

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 996 510**

51 Int. Cl.:

<b>B60K 6/30</b>	(2007.01) <b>B60L 50/60</b>	(2009.01)
<b>B60T 1/10</b>	(2006.01) <b>B60W 20/00</b>	(2006.01)
<b>E02F 9/20</b>	(2006.01) <b>B60K 6/46</b>	(2007.01)
<b>F16D 61/00</b>	(2006.01) <b>E02F 3/34</b>	(2006.01)
<b>B60W 20/10</b>	(2006.01) <b>E02F 9/22</b>	(2006.01)
<b>B60L 7/08</b>	(2006.01) <b>E02F 3/43</b>	(2006.01)
<b>B60L 15/20</b>	(2006.01)	
<b>B60L 50/16</b>	(2009.01)	
<b>B60L 50/30</b>	(2009.01)	
<b>B60T 13/58</b>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.05.2016 PCT/US2016/034670**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.12.2016 WO16191686**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2016 E 16800802 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2024 EP 3303046**

54 Título: **Máquina de explotación minera y sistema de almacenamiento de energía para la misma**

30 Prioridad:

**28.05.2015 US 201562167814 P**  
**28.05.2015 US 201562167808 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.02.2025**

73 Titular/es:

**JOY GLOBAL LONGVIEW OPERATIONS LLC**  
**(100.00%)**  
**2400 S Macarthur St.**  
**Longview, TX 75602, US**

72 Inventor/es:

**DORSETT, WILLIAM A.;**  
**DILLINGER, JAMES B.;**  
**LYTEN, MICHAEL JOHN;**  
**BARR, MARCUS N.;**  
**NEILSON, BRADLEY MAXWELL y**  
**OWINGS, DON F.**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

ES 2 996 510 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

Máquina de explotación minera y sistema de almacenamiento de energía para la misma

5 **Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**

**Antecedentes**

10 **[0002]** La presente divulgación se refiere en general a máquinas de explotación minera, y específicamente a dispositivos de almacenamiento de energía para máquinas de explotación minera. En el documento US 2003/233959 se da a conocer un dispositivo de este tipo.

**Sumario**

15 **[0003]** Típicamente, las máquinas de explotación minera eléctricas diésel incluyen generadores para producir energía eléctrica. Uno o más de los generadores se pueden alimentar con uno o más motores, que producen emisiones contaminantes del aire. En algunos ejemplos, los generadores también pueden funcionar como motores eléctricos y pueden aumentar la velocidad de uno o más de los motores. Los componentes giratorios de un motor pueden almacenar energía durante una fase de baja demanda de una operación de explotación minera y descargar la energía durante una fase de pico para reducir las exigencias energéticas de conjunto.

20 **[0004]** En un ejemplo no acorde a la invención, una máquina de explotación minera incluye un motor y un dispositivo de almacenamiento de energía que tiene un volante de inercia u otra forma de sistema de almacenamiento de energía cinética ("KESS"). El KESS se puede usar con tecnología de reluctancia conmutada ("SR") para almacenar energía en forma cinética con vistas a un uso posterior. En una aplicación de tracción de alta potencia para explotaciones mineras se pueden implementar uno o más KESS y los mismos se pueden usar en máquinas de superficie y/o máquinas subterráneas que incorporen tecnología de SR. Cuando el sistema de tracción tiene un excedente neto de energía, el volante de inercia almacena energía cinética proporcional al momento de inercia rotacional del volante de inercia. En una de las realizaciones, esto se representa mediante un aumento de voltaje en un bus capacitivo de DC y se produce cuando, a un motor eléctrico o elemento del sistema de tracción, se le aplica un frenado o par opuesto a una dirección de rotación. Durante periodos de demanda energética de pico, el volante de inercia se descarga y puede proporcionar energía primaria a una máquina de explotación minera, mientras que el motor colabora proporcionando energía adicional cuando sea necesario. La combinación del volante de inercia y el motor puede hacer que se reduzcan las emisiones de este último, el consumo de combustible y los costes generales. El dispositivo de almacenamiento de energía incluye una carcasa y un árbol de rotor que se extiende a través de la carcasa, estando sustentado para girar por medio de un cojinete cada extremo del árbol de rotor. El dispositivo de almacenamiento de energía incluye además un estator que se extiende en torno a una parte del árbol de rotor. Un volante de inercia está acoplado al árbol de rotor entre los cojinetes, de tal manera que el volante de inercia está desplazado con respecto al estator a lo largo de un eje del árbol de rotor.

35 **[0005]** En un ejemplo no acorde a la invención, una máquina móvil de explotación minera incluye una pluralidad de elementos de tracción, una pluralidad de motores eléctricos, una fuente de energía en comunicación eléctrica con la pluralidad de motores eléctricos y un sistema de almacenamiento de energía en comunicación eléctrica con la pluralidad de motores eléctricos y la fuente de energía. Cada uno de los motores eléctricos está acoplado a uno asociado de entre la pluralidad de elementos de tracción. Cada uno de los motores eléctricos está configurado para ser accionado por el elemento de tracción asociado en un primer modo, y cada uno de los motores eléctricos está configurado para accionar el elemento de tracción asociado en un segundo modo. El sistema de almacenamiento de energía incluye un árbol que define un eje de árbol, un rotor fijado al árbol, un estator que se extiende alrededor del rotor y del eje de árbol, y un volante de inercia acoplado al árbol para girar con el mismo. En el primer modo, la rotación de la pluralidad de motores eléctricos provoca la rotación del volante de inercia para almacenar energía cinética. En el segundo modo, la rotación del rotor y del volante de inercia descarga energía cinética para accionar la pluralidad de motores eléctricos.

45 **[0006]** En otro ejemplo no acorde a la invención, un vehículo móvil de acarreo incluye un chasis, una pluma que incluye un primer extremo acoplado de forma pivotante al chasis y un segundo extremo, un accesorio acoplado al segundo extremo de la pluma y un sistema de accionamiento. El sistema de accionamiento incluye un bus eléctrico bidireccional, una pluralidad de elementos de tracción que sustentan el chasis, una pluralidad de motores eléctricos, un motor eléctrico de reluctancia conmutada en comunicación eléctrica con la pluralidad de motores eléctricos mediante el bus, y un sistema de almacenamiento de energía en comunicación eléctrica con la pluralidad de motores eléctricos y el motor eléctrico de reluctancia conmutada mediante el bus. Cada motor eléctrico está acoplado a uno asociado de entre la pluralidad de elementos de tracción y en comunicación eléctrica con el bus. Cada motor eléctrico está configurado para ser accionado por el elemento de tracción asociado en un primer modo, y cada motor eléctrico está configurado para accionar el elemento de tracción asociado en un segundo modo. El sistema de almacenamiento de energía incluye una carcasa fijada al chasis, un árbol, un rotor fijado al árbol, un estator y un volante de inercia acoplado al árbol para girar con el mismo. El árbol define un eje de árbol y está

sustentado para girar con respecto a la carcasa. El estator se extiende en torno al rotor y en torno al eje de árbol. En el primer modo, la rotación de la pluralidad de motores eléctricos transmite energía eléctrica al sistema de almacenamiento de energía mediante el bus, accionando esta energía eléctrica la rotación del volante de inercia para almacenar energía cinética. En el segundo modo, la rotación del rotor y el volante de inercia transmite energía eléctrica a los motores eléctricos mediante el bus, accionando la pluralidad de motores eléctricos.

[0007] Todavía en otro ejemplo no acorde a la invención, un sistema de accionamiento para un vehículo de acarreo incluye un bus eléctrico bidireccional, una pluralidad de ruedas, una pluralidad de motores eléctricos, una pluralidad de convertidores de potencia, un motor eléctrico de reluctancia conmutada en comunicación eléctrica con la pluralidad de motores eléctricos mediante el bus, un motor acoplado al motor eléctrico de reluctancia conmutada y un sistema de almacenamiento de energía en comunicación eléctrica con la pluralidad de motores eléctricos y el motor eléctrico de reluctancia conmutada mediante el bus. Cada motor eléctrico está acoplado a una asociada de la pluralidad de ruedas y está en comunicación eléctrica con el bus. Cada motor eléctrico está configurado para ser accionado por la rueda asociada en un primer modo, y cada motor eléctrico está configurado para accionar la rueda asociada en un segundo modo. Cada convertidor de potencia proporciona comunicación eléctrica entre el bus y uno de los motores eléctricos. El motor eléctrico de reluctancia conmutada está acoplado a por lo menos una bomba hidráulica para accionar por lo menos un actuador auxiliar. El sistema de almacenamiento de energía incluye una carcasa, un árbol que define un eje de árbol y está sustentado para girar con respecto a la carcasa, un rotor fijado al árbol, un estator y un volante de inercia acoplado al árbol para girar en relación con el eje de árbol. El estator se extiende en torno al rotor y en torno al eje de árbol.

[0008] La presente invención queda definida por las reivindicaciones y proporciona ventajas en relación con la técnica anterior. Dichas ventajas incluyen, aunque sin carácter limitativo, la captura y liberación de energía en niveles de potencia elevados y la prolongación de la vida operativa de máquinas de explotación minera.

#### Breve descripción de los dibujos

[0009] La figura 1 es una vista en perspectiva de una máquina de explotación minera según una forma de realización.

[0010] La figura 2 es una vista en perspectiva de una parte de la máquina de explotación minera de la figura 1.

[0011] La figura 3 es una vista en planta de la máquina de explotación minera de la figura 1.

[0012] La figura 4 es una vista en planta de un tren de transmisión de la máquina de explotación minera de la figura 1.

[0013] La figura 5A es una vista esquemática de un tren de transmisión.

[0014] La figura 5B es una vista esquemática de posibles caminos de transmisión de potencia en el tren de transmisión de la figura 2A.

[0015] La figura 5C es una vista esquemática de un tren de transmisión durante un modo de carga.

[0016] La figura 5D es una vista esquemática de un tren de transmisión durante un modo de descarga de un dispositivo de almacenamiento de energía.

[0017] La figura 5E es una vista esquemática de un tren de transmisión durante un modo de accionamiento.

[0018] La figura 5F es una vista esquemática de un tren de transmisión durante un modo de frenado suave.

[0019] La figura 5G es una vista esquemática de un tren de transmisión durante un modo de frenado fuerte y carga.

[0020] La figura 5H es una vista esquemática de un tren de transmisión durante un modo de frenado fuerte sin cargar un dispositivo de almacenamiento de energía.

[0021] La figura 6 es una vista en perspectiva de un sistema de almacenamiento de energía.

[0022] La figura 7 es una vista en sección lateral del sistema de almacenamiento de energía de la figura 6 visto según la sección 7--7.

[0023] La figura 8 es una vista en despiece del sistema de almacenamiento de energía de la figura 6.

[0024] La figura 9 es una vista ampliada de la sección 9--9 de la vista en sección lateral de la figura 7.

[0025] La figura 10 es una vista ampliada de la sección 10–10 de la vista en sección lateral de la figura 7.

[0026] La figura 11 es una vista lateral de un dispositivo de almacenamiento de energía según otra forma de realización.

[0027] La figura 12 es una vista lateral de un dispositivo de almacenamiento de energía según otra forma de realización.

[0028] La figura 13 es una vista desde un extremo del dispositivo de almacenamiento de energía de la figura 12.

**Descripción detallada**

[0029] Antes de explicar de manera detallada cualquier forma de realización, debe entenderse que la invención no se limita en su aplicación a los detalles de construcción y la disposición de componentes expuestos en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos adjuntos. La invención es susceptible de otras formas de realización y de ponerse en práctica o de llevarse a cabo de diversas maneras. Asimismo, debe entenderse que la fraseología y la terminología utilizadas en la presente tienen fines descriptivos y no deben considerarse como limitativas. El uso de “incluir”, “comprender” o “tener” y sus variantes en la presente está destinado a abarcar los elementos enumerados en lo sucesivo y sus equivalentes así como elementos adicionales. A no ser que se especifique o limite de alguna otra manera, los términos “montado”, “conectado”, “sustentado” y “acoplado” y sus variantes se utilizan en términos generales y abarcan montajes, conexiones, soportes y acoplamientos tanto directos como indirectos.

[0030] Adicionalmente, debe entenderse que las formas de realización pueden incluir *hardware*, *software* y componentes o módulos electrónicos que, a efectos argumentativos, pueden ilustrarse y describirse como si la mayoría de los componentes se implementasen únicamente en *hardware*. No obstante, una persona con conocimientos habituales en la materia, y basándose en una lectura de esta descripción detallada, reconocería que, en por lo menos una de las formas de realización, pueden implementarse aspectos en *software* (por ejemplo, almacenado en un medio no transitorio legible por ordenador) ejecutable por una o más unidades de procesado, tales como un microprocesador y/o circuitos integrados de aplicación específica (“ASIC”). Por ello, cabe señalar que, para implementar la invención, se puede utilizar una pluralidad de dispositivos basados en *hardware* y *software*, así como una pluralidad de diferentes componentes estructurales. Por ejemplo, los “controladores” descritos en la especificación pueden incluir una o más unidades de procesado, uno o más módulos de medios legibles por ordenador, una o más interfaces de entrada/salida y diversas conexiones (por ejemplo, un bus de sistema) que conecten los componentes.

[0031] Las figuras 1-3 ilustran una máquina de explotación minera 100 según una forma de realización. En la forma de realización ilustrada, la máquina de explotación minera 100 es una máquina de carga, acarreo y volcado (“LHD”). La máquina 100 puede ser una máquina de explotación minera subterránea (por ejemplo, un minador continuo, un sistema de acarreo, una rozadora de tajo largo, una pala cargadora, etcétera) o una máquina de explotación minera de superficie (por ejemplo, una pala cargadora de ruedas, una pala mecánica híbrida, un minador dragalina, etcétera). En la forma de realización ilustrada, la máquina de explotación minera 100 incluye además un chasis 102, una pluma 104 que tiene un primer extremo 106 acoplado al chasis 102 y un segundo extremo 108 acoplado a un accesorio 112 (por ejemplo, una cuchara). En la forma de realización ilustrada, el chasis 102 también incluye una cabina de operador 114. La máquina de explotación minera 100 incluye además elementos de tracción, tales como ruedas 110, acopladas giratoriamente al chasis 102 y que sustentan el chasis 102 para su movimiento sobre el suelo. Como se muestra en la figura 2, un sistema de almacenamiento de energía cinética (“KESS”) o dispositivo de almacenamiento de energía 135 está sustentado en el chasis 102. En la forma de realización ilustrada, el dispositivo de almacenamiento de energía 135 está posicionado en las proximidades de un extremo del chasis 102 opuesto al accesorio 112.

[0032] La figura 4 ilustra los componentes principales del sistema de accionamiento o tren de transmisión 118 de la máquina de explotación minera 100. El tren de transmisión 118 puede incluir un motor 115, un generador 120, un convertidor de potencia 125, motores eléctricos 130 y el dispositivo de almacenamiento de energía 135. En algunas formas de realización, la máquina 100 puede incluir múltiples convertidores de potencia, múltiples motores eléctricos y/o múltiples dispositivos de almacenamiento de energía. El motor 115 proporciona potencia, en forma de energía mecánica, al generador 120. En algunas formas de realización, el motor 115 es un motor diésel. En algunas formas de realización, el motor 115 proporciona una salida de potencia promedio de 180 caballos (“Hp”) y una salida de potencia de pico de 300 Hp. Tal como se analiza con más detalle posteriormente, el dispositivo de almacenamiento de energía 135 se puede utilizar como dispositivo de promediado de potencia, descargando la energía almacenada durante periodos de demanda de potencia de pico. El dispositivo de almacenamiento de energía 135 puede complementar la potencia suministrada por el motor 115 para reducir la necesidad de hacer funcionar el motor 115 a la salida de potencia de pico.

[0033] El generador 120 convierte energía mecánica recibida del motor 115 en energía eléctrica. En algunas formas de realización, el generador 120 es un generador/motor eléctrico de reluctancia conmutada (“SR”). En otras formas

de realización, el generador 120 es otro tipo de generador/motor eléctrico de corriente continua ("DC"). En otras formas de realización, el generador 120 es un generador/motor eléctrico de corriente alterna ("AC"). En algunas formas de realización, el generador 120 también se puede utilizar como motor eléctrico que incrementa las revoluciones por minuto ("RPM") del motor 115 (por ejemplo, como mecanismo de almacenamiento de energía utilizado por separado o en combinación con el dispositivo de almacenamiento de energía 135 descrito más adelante).

**[0034]** La figura 5A ilustra esquemáticamente los componentes de un tren de transmisión para la máquina de explotación minera 100. En la forma de realización ilustrada, el generador 120 transmite potencia a un convertidor 125 que convierte una energía recibida en una segunda energía mediante un bus 140 (por ejemplo, un bus de DC). El bus 140 está en comunicación con convertidores 125 adicionales, cada uno de los cuales transmite la segunda salida de energía a un motor eléctrico de tracción 130. Los convertidores 125 pueden estar configurados para transmitir energía a través del bus 140 o para recibir potencia del bus 140. Los motores eléctricos de tracción 130 convierten energía eléctrica en un par o energía rotacional para accionar las ruedas 110 (figura 2A) u otros componentes de la máquina de explotación minera 100. En algunas formas de realización, los motores eléctricos 130 incluyen un motor eléctrico para cada rueda 110 de la máquina 100. Cada motor eléctrico de tracción 130 está asociado a una rejilla de frenado 142 que convierte energía cinética del motor eléctrico de tracción 130 en energía térmica cuando se aplican los frenos para ralentizar la máquina 100. En la forma de realización ilustrada de la máquina de explotación minera 100, los motores eléctricos 130 incluyen un motor eléctrico delantero izquierdo ("LF") 130a, un motor eléctrico delantero derecho ("RF") 130b, un motor eléctrico trasero izquierdo ("LR") 130c y un motor eléctrico trasero derecho ("RR") 130d. Los motores eléctricos 130 se utilizan para propulsar (marcha adelante y marcha atrás), frenar (marcha adelante y marcha atrás) y controlar el deslizamiento de los neumáticos.

**[0035]** En algunas formas de realización, uno o más de los motores eléctricos 130 son motores eléctricos de reluctancia conmutada ("SR"). En una forma de realización de este tipo, el motor eléctrico de SR puede proporcionar un par completo en parada (es decir, cuando la velocidad de rotación de salida es cero) al tiempo que se consume un pequeño porcentaje de la salida de potencia del motor 115, lo cual constituye un ahorro del consumo de combustible y reduce las emisiones. Se debe entender que en otras formas de realización, la máquina de explotación minera 100 puede incluir menos motores eléctricos o motores eléctricos adicionales.

**[0036]** Haciendo referencia a la figura 5A, el generador 120 también está en comunicación con uno o más componentes de la máquina de explotación minera 100. Estos componentes pueden trabajar otros aspectos de la máquina 100 (por ejemplo, actuar sobre una cuchara de carga o accionar una cabeza de corte). Por ejemplo, en algunas formas de realización, el generador 120 convierte energía eléctrica en energía mecánica que acciona uno o más componentes hidráulicos 132 (por ejemplo, bombas y/o válvulas). Los componentes hidráulicos 132 suministran energía hidráulica a los sistemas hidráulicos tales como los actuadores 134. Los sistemas hidráulicos pueden llevar a cabo funciones de polipasto, dirección, rotación y/u otras auxiliares de la máquina de explotación minera 100. Los componentes hidráulicos 132 también pueden hacer funcionar componentes parásitos 136, tales como un ventilador de refrigeración.

**[0037]** En una forma de realización, el dispositivo de almacenamiento de energía 135 se puede cargar capturando energía de frenado del sistema de tracción y/o recibiendo potencia del motor 115 y del generador 120 durante espacios de tiempo de baja demanda de potencia. El dispositivo de almacenamiento de energía 135 recibe y almacena energía eléctrica proveniente del generador 120 mediante el bus 140. El dispositivo de almacenamiento de energía 135 da salida también a energía eléctrica almacenada hacia otros componentes de la máquina de explotación minera 100 (por ejemplo, los convertidores 125, los motores eléctricos 130, un sistema hidráulico, etcétera). En funcionamiento, cada dispositivo de almacenamiento de energía 135 está configurado para almacenar energía eléctrica cuando hay potencia disponible (es decir, exceso) proveniente del motor 115 y dar salida a energía almacenada cuando la demanda de energía es mayor que la que puede proporcionar el motor 115. En algunas formas de realización, el dispositivo de almacenamiento de energía 135 incluye un generador/motor eléctrico de SR (por ejemplo, generador/motor eléctrico de SR de velocidad variable).

**[0038]** En una forma de realización, la fuente de energía primaria para el dispositivo de almacenamiento de energía 135 es el sistema de tracción. Cuando los componentes (por ejemplo, las ruedas 110 y los motores eléctricos 130) del sistema de tracción están frenando o ralentizándose, la energía de las ruedas en desaceleración se transmite al dispositivo de almacenamiento de energía 135 y se almacena en forma de energía rotacional en una masa inercial (es decir, el volante de inercia 180).

**[0039]** La figura 5B ilustra diversos caminos posibles de transmisión de potencia a través del tren de transmisión 118. Por ejemplo, el generador 120 y el motor 115 pueden proporcionar potencia a las bombas hidráulicas 132, y el generador 120 también puede recibir energía del bus 140 (por ejemplo, cuando el sistema de tracción está frenando). Asimismo, cada motor eléctrico 130 puede recibir energía del bus 140 y suministrar energía al bus 140. De manera similar, el dispositivo de almacenamiento de energía 135 puede recibir energía del bus 140 y suministrar energía al bus 140. En algunas formas de realización, cada motor eléctrico 130 puede incluir un freno mecánico (no mostrado). Cuando un controlador detecta que el freno mecánico del motor eléctrico 130 está apretado, la velocidad del motor eléctrico 130 se retarda o reduce para inhibir la propulsión de la máquina. Los mecanismos de

frenado (por ejemplo, los resistores de rejilla de frenado 142) pueden recibir energía del bus 140 y disipar la energía en forma de calor.

[0040] La figura 5C ilustra un camino de flujo de potencia a través del tren de transmisión 118 cuando el sistema de almacenamiento de energía 135 se carga. La potencia suministrada por el generador 120 se proporciona al bus 140, que transmite potencia al dispositivo de almacenamiento de energía 135. En algunas formas de realización, el dispositivo de almacenamiento de energía 135 se carga durante el arranque de la máquina 100. El dispositivo de almacenamiento de energía 135 se puede cargar durante espacios de tiempo de carga baja en el generador 120 (es decir, el generador 120 recibe un excedente de energía del motor 115 en comparación con la requerida para hacer funcionar los motores eléctricos de tracción 130 o los otros componentes de la máquina 100).

[0041] La figura 5D ilustra un camino de flujo de potencia a través del tren de transmisión 118 cuando los motores eléctricos de tracción 130 son accionados para propulsar la máquina 100. El dispositivo de almacenamiento de energía 135 puede descargar y transmitir potencia al bus 140, que transmite la potencia a los motores eléctricos 130 para accionar las ruedas 110. En algunas formas de realización, el dispositivo de almacenamiento de energía 135 actúa como fuente de energía primaria o maestra para los motores eléctricos 130 y proporciona toda la energía que se requiere para accionar los motores eléctricos 130. Si el dispositivo de almacenamiento de energía 135 no puede suministrar toda la energía requerida por los motores eléctricos 130, el generador 120 y el motor 115 suministran potencia adicional al bus 140 que puede ser consumida por los motores eléctricos 130. En esta disposición, el dispositivo de almacenamiento de energía 135 es el suministro de energía primaria para los motores eléctricos 130 y el generador 120 proporciona energía auxiliar o de respaldo.

[0042] En una forma de realización, el dispositivo de almacenamiento de energía 135 es una fuente de energía más sensible que el generador 120. El tren de transmisión 118 se basa primero en la fuente de energía más sensible, lo cual permite que el sistema de tracción acelere y desacelere más rápido que un sistema de accionamiento convencional. Además, el uso del sistema de almacenamiento de energía 135 como fuente de energía primaria reduce la necesidad de hacer funcionar el motor 115 con su salida completa. El uso del dispositivo de almacenamiento de energía 135 como fuente de energía primaria para el sistema de tracción permite más bien que el motor 115 funcione con una salida más estable, reduciéndose de este modo el consumo de combustible, los requisitos de salida del motor y el desgaste del motor 115.

[0043] En otro modo de funcionamiento, mostrado en la figura 5E, el tren de transmisión 118 puede hacer funcionar los motores eléctricos de tracción 130 sin utilizar el dispositivo de almacenamiento de energía 135. Es decir, la energía suministrada a los motores eléctricos 130 mediante el bus 140 es suministrada únicamente por el generador 120. Este modo se puede implementar cuando el dispositivo de almacenamiento de energía 135 no está cargado, está funcionando defectuosamente o no está presente.

[0044] Las figuras 5F-5H ilustran caminos de flujo de potencia cuando la máquina 100 está frenando y los motores eléctricos 130 actúan como generadores que suministran energía eléctrica al bus 140. Durante un frenado suave (figura 5D), la energía suministrada por los motores eléctricos 108 puede ser suministrada al generador 120. El generador 120 puede utilizar la energía recibida para acelerar la línea de accionamiento entre el generador 120 y las bombas hidráulicas 132 (por ejemplo, para acelerar el motor 115 a una velocidad fijada a la que los inyectores de combustible están programados para dejar de entregar combustible al motor 115). En algunas situaciones, este modo de funcionamiento reduce el consumo de combustible del motor (por ejemplo, para funcionar con niveles de combustible cero o de combustible casi cero).

[0045] Durante un frenado fuerte, como se muestra en la figura 5G, los motores eléctricos 130 pueden generar más energía que la energía generada durante un frenado suave. Por lo tanto, la energía generada por los motores eléctricos 130 y suministrada al bus 140 puede transmitirse tanto para el generador 120 como para cargar el dispositivo de almacenamiento de energía 135. En otro modo (figura 5H), los motores eléctricos 130 pueden llevar a cabo un frenado fuerte sin cargar el dispositivo de almacenamiento de energía 135 (por ejemplo, el dispositivo de almacenamiento de energía 135 está completo, funciona defectuosamente o no está presente). Aunque parte de la potencia suministrada al bus 140 desde los motores eléctricos 130 se transmite al generador 120, se puede suministrar energía adicional o en exceso a una o más de las rejillas de frenado 142 para disipar la energía en forma de calor.

[0046] Con el dispositivo de almacenamiento de energía 135 se pueden utilizar otros modos de funcionamiento. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el generador 120 se puede utilizar como fuente de energía primaria del sistema de tracción y el dispositivo de almacenamiento de energía 135 puede proporcionar energía de respaldo. Se puede incorporar un controlador y el mismo se puede programar para controlar el dispositivo de almacenamiento de energía 135 basándose en la velocidad de funcionamiento del sistema de tracción.

[0047] Haciendo referencia a continuación a la figura 6, el dispositivo de almacenamiento de energía 135 incluye una carcasa 165 que tiene pies 170 montados en el chasis 102 (figura 1). La carcasa 165 también incluye una caja de conexión 168 en comunicación con el generador 102 (figura 4). Como se muestra en las figuras 7 y 8, el dispositivo de almacenamiento de energía 135 incluye además un árbol 175, un volante de inercia 180 acoplado

al árbol 175 y un estator de motor 185 que incluye bobinas 188. El árbol 175 se extiende a través de la carcasa 165 e incluye un primer extremo 190 y un segundo extremo 195. Entre el primer extremo 190 y el segundo extremo 195 se extiende un eje de árbol 200. Cada extremo 190, 195 del árbol 175 está sustentado para girar con respecto a la carcasa 165 por cojinetes 205 (véanse también las figuras 9 y 10). En la forma de realización ilustrada, los cojinetes 205 son cojinetes de bolas de doble hilera. Un apilamiento laminado 210 forma un rotor y está fijada a la superficie exterior del árbol 175 cerca del primer extremo 190. En la forma de realización ilustrada, el volante de inercia 180 está separado axialmente del rotor 210.

**[0048]** Haciendo referencia a las figuras 7 y 8, el estator de motor 185 está fijado dentro de la carcasa 165 y se extiende en torno al apilamiento laminado 210. El volante de inercia 180 está posicionado dentro de la carcasa 165. El volante de inercia 180 está fijado al árbol 175 cerca del segundo extremo 195, de tal manera que el volante de inercia 180 queda separado del estator 185 a lo largo del eje 200. En la forma de realización ilustrada, el volante de inercia 180 está posicionado entre los cojinetes 205. Es decir, el segundo extremo 195 del árbol 175 se extiende más allá del volante de inercia 180 y está sustentado para girar por un cojinete 205b. La rotación del volante de inercia 180 y el funcionamiento de la máquina inducen una carga giroscópica sobre los cojinetes, y esta carga está relacionada con la distancia entre los cojinetes y la carga giroscópica. El aumento de la distancia entre el volante de inercia y los cojinetes hace que se reduzca la carga resultante sobre los cojinetes.

**[0049]** En sistemas de almacenamiento de energía convencionales, una capacidad más alta de almacenamiento de energía requiere masas más grandes para el componente de almacenamiento/volante de inercia. El aumento de la masa del volante de inercia 180 hace que aumenten las cargas giroscópicas sobre los cojinetes. La configuración del volante de inercia 180 con respecto a los cojinetes 205 hace que se reduzcan las cargas giroscópicas aplicadas a los cojinetes 205 durante el funcionamiento. Esto permite una masa inercial más grande, lo cual a su vez hace que aumente la capacidad de almacenamiento de energía del dispositivo 135. El aumento de la capacidad de almacenamiento de energía hace que se reduzca la demanda de potencia del motor. En algunas formas de realización, la mayor capacidad de almacenamiento hace que la potencia de salida requerida del motor se reduzca en un 50 %.

**[0050]** El volante de inercia 180 almacena energía cinética en forma de energía rotacional. El dispositivo de almacenamiento de energía 135 está configurado para recibir energía eléctrica y dar salida a energía rotacional, así como para recibir energía rotacional y dar salida a energía eléctrica. En algunas formas de realización, el volante de inercia 180 es capaz de girar a velocidades entre aproximadamente 0 revoluciones por minuto (rpm) y aproximadamente 6,500 rpm. En algunas formas de realización, la velocidad de rotación máxima del volante de inercia 180 está entre aproximadamente 3,000 rpm y aproximadamente 10,000 rpm. En algunas formas de realización, la velocidad de rotación máxima del volante de inercia 180 está entre aproximadamente 5,000 rpm y aproximadamente 8,000 rpm. En algunas formas de realización, la velocidad de rotación máxima del volante de inercia es aproximadamente 6,500 rpm. Asimismo, en algunas formas de realización, la capacidad máxima de almacenamiento y descarga de energía del dispositivo de almacenamiento de energía 135 está entre aproximadamente 1 megajulio y aproximadamente 15 megajulios. En algunas formas de realización, la capacidad máxima de almacenamiento y descarga de energía del dispositivo de almacenamiento de energía 135 está entre aproximadamente 2 megajulios y aproximadamente 7 megajulios. En algunas formas de realización, la capacidad máxima de almacenamiento y descarga de energía del dispositivo de almacenamiento de energía 135 es aproximadamente 3 megajulios.

**[0051]** En funcionamiento, el dispositivo de almacenamiento de energía 135 puede recibir energía eléctrica proveniente, por ejemplo, del generador 120. La energía eléctrica en el estator 185 induce la rotación del árbol de rotor 175 en relación con el eje de árbol 200, con lo cual se hace girar el volante de inercia 180 y se almacena energía cinética en forma de energía rotacional en el volante de inercia 165. Para descargar o extraer la energía almacenada (es decir, para emitir energía eléctrica fuera del dispositivo de almacenamiento de energía 135), se utiliza la rotación del volante de inercia 180 para hacer girar el árbol de rotor 175. La rotación del rotor 175 de esta manera actúa como generador para inducir una corriente en el estator 185, convirtiendo de este modo energía rotacional en energía eléctrica. La energía eléctrica se puede proporcionar a otros componentes de la máquina de explotación minera 100, tales como los motores eléctricos 130. En algunas formas de realización, cuando el dispositivo de almacenamiento de energía 135 se utiliza en la máquina de explotación minera 100, uno de los convertidores 125 que normalmente prestaría servicio al generador 120 pasa a ser el convertidor para el dispositivo de almacenamiento de energía 135.

**[0052]** La figura 1 ilustra un dispositivo de almacenamiento de energía 535 según otra forma de realización. Un volante de inercia 580 se ha formado a modo de miembro cilíndrico, de tal manera que el volante de inercia 580 incluye una primera parte o parte laminar 582 acoplada al árbol 175 y que se extiende radialmente hacia fuera desde el eje 200 del árbol 175. La parte laminar 582 incluye una periferia exterior. El volante de inercia 580 incluye además una parte cilíndrica 584 que se extiende desde la periferia de la parte laminar 582 a lo largo del eje 200 del árbol 175. En la forma de realización ilustrada, la parte cilíndrica 584 se extiende en torno al apilamiento laminado de rotor 610 y al estator 585, y la parte cilíndrica 584 se extiende a todo lo largo del conjunto de rotor y estator. En otras formas de realización, la parte cilíndrica 584 puede tener una longitud diferente en comparación con el conjunto de rotor y estator. En algunas formas de realización, el estator 585 está fijado a una pared terminal

172 de la carcasa 165. Esta configuración hace que aumente la densidad de potencia del dispositivo de almacenamiento de energía por unidad de masa.

5 **[0053]** Las figuras 12 y 13 ilustran un dispositivo de almacenamiento de energía 935 según otra forma de realización. El rotor y el volante de inercia están formados a modo de un único conjunto 975 que gira con relación a un núcleo de estator fijo 985. El núcleo de estator 985 está posicionado circunferencialmente dentro del conjunto de rotor/volante de inercia 975. El núcleo de estator 985 está sustentado sobre un árbol 982, y el conjunto de rotor/volante de inercia 975 está sustentado para girar con respecto al árbol 982 por cojinetes 1005. Esta configuración concentra la masa inercial en un perímetro exterior del motor eléctrico, proporcionando de este modo, entre otras cosas, un almacenamiento de energía más eficiente por unidad de masa y volumen.

10

REIVINDICACIONES

1. Máquina móvil de explotación minera (100) que comprende:

- 5 una pluralidad de elementos de tracción (110);
- una pluralidad de motores eléctricos (130), estando cada motor eléctrico (130) acoplado a uno asociado de entre la pluralidad de elementos de tracción (110), estando cada motor eléctrico (130) configurado para ser accionado por el elemento de tracción (110) asociado en un primer modo, estando cada motor eléctrico (130) configurado para accionar el elemento de tracción (110) asociado en un segundo modo;
- 10 una fuente de energía en comunicación eléctrica con la pluralidad de motores eléctricos (130); y
- un sistema de almacenamiento de energía (135, 535, 935) en comunicación eléctrica con la pluralidad de motores eléctricos (130) y la fuente de energía,
- 15 en la que, en el primer modo, una rotación de la pluralidad de motores eléctricos (130) provoca una rotación de un volante de inercia (180, 580, 980) para almacenar energía cinética,
- 20 en la que, en el segundo modo, una rotación del rotor (210, 610) y del volante de inercia (180, 580, 975) descarga energía cinética para accionar la pluralidad de motores eléctricos (130),
- caracterizada por que la máquina móvil de explotación minera incluye asimismo un bus eléctrico bidireccional (140) que proporciona comunicación eléctrica entre los motores eléctricos (130), la fuente de energía y el sistema de almacenamiento de energía (135, 535, 935), y
- 25 en la que el sistema de almacenamiento de energía (135, 535, 935) incluye un generador/motor de reluctancia conmutada en comunicación eléctrica con la pluralidad de motores eléctricos (130) por medio del bus eléctrico bidireccional (140), incluyendo el generador/motor de reluctancia conmutada un árbol (175) que define un eje de árbol (200), un rotor (210, 610) fijado al árbol (175), un estator (185, 585, 985) que se extiende alrededor del rotor (210, 610) y alrededor del eje de árbol (200), y un volante de inercia (180, 580, 975) acoplado al árbol (175) para girar con el mismo;
- 30 en la que el generador/motor eléctrico de reluctancia conmutada está acoplado a un motor (115); y
- 35 en la que, en el primer modo, el generador/motor eléctrico de reluctancia conmutada puede recibir energía de la pluralidad de motores eléctricos (130), accionando el generador/motor eléctrico de reluctancia conmutada el motor (115) a una velocidad constante para reducir el consumo de combustible.

40 2. Máquina móvil de explotación minera (100) según la reivindicación 1, que comprende asimismo

una pluralidad de convertidores de potencia (125), estando cada convertidor de potencia (125) asociado a uno de los motores eléctricos (130), la fuente de energía y el sistema de almacenamiento de energía (135, 535, 935).

45 3. Máquina móvil de explotación minera (100) según la reivindicación 2, en la que, en el primer modo, la rotación de los motores eléctricos (130) transmite energía eléctrica al sistema de almacenamiento de energía (135, 535, 935) por medio del bus (140), provocando la energía eléctrica la rotación del volante de inercia (180, 580, 975), en la que, en el segundo modo, una rotación del rotor (210, 610) y del volante de inercia (180, 580, 975) se convierte en energía eléctrica y se transmite a los motores eléctricos (130) mediante el bus (140).

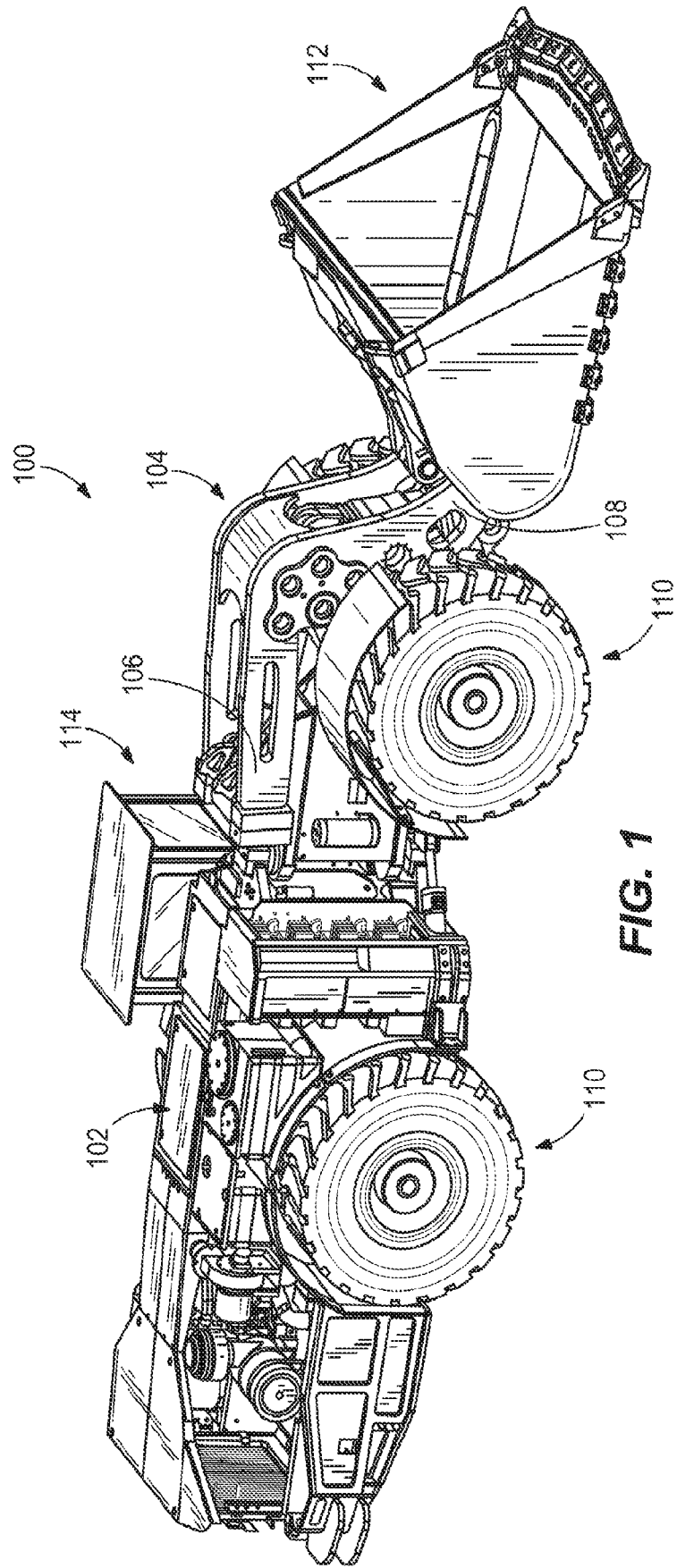
50 4. Máquina móvil de explotación minera (100) según la reivindicación 1, que comprende asimismo una pluralidad de mecanismos de frenado (142), estando cada uno de los mecanismos de frenado (142) asociado a uno de los motores eléctricos (130), en el que cuando se reduce la velocidad del motor eléctrico (130) el motor eléctrico (130) suministra energía al sistema de almacenamiento de energía (135, 535, 935).

55 5. Máquina móvil de explotación minera (100) según la reivindicación 4, en la que, en el primer modo, cuando el sistema de almacenamiento de energía (135, 535, 935) alcanza una capacidad de almacenamiento máxima, la energía adicional creada por la rotación de la pluralidad de motores eléctricos (130) se transmite a uno de los mecanismos de frenado (142) y se disipa como calor.

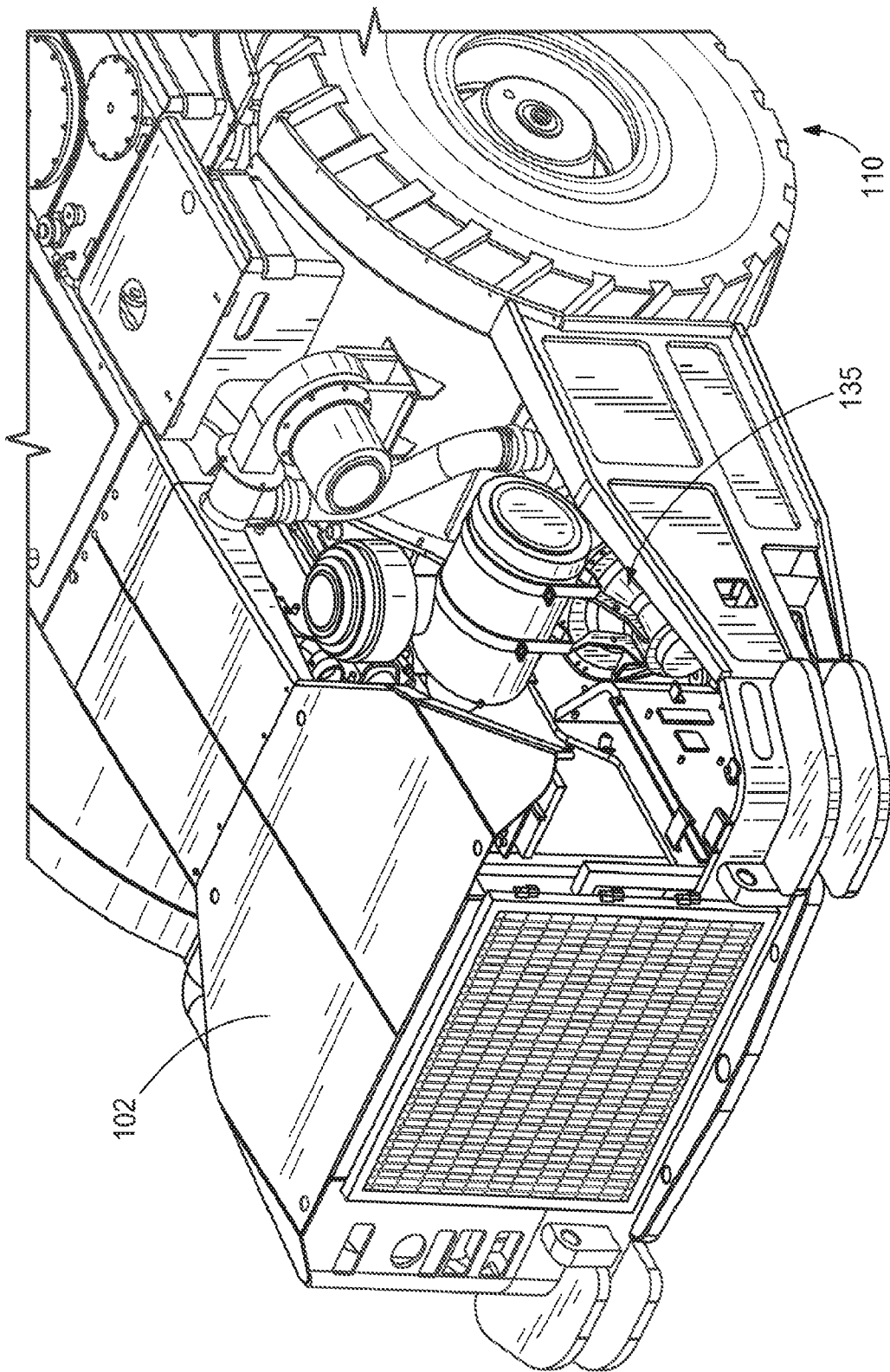
60 6. Máquina móvil de explotación minera (100) según la reivindicación 1, en la que el motor eléctrico de reluctancia conmutada (120) está acoplado a una de más bombas hidráulicas (132) para accionar actuadores auxiliares.

65 7. Máquina móvil de explotación minera (100) según la reivindicación 1, en la que el volante de inercia (180, 580, 975) puede girar a por lo menos 3000 revoluciones por minuto, y en la que el sistema de almacenamiento de energía (135, 535, 935) da salida a energía de por lo menos aproximadamente 1 megajulio.

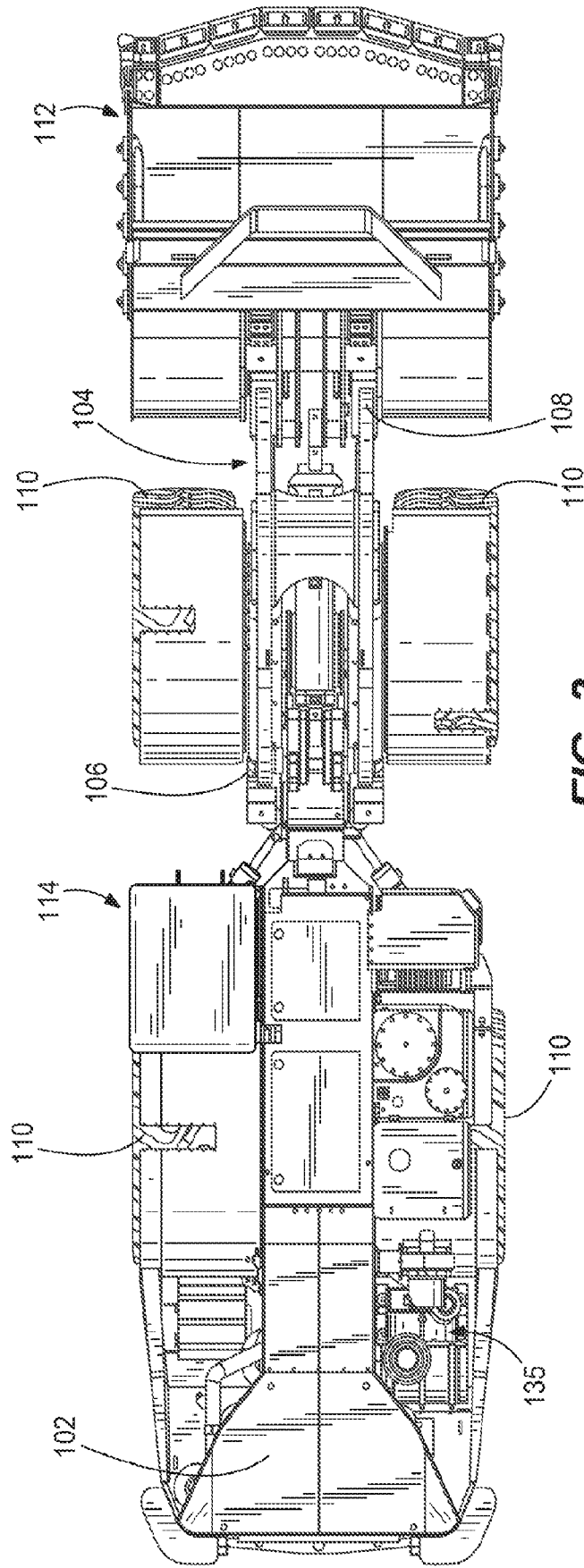
- 5 8. Máquina móvil de explotación minera (100) según la reivindicación 1, en la que el volante de inercia (580) incluye una primera parte (582) y una segunda parte (584), extendiéndose la primera parte (582) radialmente hacia fuera desde el árbol (175) y definiendo una periferia separada del árbol (175), estando la segunda parte (584) conectada a la periferia y extendiéndose axialmente a lo largo de una parte del árbol (175).
9. Máquina móvil de explotación minera (100) según la reivindicación 8, en la que la segunda parte (584) se extiende alrededor del rotor (610) y del estator (585).



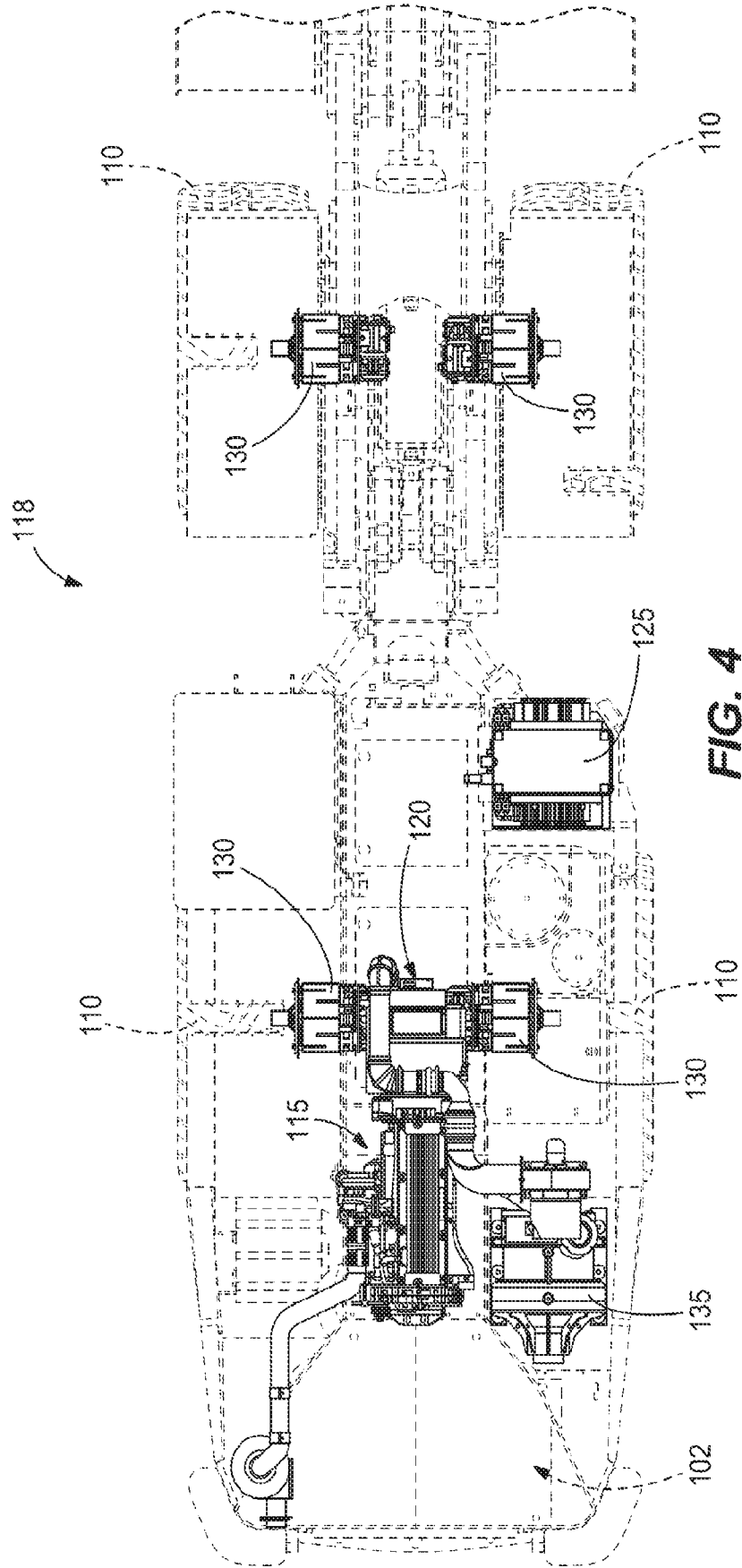
**FIG. 1**



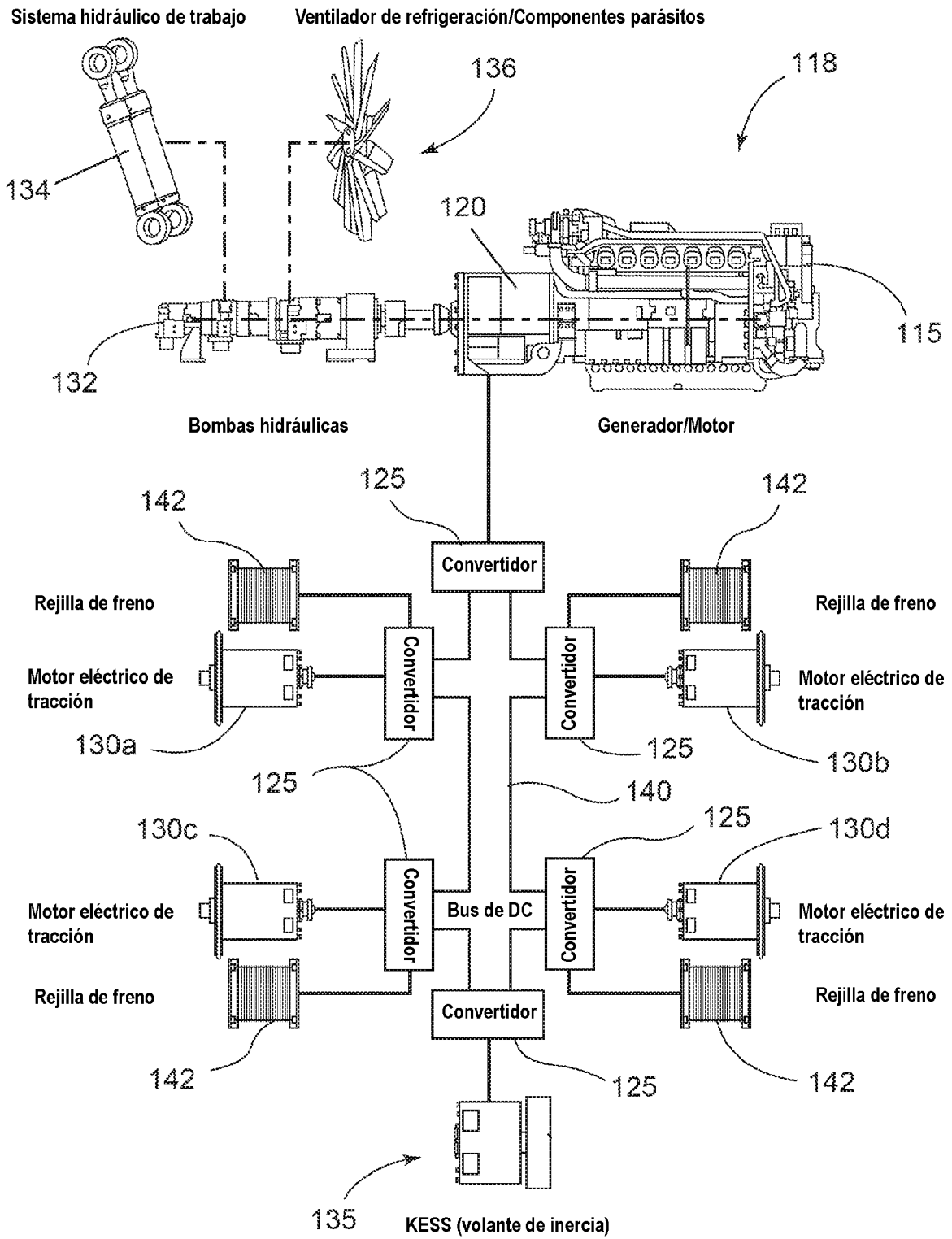
**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5A**

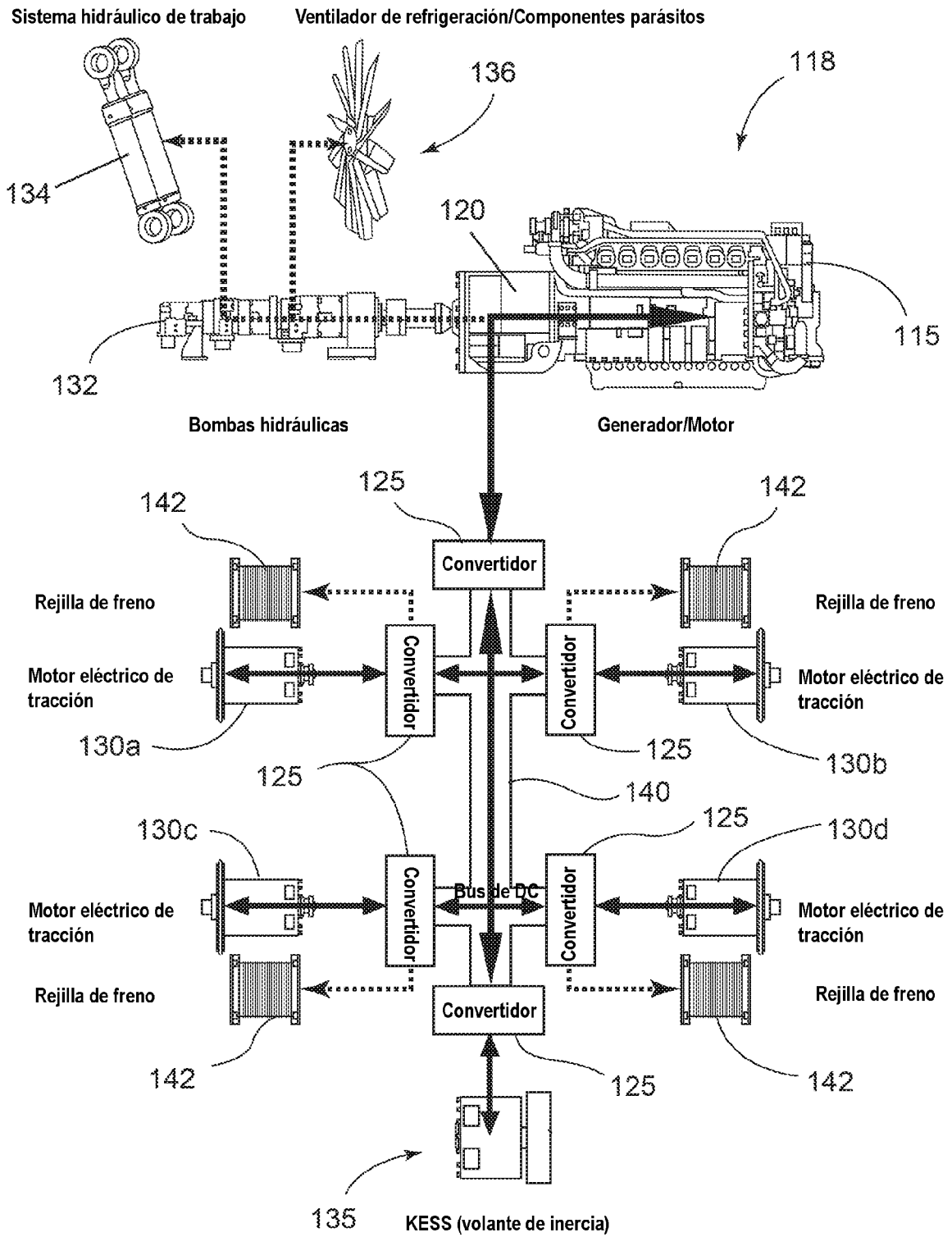
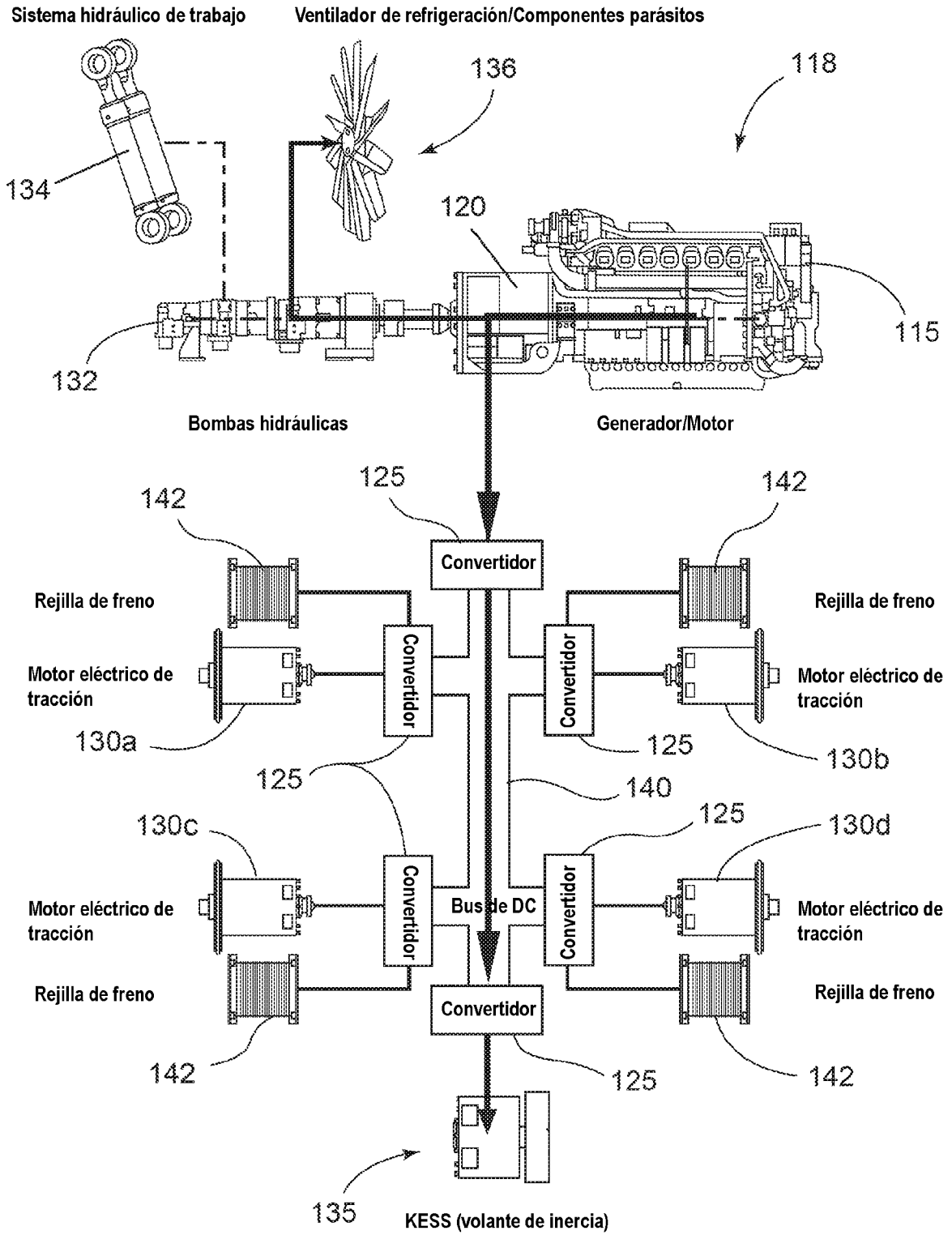
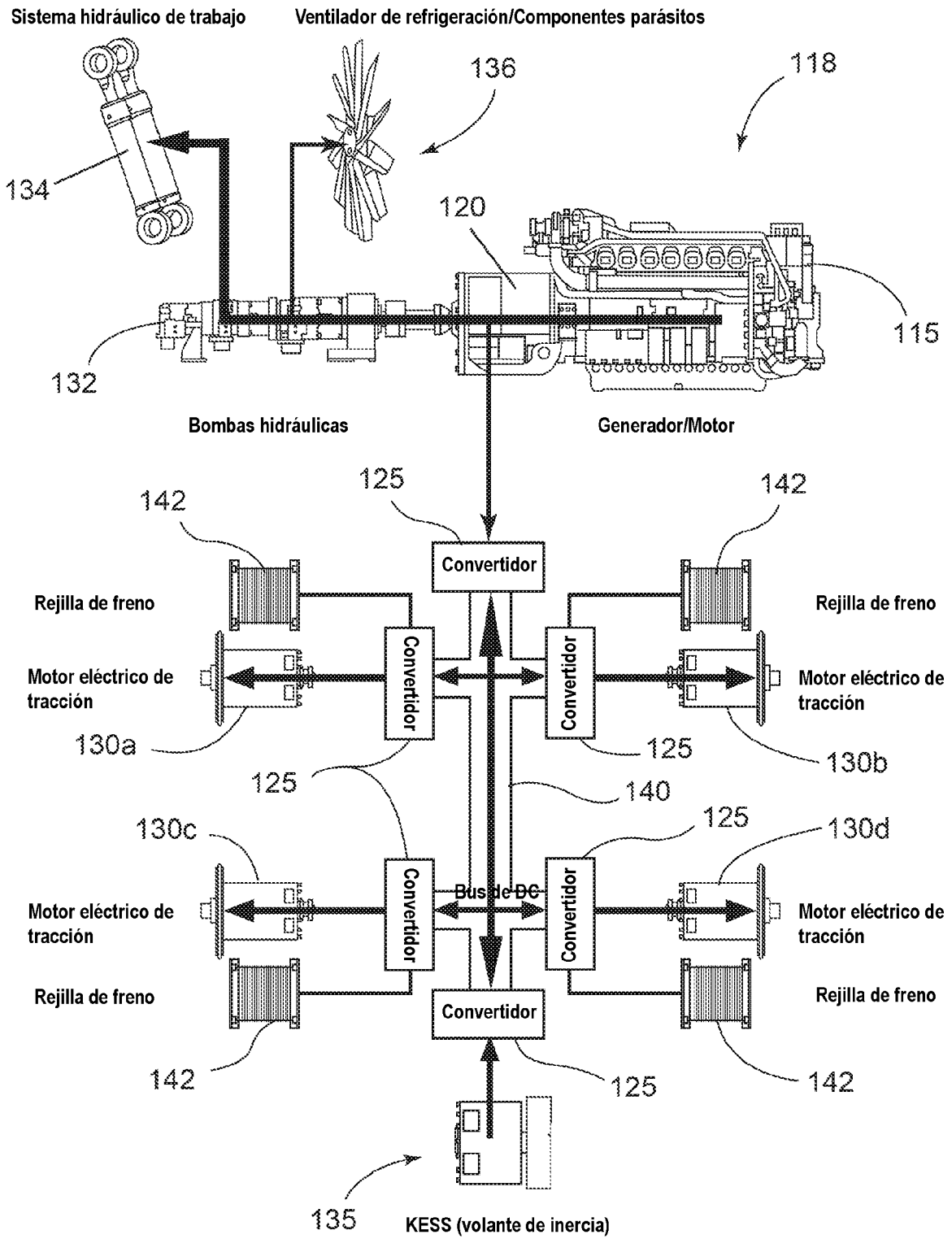


FIG. 5B



**FIG. 5C**



**FIG. 5D**

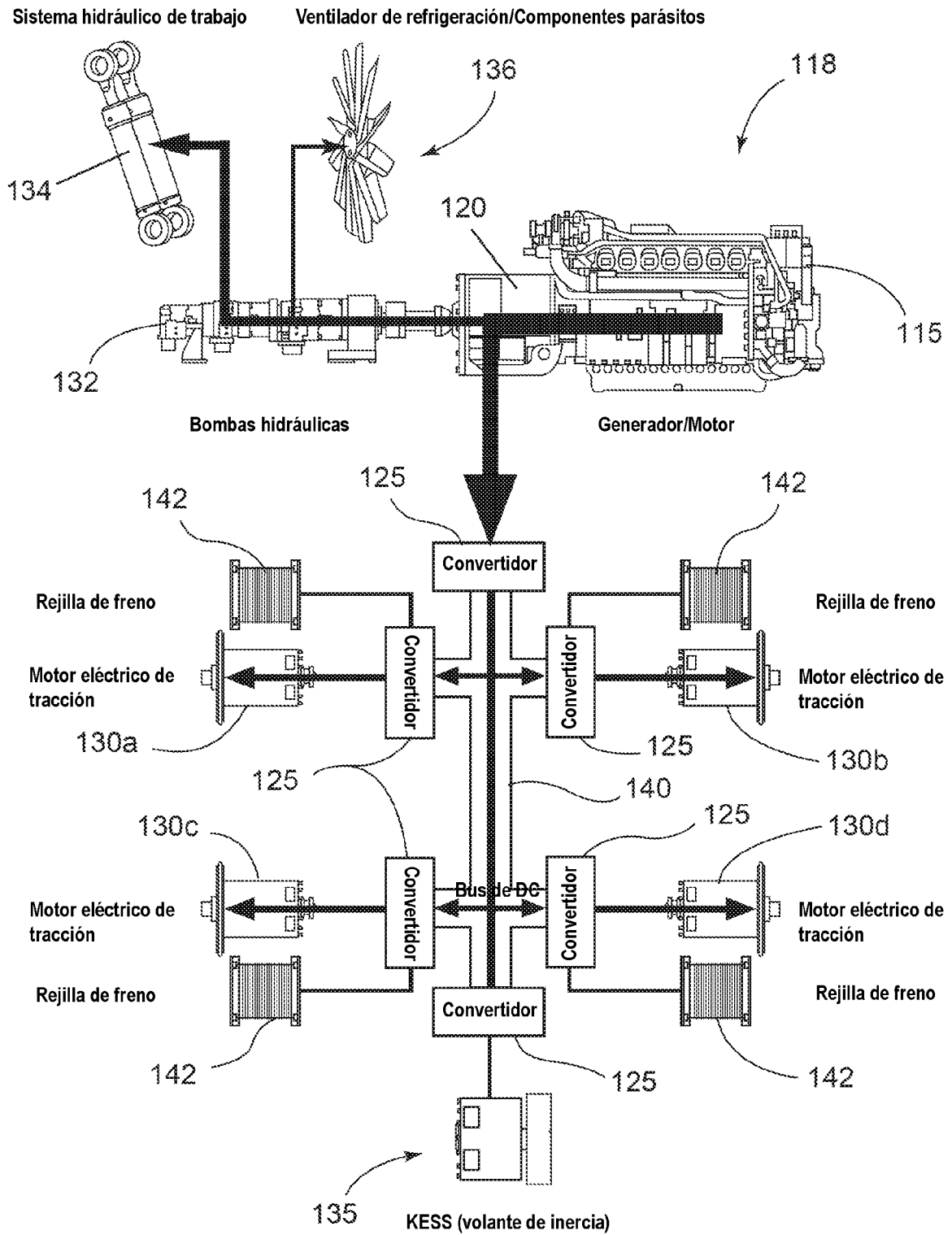
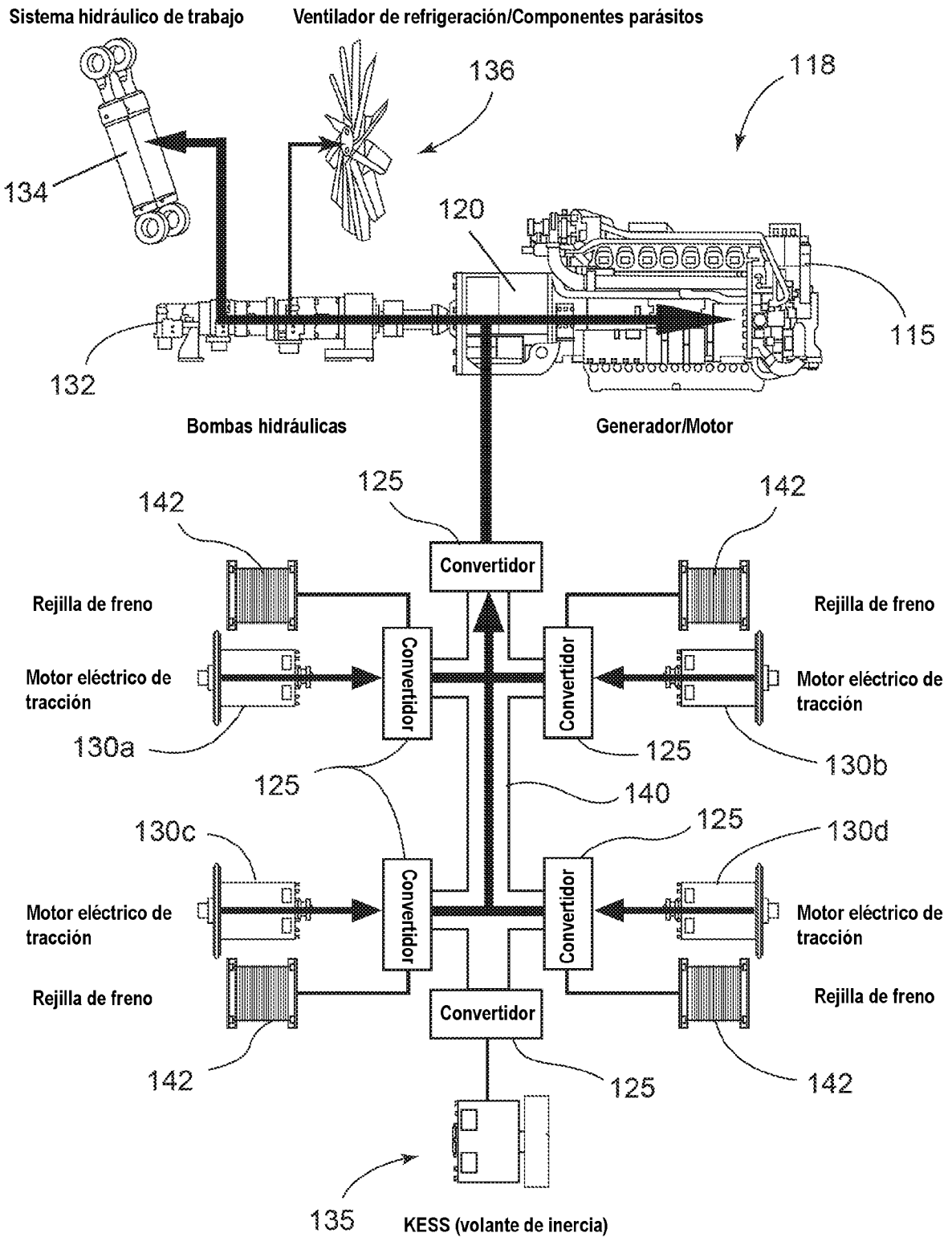
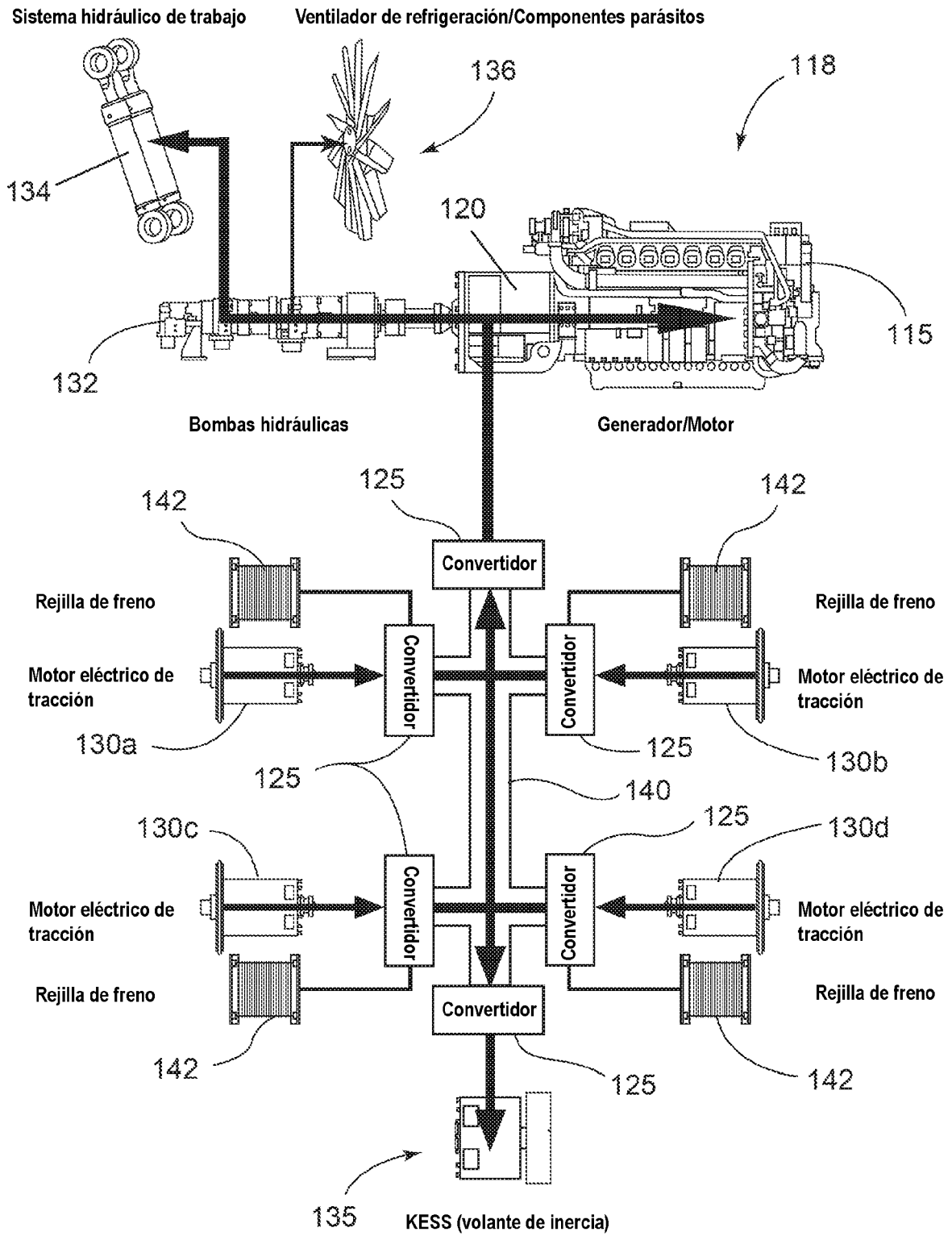


FIG. 5E



**FIG. 5F**



**FIG. 5G**

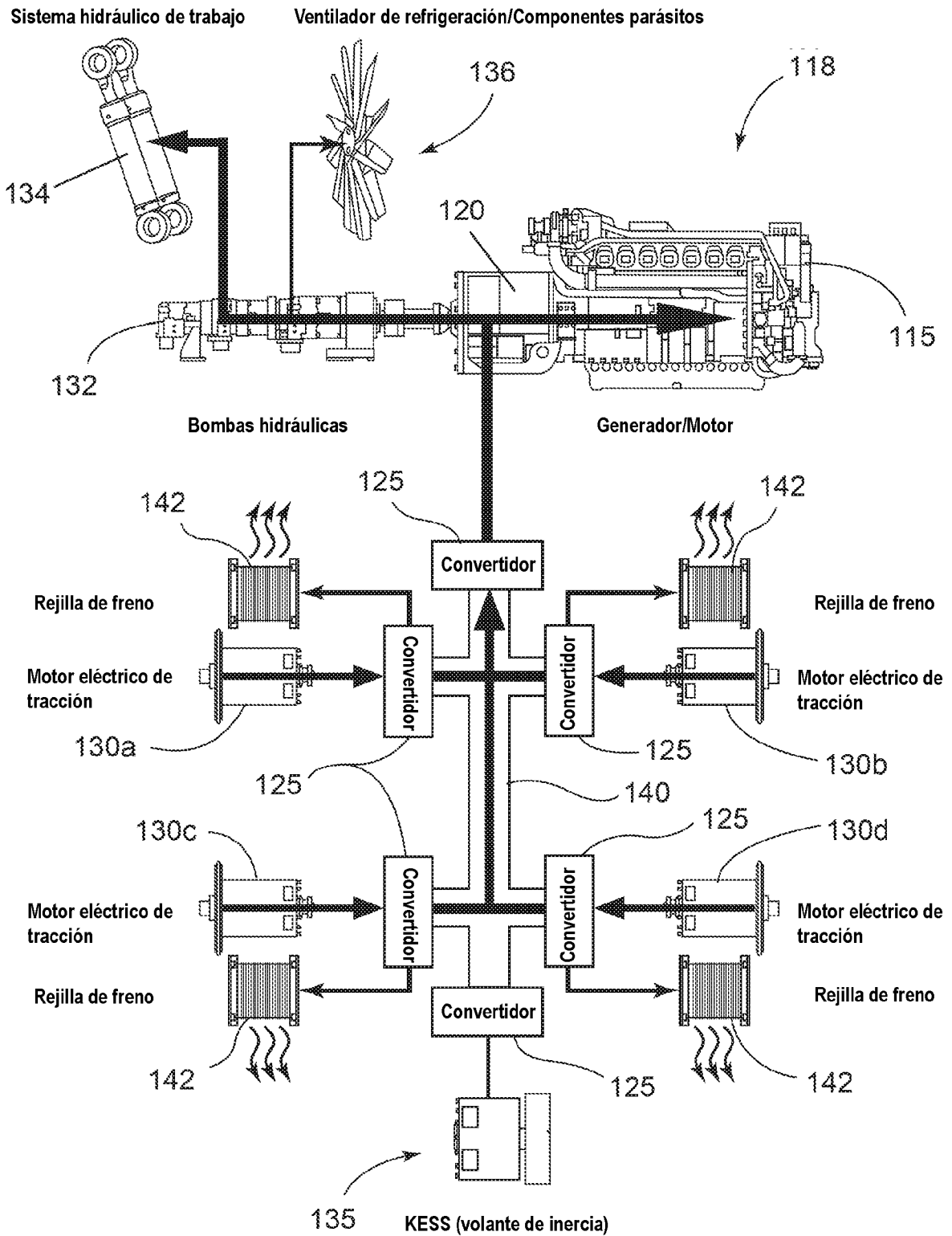
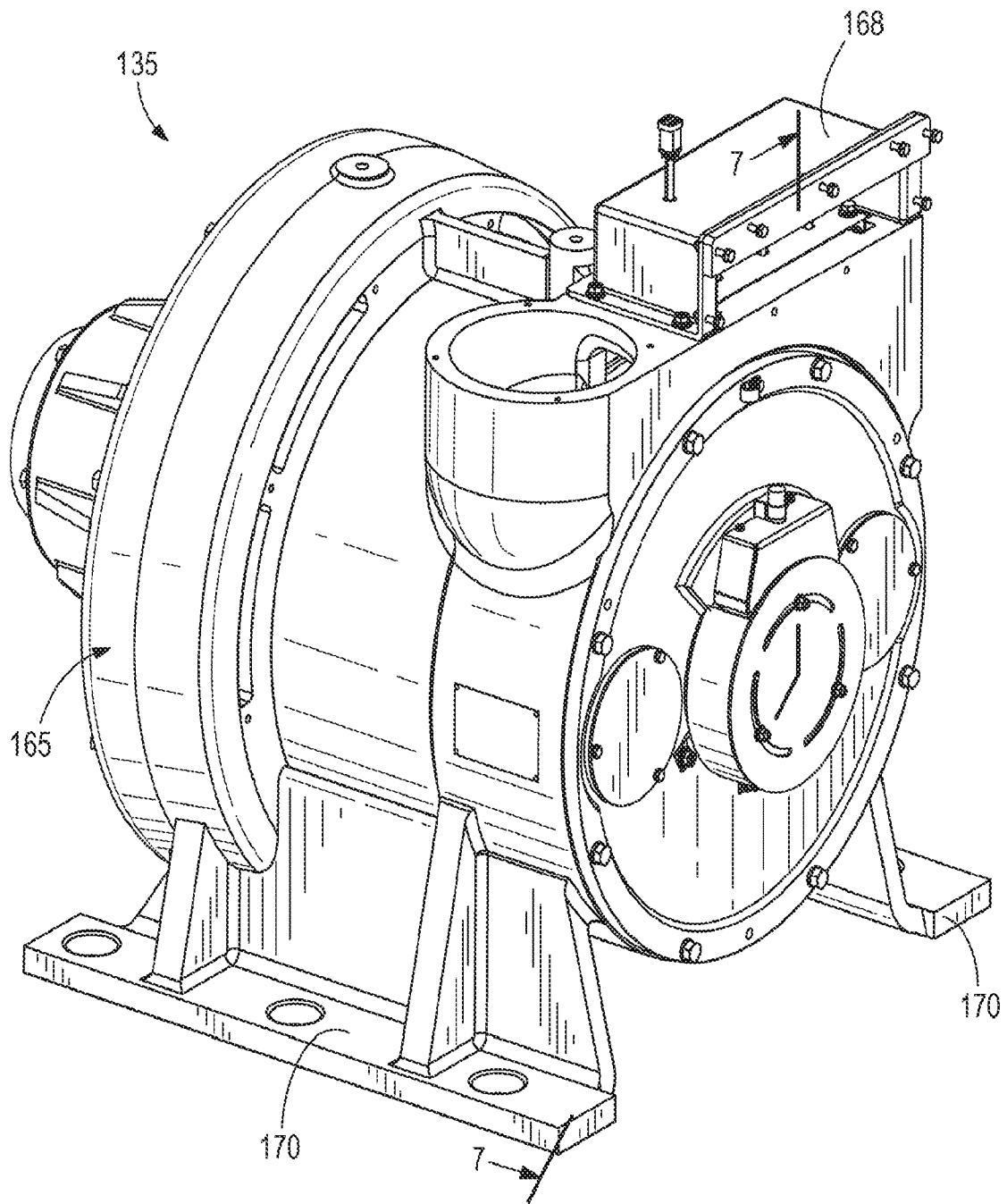
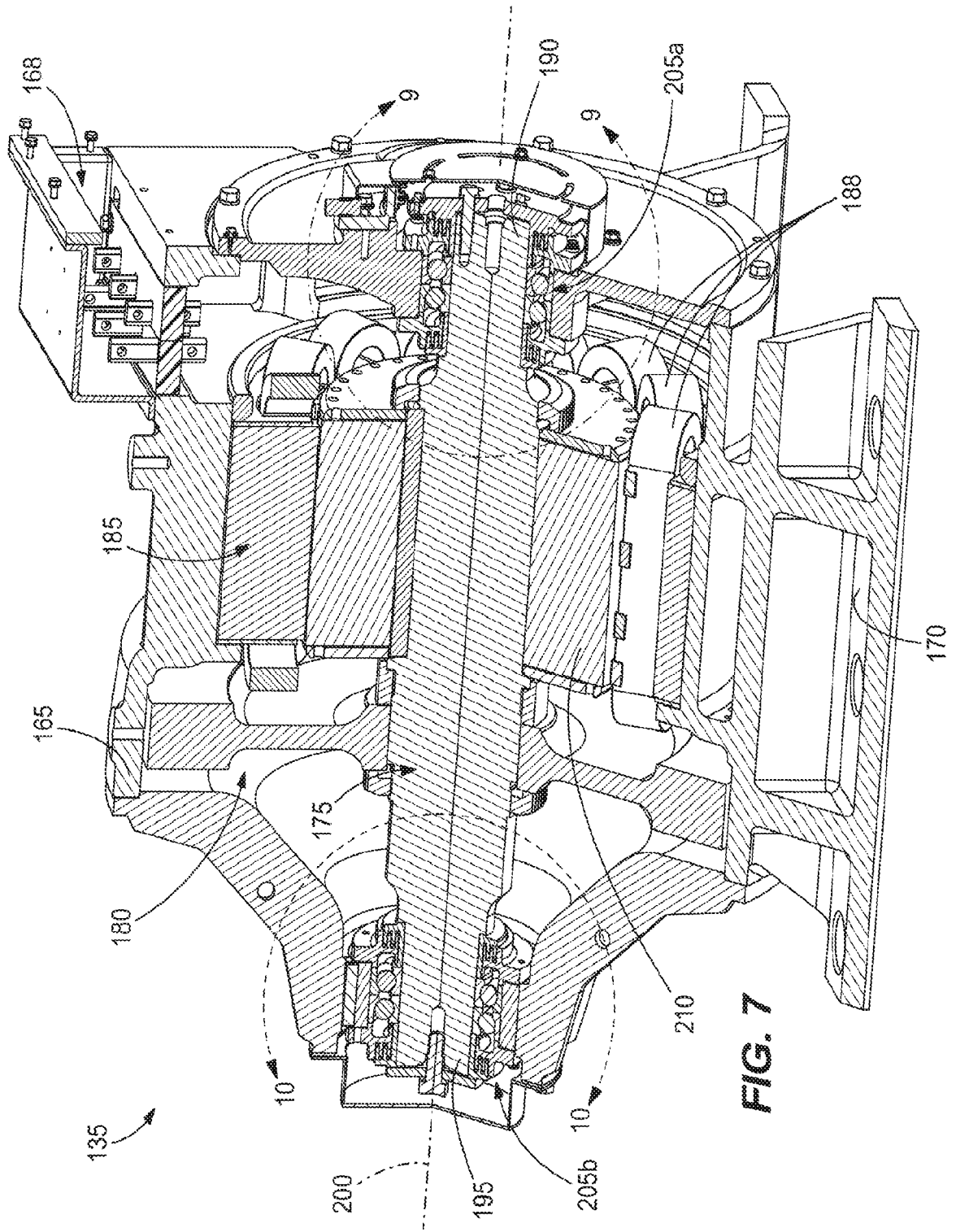


FIG. 5H



**FIG. 6**



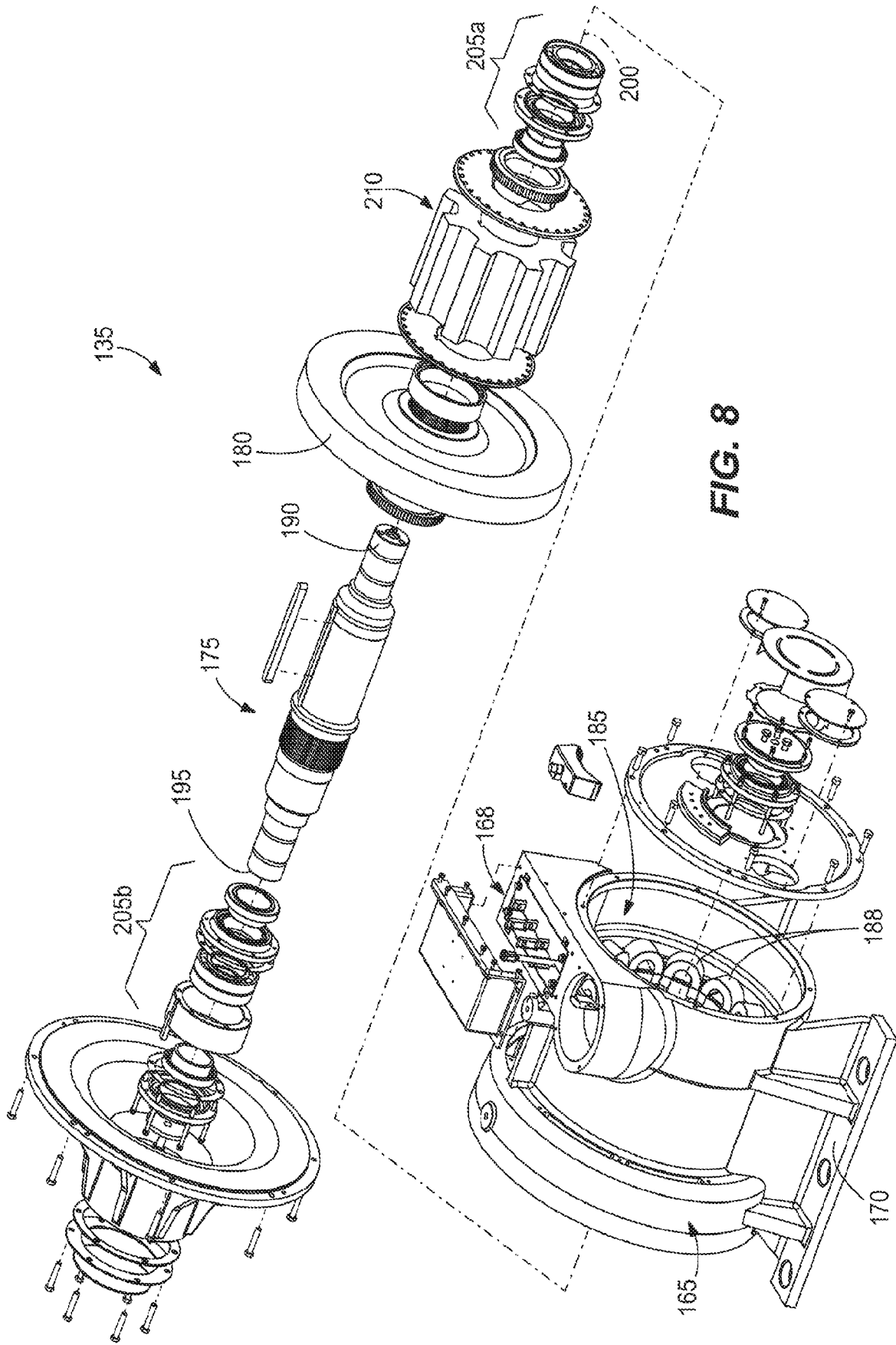
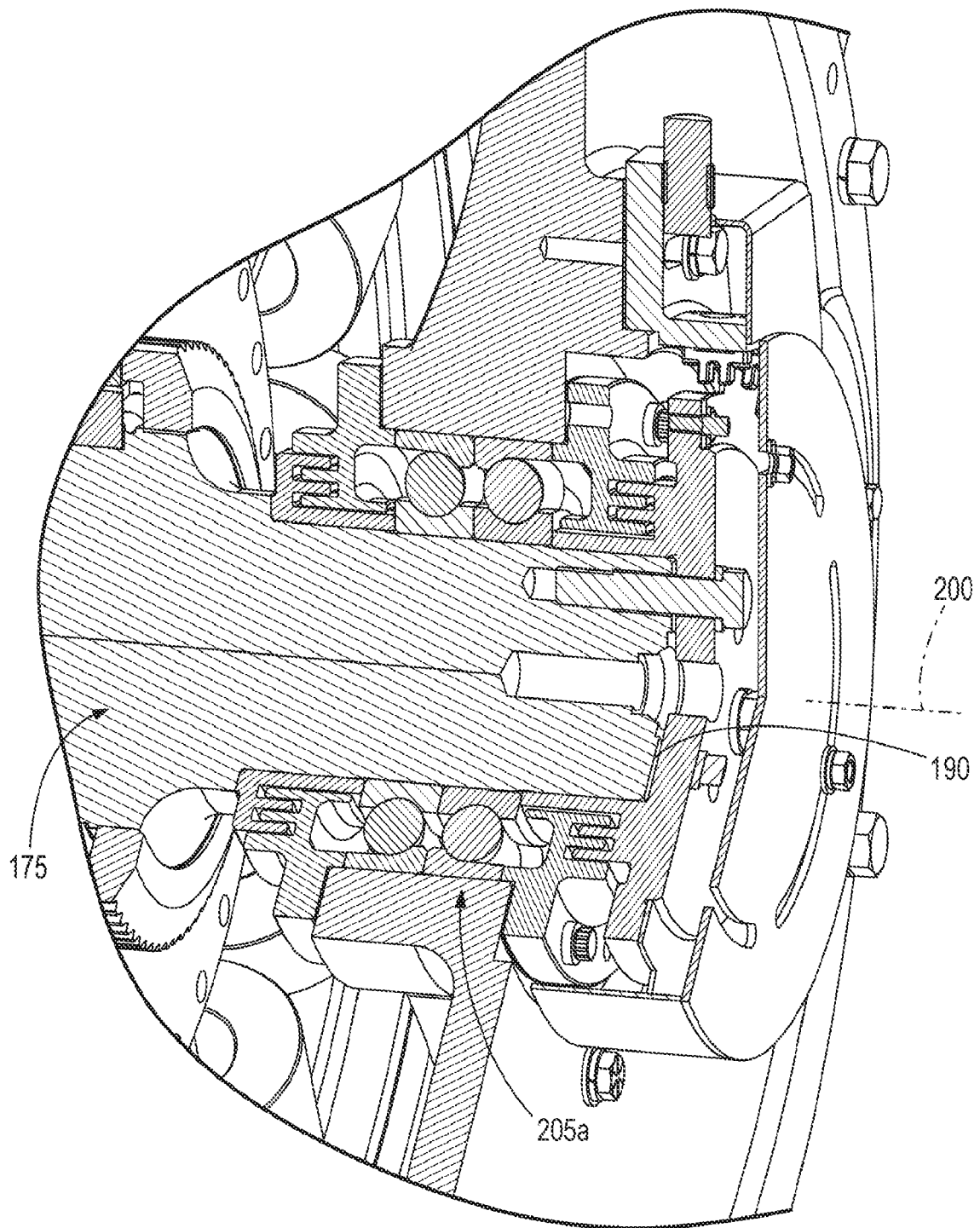
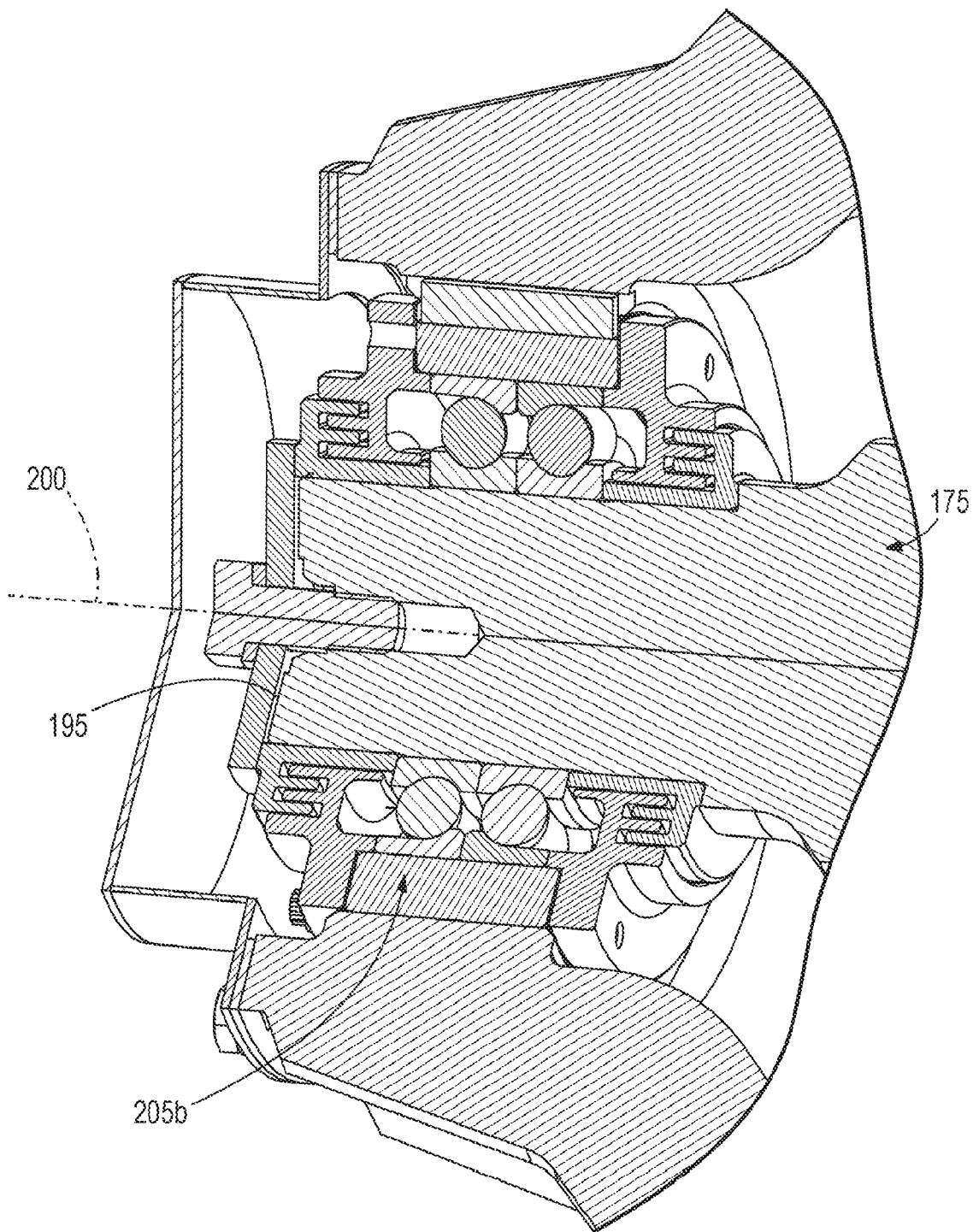


FIG. 8



**FIG. 9**



**FIG. 10**

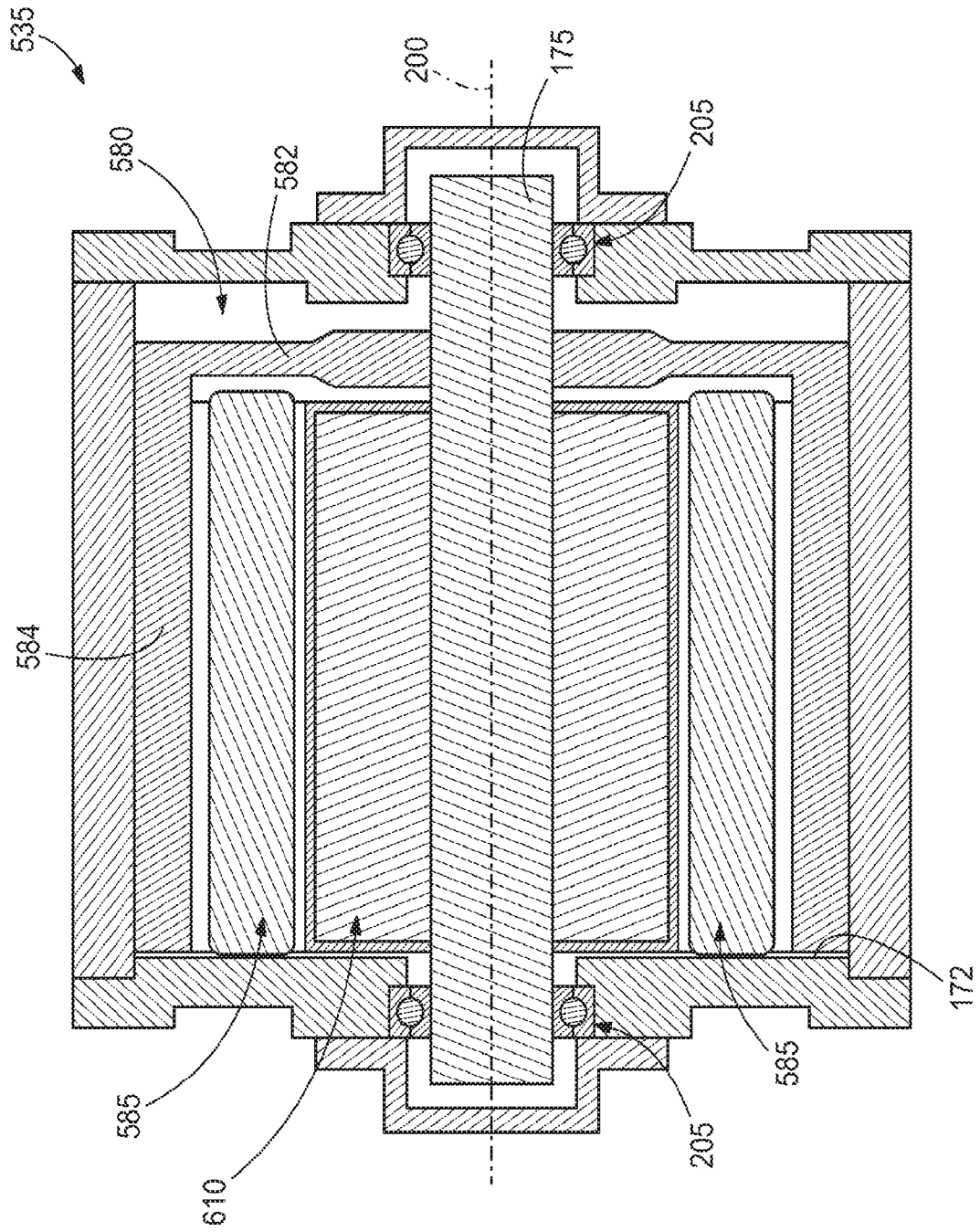


FIG. 11

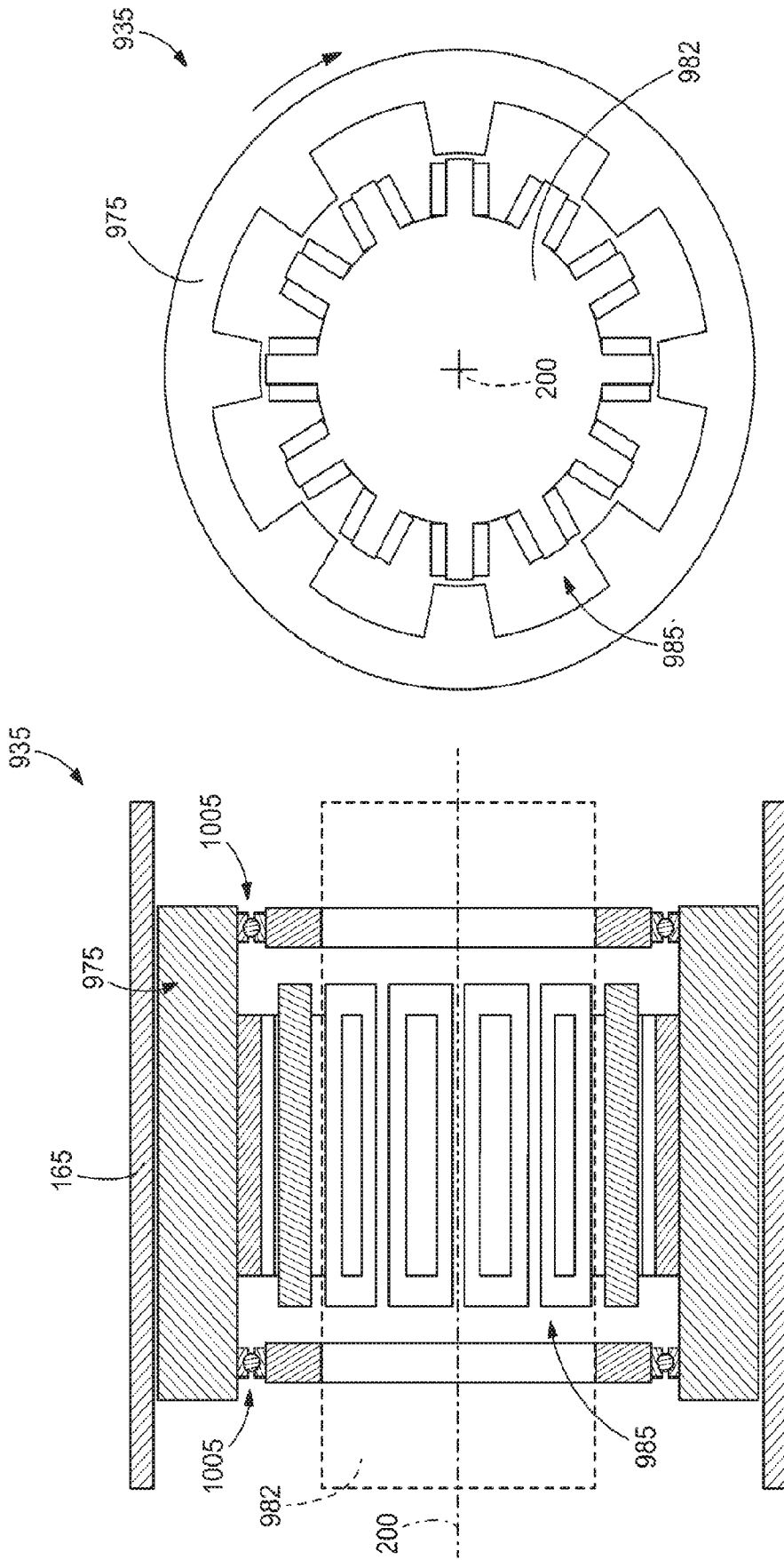


FIG. 13

FIG. 12