

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 662**

51 Int. Cl.:

F03G 7/00 (2006.01)

H02K 7/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.10.2013 PCT/IN2013/000666**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.05.2014 WO14068594**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2013 E 13851769 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 2914847**

54 Título: **Sistema y procedimiento de control de movimiento con obtención de energía**

30 Prioridad:

30.10.2012 IN 3142MU2012

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

17.10.2019

73 Titular/es:

**JAIN IRRIGATION SYSTEMS LIMITED (100.0%)
Jain Plastic Park N. H. No-6, Bambhori P. B. 72
Jalgaon 425 001 Maharashtra, IN**

72 Inventor/es:

**DEFRANK, MICHAEL, PATRICK;
GOLDBERG, JACK;
HOUK, RANDY, L. y
HALL, JONATHAN, R.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 727 662 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

Sistema y procedimiento de control de movimiento con obtención de energía

Campo de la invención:

5 La presente invención se refiere a un sistema y a un procedimiento para controlar el movimiento de un mecanismo mientras se obtiene energía eléctrica a partir de la energía cinética del movimiento del mecanismo. Una fuente de energía externa, tal como el agua que fluye a presión, está acoplada al mecanismo y proporciona la energía cinética a partir de la cual se obtiene la energía eléctrica. El sistema de control de movimiento comprende, por ejemplo, un mecanismo giratorio, y unos medios para controlar un aspecto del movimiento del mecanismo, por ejemplo, su velocidad de rotación. A medida que la energía se obtiene de la energía cinética del movimiento del mecanismo, la fuente de energía que alimenta las características de control de movimiento del aparato es la misma fuente de energía que acciona el movimiento del mecanismo. En una realización preferida, no hay necesidad de conectar cables desde una fuente de alimentación remota para llevar energía eléctrica al sistema de control de movimiento. El sistema puede contener una batería recargable o algún otro tipo de almacenamiento de energía eléctrica. Además de utilizar energía de la misma fuente de energía que acciona el movimiento del mecanismo, el sistema de control de movimiento también puede obtener energía desde otra fuente, tal como desde un panel solar. La energía recogida también se puede usar opcionalmente para alimentar una pantalla de información y/o una válvula y/o algún otro tipo de dispositivo auxiliar eléctrico, además de los circuitos utilizados para el control de movimiento. El procedimiento de control de movimiento incorpora uno o más sensores acoplados al mecanismo móvil y los sensores proporcionan información para ayudar y/o permitir el control de movimiento. Los sensores también se denominan en el presente documento como el módulo sensor.

Antecedentes de la invención:

Muchas aplicaciones comerciales e industriales requieren control de movimiento. - Los ejemplos incluyen 1) una válvula o puerta puede necesitar abrirse o cerrarse en momentos específicos y/o a velocidades específicas; 2) un mecanismo giratorio, tal como un aspersor para riego, puede que deba girar a una velocidad controlada o distribuir el agua de una manera particular; o, 3) un torniquete que es empujado por una persona puede necesitar que su movimiento sea controlado de alguna manera para, por ejemplo, garantizar la seguridad. Controlar el movimiento de cualquier mecanismo, tal como un aspersor o un torniquete, generalmente requiere una fuente de energía. A menudo, una fuente de energía eléctrica se encuentra cerca del mecanismo móvil. Sin embargo, no siempre es práctico proporcionar energía eléctrica desde una fuente externa a un sistema de control de movimiento. Esto puede deberse a que el mecanismo móvil es portátil y el cableado es engorroso o porque no hay energía eléctrica disponible en el sitio del mecanismo móvil. Además, hay costes asociados con el cableado de la alimentación eléctrica al sitio de un mecanismo móvil.

La presente invención está dirigida hacia un aparato de control de movimiento empleado en situaciones en las que no hay una fuente cercana conveniente de energía eléctrica. En el caso de un aspersor giratorio, por ejemplo, la fuente de energía que realmente mueve el mecanismo de aspersor giratorio generalmente es en forma de agua que fluye a presión y la energía eléctrica puede no ser conveniente o fácil de obtener en el sitio de un aspersor. Otro mecanismo móvil en el que la energía eléctrica puede no ser conveniente o fácil de obtener es un torniquete de propulsión humana, que es empujado por una persona para obtener acceso. En estos dos ejemplos, es posible obtener energía desde la fuente de energía que realmente mueve el mecanismo, y esta energía obtenida se puede usar para alimentar los circuitos electrónicos utilizados para el control de movimiento. La velocidad de rotación de un aspersor puede ser controlada por un circuito electrónico y la velocidad a la que gira un torniquete para permitir que una persona pase a través del mismo puede ser controlada por un circuito electrónico. La presente invención utiliza la misma fuente de energía que proporciona energía para mover un mecanismo para proporcionar también energía a circuitos electrónicos que realizan el control de movimiento.

45 La patente US 6.864.591 se titula "Generador activado por aspersor", divulga un aparato para riego, tal como un aspersor, que incluye un generador eléctrico para generar electricidad. Los diseños actuales de sistemas de aspersores utilizan algún procedimiento de disipación de energía para ralentizar la rotación del aspersor para reducir o eliminar el llamado efecto de cola de gallo de altas velocidades de rotación. Este efecto de cola de gallo causa patrones de distribución pequeños y desiguales. La patente '591, entre otras cosas, analiza cómo la inclusión de un generador eléctrico en un aspersor puede reducir este efecto de cola de gallo. La presente invención mejora la patente '591 al usar la electricidad generada por el generador eléctrico para alimentar los circuitos electrónicos utilizados para controlar el movimiento del aspersor.

Otro documento conocido en el estado de la técnica es el documento US2010/123313.

55 Es, por lo tanto, ventajoso obtener energía eléctrica a partir de la energía cinética de un mecanismo en movimiento, y usar esa energía obtenida para alimentar los circuitos electrónicos que proporcionan control de movimiento.

Objetos de la invención:

1. Es un objeto principal de la presente invención proporcionar un aparato y un procedimiento de control de

movimiento con obtención de energía;

2. Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato que obtiene y almacena energía;

3. Otro objeto de la presente invención es proporcionar un aparato que proporcione un control de movimiento flexible y repetible.

5 4. Otro objeto de la presente invención es proporcionar un aparato de control de movimiento que no requiera ninguna fuente de energía adicional;

5. Otro objeto de la presente invención es proporcionar un aparato de control de movimiento que elimine los gastos de tendido de cables y, por lo tanto, reduzca los costes de producción;

10 6. Otro objeto de la presente invención es proporcionar un aparato de control de movimiento que tenga un coste de mantenimiento bajo;

7. Otro objeto de la presente invención es proporcionar un aparato de control de movimiento que sea robusto.

8. Es otro objeto más de la presente invención proporcionar un sistema de aspersores que obtenga energía y utilice esa energía obtenida para un control flexible y repetible de la distribución de agua.

Sumario de la invención:

15 Los inconvenientes mencionados anteriormente asociados con los sistemas existentes se abordan en las realizaciones de la presente solicitud y se explican en detalle a continuación;

La presente solicitud describe un sistema y un procedimiento de control de movimiento con obtención de energía. Se describen varias realizaciones del sistema de control de movimiento junto con procedimientos para su uso. El término 'sistema' y 'aparato' se usan indistintamente en la memoria descriptiva actual y se refieren a la misma estructura.

20 A modo de ejemplo, un sistema de aspersores que incorpora varias características de la presente invención es un sistema de aspersores inteligente que obtiene energía desde la fuente hidráulica que alimenta los aspersores. Cada aspersor en el sistema, por medio de un transductor de energía, genera electricidad que se utiliza para alimentar circuitos electrónicos que a su vez controlan el patrón de distribución de agua. El transductor de energía se puede denominar como un módulo de conversión de energía. La electricidad generada también se obtiene y se almacena en un dispositivo de almacenamiento eléctrico, tal como una batería recargable. El aspersor también puede utilizar la electricidad generada para alimentar los circuitos electrónicos, lo que le permite comunicarse con un sistema informático ubicado en forma remota que recopila datos de los aspersores, alerta al usuario de cualquier mal funcionamiento y le permite controlar y/o alterar el patrón de distribución del agua. La comunicación con un sistema informático situado a distancia es, en una realización preferida, inalámbrico.

30 Cada aspersor en dicho sistema contiene su propio circuito electrónico conectado a su propio transductor de energía. Este circuito electrónico comprende componentes de obtención de energía y componentes computacionales que controlan el comportamiento del aspersor, tal como la velocidad y la duración de la operación del aspersor. En tal sistema de aspersores, se obtiene energía hidráulica que de otra manera se desperdiciaría.

35 En esta realización, un sistema de control único asociado con un generador eléctrico permite que los circuitos electrónicos monitoricen y ajusten la velocidad de rotación. Adicionalmente, la energía obtenida desde el mecanismo de aspersor giratorio se puede usar para controlar una válvula que se abre y se cierra periódicamente, modulando así la cantidad de agua distribuida por el aspersor. Un aspersor sin una válvula de este tipo entrega agua el 100 % del tiempo durante el cual recibe agua que fluye a presión. Con una válvula controlada como parte del aparato de aspersores, el aspersor puede configurarse para suministrar agua en una variedad de ciclos de trabajo diferentes, tales como, por ejemplo, 50 % en el que la válvula se enciende repetidamente durante 20 segundos y se apaga durante 20 segundos o 10 %, en el que la válvula se enciende repetidamente durante 4 segundos y se apaga durante 36 segundos. Así, en la presente invención, el aspersor se puede controlar mediante un algoritmo de circuito cerrado para proporcionar una amplia variedad de patrones de distribución de agua deseados. Por ejemplo, el aspersor se puede configurar para que gire a 20 RPM con un ciclo de trabajo del 50 % durante 10 minutos, seguido de 50 RPM con un ciclo de trabajo del 75 % durante 30 minutos.

En algunas situaciones, por ejemplo, cuando un sistema de riego mecanizado, tal como un pivote central, se desplaza a través de una porción de tierra que no requiere riego (tal como un estanque), el patrón de distribución de agua más adecuado puede ser que no haya agua en absoluto o un ciclo de trabajo del 0 %.

50 Estas "instrucciones de distribución de agua" de la velocidad y el ciclo de servicio y la duración pueden repetirse o alterarse fácilmente, permitiendo así un control preciso del patrón de distribución del agua. Adicionalmente, un grupo de aspersores, tal como los aspersores montados en una máquina de pivote central, todos pueden ser del tipo descrito en el presente documento y tal disposición puede proporcionar ventajas de una distribución de agua más precisa en grandes áreas, mejorando así los rendimientos de los cultivos y conservando agua.

En una realización de la invención, se pueden controlar de forma independiente hasta 500 aspersores para que se puedan acomodar diferentes requisitos para diferentes porciones de un campo.

5 Otra ventaja de la presente invención es que obtiene y almacena energía que, de lo contrario, podría desperdiciarse en los sistemas actuales. Otra ventaja de la invención, tal como se aplica al riego, es que también proporciona un patrón de distribución más controlado que se puede adaptar para condiciones específicas. Los campos agrícolas no son uniformes en sus requerimientos de agua o nutrientes. Los aspersores diseñados de acuerdo con una realización de la presente invención pueden configurarse e instruirse para optimizar los patrones de distribución de agua para adaptarse a conjuntos particulares de condiciones, tal como el contenido de humedad del suelo, el tipo de suelo, la variedad de cultivos, las condiciones climáticas, etc., cualquier número de veces cambiando de forma inalámbrica los parámetros almacenados en la memoria del aspersor. Esto permite el riego de precisión del cultivo y el aumento de los rendimientos.

10 Otra ventaja de la invención es que puede controlar el movimiento de conjuntos mecánicos tales como torniquetes para mejorar la seguridad o controlar mejor el flujo de personas o materiales. Adicionalmente, cuando se aplica a la dispensación de una cantidad de líquido o polvo o sustancia granulada de una manera controlada en la que el flujo es accionado por la fuerza de la gravedad, la presente invención no solo puede controlar el flujo de material, sino que también puede medir la cantidad de material dispensado y reportar de manera inalámbrica cualquier problema o condición de error, sin requerir ninguna fuente de energía que no sea la potencia en el propio flujo de gravedad.

15 Un aparato diseñado de acuerdo con la presente invención obtiene energía, por ejemplo, la energía del agua que fluye (hidráulica), o la energía causada por personas u objetos que empujan contra un torniquete o puerta, o la energía de un fluido que fluye o sustancia granular que se está moviendo debido a la gravedad. Por lo tanto, es una ventaja que las funciones de control y comunicación que se desean en un aparato no requieran ninguna fuente de energía adicional, eliminando el gasto de cables o proporcionando alguna otra fuente de energía. Además, como la energía ahora reside en el propio aparato, por ejemplo, un aspersor, el aparato puede incluir, por ejemplo, sensores que requieren alimentación y/o un dispositivo de comunicación inalámbrico y/u otros dispositivos auxiliares, tal como una pantalla de información o una válvula. El dispositivo de comunicación inalámbrica se conoce como un 'módulo de comunicación inalámbrica'.

20 Un aparato diseñado de acuerdo con la invención puede ser programado por adelantado o programado en el campo mediante un ordenador portátil con el hardware y software de red inalámbrica apropiados. Cada aparato individual (por ejemplo, un aspersor) tiene su propia antena que se comunica con una unidad remota que

- 30
- 1) informa de la información a un administrador del sistema;
 - 2) permite que el administrador del sistema controle la operación de cada aparato individual; y
 - 3) informa inmediatamente al administrador del sistema de cualquier problema o error.

35 En una realización de la invención, el informe inalámbrico del estado del aparato libera al administrador del sistema de tener que colocar personal en el campo para saber cómo se está desempeñando cada aparato. Los costes de mantenimiento se reducen y la seguridad de que todos los aparatos operan correctamente aumenta considerablemente.

Además, se puede utilizar una tecnología de batería recargable muy fiable y robusta en un aparato diseñado de acuerdo con realizaciones de esta invención, tal como tecnología de batería de litio fosfato de hierro.

40 Incorporada en un sistema de riego, esta invención es adecuada para su uso en instalaciones agrícolas, tales como campos de cultivo, o para el riego de campos de golf, ambas situaciones en las que la conservación del agua es ventajosa. Mientras, incorporada en un aparato o sistema que controla el flujo de grano o alguna otra sustancia granular, esta invención es adecuada para su uso en silos o instalaciones de distribución de alimentos o productos químicos donde una fuente de energía eléctrica puede no ser fácilmente accesible.

45 En una realización preferida del aparato, un sistema de riego compuesto por aspersores se alimenta hidráulicamente mediante un flujo de agua a presión de la manera habitual y bien entendida. Los aspersores son de naturaleza rotatoria y el agua presurizada hace girar el aspersor cuando se abren todas las válvulas que pueden controlar el flujo de agua al aspersor. Cuando un aspersor gira, el árbol giratorio (alimentado por el agua a presión que fluye) está acoplado a un generador eléctrico. Este generador proporciona energía a los circuitos electrónicos que:

- 50
- 1) mide la velocidad de rotación (RPM) del aspersor;
 - 2) controla la velocidad de rotación del aspersor al proporcionar fuerza de frenado por medio del generador eléctrico; y
 - 3) opcionalmente proporciona al aspersor la capacidad de comunicarse de forma inalámbrica con un dispositivo remoto que puede recopilar datos, modifica el comportamiento del aspersor y avisa al administrador del sistema si el aspersor informa sobre cualquier condición de error o advertencia.

55 El generador eléctrico puede ser un generador de tipo CC o un generador de tipo CA. Al variar la carga eléctrica en el generador, el generador produce una fuerza de frenado que puede disminuir la velocidad de rotación del aspersor. Un motor de escobillas de CC, por ejemplo, cuando sus terminales están conectados a una carga eléctrica relativamente

grande, digamos una resistencia de valor bajo (por ejemplo, < 50 ohmios), será más difícil de girar que el mismo motor conectado a una resistencia de alto valor (una pequeña carga eléctrica). Un motor de escobillas de corriente continua actúa como un generador eléctrico cuando gira. La carga eléctrica en el generador (motor) producirá un par debido a la corriente que fluye a través de sus devanados, por lo tanto, tiende a ralentizar la velocidad de rotación. Un generador de CA (por ejemplo, una turbina eólica) también muestra la característica de que una carga eléctrica conectada a sus terminales (lo que provoca que la corriente fluya a través de sus devanados) mientras está girando, tenderá a hacer que su velocidad disminuya. El frenado eléctrico se ha utilizado para evitar una velocidad de rotación excesiva en turbinas eólicas y también se utiliza en aplicaciones de vehículos (locomotoras eléctricas y automóviles).

En otra realización de la invención, un mecanismo giratorio es accionado por grano alimentado por gravedad. Como en la realización descrita anteriormente, un generador acoplado mecánicamente se utiliza para: a) medir la velocidad del mecanismo giratorio, monitorizando así la cantidad de grano que fluye a lo largo del tiempo; b) controlar el caudal del grano a medida que pasa a través del mecanismo giratorio mediante frenado eléctrico (también descrito anteriormente); y c) generar electricidad para suministrar energía a la electrónica que mide la velocidad, controla el caudal del grano y realiza otras funciones.

Breve descripción de los dibujos:

La figura 1 es un diagrama de bloques de un aparato de control de movimiento con obtención de energía de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

La figura 2 es una vista de una realización de un aparato de control de movimiento (aspersor) de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

La figura 3 es una vista en despiece de una realización de un aparato de control de movimiento (aspersor) de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

La figura 4 es un diagrama de bloques esquemático de una realización que emplea un generador eléctrico de CC de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

La figura 5 es un diagrama de bloques esquemático de una realización que emplea un generador eléctrico de CA y una mensajería inalámbrica de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

La figura 6 es un diagrama de circuito ejemplar de acuerdo con una realización de la invención que muestra el acondicionamiento de la señal para el control de velocidad en un sistema que emplea un generador de CA de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

La figura 7 es un diagrama de circuito ejemplar de acuerdo con una realización de la invención que muestra los circuitos de medición de velocidad en un sistema que emplea un generador de CA de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

La figura 8 es un diagrama de flujo de software ejemplar, que muestra el inicio y la operación normal del sistema de control de movimiento que emplea un generador de CA de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 9 es una ilustración de un sistema de riego que muestra aspersores y una estación base de acuerdo con una realización de la invención.

Descripción detallada de la invención:

En la siguiente descripción detallada, se hace referencia a los dibujos adjuntos, que forman parte de la misma, y en los cuales se muestran, a modo de ilustración, realizaciones específicas que se pueden poner en práctica. Estas realizaciones se describen con suficiente detalle para permitir a los expertos en la materia poner en práctica la invención, y debe entenderse que pueden realizarse otras realizaciones y que pueden utilizarse diversos cambios sin apartarse del espíritu y del alcance de la presente invención. La siguiente descripción detallada, por lo tanto, no debe tomarse en un sentido limitativo. El término 'sistema' y 'aparato' se usan indistintamente en la memoria descriptiva actual y se refieren a la misma estructura.

La figura 1 es un aparato de control de movimiento con obtención de energía. Una fuente **101** de energía proporciona energía **102** cinética para mover un mecanismo **103** móvil. La fuente de energía es externa al mecanismo móvil y, por lo tanto, se conoce como una fuente de energía externa. La fuente de energía puede ser hidráulica, como en el caso de un sistema de riego, o la fuente de energía puede ser humana, como en el caso de un torniquete de propulsión humana, o la fuente de energía puede ser energía cinética que resulta de una sustancia alimentada por gravedad en caída, como el grano en un silo. Un transductor **106** de energía, es decir, un módulo **106** de conversión de energía está acoplado **105** mecánicamente al mecanismo **103** de movimiento y este transductor convierte parte de la energía cinética del mecanismo de movimiento en energía **108** eléctrica que alimenta el circuito **107** electrónico. El circuito **107** electrónico puede realizar muchas funciones diferentes cuando está alimentado por la energía **108** transducida del transductor **106**.

Una función principal de los circuitos electrónicos es controlar el movimiento del mecanismo **103** a través del uso de

un controlador **104** de mecanismo. El controlador **104** de mecanismo puede ser una máquina electromagnética tal como un motor o un generador. En una realización preferida, el controlador **104** de mecanismo es un generador eléctrico configurado para proporcionar fuerza de frenado a un mecanismo giratorio y, de hecho, el controlador **104** de mecanismo puede ser el mismo que el transductor **106** de energía. Se puede usar un generador eléctrico como un transductor de energía, mientras que al mismo tiempo se puede usar como un controlador **104** de mecanismo. Como se ha descrito anteriormente, en el caso en que el controlador **104** de mecanismo sea un generador eléctrico, puede estar provisto de una carga eléctrica en cuyo caso producirá un par o fuerza de frenado que tenderá a ralentizar el movimiento del mecanismo **103**. El generador eléctrico puede ser un generador de corriente alterna con toma central o un generador de corriente continua.

En una realización preferida, se proporciona un dispositivo **110** de almacenamiento de energía, de manera que el circuito **107** electrónico podrá funcionar incluso cuando el mecanismo **103** esté quieto y no fluya energía desde el transductor **106** de energía al circuito **107** electrónico. El dispositivo de almacenamiento de energía también puede denominarse como un módulo **110** de almacenamiento de energía o un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica.

El circuito **107** electrónico también tiene la capacidad de detectar cosas, por ejemplo, detectando el movimiento del mecanismo **103**, mediante sensores **112**. Los sensores pueden llamarse colectivamente un módulo sensor. También puede haber una pluralidad de módulos sensores. Se puede proporcionar un sensor particular para detectar el movimiento del mecanismo y/o algún otro parámetro de interés que se usaría para determinar cómo controlar el mecanismo. Por lo tanto, se proporciona un sistema de circuito cerrado que detecta a través de **112** y controla a través de **104**. El circuito **107** electrónico opera preferiblemente con muy poca potencia, del orden de **100** microvatios. Como se describirá con más detalle con respecto a las figuras 4, 5 y 6, el frenado eléctrico del mecanismo **103** se puede lograr con muy poca potencia que se debe suministrar al circuito **107**.

Adicionalmente, el circuito **107** electrónico puede operar un dispositivo **111** auxiliar tal como una pantalla de información e indicadores y/o una válvula y/o algún otro tipo de dispositivo alimentado eléctricamente.

La figura 2 es una vista de una realización de la invención, un aspersor. El agua a presión se acopla al aspersor en el conector 15 y cuando la válvula 5 está abierta, esta agua fluye a través del adaptador 6 hacia el rotor **3**, que comprende al menos una boquilla. El agua que fluye a través de las boquillas del rotor **3** hace que el rotor gire y, por lo tanto, el agua se distribuye para el riego de cultivos. Un marco **1** rodea el rotor **3**. El rotor está acoplado al aparato de control de movimiento a través de la tapa **2** de la carcasa del aspersor. La carcasa **10** está unida a la tapa **2** de la carcasa del aspersor y dentro de la carcasa **10** hay un conjunto **11** de placa de circuito, y el generador **8** se utiliza tanto para obtener energía como para proporcionar fuerza de frenado para el control de movimiento. El conjunto **11** de placa de circuito y el generador **8** se muestran en la figura 3, descrito a continuación. Los cables **12** de control se muestran conectados a la válvula **5** y atravesando la carcasa **10**. Estos cables de control pueden abrir o cerrar la válvula **5**, que es preferible una válvula accionada eléctricamente de baja potencia que puede interrumpir o permitir el flujo de agua al rotor **3**. Los circuitos electrónicos en el conjunto **11** de la placa de circuito controlan la válvula **5**.

Una vista en despiece de la realización de la figura 2 se muestra en la figura 3. Además de los elementos ilustrados en la figura 2, la figura 3 también muestra el generador **8** y el conjunto **11** de placa de circuito. El conjunto **11** de placa de circuito comprende circuitos electrónicos para obtener energía y está conectado eléctricamente al generador **8** con cables (no mostrados) y también comprende una batería recargable, por ejemplo, una batería de tipo fosfato de litio y hierro (por ejemplo, el modelo LFP123 de K2 Energy). En una realización preferida, el conjunto **11** de placa de circuito también comprende un transceptor inalámbrico. Los cables **12** de control se muestran conectados al conjunto **11** de placa de circuito, atravesando la carcasa **10** y conectados a una válvula **15** de accionamiento eléctrico de baja potencia. El generador y la electrónica están alojados en un entorno hermético cerrado por la carcasa **10** y la tapa **2** de la carcasa del aspersor.

En una realización de la invención mostrada en la figura 4, se utiliza un generador **404** de corriente continua como transductor de energía (referencia **106**, figura 1) y el controlador de mecanismo (referencia **104**, figura 1). Se emplea una batería **421** recargable para almacenar la energía obtenida y para proporcionar energía al microcontrolador **401**. El microcontrolador **401** (por ejemplo, el modelo PIC18F26K20 de Microchip Technology) comprende, entre otras cosas, un convertidor analógico a digital y tiene la capacidad de proporcionar una señal **426** digital modulada en ancho de pulso (PWM). En una realización preferida, el microcontrolador **401** está conectado a un cristal de 76,8 KHz que alimenta el reloj del microcontrolador.

El generador de CC puede ser un motor de CC de escobillas y, en una realización de la invención, un motor de engranajes de CC, por ejemplo, se emplea el modelo 8712-21 de Pittman. El Pittman 8712 21 tiene engranajes internos de 19,5 a 1. La salida de CC del generador de CC aumenta al aumentar la velocidad de rotación y, si el generador de corriente continua no está cargado eléctricamente, la tensión en los dos terminales del generador **404** de corriente continua es proporcional a su velocidad de rotación. El aumento de la relación de engranaje causará una mayor salida de tensión para una velocidad de rotación dada y también aumentará la cantidad de par (fuerza de frenado) producida para una carga eléctrica dada en el generador.

Refiriéndonos nuevamente a la figura 4, la salida del generador **404** de corriente continua puede alimentarse

directamente a los circuitos de carga de la batería **402**. Un diodo **420** zener, por ejemplo, un zener de 5,1 V, se proporciona para evitar una tensión excesiva en la entrada del circuito de carga de la batería **402**. El circuito **402** de carga de la batería es preferiblemente un regulador de tensión tipo elevador diseñado específicamente para aplicaciones de obtención de energía, tal como el LTC3105 fabricado por Linear Technology. La salida del circuito **402** de carga de la batería se conecta directamente al terminal positivo de la batería **421** recargable y esta conexión, etiquetada V_{dd} en la figura 3, alimenta el microcontrolador **401** y otros componentes electrónicos en el circuito electrónico.

El transistor **415** de efecto campo de canal N proporciona una carga eléctrica en el generador **404** de corriente continua cuando está encendido y conduciendo. El microcontrolador **401** tiene la capacidad de emitir una señal **426** modulada por ancho de pulso que puede aplicarse a la puerta del transistor **415**. El ciclo de trabajo de esa señal PWM se puede variar de manera tal que la carga eléctrica en el generador **404** de corriente continua se pueda variar de manera controlada y programable. El microcontrolador **401** puede programarse para ajustar el ciclo de trabajo de la señal **426** PWM de una manera que hace que la velocidad de rotación del generador **404** de corriente continua se ajuste y controle.

La frecuencia de la señal **426** PWM aplicada a la puerta del FET **415** debe ser tal que el movimiento del mecanismo controlado se regule sin problemas. Los inventores han encontrado que en una realización, una frecuencia PWM de más de 100 Hz es adecuada para asegurar un movimiento suave.

La medición de la velocidad de rotación del generador de CC se realiza al suministrar al microcontrolador **401** una señal representativa de la salida de tensión del generador de CC. Como se explicó anteriormente, La salida de tensión del generador de CC cuando no está cargado eléctricamente es proporcional y, por lo tanto, representativa de la velocidad de rotación del generador. El circuito **407** de acondicionamiento de señal garantiza que la tensión de salida del generador **404** de corriente continua esté adecuadamente acondicionada (filtrada y/o escalada) para ser medida por el convertidor analógico-digital integral (ADC) que se encuentra en el microcontrolador **401**.

Con el conocimiento de la velocidad de rotación actual del generador **404**, se puede desarrollar un algoritmo utilizando principios bien entendidos que ajustarán el ciclo de trabajo PWM de la señal **426** para aumentar o disminuir la carga eléctrica en el generador **404** y, por lo tanto, disminuir o aumentar la velocidad de rotación del generador **404**. Este bucle de control puede así, con cierto grado de precisión y con ciertas características dinámicas, controlar y estabilizar la velocidad de rotación del generador. Este control, a su vez, puede afectar el movimiento del mecanismo al que se acopla el generador **404** de corriente continua de una manera deseable. Por ejemplo, la velocidad de rotación de un aspersor se puede controlar de esta manera.

Es importante tener en cuenta que para determinar la velocidad de rotación del generador **404** de corriente continua, debe haber ninguna o una carga eléctrica conocida en el generador **404**. Durante el tiempo en que el microcontrolador **401** está determinando la velocidad de rotación del generador **404**, el transistor **415** está preferiblemente apagado y el circuito **402** de carga de la batería está preferiblemente desactivado. De esa manera, no habrá salida de corriente del generador de CC y la tensión medida en sus terminales será adecuadamente representativa de su velocidad de rotación. En una realización preferida, el cargador **402** de batería se desactiva (a través de la línea **423** de control) y el transistor **415** regulador de velocidad se apaga durante un corto período de tiempo durante el cual el ADC del microcontrolador **401** mide la tensión de salida del generador de CC. Este procedimiento de medición puede llevarse a cabo muy rápidamente, en el orden de milisegundos y, por lo tanto, aunque la señal PWM no controlará la velocidad del generador **404** durante un corto período de tiempo, el conjunto giratorio, debido a su inercia, no cambiará sustancialmente la velocidad. Por lo tanto, el sistema de control de movimiento puede detectar con precisión la velocidad de rotación del generador y, por lo tanto, tener conocimiento del movimiento del mecanismo.

Se requiere menos electrónica para obtener la energía de un generador de CC en lugar de un generador de CA porque una salida de CA requeriría una rectificación. Además, como se analiza posteriormente, es más fácil variar la carga eléctrica en un generador de CC en comparación con un generador de CA para proporcionar fuerza de frenado. Estos hechos pueden llevar a un experto en la técnica a elegir operar el sistema de control de movimiento con un generador de CC en lugar de un generador de CA. Sin embargo, un generador de corriente continua con engranajes tiene las desventajas de

- a) las propias escobillas (se desgastan); y
- b) los propios engranajes (se desgastan, aumentan la pérdida por fricción y añaden coste).

Como la generación de CA puede ser ventajosa, la figura 5 se presenta como una realización preferida alternativa. En la figura 5, se usa un generador **504** de corriente alterna en lugar del generador **404** de corriente continua de la figura 3.

Ahora refiriéndose a la figura 5, como en el diseño basado en un generador de CC ilustrado en la figura 4, hay un microcontrolador **501**, un circuito **502** de carga de batería, y una batería recargable **521**. En una realización preferida, el microcontrolador **501** está conectado a un cristal de 76,8 KHz que alimenta el reloj del microcontrolador. El generador **504** en la figura 4 es un generador de CA, y es un diseño con toma central. La naturaleza centrada del generador **504** de CA simplifica la obtención simultánea de energía (mediante la rectificación de onda completa

proporcionada por los rectificadores **511** y **512** y el condensador **513**) y el frenado eléctrico del generador **504** de CA (mediante transistores de efecto campo **515** y **516** junto con los circuitos asociados) que se describen a continuación. Es posible utilizar un generador **504** de CA que no tiene engranajes y lograr buenos resultados con la presente invención. Puede ser deseable en algunas realizaciones, sin embargo, tener un generador de CA engranado.

5 En la figura 5 se muestra un generador **504** con toma central de CA. Este es un dispositivo electromagnético de tres terminales y dispositivos similares a este se han utilizado en turbinas eólicas. La toma central del generador **504** está conectada a tierra. Los inventores buscaron un generador de toma central de CA de tres terminales para usar en la invención y, a pesar de que tales dispositivos seguramente pueden desarrollarse y han sido desarrollados para aplicaciones de gran potencia, tal como turbinas eólicas, los inventores encontraron dispositivos de seis terminales que funcionaron muy bien, por ejemplo, el modelo de motor paso a paso híbrido CPT21 de Kollmorgen. El modelo CPT21 de Kollmorgen está diseñado para ser utilizado principalmente como un motor paso a paso unipolar de dos fases y tiene seis terminales: dos devanados con toma central. Mediante la inclusión de un circuito adicional, idéntico al formado por los FET **515** y **516** y el condensador **517** y la resistencia **518**, conectado al segundo devanado de toma central, el sistema ilustrado en la figura 4 puede adaptarse para adaptarse fácilmente a un motor paso a paso híbrido de dos fases unipolar disponible en el mercado, como el modelo CPT21 de Kollmorgen.

La rectificación de onda completa que se muestra en la figura 5 comprende los rectificadores **511** y **512** y el condensador **513** para suministrar una tensión de CC positiva derivada de las salidas **528** y **529** del generador **504** de CA. La rectificación de onda completa que se muestra en la figura 4 también incluye los rectificadores **509** y **510** y el condensador **514** para suministrar una tensión de CC negativa derivada de las salidas del generador **504** de CA. La tensión positiva derivada del generador de CA se suministra a la entrada del circuito **502** de carga de la batería a través de la resistencia **519**. Como en la figura 4, la figura 5 muestra un diodo **520** zener para proteger la entrada del circuito de carga de la batería de la tensión excesiva que podría producirse a altas velocidades de rotación del generador **504**.

En una realización preferida y como se muestra en la figura 5, el circuito de carga de la batería **502** incluye una entrada para el "control del punto de máxima potencia", etiquetado MPPC. El convertidor de CC a CC LTC3105 de Linear Technology comprende un terminal de control MPPC. De acuerdo con la hoja de datos LTC3105, el punto de ajuste de MPPC programable por el usuario maximiza la energía que se puede extraer de cualquier fuente de energía. El punto de ajuste de MPPC se determina por el valor de una resistencia colocada entre el terminal de MPPC y tierra. En una realización preferida, el LTC3105 se utiliza como el circuito **502** de carga de la batería y el microcontrolador **501** ajusta el valor del reóstato **508** digital, maximizando así la energía que se puede extraer del generador **504**.

En algunas aplicaciones, esto es importante porque la velocidad de rotación del generador y, por lo tanto, su potencia de salida variará, al igual que el estado de carga de la batería recargable. El reóstato **508** digital puede ser, por ejemplo, el MCP4452-104E fabricado por Microchip Technology. Otros reóstatos digitales o potenciómetros digitales son conocidos por los expertos en la técnica y pueden usarse para ajustar el punto de ajuste de MPPC de los circuitos de carga de la batería. Las líneas **522** de control están conectadas entre el microcontrolador **501** y el reóstato **508** digital, habilitando el control programable del punto de consigna MPPC del cargador de batería.

Uno de los terminales del generador **504**, etiquetados en la figura 5 como **528**, es la entrada al circuito **505** de medición de velocidad. La salida del circuito **505** de interfaz de medición de velocidad es una señal **530** que puede ser evaluada por el microcontrolador **501** para determinar la velocidad de rotación del generador **504** de CA. El circuito **505** de interfaz de medición de velocidad se describe con más detalle a continuación en la discusión sobre la figura 7. Debe tenerse en cuenta que la señal **528** eléctrica es una señal analógica de CA. La amplitud de la señal **528** está influenciada por el frenado eléctrico que está en efecto, sin embargo, tiene una frecuencia básica que representa la velocidad de rotación del generador **504** de CA.

En una realización de la invención, el generador de CA es un motor paso a paso (por ejemplo, el modelo CPT21 de Kollmorgen) y la señal **528** tiene una frecuencia relacionada con la velocidad de rotación y el número de polos en el diseño del generador (motor paso a paso). El modelo CPT21 de Kollmorgen tiene 6 derivaciones (como se indicó anteriormente es un motor paso a paso unipolar de dos fases) y 50 polos. Por lo tanto, el componente de frecuencia principal (en Hz) de la señal **528** es 50 veces la velocidad de rotación en revoluciones por segundo. Por ejemplo, la frecuencia de la señal en **528** sería de 50 Hz a 60 RPM (60 RPM es 1 revolución por segundo).

El circuito **505** de interfaz de medición de velocidad convierte la señal del generador analógico de CA, que a velocidades bajas (tal como 8 RPM) puede ser de baja amplitud, tal como 50 mV RMS, y a velocidades altas (tal como 160 RPM), puede tener una amplitud tan alta como 10 V RMS a una forma de onda digital rectangular. La frecuencia de la señal **530** de salida del circuito de interfaz de medición de velocidad **505** es, por lo tanto, una forma de onda digital rectangular, cuya frecuencia se puede medir de manera suficientemente precisa mediante el microcontrolador **501** mediante procedimientos bien conocidos por los expertos en la técnica. Cabe señalar que a bajas velocidades, no solo la amplitud es baja, sino también la frecuencia es de un valor bajo. Por ejemplo, a 8 RPM, la salida de frecuencia de un generador de CA de 50 polos es $8 \times 50 / 60$ o 6,67 Hz.

Una realización preferida de la invención utiliza un algoritmo de determinación de velocidad que captura el tiempo en el que se producen las transiciones en la forma de onda rectangular (señal **530**). La señal **530** es la salida del circuito

505 de interfaz de medición de velocidad. Al contar las transiciones del reloj del microcontrolador que se producen entre, por ejemplo, la transición positiva de la señal **530**, el período de la señal de CA en la línea **528** se puede determinar y, por lo tanto, se puede determinar la velocidad de rotación del generador **504** de CA.

5 El PIC18F26K20 mencionado anteriormente comprende lo que se denomina funcionalidad de "captura". Esto significa que el microcontrolador **501** puede medir el tiempo entre transiciones positivas de la señal **530** a una resolución de 4 veces el período del reloj del microcontrolador. Los detalles de la funcionalidad de captura están bien documentados y existen otras técnicas conocidas por los expertos en la técnica que permitirían al microcontrolador **501** determinar un valor representativo de la velocidad de rotación del generador **504**.

10 La parte del circuito electrónico que permite que el microcontrolador frene eléctricamente el generador **504** de CA comprende unos FET **515**, **516**, un condensador **517**, una resistencia **518** y PWM para acondicionamiento de señal de nivel analógico **506**. El acondicionamiento de la señal de PWM a nivel analógico se describe más adelante en referencia a la figura 6. A continuación se explica la operación del frenado eléctrico del generador **504** de CA en la realización que se muestra en la figura 5.

15 Los expertos en la técnica saben que un transistor de efecto de campo, cuando está predispuesto a conducir, puede pasar la corriente de la fuente al drenaje o del drenaje a la fuente. Al colocar dos FET de canal N en serie con sus fuentes conectadas entre sí y con sus puertas conectadas entre sí y con cada uno de sus drenajes conectados a uno de los terminales de una bobina de generador con toma central, se puede proporcionar una carga eléctrica variable que conduce CA a ese bobinado del generador. La resistencia **518** y el condensador **517** aseguran que las fuentes de los dos FET **515** y **516** permanezcan a un nivel de tensión dentro del rango operacional del circuito para todas las
20 velocidades de rotación del generador **504** que puedan encontrarse y en todo el rango de tensiones de puerta que puede aplicarse. Las fuentes de los FET **515** y **516** no se pueden conectar a tierra porque, si lo fueran los diodos intrínsecos que están presentes dentro de cada uno de los FET **515** y **516** conducirían a tierra, y esto anularía el fin del circuito. Las fuentes de los FET **515** y **516** tampoco pueden dejarse flotando porque, en ese caso, la tensión en la unión de las fuentes no permanecería dentro de un rango de operación adecuado para el correcto funcionamiento del
25 circuito. La resistencia **518** debe tener un valor lo suficientemente alto como para que cualquier corriente conducida que fluya a través de cualquiera de los diodos intrínsecos presentes dentro de los FET y que fluya también a través de la resistencia **518** cause una fuerza de frenado insignificante. En una realización, el valor de la resistencia **518** es de 10 K ohmios y el valor del condensador **517** es de 1 microfaradio.

30 En una realización preferida, la tensión en las puertas de los FET **515** y **516** (que están conectados entre sí y son controlados por la señal **527**) es un nivel de tensión que varía de V_- a V_{dd} . Debido a la manera en que se establece la tensión en las fuentes de los dos FET **515** y **516**, es necesario suministrar una tensión negativa tan baja como V_- a las puertas para garantizar que los FET puedan apagarse completamente. Cuando los FET **515** y **516** están completamente apagados, hay una fuerza de frenado mínima y una velocidad de rotación máxima. De forma similar, para garantizar que los FET **515** y **516** se puedan encender por completo, según lo requerido para la fuerza máxima
35 de frenado y la velocidad de rotación mínima, es necesario suministrar una tensión positiva tan alta como V_{dd} a las puertas.

40 El PWM al nivel de señal analógica **506** convierte la señal **526** PWM del microcontrolador **501** en una señal analógica que varía de V_- a V_{dd} , dependiendo del ciclo de trabajo de la señal PWM **526**. El requisito de suministrar una tensión de puerta negativa a los FET **515** y **516** para una fuerza de frenado mínima llevó a los inventores a crear la fuente V_- en el circuito mediante la rectificación de onda completa de la energía de CA obtenida del generador **504**. Como se ha descrito anteriormente, la alimentación de V_- se proporciona por la acción de los diodos **509** y **510** y el condensador **514**.

45 La figura 5 también muestra una conexión desde el condensador **513** a través de un bloque **507** de acondicionamiento de señal hasta el microcontrolador analógico a digital (ADC) de entrada **525**. Esta conexión permite al microcontrolador **501** monitorizar la tensión de entrada al circuito **502** de carga de la batería. En una realización de la invención, el microcontrolador **501** controla esta tensión en la línea **525** junto con la velocidad de rotación del generador **504** y usa esta información para configurar el reóstato **508** para una carga eficiente de la batería. La cantidad de corriente de carga se puede determinar aproximadamente comparando la tensión en **525** con el circuito de carga de la batería **502** habilitado a la tensión en **525** con la carga de la batería deshabilitada. Si la diferencia es pequeña, la carga es mínima o no tiene lugar. (Tal técnica también se puede utilizar en el sistema de la figura 4 con un generador de CC).

50 Adicionalmente, la figura 5 incluye el transceptor **503** inalámbrico. Este es un transceptor inalámbrico de baja potencia como el modelo M2510-1 de Dust Networks o puede ser un producto basado en Zigbee (por ejemplo, productos Zigbee RF4CE fabricados por Microchip Technology). El transceptor inalámbrico, cuando está conectado a una red, puede comunicarse con una "estación base". Consulte la descripción de la figura 9 a continuación. En una realización
55 preferida, la comunicación entre el microcontrolador **501** y el transceptor **503** inalámbrico se realiza mediante una interfaz UART estándar de 9600 baudios.

60 Finalmente, la figura 5 incluye la electrónica **543** del controlador de válvula. El controlador de la válvula recibe señales del microcontrolador **501**, por ejemplo, una señal **541** de cierre de válvula y una señal **542** de cierre de válvula. El circuito **543** del controlador de la válvula procesa las señales del microcontrolador **541** y **542** para controlar adecuadamente una válvula solenoide de baja potencia a través de las líneas **544** de control de la válvula. Aunque la

figura 4 no incluye circuitos para el control de una válvula de encendido/apagado de flujo de agua local, circuitos similares al controlador **543** de válvula se pueden incluir en una realización con un generador de CC. Esta válvula local de encendido/apagado se puede activar y desactivar para alterar la cantidad de agua distribuida por el aspersor.

La figura 6 muestra el acondicionamiento de la señal para el control de velocidad del generador de CA (bloque **506** de la figura 5). El fin de este circuito es convertir la señal PWM emitida por el microcontrolador **501** (señal **526**) a una tensión **527** de puerta analógica apropiada para ser aplicada a las puertas de los FET **515** y **516**. Este circuito de acondicionamiento de señal comprende un FET **601** de canal P, una resistencia **602**, un condensador **603** y una resistencia **604**. La señal **526** PWM enciende y apaga el FET **601** de canal P. Cuando el FET **601** está apagado (línea **526** alta), no fluye corriente a través de la resistencia **602** y la señal **527** de puerta aplicada a los FET **515** y **516** se moverá hacia V-. La tasa de cambio de tensión **527** depende de los valores de la resistencia **604** y del condensador **603**. Cuando la señal **526** PWM es baja (FET **601** activado), la corriente fluirá a través de la resistencia **602** y la señal **527** de la puerta aumentará hacia V_{dd}. De este modo, variando el ciclo de trabajo de la señal **526** PWM, la polarización de la puerta se puede controlar entre V- y V_{dd}.

Debe tenerse en cuenta que en la figura 4, se aplica una señal PWM directamente a la puerta del FET **415** de canal N. Aunque la aplicación de una señal PWM con un alto nivel de V_{dd} y un bajo nivel de V- a las puertas de los FET **515** y **516** de la figura 5 puede controlar el frenado eléctrico de una manera aceptable, los inventores descubrieron que el uso de una señal *analógica* en las puertas de los FET **515** y **516** es ventajoso porque evita cualquier artefacto de alias que pueda ser causado por la relación e interacción de la frecuencia PWM con la frecuencia de salida **504** del generador de CA.

La figura 7 muestra el detalle de una realización del circuito **505** de interfaz de medición de velocidad. El circuito de la figura 7 convierte la señal **528** de CA de salida del generador a una forma **530** de onda rectangular de nivel lógico que se suministra al microcontrolador **501**. El microcontrolador **501** usa esa forma de onda en **530** para determinar la velocidad de rotación del generador **504**. La señal **528** del generador se filtra mediante la resistencia **704** y el condensador **705** y luego se suministra al amplificador **701** operativo a través de la resistencia **706**. Unos diodos **707** de sujeción evitan que la tensión en la entrada negativa del amplificador **701** operacional exceda la caída directa de los diodos **707**, evitando así una tensión excesiva en la entrada del amplificador operacional. El amplificador **701** operacional luego amplifica esa señal filtrada y sujeta y la filtra aún más. Las resistencias **710** y **708** y el condensador **709** realizan esa amplificación y filtran aún más de una manera bien entendida por los expertos en la técnica. La salida del amplificador **701** operacional se proporciona a la entrada positiva del comparador **702**. Tanto el amplificador **701** operacional como el comparador **702** en una realización de la invención están alimentados solo por V_{dd} y, por lo tanto, la señal en la entrada positiva del comparador **702** es siempre una tensión positiva. El comparador **702** tiene su entrada negativa conectada a una tensión de referencia y, por lo tanto, la salida del comparador **702** (señal **530**) es una forma de onda rectangular representativa de la frecuencia de la señal **528** desde el generador **504**.

En una realización de la invención, el amplificador **701** operacional, el comparador **702** y la tensión **703** de referencia son todos componentes dentro de un paquete de muy baja potencia, LTC1541 de Linear Tech. Los valores ejemplares de los componentes en el circuito de la figura 7 son los siguientes: Resistencia 704 - 22 kΩ, Condensador 705 - 0,033 μF, Resistencia 706 - 10 kΩ, Condensador 709 - 0,001 μF, Resistencia 710 - 470 kΩ, Resistencia 708 - 1 kΩ.

En el caso del modelo LTC1541 de Linear Technology, la referencia de tensión es de 1,2 voltios. Esta tensión de referencia es más precisa que la tensión de referencia que puede ser intrínseca al microcontrolador **501**, que en el caso de Microchip PIC18F26K20 es también de 1,2 voltios. En una realización preferida, una tensión de referencia externa, como la suministrada por el LTC1541 también se proporciona a una entrada de convertidor analógico a digital del microcontrolador **501**, lo que permite al microcontrolador determinar con mayor precisión el nivel de cualquier tensión medida a través de su convertidor analógico a digital y también para determinar con mayor precisión el nivel de su fuente de alimentación V_{dd}.

Los expertos en la técnica entienden bien que la velocidad de rotación de un aspersor está influenciada por la presión del suministro de agua que alimenta al aspersor. En una realización de la invención, la relación entre una velocidad de rotación detectada que se produce cuando existe una fuerza de frenado conocida puede aprovecharse para estimar la presión del agua. Debe tenerse en cuenta que cuando la batería se carga, el circuito de carga de la batería tomará corriente del generador, lo que tenderá a disminuir la velocidad de rotación. La presión del agua se calcula apagando primero el circuito de carga de la batería. Entonces, se aplica una carga eléctrica conocida al generador (fuerza de frenado) para medir la velocidad de rotación. El aspersor se puede caracterizar de tal manera que el microcontrolador pueda conocer la relación entre la velocidad de rotación con esta fuerza de frenado conocida y la presión del agua. Esta relación puede almacenarse en una tabla de consulta y, por lo tanto, la presión del agua puede determinarse midiendo la velocidad de rotación dada una fuerza de frenado predeterminada específica.

La figura 8 es un diagrama de flujo ejemplar del firmware programado en el microcontrolador de una realización de la invención. Este firmware ejemplar se describirá a continuación con referencia a una aplicación de aspersores y es aplicable a hardware similar al que se muestra en la figura 5. Las etapas **801** a **810** se ejecutan después de la puesta en marcha del dispositivo. Esto puede ocurrir cuando se aplica energía por primera vez (es decir, cuando la batería **521** o **421** se conecta por primera vez) o cuando el sistema se ha reiniciado. La etapa **801** es el punto de entrada, que indica el comienzo de la ejecución del firmware en el reinicio o cuando se aplica alimentación por primera vez. En **803**,

las variables de hardware y programa se inicializan y, después de esta etapa, se comprueba el estado de la batería recargable en **805**. En una realización de la invención, el suministro positivo del microcontrolador está en V_{dd} , que es el terminal positivo de la batería **521** y la conexión a tierra del microcontrolador está conectada al terminal negativo de la batería **521**. No hay suministro negativo disponible para el microcontrolador.

5 Los expertos en la técnica conocen los algoritmos para verificar la tensión de la batería. En una realización, una referencia de tensión se mide con respecto a V_{dd} por la integral analógica a digital presente en el microcontrolador. El número de recuentos de ADC que representan la referencia de tensión así medida es, por lo tanto, una indicación de la tensión absoluta de la fuente V_{dd} que alimenta al microcontrolador y, por lo tanto, es representativo de la tensión actual de la batería recargable. La comparación de este valor con las constantes de programa integradas puede
10 determinar si la batería es buena, débil o está "muerta". Si la batería es buena o débil, la ejecución del firmware pasa a la etapa **807**. Si la tensión de la batería es demasiado baja para operar el sistema de control de movimiento correctamente, la ejecución continúa con lo que puede denominarse etapa **830** de "rutina de batería agotada", explicado más adelante.

15 En la etapa **807**, el firmware determina si el transceptor **503** inalámbrico está conectado a la red inalámbrica o no. Cuando el transceptor **503** inalámbrico está "conectado", puede comunicarse con la estación base (consulte la figura 9) e informar la información a la estación base y recibir información desde la estación base. Es preferible mantener la comunicación con la estación base en todo momento, porque esto permite que el sistema se controle y ajuste de acuerdo con los deseos del operador de la estación base y también permite que el sistema informe a la estación base sobre su estado y si hay errores reportados o condiciones de advertencia que pueden ser importantes para el
20 administrador del sistema.

Si el transceptor inalámbrico está conectado, entonces la ejecución avanza a la etapa **810**; pero si el transceptor inalámbrico no está conectado, entonces se realiza la etapa **809**, lo que inicia el procedimiento de conexión. El procedimiento de conexión puede tardar varios minutos dependiendo de las características de la red inalámbrica y de los transceptores inalámbricos utilizados en el sistema.

25 A continuación, la etapa **810** configura la lógica de temporización en el microcontrolador **501**, de modo que cada aspersor en el sistema tendrá un conocimiento inteligente del tiempo. En una realización, los aspersores no necesitan saber el "tiempo real", es decir, no necesitan estar al tanto de la hora exacta del día. Necesitan, sin embargo, saber cuánto tiempo ha pasado desde que se ejecutó la etapa **810**. En otra realización, los aspersores conocen la hora exacta del día y la fecha, y el tiempo de los eventos puede depender de ese conocimiento preciso del tiempo real. En una realización preferida, la estación base puede informar a cada aspersor sobre el tiempo real preciso y los
30 aspersores individuales no necesitan tener conocimiento independiente de la hora del día.

Las etapas **811** a **823** se realizan en un bucle (el "bucle de ejecución") y se pueden realizar de una a cuatro veces por segundo. En una realización de la invención, un aspersor ejecuta una "instrucción de distribución de agua" que se
35 inicia ya sea en un momento específico (tal vez diariamente) o siempre que la válvula maestra que controla el flujo de agua se enciende. Esta instrucción es una RPM específica o una fuerza de frenado específica y, opcionalmente, un ajuste específico de una válvula local, tal como el porcentaje de tiempo que la válvula local está encendida. Una instrucción de distribución de agua también puede incluir una duración de tiempo durante la cual estará activa. Si la instrucción de distribución de agua incluye una duración, por ejemplo, 10 minutos, entonces después de que ese tiempo haya transcurrido, la instrucción ya no está activa y el aspersor se apagará o regresará a alguna instrucción
40 predeterminada. Por ejemplo, la instrucción de distribución de agua puede especificar que el aspersor girará a 20 RPM durante 25 minutos con la válvula local encendida durante 20 segundos y apagándose durante 20 segundos, lo que significa que el agua fluye el 50 % del tiempo. Se puede poner en cola otra instrucción para que se ejecute después de que la instrucción actual expire, en este caso después de 25 minutos. Puede haber varias instrucciones almacenadas en la memoria de un aspersor y las instrucciones pueden ser leídas y escritas por la estación base para
45 ajustar el comportamiento de cualquier aspersor individual o cualquier grupo de aspersores a lo largo del tiempo.

El bucle de "tiempo de ejecución" de las etapas **811** a **823** realiza las siguientes funciones:

- a. Comprueba si hay mensajes inalámbricos entrantes y actúa sobre los mismos (**811**);
- b. Envía mensajes inalámbricos salientes con respecto a errores y/o advertencias (tal como batería débil u otros fallos de funcionamiento) (**813**);
- 50 c. Periódicamente, por ejemplo, cada **15** minutos, comprueba la batería y si la batería es demasiado débil para operar correctamente el sistema de control de movimiento, sale del bucle de ejecución y entra en la rutina de batería muerta, etapa **830** (**815**);
- d. Envía periódicamente mensajes de estado a la estación base (esto puede ocurrir una vez cada por ejemplo, 15 minutos, o puede enviarse siempre que haya ocurrido un evento significativo, tal como un error o una advertencia o un cambio de velocidad o un cambio de estado, etc.) (**817**);
- 55 e. Determina las RPM del aspersor (**819**);
- f. Basado en la instrucción de distribución de agua actual, ajusta la fuerza de frenado para mantener la velocidad de rotación deseada del aspersor, y
- g. Abre o cierra la válvula según la distribución de agua deseada. (**823**).

5 El microcontrolador tiene conocimiento del tiempo transcurrido, de manera que puede comenzar o finalizar una instrucción particular de distribución de agua en el momento adecuado. Adicionalmente, el microcontrolador abrirá y cerrará la válvula local para modular el flujo de agua de acuerdo con las instrucciones actuales de distribución de agua (etapa 823). Por ejemplo, en una realización de la invención, el bucle de ejecución (etapas 811 a 823) se ejecuta dos veces por segundo. Si, por ejemplo, la instrucción de distribución de agua actual proporciona 20 segundos de flujo de agua seguidos de 20 segundos sin flujo de agua (ciclo de trabajo del 50 %), esta apertura y cierre de la válvula tendrá lugar en la etapa 823 en consecuencia. Habría, en ese caso, 40 bucles o 20 segundos con la válvula abierta seguida de 40 bucles o 20 segundos con la válvula cerrada y esto se repetiría a lo largo de esa instrucción particular de distribución de agua.

10 Es pertinente tener en cuenta que aunque este diagrama de flujo aborda específicamente el control de circuito cerrado de la velocidad de rotación del aspersor por medio del frenado eléctrico y el control de la válvula, la distribución del agua puede ajustarse por otros medios y/u otros parámetros también pueden ajustarse. Por ejemplo, el sistema puede ajustar una válvula de presión o algún otro tipo de válvula para ajustar el caudal o la presión del suministro de agua en el sistema y, por lo tanto, ajustar la velocidad de rotación y el flujo volumétrico de agua a través del aspersor.

15 Sin embargo, habrá periodos de tiempo durante los cuales se ejecutará el ciclo (etapas **811 a 823**) y no fluirá agua. Esto puede ser intencional como en situaciones donde, por ejemplo, un pivote central se desplaza sobre un estanque y es apropiado detener el flujo de agua. Como alternativa, puede que no haya flujo de agua porque la válvula maestra está apagada. Como se ha ilustrado en la figura 8, en una realización preferida, cada aspersor tiene su propia válvula de encendido/apagado que puede ser controlada programáticamente por el propio aspersor. En otras realizaciones, 20 la válvula de encendido/apagado de flujo de agua maestra puede controlarse manualmente o por otro sistema en su totalidad. En cualquier caso, el firmware que se ejecuta durante el ciclo de tiempo de ejecución debe poder operar correctamente en condiciones de ausencia de flujo. Si, sin embargo, el sistema espera que el agua fluya y el aspersor detecta que no fluye agua (el aspersor no gira), el aspersor puede informar a la estación base de esa condición. Tal situación podría indicar una rotura en una tubería de agua o algún otro tipo de mal funcionamiento.

25 Una situación de batería muerta da como resultado la ejecución de la etapa **830**. Cabe señalar que ciertas actividades del aparato de control de movimiento requieren mayor potencia que otras actividades. Por ejemplo, el procedimiento de conexión del transceptor inalámbrico a la red es costoso en términos de tiempo y energía, y es conveniente que nunca tenga que desconectarse de la red inalámbrica. De forma similar, operar una válvula o una pantalla puede ser costoso en términos de potencia. En una realización de la invención, todas las actividades de potencia superior son interrumpidas durante la ejecución de la etapa **830**. Un ejemplo de una actividad de mayor potencia es la operación del transceptor inalámbrico. De este modo, al ingresar a la etapa **830** se puede desconectar el transceptor inalámbrico de la red, lo que es indeseable. Adicionalmente, durante el período en que la batería está muerta, la potencia requerida para operar el microcontrolador puede reducirse ejecutando el microcontrolador a una velocidad de reloj más lenta. En una realización preferida, la potencia requerida para ejecutar el bucle de tiempo de ejecución **811-823** es muy baja y este bucle puede continuar funcionando durante meses sin fallar, dado que la batería está cargada correctamente. Sin embargo, siempre existe la posibilidad de que la batería se agote debido a un mal funcionamiento o por la falta de uso del sistema. En tales casos, el firmware debe adaptarse a la situación y este es el fin principal de la etapa **830**.

40 La rutina de batería descargada en una realización preferida apaga el transceptor inalámbrico, reduce la velocidad de reloj del microcontrolador y desactiva todas las funciones innecesarias para ahorrar energía. El consumo de corriente de la batería puede reducirse a menos de 10 μ A en tal situación. La batería recargable utilizada en una realización preferida puede tener una capacidad superior a 500 mA-h. Suponiendo que se llama a la rutina de batería descargada cuando la batería se descarga a solo el 10 % de su capacidad (quedan 50 mA-hr), la rutina del controlador de batería agotada puede funcionar durante 5000 horas o más de 200 días (50 mA-hr/10 μ A = 5000 hrs.). Adicionalmente, la rutina de batería muerta abre la válvula, libera cualquier fuerza de frenado y activa el circuito de carga de la batería, asegurando así que cuando el aspersor gira, la cantidad máxima de energía se obtendrá para permitir que la batería se recargue lo más rápido posible. La rutina de batería descargada comprobará periódicamente la tensión de la batería y, si hay carga adecuada, saldrá y reiniciará la ejecución del firmware en la etapa 803.

45 La figura 9 muestra un diagrama de bloques de una instalación de un sistema de riego acuerdo con la invención. Se muestra la válvula **901** maestra y cuando está ENCENDIDA, la válvula maestra suministrará agua a un conjunto de aspersores **905** a través de tuberías **903**. Cada aspersor **907** tiene una antena **909**, ya que cada aspersor tiene su propio transceptor inalámbrico. En la proximidad suficiente al conjunto de aspersores se encuentra el receptor **951** de la estación base con su propia antena **950**. En una realización de la invención, el receptor **951** de la estación base está ubicado a 100 metros de cada aspersor en el campo. El receptor de la estación base está conectado a un sistema **952** informático, que es utilizado por el administrador del sistema para:

- 55
- 1) ver el estado;
 - 2) ser informado de errores y advertencias; y
 - 3) controlar el sistema en general.

60 En una realización preferida, el receptor de la estación base funciona con energía solar, lo que elimina la necesidad de transportar electricidad al mismo. En otra realización, el receptor de la estación base a su vez se comunica de manera inalámbrica con el sistema **952** informático del administrador.

Aunque esta invención se ha descrito en términos de ciertas realizaciones preferidas, otras realizaciones que son

evidentes para los expertos normales en la técnica, incluyendo realizaciones que no proporcionan todas las características y ventajas establecidas en el presente documento, también están dentro del alcance de esta solicitud. Más bien, el alcance de la presente invención se define solamente por referencia a las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de control de movimiento, que comprende:

- a. un aspersor (103);
- b. una fuente (101) de energía externa acoplada al aspersor (103), proporcionando dicha fuente (101) de energía externa energía cinética al aspersor (103);
- c. un módulo (106) de conversión de energía acoplado mecánicamente al aspersor (103);
- d. un circuito (107) electrónico acoplado al módulo (106) de conversión de energía, en el que dicho circuito (107) electrónico comprende un microcontrolador (401);
- e. un módulo (110) de almacenamiento de energía eléctrica acoplado al circuito (107) electrónico;
- f. un controlador (104) de mecanismo acoplado al circuito (107) electrónico; y
- g. al menos un módulo (112) sensor acoplado tanto al circuito (107) electrónico como al aspersor (103) para detectar el movimiento del aspersor (103), para determinar la velocidad del aspersor (103) y transmitir la información de velocidad al circuito (107) electrónico;

caracterizado porque el aparato de control de movimiento comprende además un módulo (503) de comunicación inalámbrica acoplado a dicho microcontrolador (401), en el que el módulo (503) de comunicación inalámbrica está configurado para recibir comandos de manera inalámbrica para controlar el movimiento del mecanismo (103) móvil y **porque** el módulo (106) de conversión de energía convierte la energía cinética generada por el movimiento de rotación del aspersor (103) en energía eléctrica.

2. Un aparato de control de movimiento según la reivindicación 1, en el que dicha fuente (101) de energía externa es agua que fluye a presión.

3. Un aparato de control de movimiento según la reivindicación 1, en el que dicho módulo (106) de conversión de energía es un generador eléctrico que convierte la energía mecánica de entrada en energía eléctrica que alimenta el circuito electrónico.

4. Un aparato de control de movimiento según la reivindicación 1, en el que el módulo (503) de comunicación inalámbrica está configurado para transmitir información de forma inalámbrica, comprendiendo dicha información transmitida información sobre el estado del aparato de control de movimiento, comprendiendo el estado del aparato de control de movimiento información sobre el movimiento del aspersor y el estado de carga del módulo de almacenamiento de energía eléctrica.

5. Un aparato de control de movimiento según la reivindicación 1, en el que dicho controlador (104) de mecanismo es un dispositivo electromagnético que tiene una carga eléctrica para controlar el movimiento del aspersor y en el que dicha carga eléctrica es ajustada por dicho circuito electrónico.

6. Un aparato de control de movimiento según la reivindicación 1, que también comprende indicadores y una pantalla.

7. Un aparato de control de movimiento según la reivindicación 1, en el que dicho módulo sensor está configurado para detectar la velocidad de rotación del aspersor determinando la frecuencia de una señal de corriente alterna en la salida del módulo sensor.

8. Un aparato de control de movimiento según la reivindicación 2, que comprende además una válvula acoplada al circuito electrónico para conectar y desconectar el flujo del agua que fluye a presión.

9. Un aparato de control de movimiento según la reivindicación 8, en el que el circuito electrónico está configurado para operar la válvula en una multitud de ciclos de trabajo.

10. Un aparato de control de movimiento según la reivindicación 9, en el que la válvula es una válvula accionada eléctricamente de baja potencia.

11. Un aparato de control de movimiento según la reivindicación 3, en el que dicho generador eléctrico comprende uno de un generador de corriente alterna con toma central y un generador de corriente continua.

12. Un aparato de control de movimiento según la reivindicación 3, en el que la presión del agua se calcula colocando una carga eléctrica conocida en dicho módulo de conversión de energía y comparando la velocidad de rotación detectada del aspersor con una velocidad de referencia.

13. Un procedimiento de control de movimiento, **caracterizado porque** comprende las etapas de:

- a. aplicar energía a un aspersor desde una fuente de energía externa al mecanismo móvil;
- b. convertir la energía cinética del aspersor en energía eléctrica mediante un módulo de conversión de energía;
- c. almacenar energía eléctrica derivada de la energía cinética del mecanismo móvil en un módulo de almacenamiento de energía;
- d. controlar el movimiento del aspersor mediante un controlador de mecanismo, estando el controlador de mecanismo acoplado y controlado por un circuito electrónico, estando el circuito electrónico acoplado al módulo

- de conversión de energía y al módulo de almacenamiento de energía;
- e. detectar el movimiento del aspersor mediante al menos un módulo sensor, estando el módulo sensor acoplado al circuito electrónico; y
- 5 f. calcular la presión del agua colocando una carga eléctrica conocida en dicho módulo de conversión de energía y comparar la velocidad de rotación detectada del aspersor con una velocidad de referencia.
14. Un procedimiento de control de movimiento según la reivindicación 13, en el que la detección es la detección de la velocidad de rotación del aspersor.
15. Un procedimiento de control de movimiento según la reivindicación 14, en el que controlar la velocidad de rotación del aspersor comprende ajustar una carga eléctrica en el controlador de mecanismo.
- 10 16. Un procedimiento de control de movimiento según la reivindicación 15, en el que la detección de la velocidad de rotación del aspersor comprende detectar la velocidad de rotación procesando una señal del módulo sensor.
17. Un procedimiento de control de movimiento según la reivindicación 14, en el que controlar la velocidad de rotación del aspersor comprende aplicar una fuerza de frenado desde el controlador de mecanismo.
- 15 18. Un procedimiento de control de movimiento según la reivindicación 14, en el que el circuito electrónico controla la velocidad de rotación del aspersor con un procedimiento de bucle cerrado, comprendiendo el procedimiento de bucle cerrado:
- a. detectar la velocidad de rotación del aspersor mediante el módulo sensor; y
- b. controlar la velocidad de rotación del aspersor basándose en dicha detección para lograr una velocidad de rotación predeterminada.
- 20 19. Un procedimiento de control de movimiento según la reivindicación 13, en el que dicho módulo de conversión de energía es un generador eléctrico que convierte la energía mecánica de entrada en energía eléctrica que alimenta el circuito electrónico.
- 25 20. Un procedimiento de control de movimiento según la reivindicación 13, en el que el circuito electrónico comprende un microcontrolador, estando el microcontrolador acoplado a un módulo de comunicación inalámbrica, estando configurado el módulo de comunicación inalámbrica para recibir comandos de forma inalámbrica para controlar el movimiento del aspersor.
- 30 21. Un procedimiento de control de movimiento según la reivindicación 20, en el que el módulo de comunicación inalámbrica está configurado para transmitir información de forma inalámbrica, comprendiendo dicha información transmitida información sobre el estado del aparato de control de movimiento y el estado de carga del módulo de almacenamiento de energía eléctrica.
22. Un procedimiento de control de movimiento según la reivindicación 13, en el que dicho módulo sensor está configurado para detectar la velocidad de rotación del aspersor determinando la frecuencia de una señal de corriente alterna en la salida del módulo sensor.
- 35 23. Un procedimiento de control de movimiento según la reivindicación 13, que comprende además controlar una válvula mediante el circuito electrónico para conectar y desconectar el flujo de la fuente de energía externa, siendo la fuente de energía externa agua que fluye a presión.
24. Un procedimiento de control de movimiento según la reivindicación 23, en el que el circuito electrónico está configurado para operar la válvula en una multitud de ciclos de trabajo.

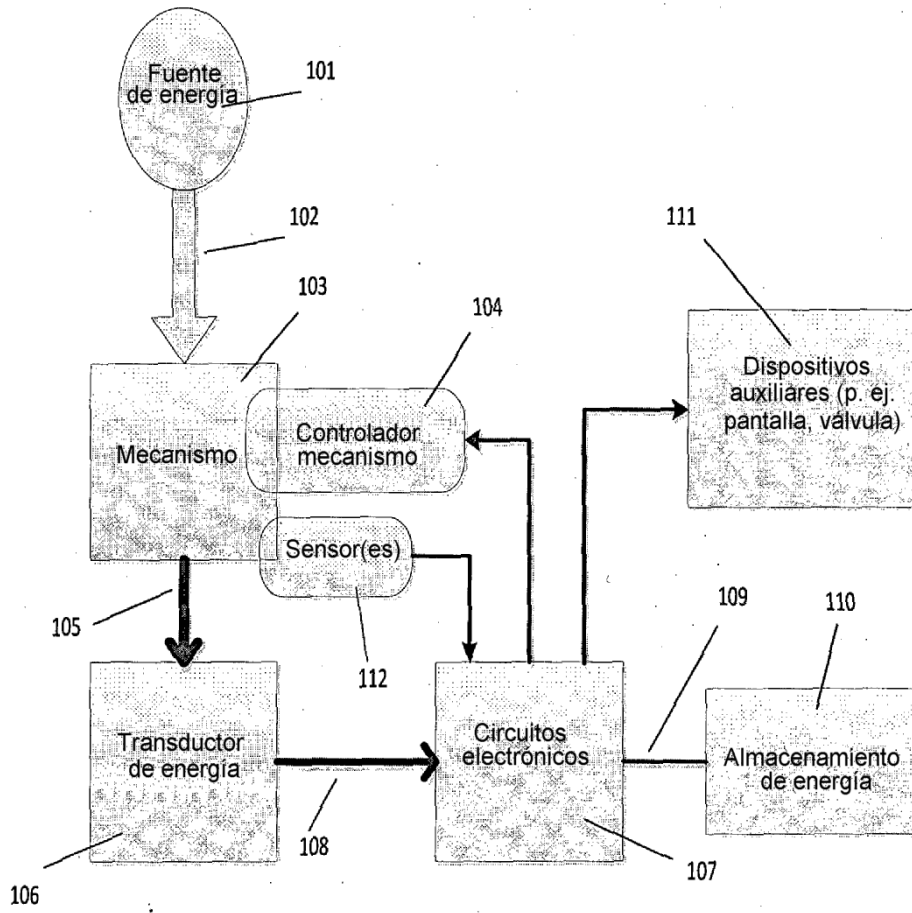


FIG 1

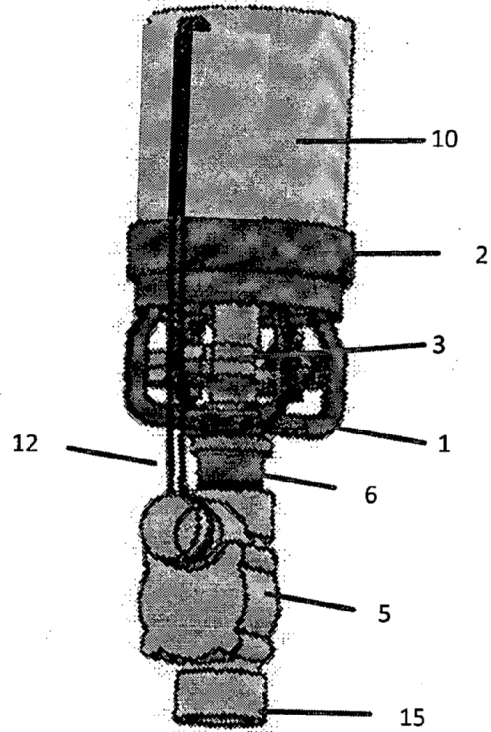


FIG 2

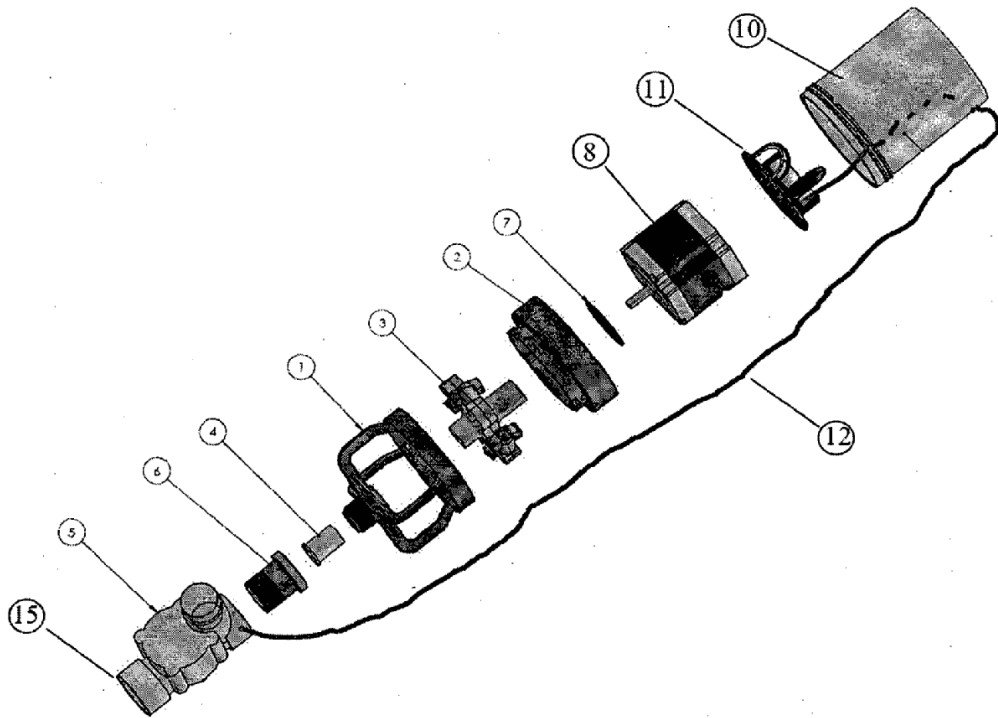


FIG 3

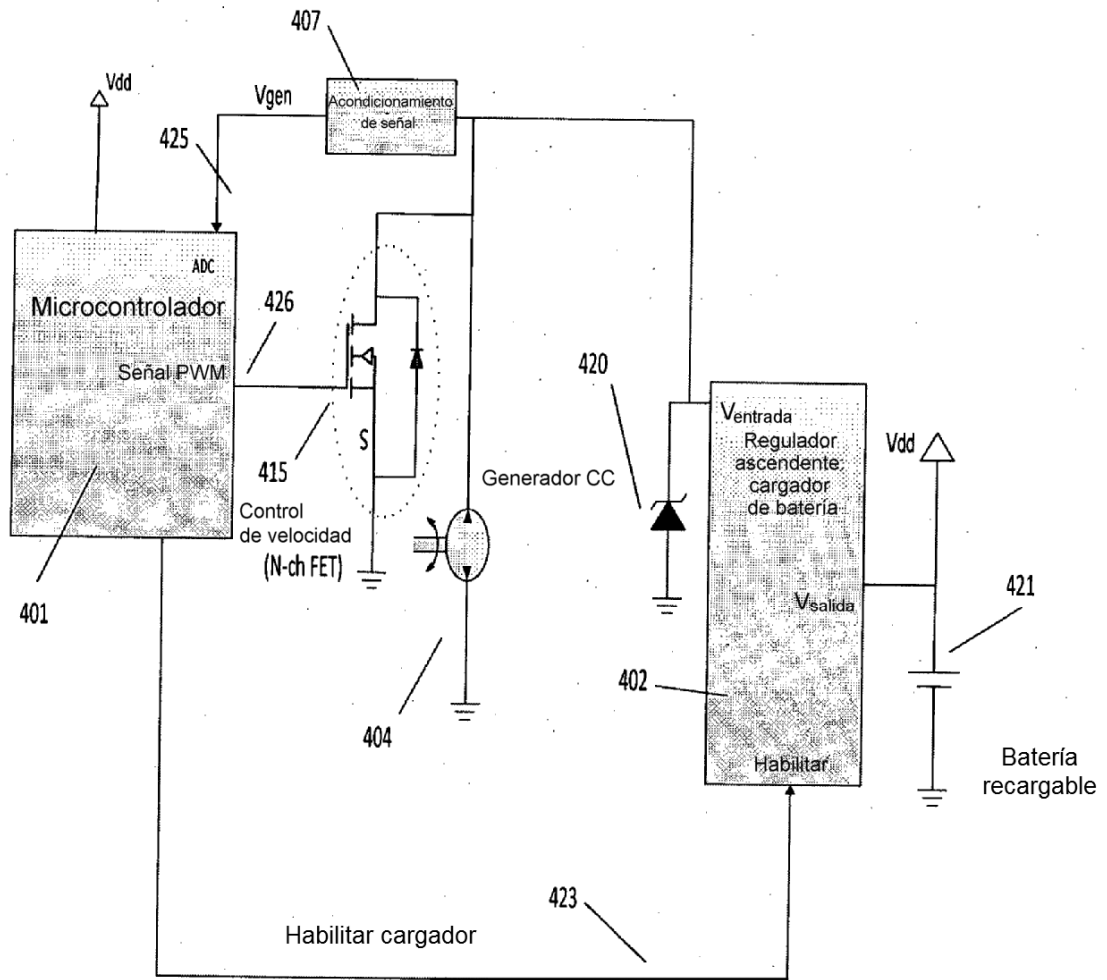


FIG 4

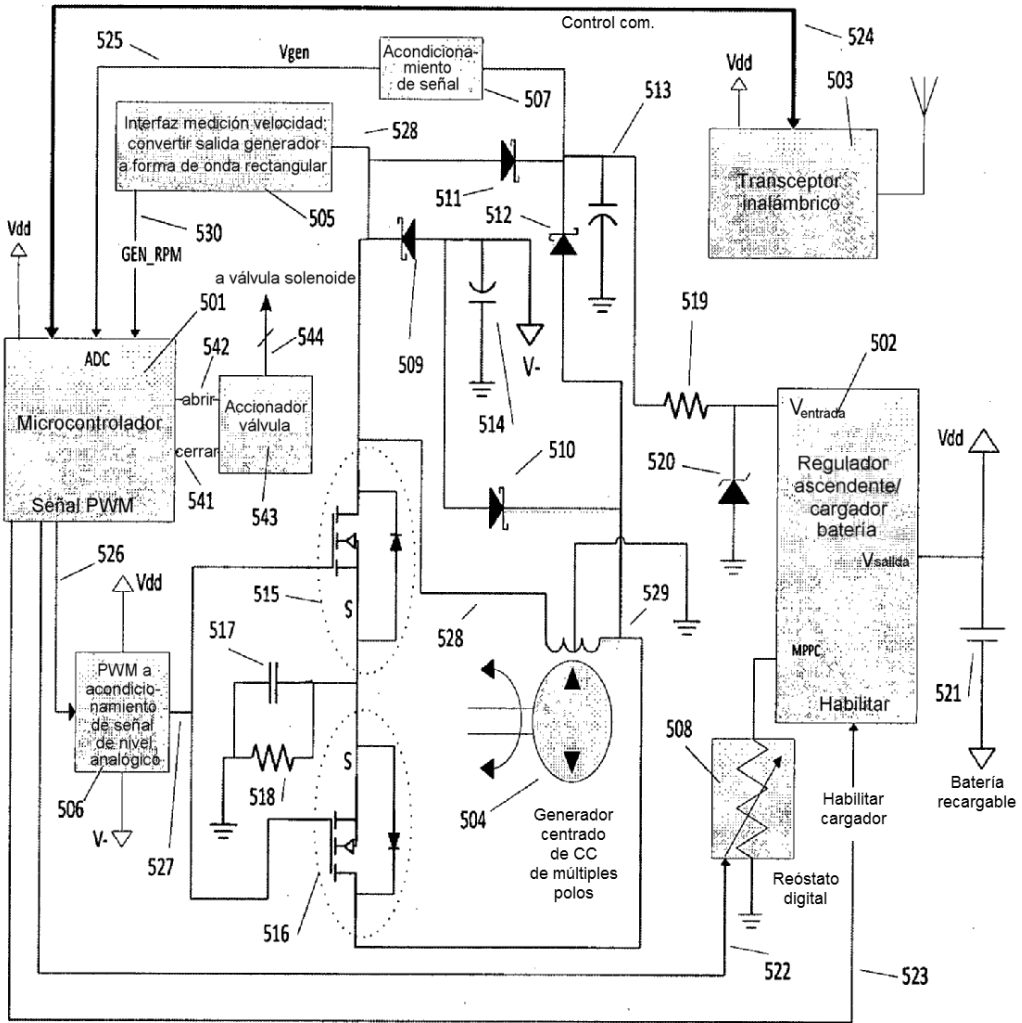


FIG 5

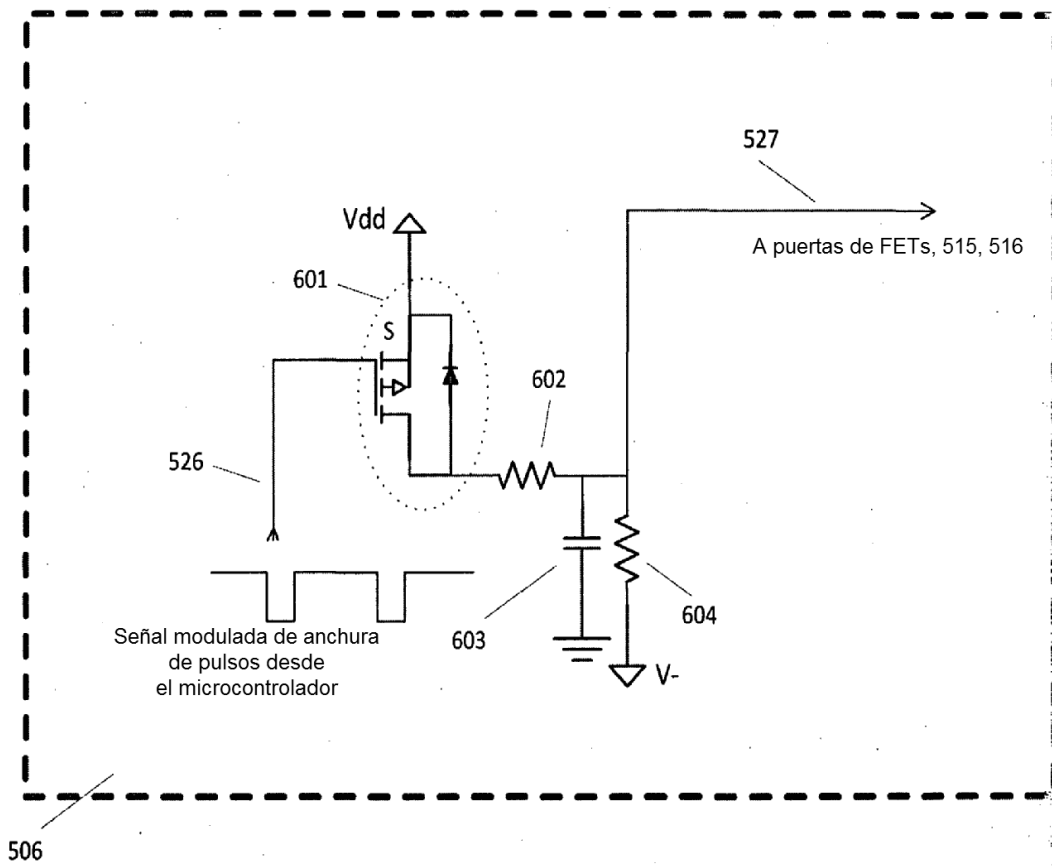


FIG 6

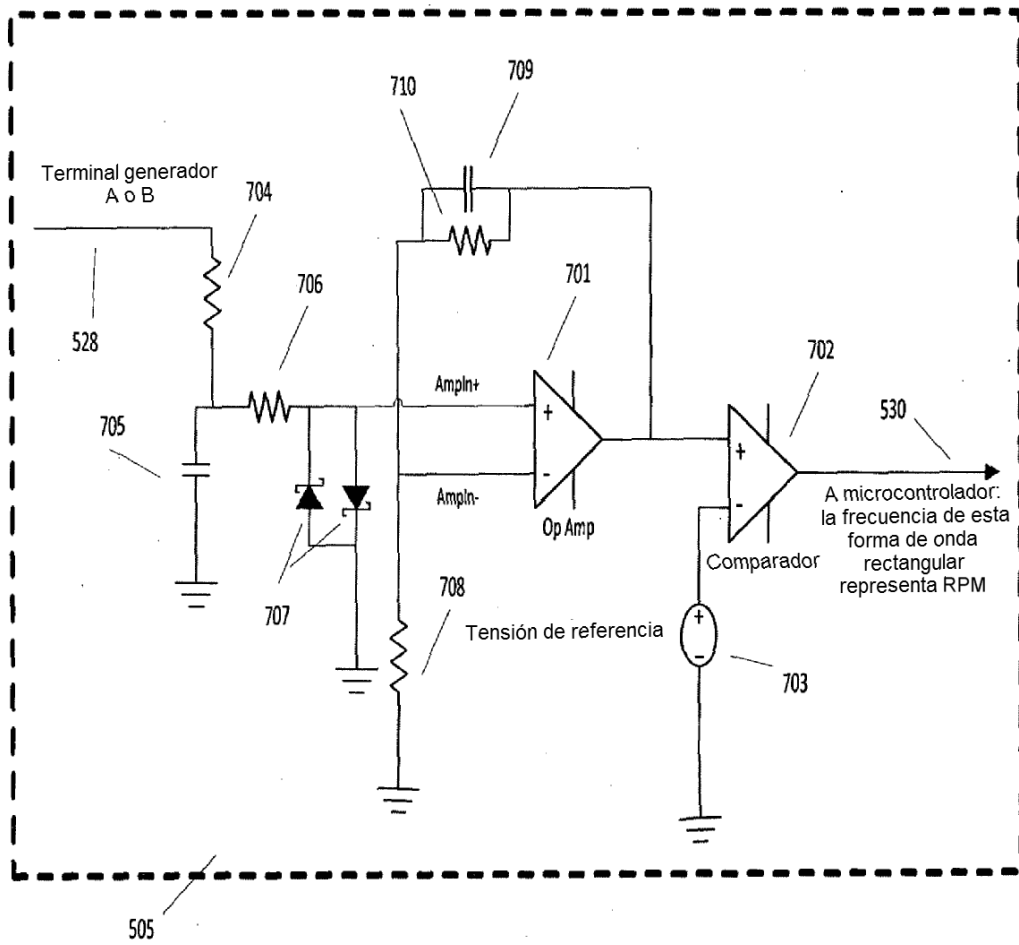


FIG 7

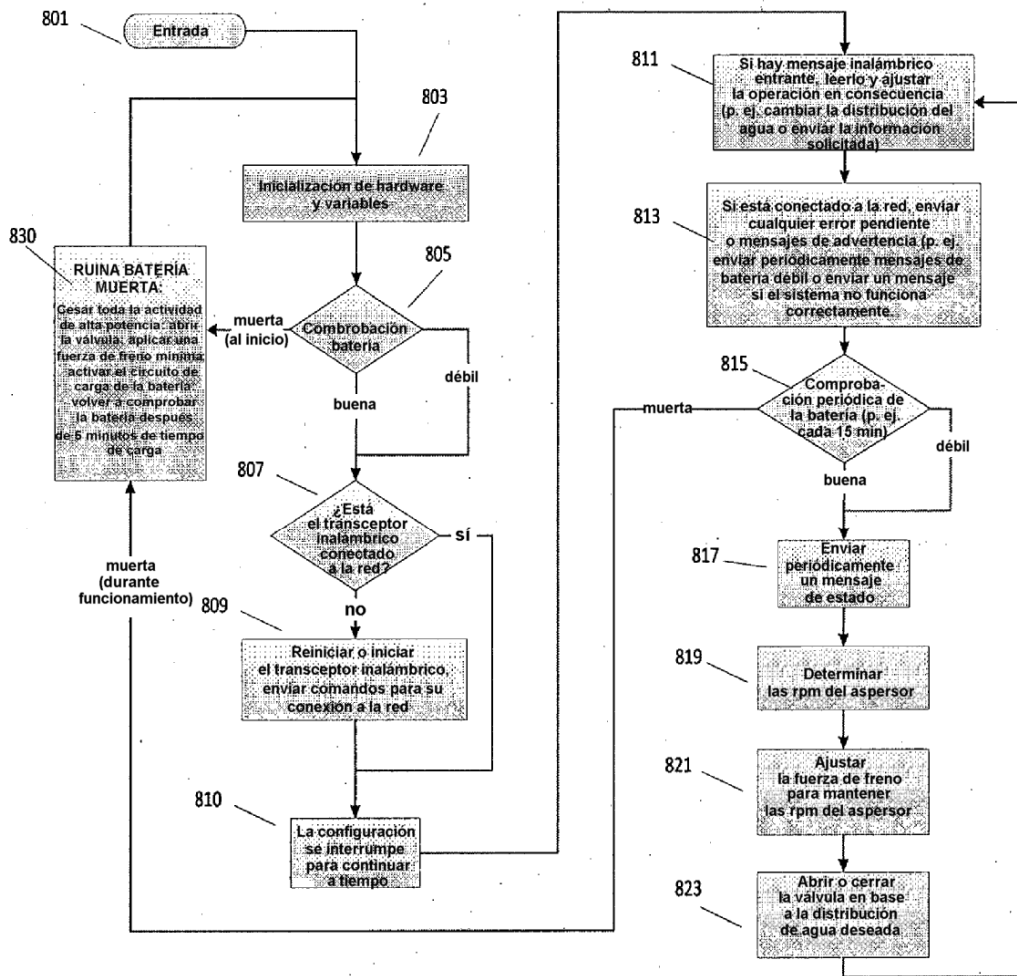


FIG 8

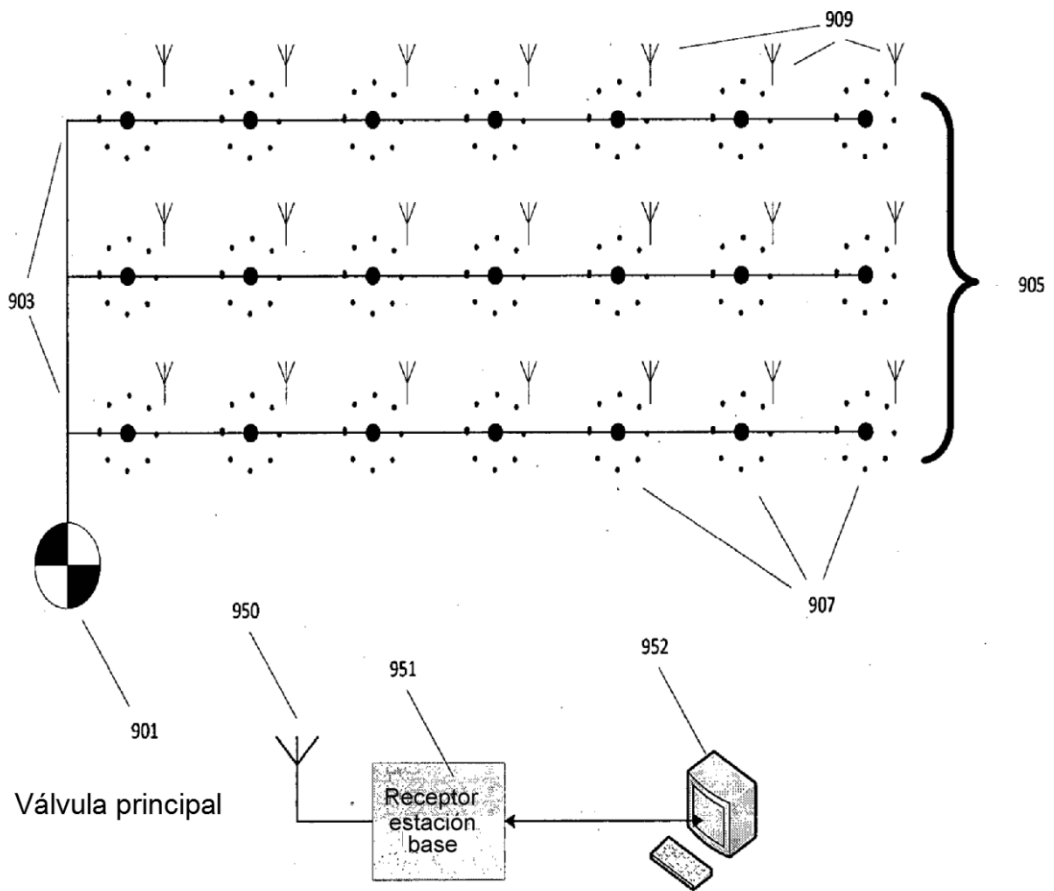


FIG 9