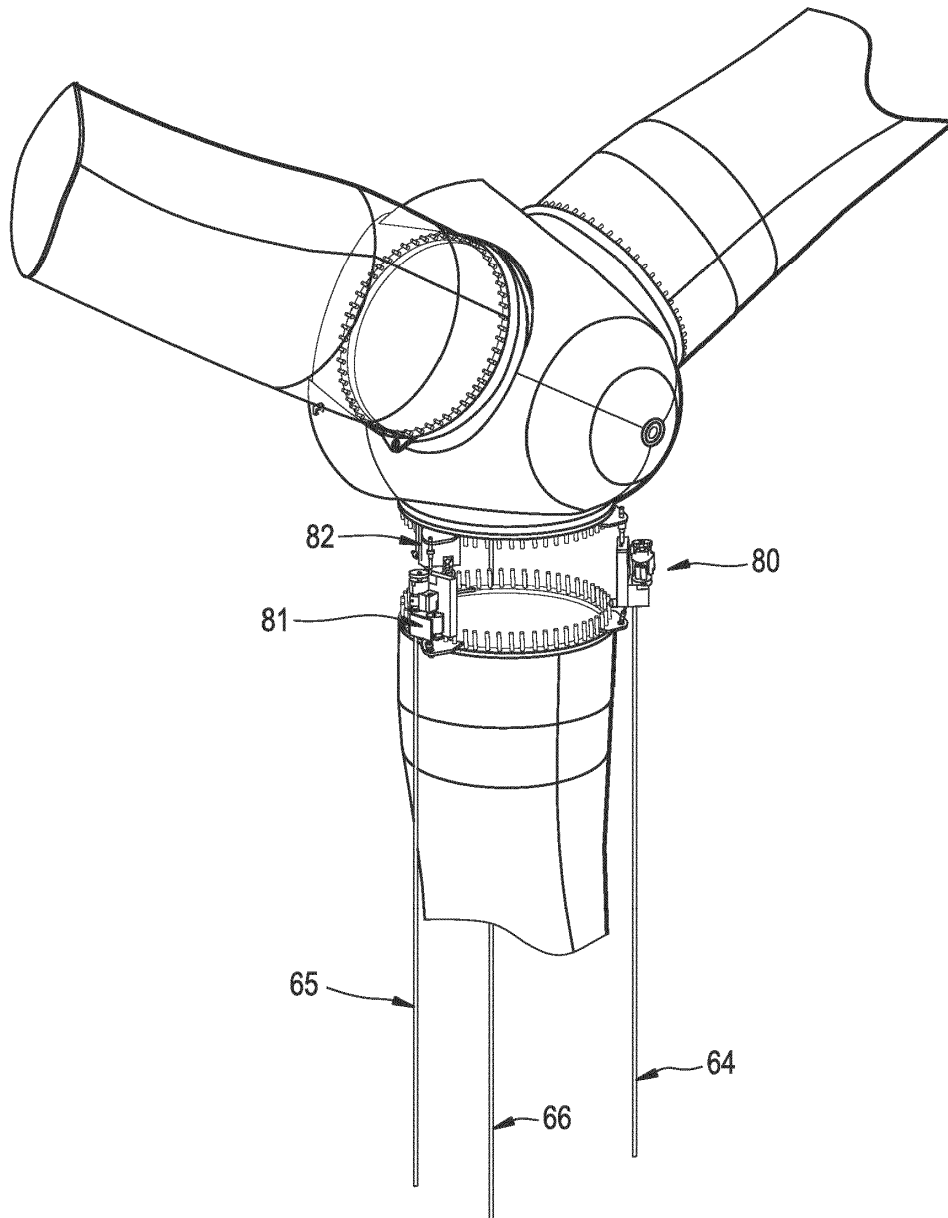


FIG. 9

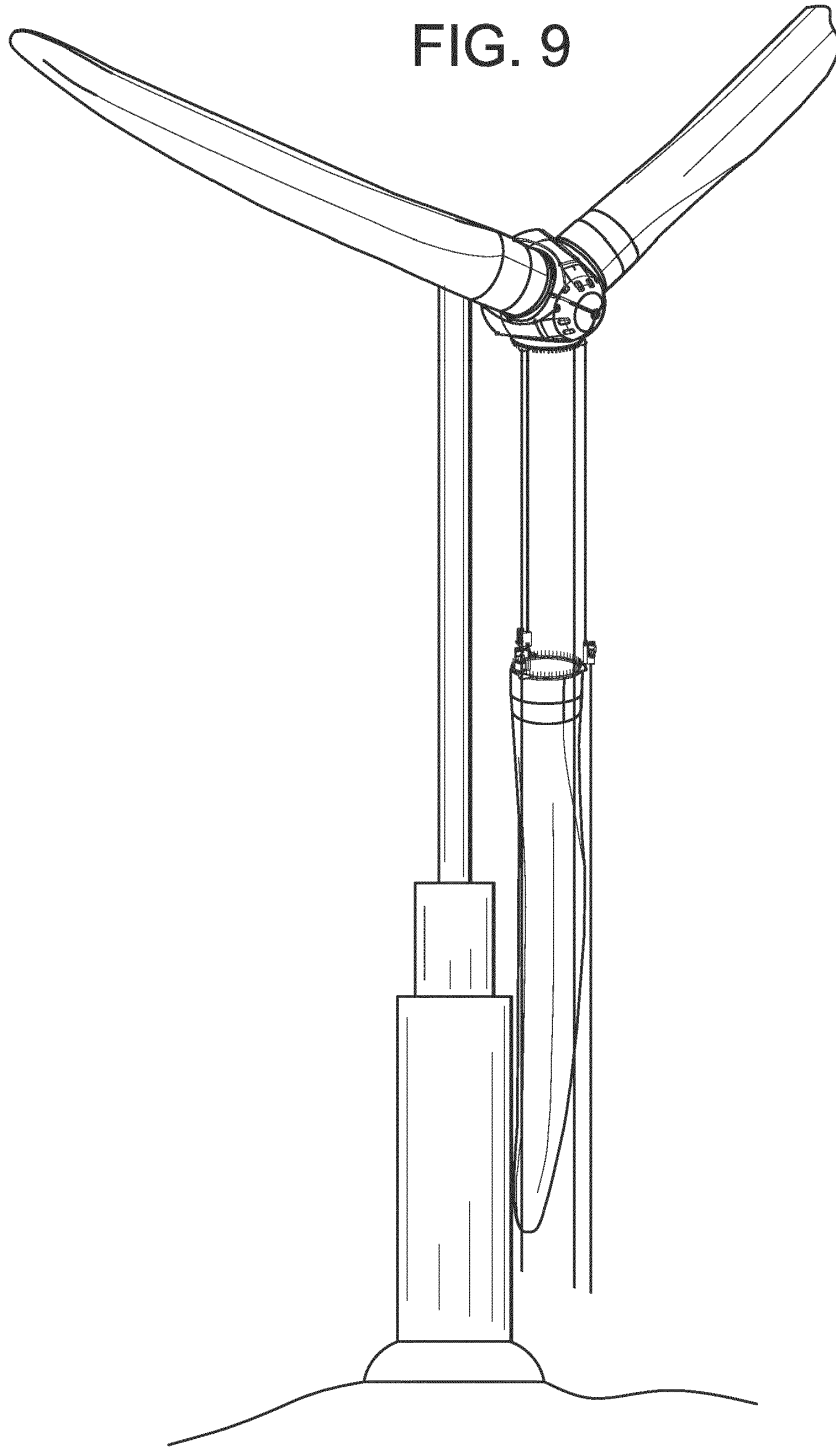


FIG. 10

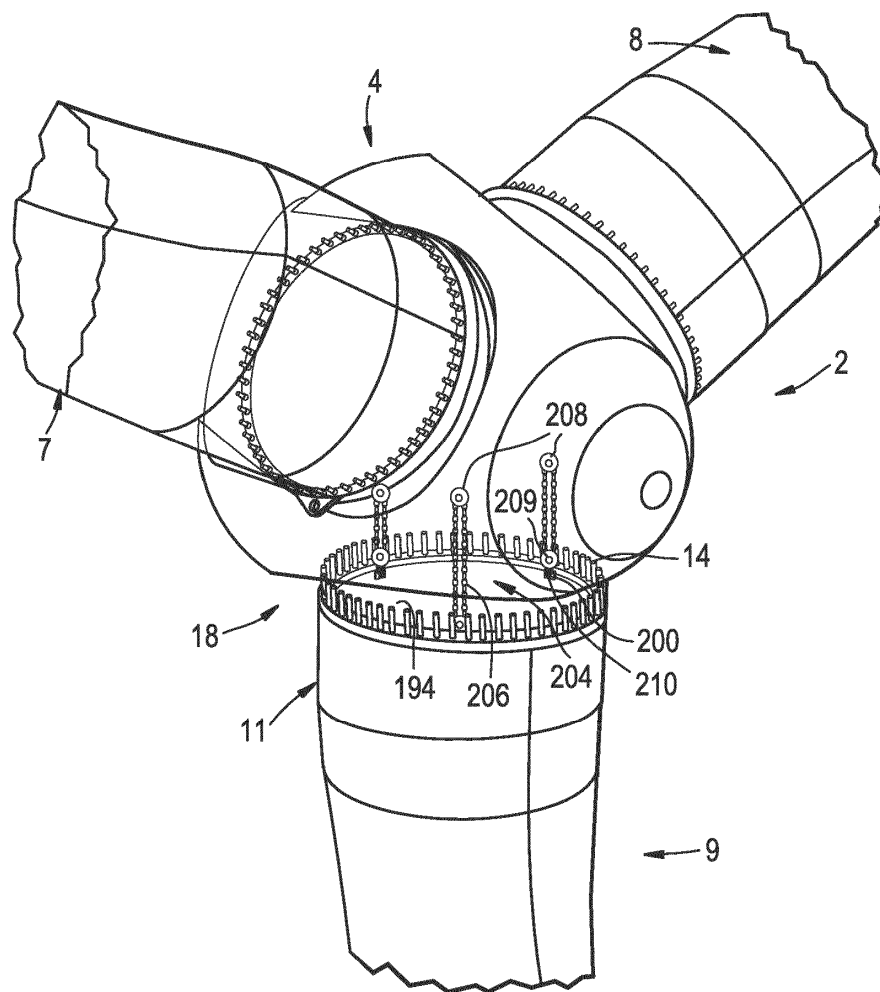


FIG. 11

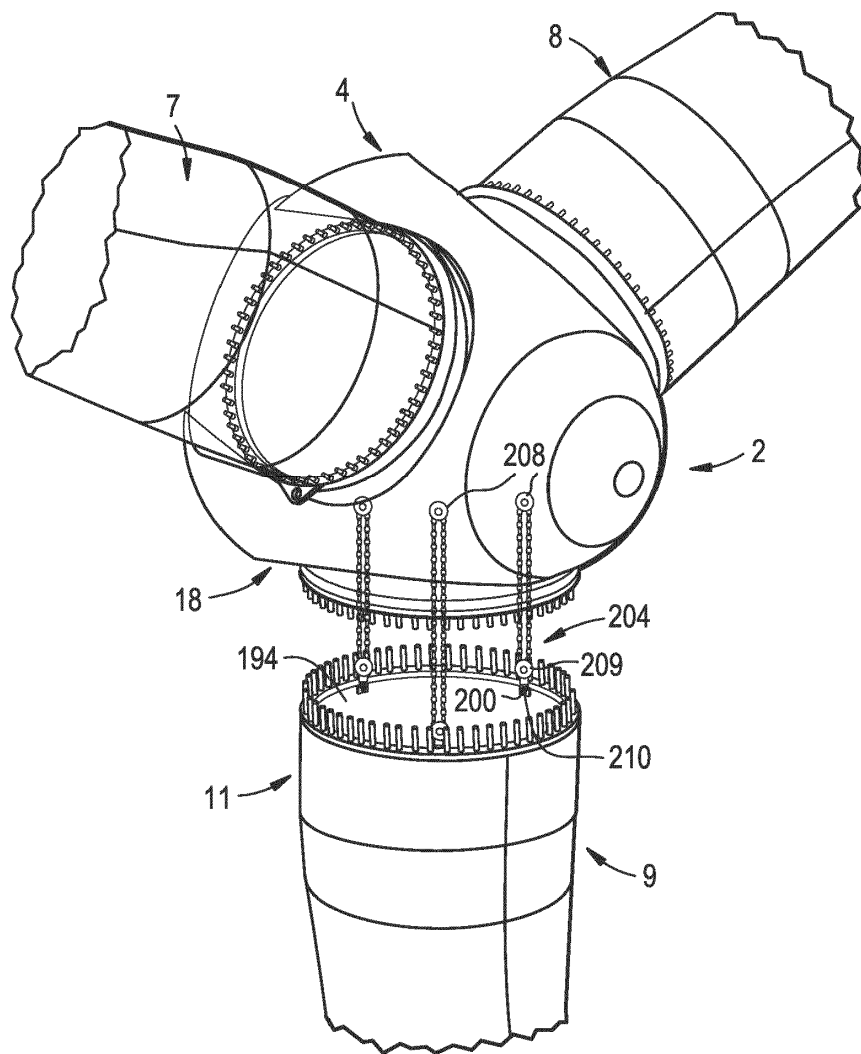




FIG. 12

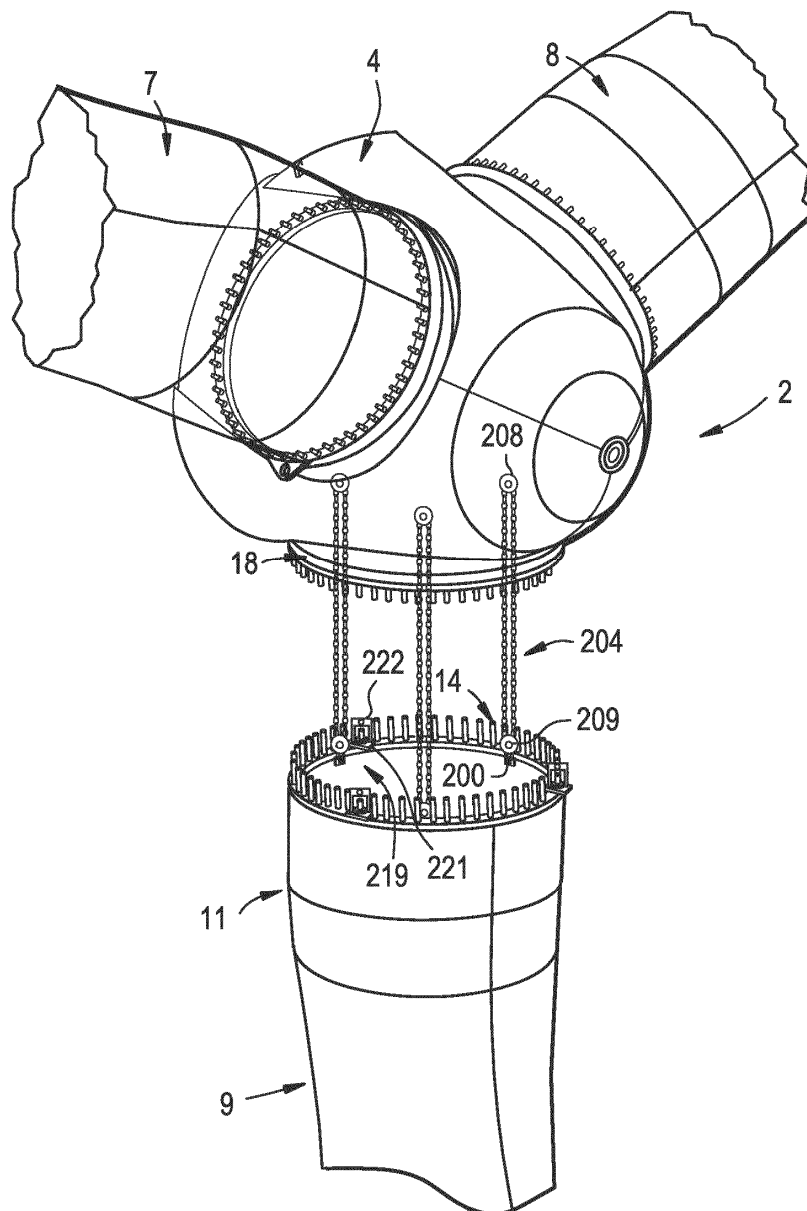


FIG. 13

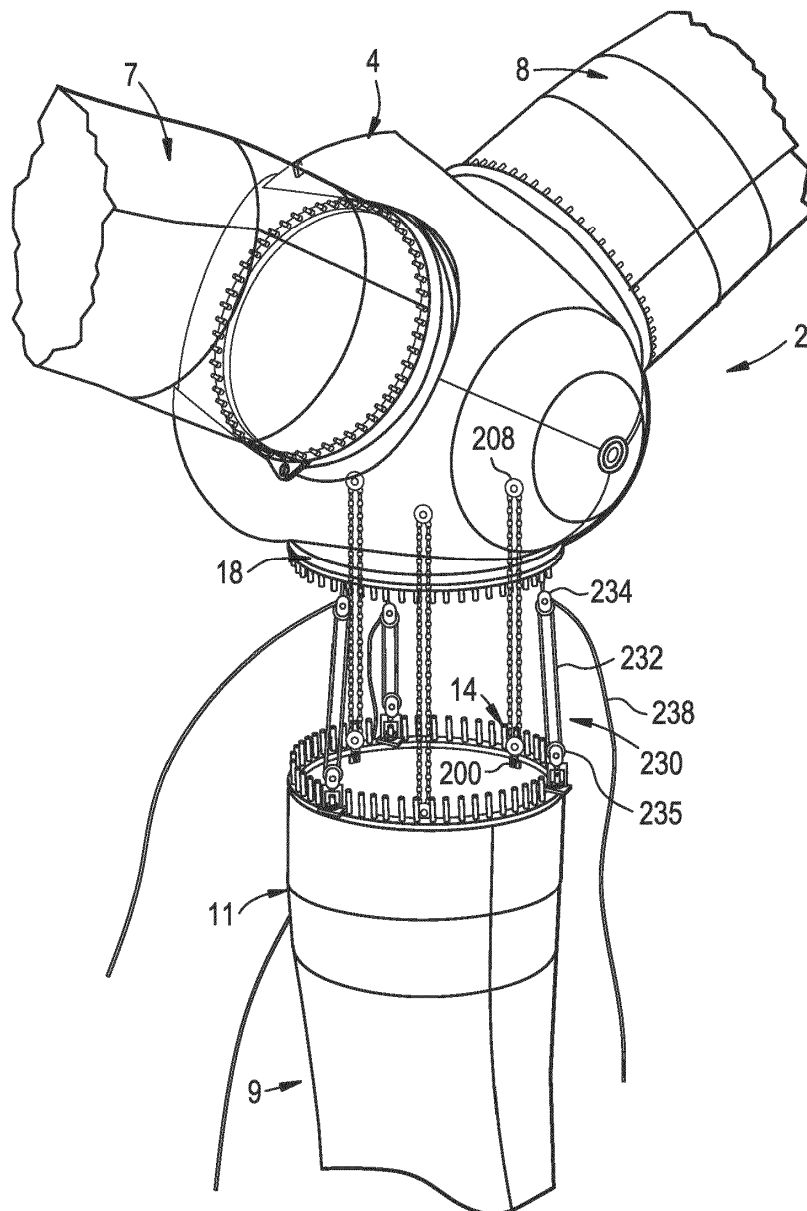


FIG. 14

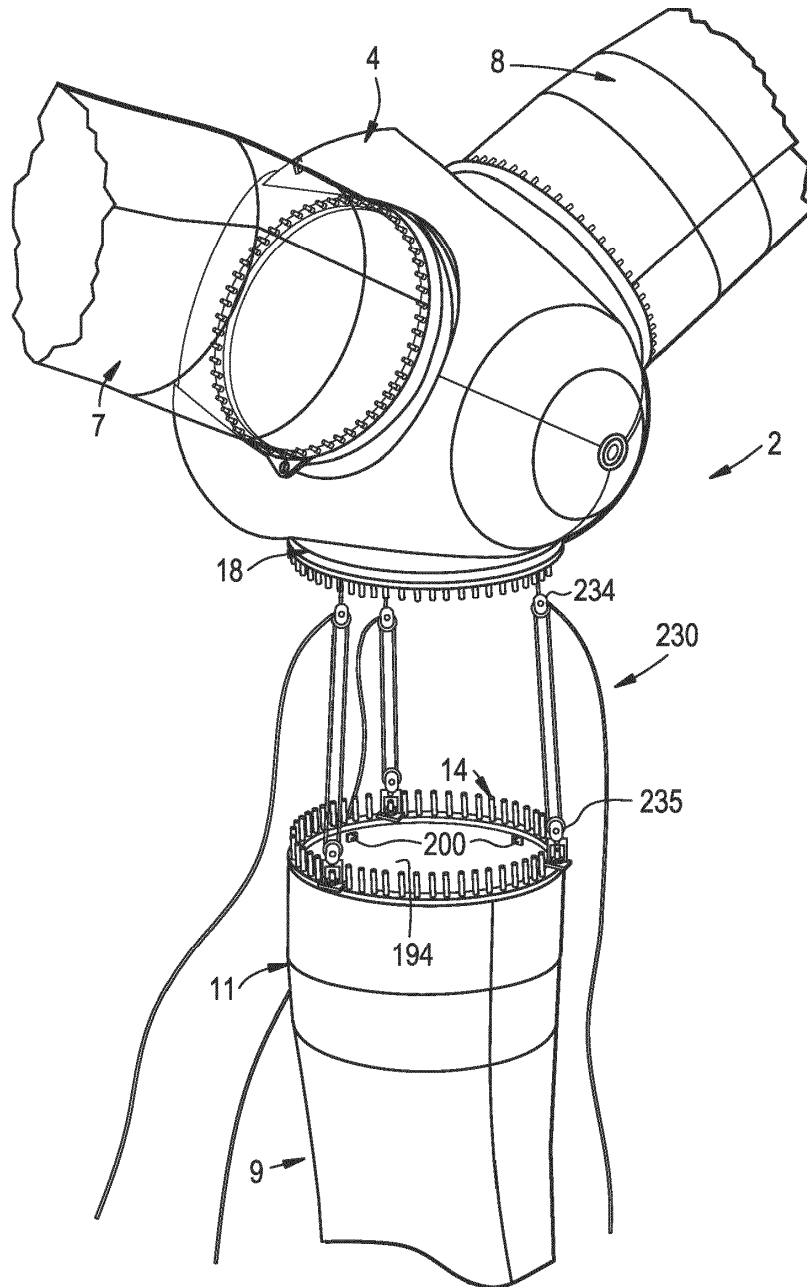


FIG. 15

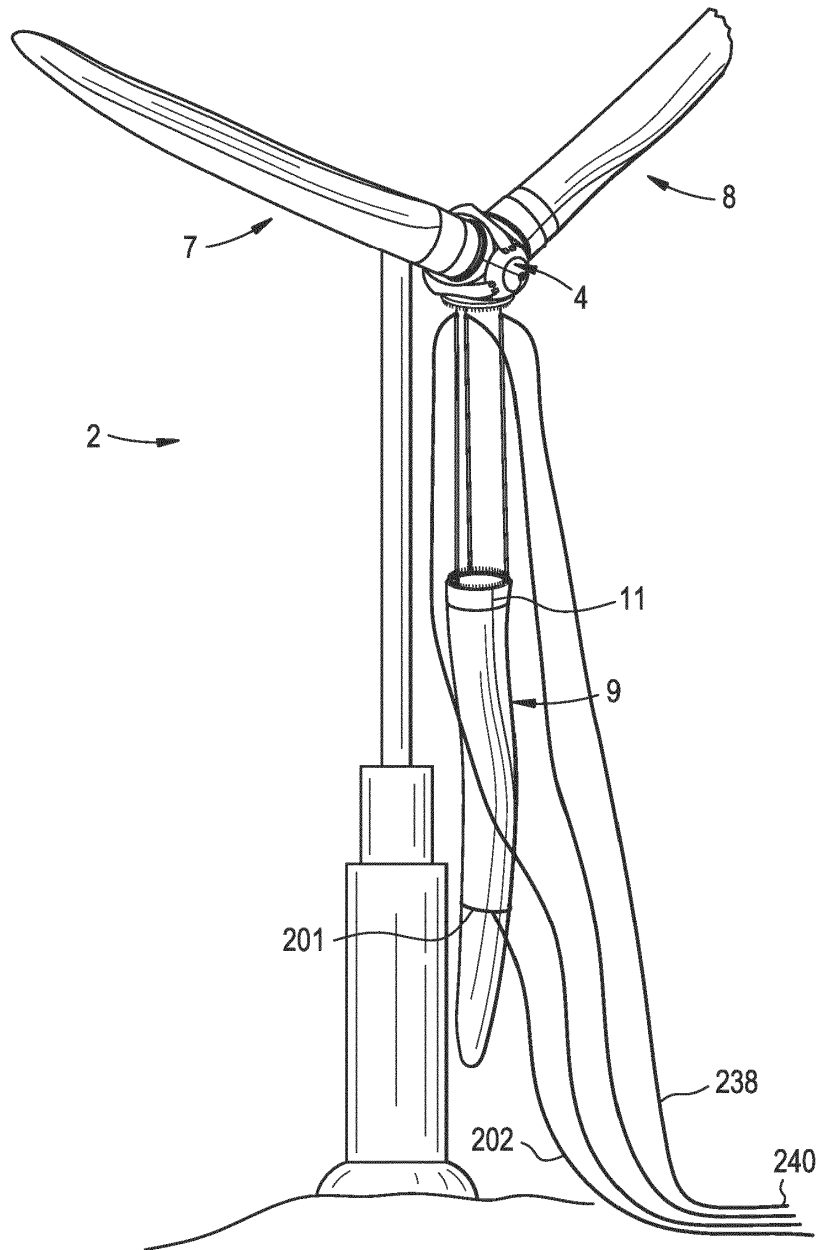


FIG. 16

