

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 681 212**

51 Int. Cl.:

H02P 9/42 (2006.01)

H02P 9/04 (2006.01)

H02P 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.05.2010 PCT/US2010/036391**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.01.2011 WO11008350**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2010 E 10800205 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.06.2018 EP 2454810**

54 Título: **Procedimiento de control de un generador de frecuencia constante y de velocidad variable**

30 Prioridad:

13.07.2009 US 501798

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

12.09.2018

73 Titular/es:

**GENERAC POWER SYSTEMS, INC. (100.0%)
S45 W29290 Hwy. 59 P.O. Box 8
Waukesha, WI 53187, US**

72 Inventor/es:

**MCLEAN, GRAHAM, W.;
POLLOCK, DAVID y
WEDEL, FRANCIS, X.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 681 212 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 de control de un generador de frecuencia constante y de velocidad variable

Campo de la invención

5 La presente invención versa, en general, sobre generadores eléctricos accionados por motor y, en particular, sobre un procedimiento de control de un generador eléctrico auxiliar de frecuencia constante y de velocidad variable.

Antecedentes y sumario de la invención

10 Se utilizan los generadores eléctricos en una gran variedad de aplicaciones. Normalmente, un generador eléctrico individual opera en un modo de reserva en el que se monitoriza la energía eléctrica proporcionada por una empresa de producción de energía eléctrica, de forma que, si falla la energía eléctrica comercial de una empresa de producción de energía eléctrica, se pone en marcha automáticamente el motor del generador eléctrico provocando que el alternador genere energía eléctrica. Cuando la energía eléctrica generada por el alternador alcance una tensión predeterminada y una frecuencia deseada por el cliente, un conmutador de transferencia transfiere la carga impuesta por el cliente desde las líneas comerciales de alta tensión hasta el generador eléctrico.

15 Normalmente, los generadores eléctricos utilizan un único motor de accionamiento acoplado con un generador o alternador mediante un eje común. Tras el accionamiento del motor, el cigüeñal hace girar el eje común, de forma que accione el alternador que, a su vez, genera energía eléctrica. Como es sabido, se diseña la mayoría de equipos eléctricos domésticos en los Estados Unidos para ser utilizados en conexión con energía eléctrica que tiene una frecuencia fija, es decir, sesenta (60) hercios (Hz). La frecuencia de la energía de salida de la mayoría de los anteriores generadores eléctricos depende de una velocidad operativa fija del motor. Normalmente, la velocidad operativa predeterminada de un motor para un generador eléctrico auxiliar de dos polos es de aproximadamente 20 3600 revoluciones por minuto para producir la frecuencia y energía nominales para las que se ha diseñado la unidad. Sin embargo, en situaciones en las que la carga aplicada es menor que la carga nominal de kilovatios para los que se ha diseñado la unidad, la eficacia del motor en consumo de combustible será menor que la óptima. Como tal, se puede apreciar que es altamente deseable variar la velocidad operativa del motor de un generador eléctrico para maximizar la eficacia en consumo de combustible y, por lo tanto, reducir las emisiones de CO₂ del motor para una carga dada. Además, la operación del generador eléctrico accionado por motor a su velocidad operativa predeterminada puede producir ruido no deseado. Se puede apreciar que la reducción de la velocidad operativa del motor de un generador eléctrico para que se corresponda con una carga dada reducirá el ruido asociado con la operación del generador eléctrico accionado por motor. Se conoce un sistema autónomo de generación de energía con un generador de inducción de doble alimentación accionado por un motor diésel por el documento IWANSKI G ET AL: "Power management in an autonomous adjustable speed large power diesel gensets". Por lo tanto, un objeto y una característica primarios de la presente invención es proporcionar un procedimiento de control de un generador eléctrico auxiliar de frecuencia constante y de velocidad variable.

35 Un objeto y una característica adicionales de la presente invención es proporcionar un procedimiento de control de un generador eléctrico auxiliar de frecuencia constante y de velocidad variable que maximice la eficacia en consumo de combustible del motor para una carga dada.

Un objeto y una característica adicional más de la presente invención es proporcionar un procedimiento de control de un generador eléctrico auxiliar de frecuencia constante y de velocidad variable que sea simple y que reduzca el coste total de operación del generador.

40 Un objeto y una característica adicional más de la presente invención es proporcionar un procedimiento de control de un generador eléctrico auxiliar de frecuencia constante y de velocidad variable que minimice el ruido asociado con la operación del generador.

45 Según la presente invención, se proporciona un procedimiento de control de un generador eléctrico accionado por motor. El generador genera una tensión de salida a una frecuencia con el motor en marcha a una velocidad operativa. El procedimiento incluye las etapas de conectar el generador con una carga y variar la velocidad operativa del motor para optimizar el consumo de combustible en respuesta a la carga. A partir de entonces, se modifica la frecuencia de la tensión de salida a un nivel predeterminado.

50 La etapa de modificar la frecuencia de la tensión de salida incluye las etapas adicionales de calcular la diferencia entre la frecuencia de la tensión de salida y el nivel predeterminado y proporcionar la diferencia como una frecuencia de ajuste. La frecuencia de la tensión de salida es modificada por la frecuencia de ajuste. El generador incluye un rotor que tiene devanados y un estátor que tiene una salida. La salida del estátor es conectable con la carga. Además, la salida del estátor está conectada operativamente con una entrada de un inversor. El inversor recibe la tensión de salida a la frecuencia. La salida del inversor está conectada operativamente con los devanados del rotor. El inversor suministra energía a los devanados del rotor a la frecuencia de ajuste. El estátor tiene un devanado principal y un devanado en cuadratura, y el inversor incluye un enlace de CC. La entrada de detección del inversor está conectada operativamente con el devanado principal y la de energía para el enlace de CC está conectada

operativamente con el devanado en cuadratura. Se contempla que el nivel predeterminado de la frecuencia no modificada se encuentre en el intervalo de 40 a 75 hercios y que el motor tenga una velocidad operativa mínima de aproximadamente 2400 revoluciones por minuto.

5 Según un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un procedimiento de control de un generador eléctrico accionado por motor que incluye un rotor y un estátor que tiene una salida. El generador genera una tensión de salida a una frecuencia en la salida del estátor con el motor en marcha a una velocidad del motor. El procedimiento incluye las etapas de conectar la salida del estátor con una carga y ajustar la velocidad del motor en respuesta a la carga. Se calcula la diferencia entre la frecuencia de la tensión de salida y un nivel predeterminado y se proporciona la diferencia como una frecuencia de ajuste. Se modifica la frecuencia de la tensión de salida por la frecuencia de ajuste.

El generador incluye un rotor que tiene devanados y el procedimiento incluye la etapa adicional de conectar operativamente la salida del estátor con una entrada de un inversor. El inversor recibe la tensión de salida a la frecuencia. Una salida del inversor está conectada operativamente con los devanados del rotor. El inversor suministra energía a los devanados del rotor a la frecuencia de ajuste.

15 El estátor tiene un devanado principal y un devanado en cuadratura, y el inversor incluye un enlace de CC. La entrada del inversor está conectada operativamente con el devanado principal y el enlace de CC está conectado operativamente con el devanado en cuadratura. Se contempla que el nivel predeterminado de la frecuencia se encuentra en el intervalo de 40 a 75 hercios y que el motor tenga una velocidad operativa mínima de aproximadamente 2400 revoluciones por minuto.

20 Según un aspecto adicional más de la presente invención, se proporciona un procedimiento de control de un generador eléctrico accionado por motor que incluye un rotor que tiene devanados del rotor y un estátor que tiene una salida. El generador genera una tensión de salida en una frecuencia en la salida del estátor con el motor en marcha a una velocidad del motor. El procedimiento incluye las etapas de conectar la salida del estátor con una carga y de ajustar la velocidad del motor en respuesta a la carga. Se suministra potencia de deslizamiento a los devanados del rotor para ajustar la frecuencia de la tensión de salida a un nivel predeterminado.

25 La etapa de suministrar potencia de deslizamiento a los devanados del rotor incluye las etapas adicionales de calcular la diferencia entre la frecuencia de la tensión de salida y el nivel predeterminado y proporcionar la diferencia como una frecuencia de ajuste. La potencia de deslizamiento tiene una frecuencia generalmente igual a la frecuencia de ajuste. La salida del estátor está conectada operativamente con una entrada de un inversor. El inversor recibe la tensión de salida a la frecuencia. Una salida del inversor está conectada operativamente con los devanados del rotor. El inversor suministra la potencia de deslizamiento a los devanados del rotor a la frecuencia de ajuste.

30 El estátor tiene un devanado principal y un devanado en cuadratura, y el inversor incluye un enlace de CC. La entrada del inversor está conectada operativamente con el devanado principal y el enlace de CC está conectado operativamente con el devanado en cuadratura. Se contempla que el nivel predeterminado de la frecuencia se encuentre en el intervalo de 40 a 75 hercios y que el motor tenga una velocidad operativa mínima de aproximadamente 2400 revoluciones por minuto. La velocidad del motor está ajustada para optimizar el consumo de combustible en respuesta a la carga sobre el mismo.

Breve descripción de los dibujos

40 Los dibujos realizados en la presente memoria ilustran una construcción preferente de la presente invención en los que se divulgan con claridad las ventajas y características anteriores, al igual que otras que se entenderán fácilmente a partir de la siguiente descripción de la realización ilustrada.

En los dibujos:

45 la Fig. 1 es una vista esquemática de un sistema de generador eléctrico accionado por motor para llevar a cabo el procedimiento de la presente invención.

Descripción detallada de los dibujos

Con referencia a la Fig. 1, un sistema de generador eléctrico accionado por motor para llevar a cabo la metodología de la presente invención es referido, en general, mediante el número 10 de referencia. El sistema 10 de generador incluye el generador 20 definido por el rotor cilíndrico 30 recibido de manera giratoria en el estátor 32. A modo de ejemplo, el rotor 30 incluye devanados trifásicos 31a- 31c suministrados por el inversor 34, según se describe a continuación. El estátor 32 incluye una pluralidad de devanados eléctricos (por ejemplo, el devanado principal 14) enrollados en bobinas sobre un núcleo de hierro y un devanado 46 de excitación o en cuadratura desfasado 90 grados del devanado principal 14. La rotación del rotor 30 genera un campo magnético móvil en torno al estátor 32 que, a su vez, incluye una diferencia de tensión entre los devanados del estátor 32. Como resultado, se proporciona una energía de corriente alterna (CA) en las salidas 33a- 33c del estátor 32. Las salidas 33a-33c del estátor 32 son conectables con la carga 36 para suministrar energía de CA a la misma.

El sistema 10 de generador incluye además un motor 22. Como es convencional, el motor 22 recibe combustible tal como gas natural o vapor de propano líquido a través de una entrada. El combustible proporcionado al motor 22 es comprimido e inflamado en los cilindros del mismo, de forma que genere un movimiento recíproco de los pistones del motor 22. El movimiento recíproco de los pistones del motor 22 es convertido al movimiento giratorio por medio de un cigüeñal. El cigüeñal está acoplado operativamente con el rotor 30 del generador 20 mediante un eje, de forma que según gira el cigüeñal mediante la operación del motor 22, el eje acciona el rotor 30 del generador 20.

Como es sabido, la frecuencia de la energía de CA en las salidas 33a-33c del estátor 32 depende del número de polos y de la velocidad de rotación del rotor 30 que se corresponde, a su vez, con la velocidad del motor 22. La velocidad del motor que se corresponde con una frecuencia particular es denominada velocidad de sincronismo (N_s) para esa frecuencia. A modo de ejemplo, la velocidad de sincronismo para un rotor de dos polos que produce energía de CA a 60 hercios en las salidas 33a-33c del estátor 32 es de 3600 revoluciones por minuto.

Se hace notar que el motor 22 del sistema 10 de generador no opera a una velocidad constante fija, sino que, más bien, opera a una velocidad que varía según la magnitud de la carga. En otras palabras, con cargas bajas, cuando la carga 36 requiere relativamente poca corriente del generador 20, la velocidad del motor es relativamente baja. Con mayores cargas, cuando se extrae una corriente mayor del generador 20, la velocidad del motor es mayor. Aunque se puede apreciar que la velocidad del motor 22 puede ser ajustada fácilmente para optimizar el consumo de combustible y reducir el nivel de ruido asociado con la operación del motor 22. Estos cambios en la velocidad del motor, a su vez, provocan que cambien la frecuencia y la tensión en la salida del generador 20. Sin embargo, en todos los casos, la frecuencia y la tensión de la energía de CA producida en las salidas 33a-33c del estátor 32 deben permanecer relativamente constantes y sustancialmente entre los límites superior e inferior preestablecidos (por ejemplo, 56-60 Hz, y 108-127 V_{rms}). Como tal, se proporciona la regulación de la tensión y de la frecuencia, según se describe en lo que sigue.

El sistema 10 de generador incluye, además, un controlador 16 conectado operativamente con un transformador de corriente (no mostrado) y con el accionador de mariposa del motor 22. El transformador de corriente mide la magnitud de la carga 36 y suministra la misma al controlador 16. Se pretende que el controlador 16 calcule el consumo óptimo de combustible para el motor 22 para una carga dada 36. Se puede apreciar que el consumo mínimo de combustible normalmente se produce a aproximadamente 2/3 de la velocidad de sincronismo (N_s) del motor 22. Como tal, para un rotor de dos polos que produce energía de CA a 60 hercios en las salidas 33a-33c del estátor 32, se produce el consumo mínimo de combustible a una velocidad del motor de 2400 revoluciones por minuto. En respuesta a las instrucciones recibidas desde el controlador 16, el accionador de mariposa acoplado con el motor 22 aumenta o reduce la velocidad del motor 22 para optimizar el consumo de combustible por parte del motor. También se contempla que el controlador 16 reciba diversas entradas adicionales indicativas de las condiciones operativas del motor y proporciona órdenes adicionales de control (por ejemplo, una orden de parada del motor en el caso de que se pierda la presión del aceite) al motor 22.

Las entradas 35a y 35b del inversor 34 están conectadas operativamente con los devanados del estátor mediante las salidas 33a y 33c, respectivamente, del estátor 32 por medio de líneas 37 y 39. Además, el enlace 44 de CC del inversor 34 está conectado operativamente con el devanado 46 en cuadratura del estátor 32 por medio de líneas 48 y 50. En una aplicación monofásica, la entrada introducida desde el devanado 46 en cuadratura al enlace 44 de CC es rectificadora para proporcionar corriente al enlace 44 de CC. Además, la energía de CA suministrada al enlace 44 de CC desde estátor 32 es convertida por un puente trifásico en energía trifásica de CA con una frecuencia controlable por las líneas 40a-40c. Las líneas 40a-40c están conectadas operativamente con los devanados 31a-31c del rotor, respectivamente del rotor 30 mediante, por ejemplo, anillos colectores, para suministrar corrientes trifásicas a los mismos. Según se describe en lo que sigue, se pretende que las corrientes trifásicas produzcan una onda progresiva de flujo magnético con respecto al rotor 30 para que se mantenga la velocidad del rotor 30 con respecto al estátor 32 en la velocidad de sincronismo (N_s) del motor 22.

Dada la velocidad (N_r) del rotor, la onda progresiva del flujo magnético producida por las corrientes trifásicas suministradas por el inversor 34 con respecto al rotor 30 es igual a la diferencia entre la velocidad de sincronismo (N_s) y la velocidad (N_r) del rotor. Como tal, el estátor 32 "ve" la onda de flujo magnético que discurre a la velocidad de sincronismo (N_s) con independencia de la velocidad (N_r) del rotor y producirá una frecuencia constante en las salidas 33a-33c del mismo. Para un rotor 30 que tiene dos polos, se puede calcular la frecuencia requerida para la energía de CA suministrada por el inversor 34 a los devanados 31a-31c del rotor para producir una onda progresiva de flujo magnético que provoca que las salidas del estátor 32 tengan una frecuencia constante según la ecuación:

$$f_{inversor} = \frac{N_s - N_r}{60} \quad \text{Ecuación (1)}$$

en la que: $f_{inversor}$ es la frecuencia de la energía de CA suministrada por el inversor 34 a los devanados 31a-31c del rotor; N_s es la velocidad de sincronismo; y N_r es la velocidad del rotor.

Para suministrar una tensión y una corriente constantes en las salidas 33a-33c del estátor 32, la energía de CA suministrada por el inversor 34 puede ser calculada según la ecuación:

$$P_{inversor} = P_{estator} \times \frac{N_s - N_r}{N_r} \quad \text{Ecuación (2)}$$

en la que: $P_{inversor}$ es la energía de CA suministrada por el inversor 34 o la potencia de deslizamiento; $P_{estator}$ es la energía de CA en las salidas 33a-33c y el devanado 46 en cuadratura del estátor 32; N_s es la velocidad de sincronismo; y N_r es la velocidad del rotor.

5 En vista de lo anterior, se puede apreciar que al controlar la magnitud y la frecuencia de la energía de CA suministrada a los devanados 31a-31c del rotor mediante el inversor 34, la frecuencia y la tensión de la energía de CA producida por el generador 10 en las salidas 33a-33c del estátor 32 permanecen relativamente constantes y sustancialmente dentro de los límites preestablecidos superior e inferior. En operación, se pone en marcha el motor 22 para que el generador 20 genere energía eléctrica en las salidas 33a-33c del estátor 32, según se ha descrito hasta este momento. El controlador 16 monitoriza la magnitud de la carga 36 y calcula el consumo óptimo de combustible del motor 22. En respuesta a las instrucciones recibidas del controlador 16, el accionador de la mariposa acoplado con el motor 22 aumenta o reduce la velocidad del motor (hasta un máximo de 3600 revoluciones para uno de dos polos) para optimizar el consumo de combustible del motor. Con independencia de la carga 36, el controlador 16 mantiene la velocidad del motor 22 como mínimo en 2400 revoluciones por minuto dado que se produce el consumo mínimo de combustible del motor 22 a una velocidad del motor de 2400 revoluciones por minuto.

15 Para mantener la frecuencia y la tensión de la energía de CA producida por el generador 10 en las salidas 33a-33c del estátor 32, el controlador 16 determina la frecuencia y la magnitud de la potencia de deslizamiento que ha de ser suministrada a los devanados 31a-31c del rotor mediante el inversor 34. A partir de entonces, bajo el control del controlador 16, el inversor 34 convierte la energía de CA suministrada en las entradas del mismo en la potencia de deslizamiento que tiene la magnitud deseada y la frecuencia deseada.

20 Cuando el rotor 30 gira a la velocidad de sincronismo (N_s), el inversor 34 debe proporcionar una onda estacionaria con respecto al rotor 30 para producir la misma fuerza magnetomotriz que se produce por medio de un alternador normal de velocidad constante. De esta manera, el inversor 34 se comporta como se comporta un regulador automático de tensión en un alternador convencional que tiene que proporcionar una fuerza magnetomotriz magnetizante, así como un componente para oponerse a la reacción de la armadura. Además, se puede apreciar que en aplicaciones monofásicas, al utilizar el devanado 46 en cuadratura del estátor 32 para alimentar el enlace 44 de CC del inversor 34, se mantienen los devanados principales del estátor 32 libres de armónicos que se producen como resultado natural del enlace 44 de CC. Esto, a su vez, elimina la necesidad de un filtrado adicional o de una corrección del factor de potencia corriente arriba del enlace 44 de CC.

25 Se contempla que diversos modos para llevar a cabo la invención se encuentran en el alcance de las siguientes reivindicaciones destacando, en particular, y reivindicando de manera destacada la materia objeto que se considera que es la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de control de un generador eléctrico (20) accionado por motor, incluyendo el generador un rotor (30) que tiene devanados trifásicos (31a - 31c) y un estátor (32) que tiene un devanado principal, conectado con una salida (33a - 33c) del estátor y que genera en la salida del estátor una tensión de salida a una frecuencia con el motor en marcha a una velocidad operativa, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 5
- conectar la salida del estátor del generador (20) con una carga (36);
variar la velocidad operativa del motor en respuesta a la carga; y
modificar la frecuencia de la tensión de salida a un nivel predeterminado,
10 en el que la etapa de modificar la frecuencia de la tensión de salida comprende las etapas adicionales de:
- calcular la diferencia entre la frecuencia de la tensión de salida y el nivel predeterminado y proporcionar la diferencia como una frecuencia de ajuste;
modificar la frecuencia de la tensión de salida mediante la frecuencia de ajuste,
comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 15 conectar de manera operativa la salida (33a-33c) del estátor con una entrada de un inversor (34), recibiendo el inversor la tensión de salida a la frecuencia; y conectar de manera operativa una salida del inversor con los devanados del rotor, suministrando el inversor energía a los devanados del rotor a la frecuencia de ajuste,
- caracterizado porque:**
20 el estátor (32) tiene un devanado (46) en cuadratura desfasado 90 grados del devanado principal y el procedimiento comprende la etapa de conectar de manera operativa el enlace (44) de CC del inversor (34) con el devanado (46) en cuadratura del estátor (32) para proporcionar corriente al enlace (44) de CC.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el nivel predeterminado de la frecuencia se encuentra en el intervalo de 40 a 75 hercios.
- 25
3. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el motor tiene una velocidad operativa mínima de aproximadamente 2400 revoluciones por minuto.

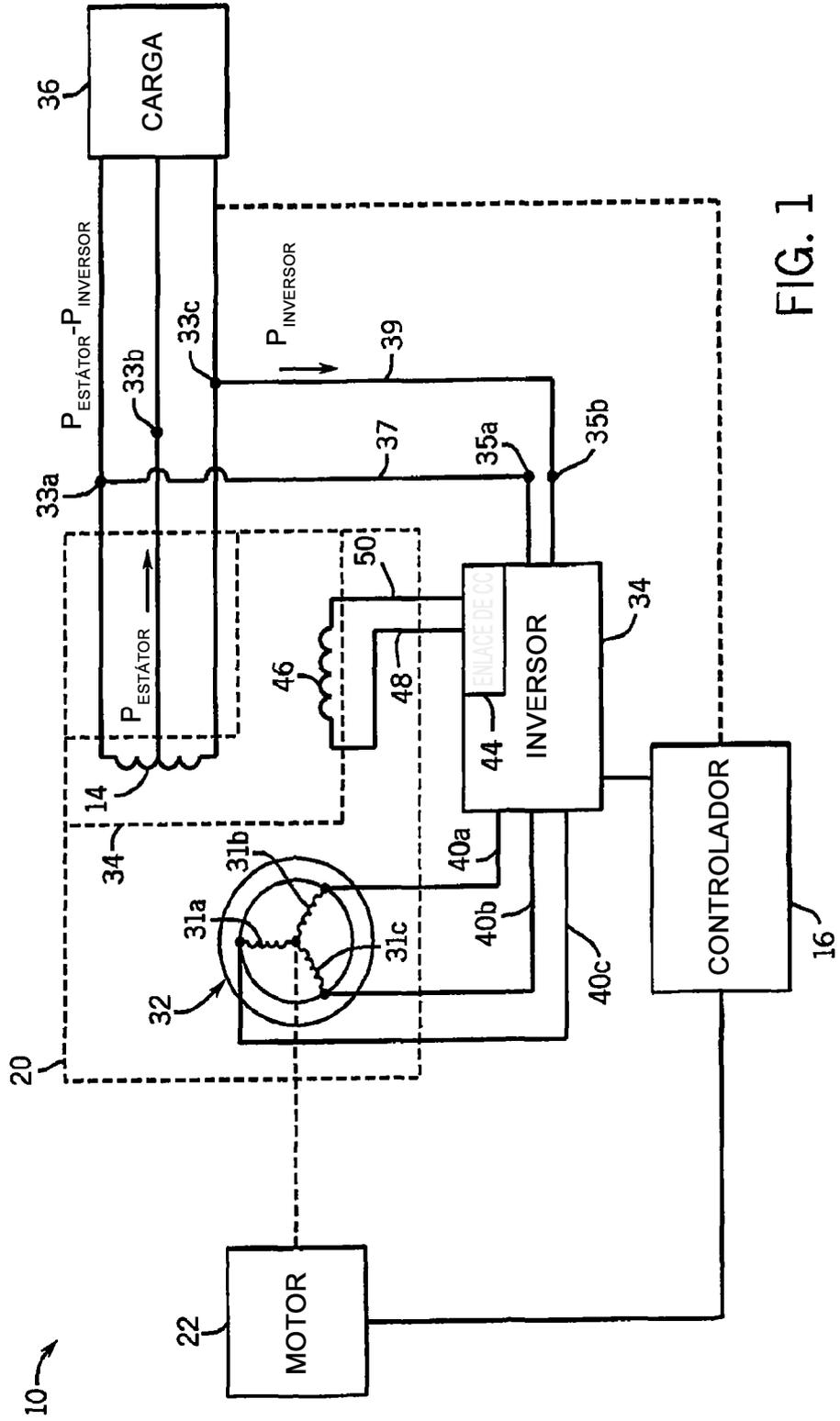


FIG. 1